

## অধ্যায়-৭: ভৌত আলোকবিজ্ঞান

**প্রশ্ন ১** দ্বি-চির পরীক্ষায় 0.4 mm ব্যবধানে দুটো চির স্থাপন করে 5000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলো দ্বারা আলোকিত করা হচ্ছে। এতে চির থেকে 1m দূরে স্থাপিত পর্দায় পর্যায়ক্রমিক উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি হলো।

[সি. বো. ২০১৬]

- চক্ষুর উপযোগী ক্ষমতা কাকে বলে? ১
- স্বাভাবিক দর্শনের ক্ষেত্রে একটি নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের নলের দৈর্ঘ্য 22cm দ্বারা কী বুঝায়? ২
- পর্যবেক্ষণে সৃষ্টি ডোরাগুলোর পর পর দুটো উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব বের কর। ৩
- চিরদ্বয়ের একটি বন্ধ করে দিলে পর্দার ডোরার কীরূপ পরিবর্তন লক্ষ করা যাবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

### ১নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে কোন দূরত্বের বস্তু দেখার জন্য চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নিয়ন্ত্রণ করার ক্ষমতাকে চক্ষুর উপযোগী ক্ষমতা বলে।

**খ** নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের নলের দৈর্ঘ্য বলতে এর অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব বুঝায়। স্বাভাবিক দর্শনের ক্ষেত্রে এই দূরত্ব অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্বের যোগফলের সমান। অর্থাৎ স্বাভাবিক দর্শনের ক্ষেত্রে কোন নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের নলের দৈর্ঘ্য 22cm দ্বারা বুঝানো হয় যে এর অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব তথা এদের ফোকাস দূরত্বের যোগফল 22cm।

**গ** এখানে,  
চির দুইটির মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $a = 0.4\text{mm} = 0.4 \times 10^{-3}\text{m}$   
আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 5000\text{Å} = 5000 \times 10^{-10}\text{m}$   
চির হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1\text{m}$   
পর পর দুইটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $\Delta x = ?$   
আমরা জানি,

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

$$= \frac{5000 \times 10^{-10} \times 1}{0.4 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.25 \times 10^{-3}\text{m (Ans.)}$$

**ঘ** চিরদ্বয়ের যেকোন একটি বন্ধ করে দিলে তখন ব্যতিচার ঘটবে না বরং চিরটি একটি একক আলোক উৎসের মত কাজ করবে। এই আলো উৎসের ব্যাস  $2r \leq \lambda$ । আবার অপবর্তনের জন্য অবশ্যের শর্ত হলো  $a \sin \theta = n\lambda$ ; চিরটিকে অপবর্তন চির হিসেবে ব্যবহার করলে,  $a = 2r$ ।  
 $\therefore 2r \sin \theta = n\lambda$ ; প্রথম অবশ্যের জন্য

$$\text{বা, } 2r \sin \theta = \lambda$$

$$\therefore \lambda \leq 2r$$

কিন্তু ব্যতিচার চিরের জন্য  $\lambda \geq 2r$ ।

অতএব এক্ষেত্রে অপবর্তনও সম্ভব নয়। বরং চিরটি একটি বিন্দু উৎসের ন্যায় পর্দার প্রত্যেকটি বিন্দুতে সমান তীব্রতার আলোক শক্তি সরবরাহ করে।

**প্রশ্ন ২** প্রতি মিটারে  $6 \times 10^5$  সংখ্যক রেখাসম্পন্ন কোনো অপবর্তন গ্রেটিং এর মধ্য দিয়ে 450 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো কোনো ফিল্টারের সাহায্যে লম্বভাবে আপতিত করা হল।

[সি. বো. ২০১৪]

- চার্জের কোয়ান্টায়ন কাকে বলে? ১
- কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলার সময় তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ২

গ. 450 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর প্রথম ক্রমের অপবর্তন কোণ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে চতুর্থ ক্রমের অপবর্তন সম্ভব কিনা — বিশ্লেষণ কর। ৪

### ২ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো বস্তুর চার্জের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, এটি কেবল  $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$  এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয়টিকে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

**খ** তড়িৎ প্রবাহের ফলে তড়িৎ বর্তনীতে যে তাপের উদ্ভব হয় তার কারণ ইলেকট্রন মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্য দিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভববিশিষ্ট বিন্দু থেকে উচ্চ বিভববিশিষ্ট বিন্দুর দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয় এবং পরিবাহকের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

**গ** দেওয়া আছে,

$$\text{গ্রেটিং উপাদান, } d = \frac{1}{N} = \frac{1}{6 \times 10^5\text{m}^{-1}}$$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 450\text{nm} = 450 \times 10^{-9}\text{m}$$

$$\text{ক্রমসংখ্যা, } n = 1$$

বের করতে হবে, অপবর্তন কোণ,  $\theta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } d \sin \theta = n\lambda$$

$$\therefore \sin \theta = \frac{n\lambda}{d} = 1 \times 450 \times 10^{-9}\text{m} \times 6 \times 10^5\text{m}^{-1} = 0.27$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.27) = 15.66^\circ \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** চতুর্থ ক্রমের অপবর্তনের জন্য  $n = 4$ , এক্ষেত্রে  $\sin \theta$  এর গ্রহণযোগ্য মান পাওয়া গেলে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যাবে যে, চতুর্থ ক্রমের অপবর্তন সম্ভব।

$$\text{পুনরায়, } d \sin \theta = n\lambda$$

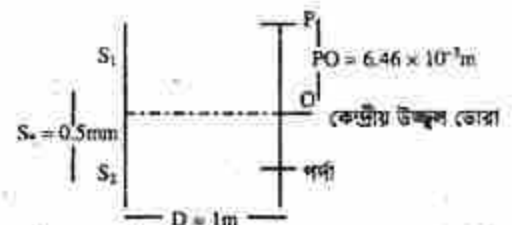
$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{d} = 4 \times 450 \times 10^{-9}\text{m} \times 6 \times 10^5\text{m}^{-1} = 1.08$$

কিন্তু  $\sin \theta$  এর সর্বোচ্চ মান 1 হতে পারে।

সুতরাং এটি গ্রহণযোগ্য মান নয়।

সুতরাং চতুর্থ ক্রমের অপবর্তন সম্ভব নয়।

### প্রশ্ন ৩



উদ্দীপকে 3800Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করে ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষা সম্পন্ন করা হচ্ছে। চিত্রে,  $S_1S_2 = 0.5\text{mm}$ ,  $OP = 6.46 \times 10^{-3}\text{m}$ ,  $D = 1\text{m}$ ।

[সি. বো. ২০১৬]



- ক. ফার্মাটের নীতি লিখ। ১  
খ. সাদা আলো প্রিজমের মধ্য দিয়ে যাবার সময় বিচ্ছুরিত হয় কেন? ২  
গ. উদ্দীপকে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে পঞ্চম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব কত? ৩  
ঘ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার না ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

#### ৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আলোর রশ্মি এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে যাবার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ. আমরা জানি, একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য কোনো মাধ্যমের প্রতিসরাংক একটি ধ্রুব সংখ্যা। কিন্তু বিভিন্ন বর্ণের আলোর জন্য এই সংখ্যা বিভিন্ন। বিভিন্ন বর্ণের আলোর প্রতিসরাংক বিভিন্ন হওয়ায় আলো এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে প্রতিসরণের সময় একই কোণে আপতিত হলেও বিভিন্ন বর্ণের প্রতিসরণ কোণ বিভিন্ন হয়। ফলে বর্ণগুলো পরস্পর থেকে আলাদা হয়ে পড়ে। প্রিজমে আলো প্রতিসরণের ক্ষেত্রে দুই বার ভূমির দিকে বেঁকে যায়। তাই বিভিন্ন আলোক রশ্মির জন্য আপতন কোণ এক হলেও নির্গমন কোণ ভিন্ন হয়। আমরা জানি প্রিজমের বিচ্যুতি,  $\delta = (i_1 + i_2) - A$ ।  $i_2$  ভিন্ন হওয়ার কারণে বিভিন্ন বর্ণের বিচ্যুতি ভিন্ন হয়। এ কারণে সাদা আলো প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের সময় বিচ্ছুরিত হয়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda &= 3800 \text{ \AA} = 3800 \times 10^{-10} \text{ m} \\ S, S_2 &= \text{চিড়দ্বয়ের দূরত্ব} = d = 0.5 \text{ mm} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m} \\ D &= \text{চিড় হতে পর্দার দূরত্ব} = 1 \text{ m}, n = 5 \end{aligned}$$

পঞ্চম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব,  $x_n = ?$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } n \text{ তম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব, } x_n &= (2n - 1) \frac{\lambda D}{d} \\ &= (2 \times 5 - 1) \frac{3800 \times 10^{-10} \text{ m} \times 1 \text{ m}}{2 \times 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}} \\ &= 6.84 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{অতএব, } 5 \text{ম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব} &= 3.42 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 3.42 \text{ mm} \end{aligned}$$

ঘ. আমরা জানি,

$$\begin{aligned} S_2P - S_1P &= \frac{x d}{D} \\ &= \frac{6.46 \times 10^{-3} \text{ m} \times 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ m}} \\ &= 3.23 \times 10^{-6} \text{ m} \end{aligned}$$

ব্যতিচারের শর্ত থেকে জানি,

$$\begin{aligned} S_2P - S_1P &= n\lambda \\ \therefore n &= \frac{S_2P - S_1P}{\lambda} \\ &= \frac{3.23 \times 10^{-6} \text{ m}}{3800 \times 10^{-10} \text{ m}} \\ &= \frac{17}{2} = 17 \times \frac{1}{2} \end{aligned}$$

n পূর্ণ সংখ্যা হলে গঠন মূলক আর অর্ধেকের বেজোড় গুণিতক হলে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হবে।

এখানে,  $n, \frac{1}{2}$  এর বেজোড় গুণিতক

সুতরাং P বিন্দুতে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ৪ আলোর ব্যতিচার পরীক্ষণে শিক্ষার্থীরা প্রথম দুটি সুসংগত উৎস ব্যবহার করলো, যেগুলো থেকে সমদশাবিশিষ্ট 5500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক তরঙ্গ নির্গত হয়। তারা পর্দায় মিলিত তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য 11000Å লক্ষ্য করলো।

[চ. বো. ২০১০]

- ক. ফার্মাট এর নীতি লিখ। ১  
খ. বিপদ সংকেতে সবসময় লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. উৎস থেকে নির্গত প্রতিটি ফোটনের শক্তি হিসাব কর। ৩  
ঘ. শিক্ষার্থীরা উক্ত পরীক্ষণে কোন ধরনের ব্যতিচার লক্ষ্য করলো — গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যুক্তি দাও। ৪

#### ৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় আলোক রশ্মির যত সংখ্যক বারই প্রতিফলন বা প্রতিসরণ ঘাই হোক না কেন অনুসৃত পথ সর্বদাই স্থির হবে।

খ. দৃশ্যমান আলোর সাতটি বর্ণের মধ্যে লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা বেশি। আবার তরঙ্গের বিক্ষেপণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চতুর্থ ঘাতের ব্যস্তানুপাতিক বলে বায়ুমন্ডলের মধ্যে দিয়ে যাবার পথে অন্যান্য বর্ণের আলোর তুলনায় লাল বর্ণের আলোর বিক্ষেপণ কম হবে। এ কারণে লাল আলো বায়ুমন্ডলে অধিক দূর পর্যন্ত বিস্তার লাভ করতে পারে। ফলে কোনো বিপদজনক স্থানে আসার অনেক আগে থেকেই গাড়ির চালক লাল আলো দেখতে পেয়ে বিপদ সম্পর্কে সতর্ক হতে পারে। তাই বিপদ সংকেতে সর্বদা লাল আলো ব্যবহার করা হয়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda &= 5500 \text{ \AA} \\ \text{প্লাঙ্কের ধ্রুবক, } h &= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \\ \text{আলোর বেগ, } c &= 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

উৎস থেকে নির্গত প্রতিটি ফোটনের শক্তি,  $E = ?$

আমরা জানি,  $E = hf$

$$\begin{aligned} &= \frac{hc}{\lambda} \quad [\because c = f\lambda] \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5500 \times 10^{-10}} \\ &= 3.62 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 2.26 \text{ eV (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda &= 5500 \text{ \AA} \\ \text{পথপার্থক্য} &= 11000 \text{ \AA} \end{aligned}$$

∴ দশা পার্থক্য নির্ণয় করলেই বোঝা যাবে এটি কি ধরনের ব্যতিচার।

আমরা জানি, দশা পার্থক্য =  $\frac{2\pi}{\lambda} \times \text{পথ পার্থক্য}$

$$\begin{aligned} &= \frac{2\pi}{5500 \times 10^{-10}} \times 11000 \times 10^{-10} \\ &= 4\pi \end{aligned}$$

অর্থাৎ  $4\pi$  দশাপার্থক্য এবং শূন্য দশা পার্থক্য একই কথা।

যেহেতু দশা পার্থক্য শূন্য অথবা  $4\pi$ , সুতরাং শিক্ষার্থীরা উক্ত পরীক্ষণে গঠনমূলক ব্যতিচার লক্ষ্য করবে।

প্রশ্ন ৫ রায়হান অপটিকস ল্যাবে 600nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একবর্ণী আলো 2μm প্রস্থের একটি অপবর্তন চিড়ের উপর লম্বভাবে আপতিত করল। সে ধারণা করেছিল যে সে নয়টি চরম বিন্দু দেখতে পারবে।

[সংশোধিত]

[সি. বো. ২০১৭]

- ক. তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ কী? ১  
খ. 'একটি চশমার ক্ষমতা -5D' এর অর্থ কী? ২  
গ. ১ম ক্রম চরমগুলোর মধ্যবর্তী কৌণিক দূরত্ব কত? ৩  
ঘ. রায়হানের ধারণা কি সঠিক ছিল? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

### ৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরস্পরের সাথে এবং তরঙ্গ সঙ্ঘালনের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত সমান কম্পাঙ্ক ও সমদশা সম্পন্ন তড়িৎ ক্ষেত্র তরঙ্গ ও চৌম্বক ক্ষেত্র তরঙ্গ সমন্বয়ে গঠিত শূন্য মাধ্যমে সঙ্ঘালন যোগ্য অতিদ্রুত গতিসম্পন্ন তরঙ্গকে তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ বলা হয়।

খ. একটি চশমার ক্ষমতা - 5D বলতে বোঝায় চশমার লেন্সটি অবতল এবং এটি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল একগুচ্ছ আলোকরশ্মিকে এমনভাবে অপসারী করে যেন মনে হয় এগুলো লেন্স থেকে  $\frac{1}{5}$  m দূরের কোন বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বা এর ফোকাস দূরত্ব  $\frac{1}{5}$  m।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 600 \text{ nm} = 600 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{ক্রমসংখ্যা, } n = 1$$

$$\text{চিরের বেধ, } a = 2 \mu\text{m} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

বের করতে হবে, মধ্যবর্তী কোণিক দূরত্ব,  $2\theta'_n = ?$

আমরা জানি,

$$a \sin \theta'_n = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{বা, } \sin \theta'_n = (2n + 1) \frac{\lambda}{2a}$$

$$\text{বা, } \sin \theta'_n = (2n + 1) \times \frac{600 \times 10^{-9}}{2 \times 2 \times 10^{-6}}$$

$$\text{বা, } \sin \theta'_n = 0.45$$

$$\text{বা, } \theta'_n = \sin^{-1}(0.45) = 26.74^\circ$$

$$\therefore 2\theta'_n = 2 \times 26.74 = 53.48^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 600 \text{ nm} = 600 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{চিরের বেধ, } a = 2 \mu\text{m} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

অপবর্তন কোণ সর্বোচ্চ  $\theta = 90^\circ$  হতে পারে। এক্ষেত্রে যে কোনো এক পাশে সর্বোচ্চ ক্রমের চরম বিন্দু সৃষ্ট হলে

$$a \sin 90^\circ = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}; n = 0, 1, 2, 3 \dots$$

$$\text{বা, } 2n + 1 = \frac{2a}{\lambda}$$

$$\text{বা, } 2n = \frac{2a}{\lambda} - 1$$

$$\text{বা, } n = \frac{a}{\lambda} - \frac{1}{2} = \frac{2 \times 10^{-6}}{600 \times 10^{-9}} - \frac{1}{2}$$

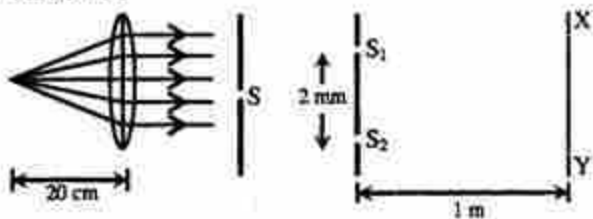
$$\text{বা, } n = 2.83 \approx 2 \text{ যেহেতু } n \text{ এর মান ভগ্নাংশ হতে পারে না।}$$

রায়হান কেন্দ্রীয় চরম ও উভয় পাশে দুটি করে চরম দেখতে পাবে।

অর্থাৎ রায়হান মোট  $2 + 2 + 1 = 5$  টি চরম বিন্দু দেখতে পাবে।

সুতরাং রায়হানের ধারণা সঠিক ছিল না।

প্রশ্ন ৬. নিচের চিত্রে ইয়ং-এর দ্বি-চির পরীক্ষার একটি ব্যবস্থা দেখানো হয়েছে; যেখানে  $S_1$  ও  $S_2$  দুটি সুসংগত উৎস। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $5800 \text{ \AA}$ ।



[বি. বো. ২০১৬]

ক. ফার্মাটের নীতিটি লিখ।

খ. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ফোকাস দূরত্ব হ্রাস পেলে এর বিবর্ধন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়-ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত লেন্সের ক্ষমতা নির্ণয় কর।

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

### ৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আলোকরশ্মি এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে যাবার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন এর সমীকরণ হলো,  $M = 1 + \frac{D}{f}$ . এখানে D হলো স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব এবং f হলো ফোকাস দূরত্ব। এই সমীকরণ অনুসারে ফোকাস দূরত্ব (f) হ্রাস পেলে,  $\frac{D}{f}$  বৃদ্ধি পাবে।  $\frac{D}{f}$  বৃদ্ধি পেলে M বৃদ্ধি পাবে। এ কারণে সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ফোকাস দূরত্ব হ্রাস পেলে এর বিবর্ধন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

গ. উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, } f = +20 \text{ cm} = +0.2 \text{ m}$$

$$\text{লেন্সের ক্ষমতা, } P = ?$$

আমরা জানি,

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{+0.2} = +5 \text{ D (Ans.)}$$

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = 5800 \text{ \AA} = 5800 \times 10^{-10} \text{ m}$$

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

$$\text{পর্দার দূরত্ব, } D = 1 \text{ m}$$

$$\text{ডোরা প্রস্থ, } x = ?$$

আমরা জানি,

$$x = \frac{\lambda D}{2d} = \frac{5800 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 2 \times 10^{-3}} = 1.45 \times 10^{-4} \text{ m}$$

পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া সম্ভব। সেক্ষেত্রে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য পরিবর্তন করতে হবে।

পরিবর্তিত পর্দার দূরত্ব,  $D' = 1 \text{ m} + 20 \text{ cm} = 1.2 \text{ m}$

ধরি, পরিবর্তিত তরঙ্গ দৈর্ঘ্য =  $\lambda'$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \lambda' = \frac{2dx}{D'}$$

$$= \frac{2 \times 2 \times 10^{-3} \times 2.9 \times 10^{-4}}{1.2}$$

$$= 9.67 \times 10^{-7} \text{ m} = 9666.67 \text{ \AA}$$

$\therefore$  পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পেতে হলে  $9666.67 \text{ \AA}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করতে হবে।

প্রশ্ন ৭. ইয়ং-এর দ্বিচির পরীক্ষায়  $5000 \times 10^{-10} \text{ m}$  তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মির ব্যবহার করা হলো। যদি তরঙ্গদ্বয়ের মাঝে পথ পার্থক্য  $1250 \times 10^{-10} \text{ m}$  হয়, তাহলে চিরদ্বয় হতে 1m এবং 1.5m দূরত্বে দুটি অন্ধকার পট্টি পাওয়া যায়।

[রাষ্ট্রপাঠ্য ক্যাডেট কলেজ]

ক. তরঙ্গমুখের সংজ্ঞা দাও।

খ. আলোর ব্যতিচারের শর্তগুলো লিখো।

গ. উদ্দীপক ব্যবহার করে প্রাপ্ত বিন্দুদ্বয়ের মধ্যকার দশা পার্থক্য নির্ণয় করো।

ঘ. উপরোক্ত উদ্দীপকের পর্দায় গঠিত অন্ধকার পট্টিদ্বয়ের প্রশস্ততা কত হতে পারে- এ সম্পর্কিত গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

## ৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ. ব্যতিচার পাওয়ার শর্তগুলো নিম্নরূপ:

- আলোর উৎস দুটি সুসঙ্গত হতে হবে।
- যে দুটি তরঙ্গের ব্যতিচার ঘটবে তাদের বিস্তার সমান বা প্রায় সমান হতে হবে।
- উৎসগুলো খুব কাছাকাছি অবস্থিত হতে হবে।
- উৎসগুলো খুব সূক্ষ্ম হতে হবে।

গ. প্রান্তবিন্দুদ্বয়ের মধ্যে দশা পার্থক্য,  $\Delta\phi$  হলে,

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x$$

$$= \frac{2\pi}{5000 \times 10^{-10}} \times 1250 \times 10^{-10}$$

$$= \frac{\pi}{2} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,  
পথপার্থক্য,  
 $\Delta x = 1250 \times 10^{-10} \text{ m}$   
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  
 $\lambda = 5000 \times 10^{-10} \text{ m}$

ঘ. চিরদ্বয় হতে 1m দূরত্বে গঠিত অন্ধকার পট্টির প্রশস্ততা  $x_1$  ও 1.5m দূরে গঠিত অন্ধকার পট্টির প্রশস্ততা  $x_2$  হলে,

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{\lambda D_1}{2a}$$

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{\lambda D_2}{2a}$$

$$\text{বা, } \frac{x_1}{x_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\text{বা, } \frac{x_1}{x_2} = \frac{1}{1.5}$$

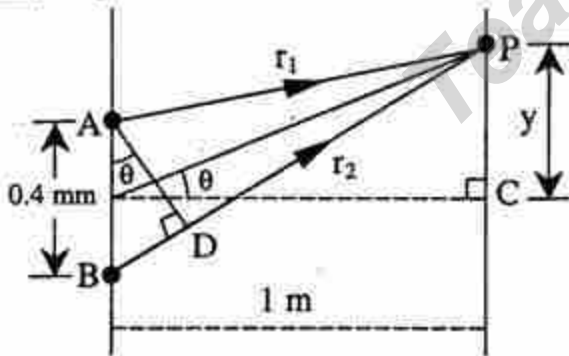
$$\text{বা, } \frac{x_1}{x_2} = \frac{2}{3}$$

$$\therefore 3x_1 = 2x_2$$

$$\text{অর্থাৎ, } x_1 < x_2$$

অতএব, চিরদ্বয় হতে 1m ও 1.5 দূরে গঠিত অন্ধকার পট্টিরদ্বয়ের মধ্যে 1.5m দূরের অন্ধকার পট্টির প্রশস্ততা বেশি হবে।

প্রশ্ন ৮ ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $5000\text{\AA}$  এবং  $BD = 10000\text{\AA}$



[পাবনা ক্যাডেট কলেজ]

- সমবর্তন কাকে বলে? ১
- সুসঙ্গত আলোক উৎস বলতে কী বুঝ— ব্যাখ্যা করো। ২
- দুটি পরপর উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব বের করো। ৩
- উপরোক্ত পথ পার্থক্যের জন্য কোনো ডোরা তৈরি হবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণ সহ ব্যাখ্যা করো। 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. যে উৎস হতে আলোক তরঙ্গসমূহ সর্বদা সমদশায় নিঃসৃত হয়, তাকে সুসঙ্গত আলোক উৎস বলে।

প্রকৃতিতে কোনো আলোক-উৎসই সুসঙ্গত নয়। কারণ, যে কোনো বাতি হতে আলোক তরঙ্গসমূহ বিভিন্ন দশায় নিঃসৃত হয় এবং প্রত্যেকটি তরঙ্গের দশা সময়ের সাথে দ্রুত পরিবর্তিত হতে থাকে।

গ. পরপর দুটি উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরার দূরত্ব,

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$$

$$= \frac{5 \times 10^{-7} \times 1}{2 \times 0.4 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.625 \text{ mm (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  
 $\lambda = 5000\text{\AA} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$   
চির ও পর্দার দূরত্ব,  $D = 1 \text{ m}$   
চিরদ্বয়ের দূরত্ব,  $a = 0.4 \text{ mm}$   
 $= 0.4 \times 10^{-3} \text{ m}$

ঘ. আমরা জানি, চিরদ্বয় হতে পর্দার উপর আপতিত কোনো আলোক রশ্মির পথপার্থক্য  $= n\lambda$  হয় তবে সেই বিন্দুতে গাঠনিক ব্যতিচার হবে এবং পথপার্থক্য  $= \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$  হয় তবে ঐ বিন্দুতে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হবে।

উদ্দীপক হতে দেখতে পাই, পর্দার উপর P বিন্দুতে পথপার্থক্য = BD

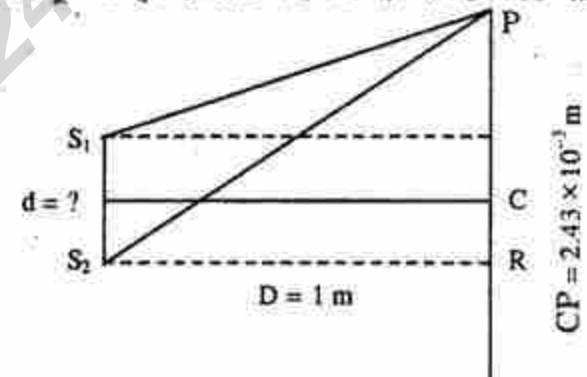
$$= 10000\text{\AA}$$

$$= 2 \times 5000\text{\AA}$$

$$= 2\lambda \text{ [আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য } = \lambda = 5000\text{\AA}]$$

যেহেতু পথপার্থক্য তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক, তাই P বিন্দুতে উজ্জ্বল ডোরা তৈরি হবে।

প্রশ্ন ৯ দুটি সুসঙ্গত উৎস থেকে  $5 \times 10^{-7} \text{ m}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলো আপতিত হয়ে 1m দূরে রাখা পর্দার উপর ব্যতিচার বাহ্য তৈরি করে। দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী ব্যবধান  $5 \times 10^{-4} \text{ m}$ .



[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

- বর্ণালী কী? ১
- পয়েন্টিং ভেক্টর ব্যাখ্যা করো। ২
- সুসঙ্গত উৎস দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
- $S_1$  ও  $S_2$  উৎস থেকে তরঙ্গ দুটি পর্দার উপর P বিন্দুতে হয়। P বিন্দুতে ধ্বংসাত্মক নাকি গঠনমূলক ব্যতিচার হতে যখন  $CP = 2.43 \times 10^{-3} \text{ m}$  গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

## ৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো মাধ্যমে প্রতিসরণের ফলে যৌগিক আলোর বিচ্ছুরণের জন্য মূল রঙের যে পট্টি পাওয়া যায় তাকে বর্ণালী বলে।

খ. তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো এই যে, হৈ তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি বহন করতে পারে। কোনো তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতিপথে লম্বভাবে স্থাপিত কোনো একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ শক্তি অতিক্রম করে তাকে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে। একে  $\vec{S}$  দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তড়িৎক্ষেত্র  $\vec{E}$ , চৌম্বক ক্ষেত্র  $\vec{B}$  এর পয়েন্টিং ভেক্টর-এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক হলো :  $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$  অর্থাৎ  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$  এবং একক হলো ওয়াট/মিটার<sup>২</sup>।

যেহেতু S একটি ভেক্টর রাশি এর দিক হবে যদিহে শক্তি স্থানান্তরিত হয় সেদিক।



গ দেওয়া আছে,

উৎসদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1\text{m}$

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 6 \times 10^{-7}\text{m}$

দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী ব্যবধান,  $\Delta z = 5 \times 10^{-4}\text{m}$

বের করতে হবে, উৎসদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব,  $d = ?$

আমরা জানি,  $\Delta z = \frac{\lambda D}{a}$

$$\therefore a = \frac{\lambda D}{\Delta z} = \frac{6 \times 10^{-7}\text{m} \times 1\text{m}}{5 \times 10^{-4}\text{m}} = 0.0012\text{m}$$

$$= 1.2\text{ mm (Ans.)}$$

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ৫ম উজ্জ্বল ডোরার মধ্যে অবস্থিত।

**প্রশ্ন ১০** একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোক রশ্মি অপবর্তন গ্রেটিংয়ের ওপর আপতিত হচ্ছে। গ্রেটিংয়ে প্রতি মিটারে দাগ সংখ্যা  $4.24 \times 10^5$ । গ্রেটিংয়ের অপবর্তনের ফলে  $30^\circ$  কোণে দ্বিতীয় ক্রমের বর্ণালি রেখা পাওয়া গেল। অন্য একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মির জন্যে  $40^\circ$  কোণে দ্বিতীয় ক্রমের বর্ণালি রেখা পাওয়া যায়।

[কোনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

- ক. আলোর সমবর্তন কী? ১
- খ. হাইগেনসের নীতি ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. ১ম ক্ষেত্রে বর্ণালির তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করো। ৩
- ঘ. ২য় ক্ষেত্রে পরপর দুটো চরম ও পরপর দুটো অবমের কৌণিক ব্যবধান সমান কিনা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

#### ১০ নং প্রশ্নের উত্তর

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

**খ** হাইগেনসের নীতি: কোনো তরঙ্গামুখের 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 তরঙ্গামুখের অবস্থান নির্দেশ করে।

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

হাইগেনসের নীতি অনুযায়ী তরঙ্গামুখে 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 তরঙ্গামুখের অবস্থান বের করার জন্য AB তরঙ্গামুখের 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 গোলায় তল  $A_1B_1$  পাওয়া যায় তাই হচ্ছে t সেকেন্ড পরে অগ্রসরমান তরঙ্গামুখের অবস্থান।

**গ** এখানে,

প্রতি মিটারে দাগ সংখ্যা,  $N = 4.24 \times 10^5$

অপবর্তন কোণ,  $\theta_n = 30^\circ$

$n = 2$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{N} \sin \theta_n = n\lambda$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{\sin \theta_n}{n} \times \frac{1}{N}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{\sin(30)}{2} \times \frac{1}{4.24 \times 10^5}$$

$$\therefore \lambda = 5.9 \times 10^{-7}\text{ m (Ans.)}$$

**ঘ** ২য় ক্ষেত্রে, অপবর্তন কোণ,  $\theta = 40^\circ$

$$\text{দাগ সংখ্যা, } d = \frac{1}{N} = \frac{1}{4.24 \times 10^5} = 2.36 \times 10^{-6}$$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda$  হলে,

আমরা জানি,

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{d \sin \theta}{n} = \frac{2.36 \times 10^{-6} \times \sin(40^\circ)}{2}$$

$$\therefore \lambda = 7.59 \times 10^{-7}\text{ m}$$

আবার, চরমের ক্ষেত্রে জানি,

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$n = 1$  হলে,

$$\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{d} = \frac{7.59 \times 10^{-7}}{2.36 \times 10^{-6}}$$

$$\theta_1 = 18.76^\circ$$

$$n = 2 \text{ হলে, } \sin \theta_2 = \frac{2\lambda}{d}$$

$$\theta_2 = 40.03$$

$$\therefore \text{পরস্পর দুটো চরমের কৌণিক ব্যবধান, } (\theta_2 - \theta_1) = (40.03 - 18.76) = 21.27^\circ$$

অবমের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

$$d \sin \theta = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$n = 1$  হলে,

$$\sin \theta_1 = \frac{3\lambda}{2d} = \frac{3 \times 7.59 \times 10^{-7}}{2 \times 2.36 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore \theta_1 = 28.84^\circ$$

$n = 2$  হলে,

$$\sin \theta_2 = \frac{5\lambda}{2d}$$

$$\therefore \theta_2 = 53.51^\circ$$

$$\therefore \text{অবমের ক্ষেত্রে কৌণিক ব্যবধান } (\theta_2 - \theta_1) = 24.67^\circ$$

সুতরাং বলা যায় যে, দুটি ক্ষেত্রে কৌণিক ব্যবধান সমান নয়।

**প্রশ্ন ১১** রাসেল ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায়  $5.5 \times 10^{14}\text{ Hz}$ -এর আলো ব্যবহার করে চির হতে  $1.55\text{m}$  দূরে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচার ঝালর তৈরি করল। পরপর দুইটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যে দূরত্ব  $0.75\text{mm}$ । অন্যদিকে, আরিফের পরীক্ষায় দুটি চিরের মধ্যে পার্থক্য  $2.0\text{ mm}$ । পর পর দুইটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব  $0.295\text{ mm}$ ।

[কৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম]

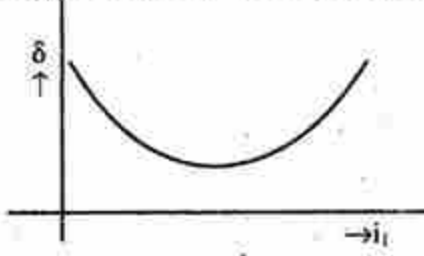
- ক. ফার্মাটের নীতি কী? ১
- খ. লেখচিত্রের সাহায্যে ন্যূনতম বিচ্যুতি ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. রাসেলের পরীক্ষায় চির-দ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব কত? ৩
- ঘ. রাসেল এবং আরিফের মধ্যে কে বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করেছিল? গাণিতিকভাবে তোমার যুক্তি ব্যাখ্যা দাও। ৪

#### ১১ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ) প্রিজমে আপতন কোণ খুব অল্পমানের হলে অত্যধিক মানের বিচ্যুতি পাওয়া যায়। কিন্তু আপতন কোণের মান ক্রমশ বাড়তে থাকলে প্রাপ্ত বিচ্যুতি কোণের মান কমতে থাকে। একসময় বিচ্যুতি কোণ সর্বনিম্ন মানে উপনীত হয়। এরপর আপতন কোণ বাড়তে থাকলে বিচ্যুতি কোণের মান বাড়তে থাকে।

সুতরাং, প্রিজমে বিচ্যুতি কোণ বনাম আপতন কোণ লেখ নিম্নরূপ:



গ) চিরের দূরত্ব =  $a$  হলে,  
 $\Delta x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{cD}{fa}$  [ $c$  = আলোর বেগ]  
 $\Rightarrow 0.75 \times 10^{-3} = \frac{3 \times 10^8 \times 1.55}{5.5 \times 10^{14} \times a}$   
 $\therefore a = 1.127 \text{ mm. (Ans.)}$

ঘ) রাসেলের পরীক্ষায় আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda_R = \frac{c}{f}$  [ $c$  = আলোর বেগ]  
 $= \frac{3 \times 10^8}{5.5 \times 10^{14}}$   
 $= 5455 \text{ \AA}$   
 আরিফের পরীক্ষায় আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য  
 $= \lambda_A$  হলে,  
 $\Delta x = \frac{\lambda_A D}{a}$   
 $\Rightarrow \lambda_A = \frac{\Delta x a}{D}$   
 $= \frac{0.295 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3}}{1.55}$   
 $= 3806 \text{ \AA}$

$\therefore \lambda_R > \lambda_A$   
 অতএব, উদ্দীপকের পরীক্ষায় রাসেল অপেক্ষাকৃত বেশি তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করেছিল।

প্রশ্ন ১২ একটি ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় চিড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব  $0.4 \text{ mm}$ । চিড়ের সমান্তরালে  $1 \text{ m}$  দূরত্বে স্থাপিত পর্দায় ডোরা সৃষ্টি করা হলে দেখা যায় কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা থেকে  $12$  তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব  $93 \text{ mm}$ ।

[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]

- ক. মাইক্রন কি? ১
- খ. রান্নার কাজে কেনো মাইক্রোওয়েভ ব্যবহার করা হয়? সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. একবর্ণীয় আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের কর? ৩
- ঘ. যদি সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি পানির নিচে করা হত তখন ডোরার প্রস্থ কমে যাবে বা বেড়ে যাবে— গাণিতিক পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

#### ১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. মাইক্রন হলো দৈর্ঘ্য পরিমাপের একক, প্রকাশ করা হয়  $\mu$  দিয়ে।  
 $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ ।

খ) তড়িচ্চুম্বক বর্ণালীতে সাধারণত যার তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি সেটি কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বর্ণালী অপেক্ষা কম উষ্ণ হয়। স্বাভাবিকভাবেই অবলোহিত রশ্মি বা সাধারণ আলো মাইক্রোওয়েভের চেয়ে উষ্ণতর। তাপি আমরা খাবার রান্নায় মাইক্রোওয়েভ ব্যবহার করি। কারণ, সাধারণ খাবার খুব দ্রুত সাধারণ আলো বা অবলোহিত রশ্মি শোষণ করে ফেলে। ফলে

খাবারের নিচের স্তর গরম হলেও উপরের স্তর ঠান্ডা থেকে যায়। মাইক্রোওয়েভ কম শোষিত হওয়ার কারণে খাবারের উপরের স্তর পর্যন্ত পৌঁছতে পারে। ফলে খাবার গরম/রান্না করা সহজতর হয়।

গ) এখানে

ডোরার ক্রম,  $n = 12$

চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $d = 0.4 \text{ mm} = 4 \times 10^{-4} \text{ m}$

চির হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1 \text{ m}$

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট्टি হতে  $12$  তম উজ্জ্বল পট्टির দূরত্ব,  $x_{12} = 93 \text{ mm} = 0.093 \text{ m}$

একবর্ণীয় আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

আমরা জানি,

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

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

$$\therefore \lambda = \frac{4 \times 10^{-4} \times 0.093}{12 \times 1} = 3.1 \times 10^{-6} \text{ m (Ans.)}$$

ঘ) উদ্দীপকের বর্ণিত পরীক্ষাটি পানিতে সম্পন্ন করলে ডোরার প্রস্থ পরিবর্তন হবে কারণ পানিতে প্রতিসরাঙ্ক পরিবর্তন হওয়াতে আলোর বেগ এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরিবর্তন হয়।

এখন পরীক্ষাটিতে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 3.1 \times 10^{-6} \text{ m}$

$$\therefore \text{ডোরার প্রস্থ, } \Delta x = \frac{D\lambda}{2a}$$

$$\text{আবার, পানির প্রতিসরাঙ্ক } \mu_w = \frac{4}{3}$$

$\therefore$  পানিতে উক্ত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_w$  হলে,

$$\mu_w = \frac{c}{c_w} = \frac{\lambda}{\lambda_w}$$

$$\text{বা, } \lambda_w = \frac{\lambda}{\mu_w}$$

$$= \frac{3}{4} \lambda$$

$$\therefore \text{পানির সৃষ্ট ডোরার প্রস্থ, } \Delta x_w = \frac{D\lambda_w}{2a} = \frac{3}{4} \left( \frac{D\lambda}{2a} \right) = \frac{3}{4} \Delta x$$

$$\text{বা, } \frac{\Delta x_w}{\Delta x} = \frac{3}{4}$$

$$\text{বা, } \frac{\Delta x - \Delta x_w}{\Delta x} = \frac{4-3}{4} \times 100\% = 25\%$$

অতএব, পরীক্ষাটি পানিতে করলে ডোরার প্রস্থ 25% হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ১৩ ইয়ং এর দ্বি চির পরীক্ষা করার জন্য একটি আলোক উৎস ব্যবহার করা হলো যার বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $5600 \text{ \AA}$  ফলে  $1.2 \text{ m}$  দূরে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচারপট্টি দেখা গেল। চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব  $0.1 \text{ mm}$  পরীক্ষাটি অন্য একটি মাধ্যমে করা হলো।

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

- ক. গ্রেটিং ধুবক কি? ১
- খ. বিপদ সংকেতে সব সময় লাল ব্যবহার করা হয় কেন? ২
- গ. বায়ু মাধ্যমে সৃষ্ট ব্যতিচার ডোরার ব্যবধান কত? ৩
- ঘ. উদ্দীপকের পরীক্ষাটি 1.33 প্রতিসরাঙ্কের কোনো মাধ্যমে রেখে করলে ব্যতিচার ডোরার ব্যবধানের কী কোনো পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

### ১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি অপবর্তন গ্রেটিং এর প্রতিটি চিহ্নের প্রস্থ এবং প্রতিটি দাগের প্রস্থের যোগফলকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ. বিদ্যুৎ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করার প্রধান কারণ এর কম বিচ্যুতি।

এখন দৃশ্যমান যে কোন বর্ণের আলোর মধ্যে লাল বর্ণের আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সবচেয়ে বেশি, অর্থাৎ যে কোন মাধ্যমে লাল আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক কম হয়। সুতরাং প্রতিসরণের ফলে লাল বর্ণের আলোর বিচ্যুতি সবচেয়ে কম, অর্থাৎ বায়ু মাধ্যমে আলোর যাওয়ার পথে প্রতিসরিত হলেও সবচেয়ে কম বাঁকবে। এজন্য বিদ্যুৎ সংকেতের আলো অনেক দূর হতে দেখা যাবে।

এসব কারণে বিদ্যুৎ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করা হয়।

গ. ১ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 3.36 mm।

ঘ. এখানে, ইয়ং এর দ্বিচিহ্ন পরীক্ষায়,

চিরস্থায়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $a = 0.1 \text{ mm}$

$$= 0.1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 5600 \text{ \AA}$

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

চিহ্ন হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1.2 \text{ m}$

এখন, বায়ুতে চিহ্নের প্রস্থ  $\Delta x_s$  হলে,

$$\begin{aligned} \Delta x_s &= \frac{\lambda D}{2a} \\ &= \frac{5600 \times 10^{-10} \times 1.2 \text{ m}}{2 \times 0.1 \times 10^{-3} \text{ m}} \\ &= 3.36 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

উদ্দীপকে বর্ণিত সমস্ত ব্যবস্থাটিকে যদি 1.33 প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট মাধ্যমে নেওয়া হয় তবে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হ্রাস পাবে। কারণ, তরঙ্গটির প্রতিসরাঙ্ক বায়ু অপেক্ষা বেশি তাই তরঙ্গটিতে বায়ু অপেক্ষা আলোর বেগ কম এবং তরঙ্গে ব্যবহৃত আলোর কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকবে।  $\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$  সূত্রানুসারে  $D$  এবং  $a$  অপরিবর্তিত থাকলে,  $\Delta x \propto \lambda$  অর্থাৎ, তরঙ্গটিতে  $\lambda$  এর মান অপেক্ষাকৃত কম বলে সেখানে ডোরার প্রস্থ বায়ুতে থাকাকালীন সময়ের তুলনায় কম হবে।

ধরি, তরঙ্গটিতে ডোরার প্রস্থ  $\Delta x_i$

বায়ু এবং তরঙ্গটিতে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda_s$  এবং  $\lambda_i$  হলে,

$$\frac{\Delta x_s}{\Delta x_i} = \frac{\lambda_s}{\lambda_i} = \frac{C/f}{C_i/f} \quad [f = \text{ধ্রুবমান কম্পাঙ্ক}]$$

$$= \frac{C_s}{C_i} = \mu_i$$

= বায়ুর সাপেক্ষে তরঙ্গটির প্রতিসরাঙ্ক

$$= 1.33$$

$$\therefore \Delta x_i = \frac{\Delta x_s}{1.33} = \frac{3.36 \times 10^{-3} \text{ m}}{1.33} = 2.53 \times 10^{-3} \text{ m}$$

সুতরাং, উদ্দীপকে বর্ণিত সমস্ত ব্যবস্থাটিকে যদি 1.33 প্রতিসরাঙ্কের তরঙ্গে নেওয়া হয় তবে ডোরার প্রস্থ হ্রাস পাবে এবং এই হ্রাসকৃত মান হলো  $2.53 \times 10^{-3} \text{ m}$ ।

প্রশ্ন ১৪ ইয়ং এর দ্বিচিহ্ন পরীক্ষায় দুইটা চিহ্নের দূরত্ব 0.035cm এবং পরপর দুইটা উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব  $3.95 \times 10^{-4} \text{ m}$ , পর্দার দূরত্ব  $D = 0.3 \text{ m}$ ।

[ভিক্টোরিয়া নুন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- অপবর্তন কাকে বলে? ১
- গঠনমূলক ব্যতিচারের শর্ত কী কী? ২
- উদ্দীপকে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত? ৩
- যদি  $8800 \text{ \AA}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হয় এবং পরপর দুইটা উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব একই রাখতে হলে কী ব্যবস্থা নিতে হবে? ৪

### ১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তীক্ষ্ণ ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সবু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ. দুটি তরঙ্গ যখন একই দশায় মিলিত হয় তখন লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার তথা প্রাবল্য সর্বাধিক হয় ফলে উজ্জ্বল ডোরার সৃষ্টি হয় ও গঠনমূলক ব্যতিচার ঘটে।

পর্দার উপর যে সকল বিন্দুতে আপতিত তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য  $\frac{\lambda}{2}$  এর জোড় গুণিতক সে সকল বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।

গ.

$$\text{ডোরার ব্যবধান, } \Delta x = \frac{D\lambda}{a}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{a\Delta x}{D}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0.00035 \times 3.95 \times 10^{-4}}{0.3} \\ &= 4.6 \times 10^{-7} \text{ m} \\ &= 4608 \text{ \AA} \quad (\text{Ans.}) \end{aligned}$$

এখানে,

চিরস্থায়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$a = 0.035 \text{ cm} = 0.00035 \text{ m}$$

ডোরার ব্যবধান,

$$\Delta x = 3.95 \times 10^{-4} \text{ m}$$

পর্দার দূরত্ব,  $D = 0.3 \text{ m}$

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

ঘ. আমরা জানি, পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$

দেওয়া আছে,

আদি পর্দার দূরত্ব,  $D = 0.3 \text{ m}$

আদি দুটি চিহ্নের দূরত্ব,  $a = 0.035 \times 10^{-2} \text{ m}$

আদি দুটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব  $\Delta x = 3.95 \times 10^{-4} \text{ m}$

নতুন আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 8800 \text{ \AA}$

$$= 8.8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

যদি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব একই রাখতে হয় তবে,

$$\Delta x = 3.95 \times 10^{-4} = \frac{8.8 \times 10^{-7} \times D}{a}$$

$$\therefore \frac{D}{a} = 448.9$$

অর্থাৎ, চিহ্নের দূরত্ব এবং পর্দার দূরত্ব এমনভাবে বাছাই করতে হবে যেন পর্দা ও চিহ্নের দূরত্বের অনুপাত 448.9 হয়।

প্রশ্ন ১৫ ইয়ং এর দ্বিচিহ্ন পরীক্ষায় দুটি চিহ্নের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.3mm এবং চিহ্ন হতে পর্দার দূরত্ব 0.1m। পরীক্ষাটি যদি বায়ুতে সম্পন্ন করা হয় তাহলে, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৮ম উজ্জ্বল ডোরা 6.5mm দূরে পাওয়া যায়। পানির প্রতিসরাঙ্ক 1.33।

[ঢাকা রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

- আলোর সমবর্তন কী? ১
- তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য লিখ। ২
- উল্লিখিত পরীক্ষাটি ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বায়ুতে কত হবে নির্ণয় করো। ৩
- উল্লিখিত পরীক্ষাটি পানিতে সম্পন্ন করলে উজ্জ্বল ডোরার প্রস্থ পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

### ১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ.

- তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ তড়িৎক্ষেত্র  $\vec{E}$  ও চৌম্বকক্ষেত্র  $\vec{B}$  এর পর্যায়বৃত্ত পরিবর্তনের ফলে উৎপন্ন হয়।
- তরঙ্গ সঞ্চালনের অভিমুখ  $\vec{E}$  ও  $\vec{B}$  উভয়ের উপর লম্ব। তাই তড়িচ্চৌম্বকীয় তরঙ্গ আড় তরঙ্গ।
- তড়িচ্চৌম্বকীয় তরঙ্গের সঞ্চালনের জন্য কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না।



iv. তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের তীব্রতা দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতে হ্রাস পায়। অর্থাৎ  $E \propto \frac{1}{r^2}$ । এখানে, E হলো তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের তীব্রতা এবং r হলো উৎস হতে দূরত্ব। সুতরাং দূরত্ব দ্বিগুণ বৃদ্ধি পেলে তীব্রতা চারগুণ হ্রাস পাবে।

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda$  হলে,

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

$$\text{বা, } \lambda = \frac{x_n a}{nD}$$

$$= \frac{6.5 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-4}}{8 \times 0.1}$$

$$= 2.4375 \times 10^{-6} \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,

উজ্জ্বলতার ক্রম,  $n = 8$

চিরের মধ্যবর্তীদূরত্ব,  $a = 0.3 \text{ mm}$   
 $= 3 \times 10^{-4} \text{ m}$

চির হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 0.1 \text{ m}$

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৮ম

উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,  $x_n = 6.5 \text{ mm}$   
 $= 6.5 \times 10^{-3} \text{ m}$

ঘ. আলোক তরঙ্গ এক মাধ্যম হতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করলে কম্পাংক একই থাকে কিন্তু তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও বেগ পরিবর্তিত হয়। পানিতে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_w$  হলে,

$$\frac{\mu_w}{\mu_a} = \frac{C_w}{C_a} = \frac{f\lambda_w}{f\lambda_a} = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$$

$$\therefore \lambda_w = \lambda_a \times \frac{\mu_a}{\mu_w} = \lambda \times \frac{1}{1.33} = \frac{3\lambda}{4}$$

এখন, বায়ুতে সৃষ্ট ডোরার প্রস্থ  $x_a$  ও পানিতে  $x_w$  হলে,

$$\frac{x_w}{x_a} = \frac{\lambda_w D}{\lambda_a D} = \frac{\lambda_w}{\lambda_a}$$

$$= \frac{3\lambda_a}{4\lambda_a}$$

$$= \frac{3}{4}$$

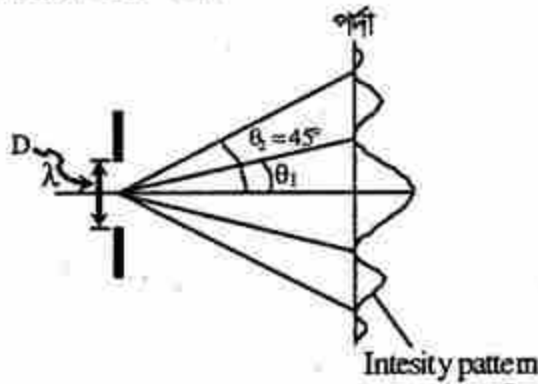
$$\text{বা, } \frac{x_w}{x_a} < 1$$

$$\therefore x_w < x_a$$

অর্থাৎ, পানিতে সৃষ্ট ডোরার প্রস্থ বায়ুর চাইতে কম।

অতএব, ডোরা প্রস্থ পরিবর্তিত হবে।

প্রঃ ১৬ 550 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলোক রশ্মি নিচের চিত্রানুসারে একক চিরের উপর আপতিত হয় এবং পর্দার উপর Intensity Pattern তৈরি করে।



[ফ্রি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. ভৌত আলোকবিজ্ঞান কাকে বলে?

১

খ. কম না বেশি অর্ধাঙ্গ সম্পন্ন তেজস্ক্রিয় মৌল চিকিৎসা বিজ্ঞানে সহায়ক ব্যাখ্যা করো।

২

গ. স্লিট-এর প্রস্থ (D) কত?

৩

ঘ. কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি কোণ নির্ণয় সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আলোক বিজ্ঞানের যে শাখায় আলোর অপবর্তন, সমাবর্তন এবং ব্যতিচার সম্পর্কে আলোচনা করা হয় তাকে ভৌত আলোকবিজ্ঞান বলে।

খ. চিকিৎসা বিজ্ঞানে, বিশেষত রেডিও থেরাপিতে উচ্চ তেজস্ক্রিয় রশ্মি ব্যবহৃত হয়। আমরা জানি তেজস্ক্রিয়তার তীব্রতা তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবকের উপর নির্ভর করে। তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক বেশি হলে তার তীব্রতা বেশি হয়। আবার যে তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু অল্প তার ক্ষয়ধ্রুবক বেশি হয়। এজন্যই চিকিৎসা বিজ্ঞানে কম অর্ধায়ু সম্পন্ন তেজস্ক্রিয় মৌল ব্যবহৃত হয়।

গ. অপবর্তনের ক্ষেত্রে অবমের শর্ত,

$$D \sin \theta_n = n\lambda$$

$$D = \frac{2 \times 550 \times 10^{-9}}{\sin 45^\circ}$$

$$= 1.56 \times 10^{-6} \text{ m (Ans.)}$$

এখানে, চিত্র হতে,

দ্বিতীয় অবমের জন্য অপবর্তন কোণ,

$$\theta_n = 45^\circ$$

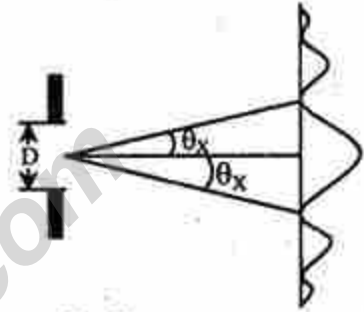
দ্বিতীয় অবম,  $n = 2$

চিত্র প্রস্থ,  $D = ?$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 550 \text{ nm}$

$$= 550 \times 10^{-9} \text{ m}$$

ঘ.



এখানে, কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি কোণ হবে  $2\theta_x$

প্রথম অবমের জন্য,

$$D \sin \theta_x = n\lambda$$

এখানে,  $D =$  চির প্রস্থ

$a = 1$  (প্রথম অবম)

তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda = 550 \text{ nm}$

$$= 550 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\therefore \sin \theta_x = \frac{1 \times 550 \times 10^{-9}}{1.56 \times 10^{-6}}$$

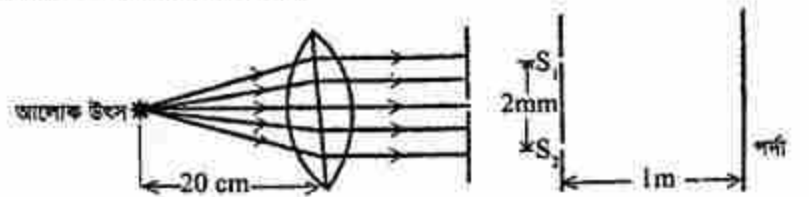
$$\theta_x = 20.64^\circ$$

$\therefore$  কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি  $= 2\theta_x$

$$= 2 \times 20.64^\circ$$

$$= 41.28^\circ$$

প্রঃ ১৭ বাংলাদেশে প্রথম শিশুদের চ্যানেল 'দুরন্ত' গুরুত্বপূর্ণ অবদান রেখে চলেছে। নবম শ্রেণির শিক্ষার্থী শাফা এ চ্যানেলে পুতুল নাচ দেখার সময় আকাশে বিদ্যুৎ চমকানোর কারণে ছবি অস্পষ্ট হয়ে যায় ও শব্দ সৃষ্টি হয়। সে অভিভাবকদের প্রশ্ন করে জানতে পারে তরঙ্গের ব্যতিচারের কারণে সমস্যা হয়েছে। কিন্তু সেদিন সে না বুঝলেও পরবর্তীতে সম্মান ২য় বর্ষে ব্যতিচারের নিম্নোক্ত পরীক্ষা করে পর্দায় ডোরা প্রস্থ পরিমাপ করে।



ব্যবহৃত লেন্সের ক্ষেত্রে,  $r_1 = 15 \text{ cm}$  এবং  $r_2 = 30 \text{ cm}$  এবং ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $= 7000 \text{ Å}$

[মাইনস্টোন কলেজ]

ক. আলোর সমবর্তন কাকে বলে?

১

খ. হাইগেনের নীতি ব্যাখ্যা করো।

২

গ. ডোরা প্রস্থ নির্ণয় করো।

৩

ঘ. বায়ুতে লেন্সটির প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় সম্ভব কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৪



## ১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. হাইগেনের নীতি: কোনো তরঙ্গামুখের 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 ঐ অণুতরঙ্গগুলোকে স্পর্শ করে যে সাধারণ স্পর্শক তল পাওয়া যায় তা-ই ঐ সময়ে নতুন তরঙ্গামুখের অবস্থান নির্দেশ করে।

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

হাইগেনের নীতি অনুযায়ী তরঙ্গামুখে 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 তরঙ্গামুখের অবস্থান বের করার জন্য AB তরঙ্গামুখের ওপর P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> 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<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> প্রভৃতি গৌণ উৎস থেকে সৃষ্ট গৌণ তরঙ্গের অবস্থান। তখন ঐ ছোট গোলকগুলোকে স্পর্শ করে যে গোলায়ী তল A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> পাওয়া যায় তাই হচ্ছে t সেকেন্ড পরে অগ্রসরমান তরঙ্গামুখের অবস্থান।

গ.

ডোরা প্রস্থ,

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{7000 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 2 \times 10^{-3}} = 1.75 \times 10^{-4} \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,

চির ব্যবধান,  $a = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$

পর্দার দূরত্ব,  $D = 1 \text{ m}$

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,

$$\lambda = 7000 \text{ \AA} = 7000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

ঘ.

লেঙ্গ প্রস্তুতকারকের সমীকরণ হতে,

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{20} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{15} - \frac{1}{30} \right)$$

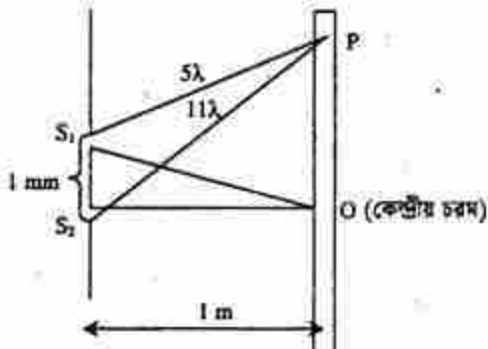
$$\text{বা, } \frac{1}{20} = (\mu - 1) \cdot \frac{1}{10}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} = \mu - 1$$

$$\therefore \mu = 1.5 \text{ (Ans.)}$$

অতএব, বায়ুতে লেন্সটির প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ১৮



ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 3800 Å।

[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. আলোর সমবর্তন কী?

১

খ. অপবর্তন এক প্রকার ব্যতিচার— ব্যাখ্যা করো।

২

গ. O এবং P বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব কত?

৩

ঘ. সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি 1.30 প্রতিসরাঙ্কের কোন মাধ্যমে করা হলে ডোরা প্রস্থের কী পরিবর্তন হবে?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৪

## ১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. সকল তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গসহ বেশকিছু যান্ত্রিক তরঙ্গ (যেমন শব্দ) এমনভাবে শক্তি সংহত করে যেন, তরঙ্গ সংস্থারণকারী প্রতিটি কণাই নিজ নিজ উপতরঙ্গ সৃষ্টি করে। এ উপতরঙ্গগুলো মূল তরঙ্গের মতো প্রবল না হলেও এরাও সুযোগমতো ব্যতিচার প্যাটার্ন সৃষ্টি করে। অপবর্তনের কারণেই তীক্ষ্ণ ধারের কাছে এসে তরঙ্গগুলো বেঁকে যায়।

অপবর্তন এক প্রকার ব্যতিচার। তবে সাধারণ ব্যতিচারের মতো এক্ষেত্রে উজ্জ্বল ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হয় না।

গ. P বিন্দুর ক্ষেত্রে আলোক তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য

$$= 11\lambda - 5\lambda = 6\lambda$$

সুতরাং P হলো 6-তম উজ্জ্বল ডোরার অবস্থান

দেওয়া আছে, চিরদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব,  $a = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$

চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব,  $\Delta = 1 \text{ m}$

এবং ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 3800 \text{ \AA} = 3.8 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$\therefore \text{ডোরা ব্যবধান, } \Delta z = \frac{\lambda D}{a} = \frac{3.8 \times 10^{-7} \text{ m} \times 1 \text{ m}}{10^{-3} \text{ m}} = 3.8 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\therefore OP = 6\Delta z = 6 \times 3.8 \times 10^{-4} \text{ m} = 22.8 \times 10^{-4} \text{ m (Ans.)}$$

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় ডোরাপ্রস্থ,  $\Delta x = \frac{\Delta z}{2} = \frac{3.8 \times 10^{-4} \text{ m}}{2} = 1.9 \times 10^{-4} \text{ m}$

আমরা জানি,  $\Delta x = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{CD}{f(2a)}$  [শূন্য মাধ্যমে,  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ]

$\mu$  প্রতিসরাঙ্কের মাধ্যমে পরীক্ষাটি করা হলে আলোর বেগ হবে,  $c' = \frac{c}{\mu}$

$$\text{সেক্ষেত্রে, } \Delta x' = \frac{c'D}{f(2a)} = \frac{cD}{\mu f(2a)}$$

$$\therefore \frac{\Delta x'}{\Delta x} = \frac{CD}{\mu f(2a)} \times \frac{f(2a)}{CD} = \frac{1}{\mu}$$

$$\therefore \Delta x' = \frac{\Delta x}{\mu} = \frac{1.9 \times 10^{-4} \text{ m}}{1.3} = 1.46 \times 10^{-4} \text{ m}$$

সুতরাং, সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি 1.30 প্রতিসরাঙ্কের কোনো মাধ্যমে করা হলে ডোরা প্রস্থ পূর্বের তুলনায় 1.30 গুণ কমে যাবে।

প্রশ্ন ১৯ হাসান ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 0.03 mm দূরত্বে অবস্থিত দুটি চিরের ব্যবধান নিয়ে পর্যবেক্ষণ করছে। চির হতে পর্দা 1m দূরত্বে থাকায় তৃতীয় চরম কেন্দ্রীয় চরম হতে 4mm দূরত্ব পাওয়া গেল।

[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. প্রিজম কাকে বলে?

১

খ. বিপদ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন?

২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

৩

ঘ. উদ্দীপকের চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক হলে ডোরার ব্যবধান বর্তমান ডোরার প্রস্থের সমান হবে কি-না গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৪

## ১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি স্বচ্ছ বস্তুকে যদি ছয়টি আয়তক্ষেত্রিক তল দ্বারা এমনভাবে সীমাবদ্ধ করা হয় যে, যে কোনো দুই জোড়া বিপরীত তল সমান্তরাল,

কিন্তু অপর যেকোনো দুটি তল সমান্তরাল না হয়ে পরস্পর আনত অবস্থায় থাকে তাহলে তাকে প্রিজম 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 থেকে অধিকতর দৃশ্যমান হয়। এই কারণে বিপদ সংকেতে লাল রং ব্যবহার করা হয়।

গ) এখানে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1\text{m}$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $a = 0.03\text{mm} = 0.03 \times 10^{-3}\text{m}$

কেন্দ্রীয় চরম হতে তৃতীয় চরমের দূরত্ব,  $x_n = 4\text{mm} = 4 \times 10^{-3}\text{m}$

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

আমরা জানি,  $x_n = n \frac{\lambda D}{a}$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{ax_n}{nD}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{0.03 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-3}}{3 \times 1} \quad [\text{তৃতীয় চরমের ক্ষেত্রে } n=3]$$

$$\therefore \lambda = 4 \times 10^{-8}\text{m} \quad (\text{Ans.})$$

ঘ) এখানে, প্রথমক্ষেত্রে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব,  $D_1 = 1\text{m}$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $a = 0.03 \times 10^{-3}\text{m}$

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 4 \times 10^{-8}\text{m}$

ডোরা প্রস্থ =  $\Delta x$  m (ধরি)

আমরা জানি,

$$\Delta x = \frac{\lambda D_1}{2a}$$

$$\text{বা, } \Delta x = \frac{4 \times 10^{-8} \times 1}{2 \times 0.03 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore \Delta x = 6.67 \times 10^{-4}\text{m}$$

আবার, দ্বিতীয়ক্ষেত্রে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব  $D_2 = \frac{1}{2}\text{m} = 0.5\text{m}$

ডোরা ব্যবধান =  $\Delta z$  m (ধরি)

আমরা জানি,  $\Delta z = \frac{\lambda D_2}{a}$

$$\text{বা, } \Delta z = \frac{4 \times 10^{-8} \times 0.5}{0.03 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore \Delta z = 6.67 \times 10^{-4}\text{m}$$

যা, পূর্বের ডোরা প্রস্থের সমান।

সুতরাং, চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করলে ডোরা ব্যবধান বর্তমানের ডোরা প্রস্থের সমান হবে।

**প্রঃ ২০** ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব  $0.4\text{mm}$  এবং চিড়ের তল থেকে পর্দার দূরত্ব  $1\text{m}$ , কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা থেকে  $12$  তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব  $9.3\text{mm}$ । [সরকারি হরণজা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]

ক. ফার্মাটের নীতি বিবৃত করো। ১

খ. সবু প্রিজমের ক্ষেত্রে বিচ্যুতি কোণ আপতন কোণের উপর নির্ভর করে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত একবর্ণী আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত সমস্ত ব্যবস্থাটিকে যদি পানির মধ্যে নেয়া হয় তবে ডোরার প্রস্থের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

**২০ 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** সবু প্রিজমের ক্ষেত্রে আপতন কোণ ( $i_1$ ) ক্ষুদ্র হলে নির্গমন কোণ ( $i_2$ ) ক্ষুদ্র হয়।  $\mu = \frac{\sin i}{\sin r}$  সূত্রানুসারে এতে  $r_1$  এবং  $r_2$  ও ক্ষুদ্র মানের হয়।

$$\text{তাহলে } \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{i_1}{r_1} = \mu \text{ এবং } \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{i_2}{r_2} = \mu$$

$$\therefore i_1 = \mu r_1 \text{ এবং } i_2 = \mu r_2$$

$$\therefore \text{বিচ্যুতি } \delta = i_1 + i_2 - A = \mu r_1 + \mu r_2 - A = \mu (r_1 + r_2) - A = \mu A - A = A (\mu - 1)$$

$A$  ও  $\mu$  ধ্রুবমানের হওয়ায় এটা স্পষ্ট যে, সবু প্রিজমের ক্ষেত্রে (আপতন কোণ ক্ষুদ্র মানের হলে) বিচ্যুতি কোণ ধ্রুবমানের হয় এবং তা আপতন কোণের ওপর নির্ভর করে না।

গ) দেওয়া আছে,

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $2d = 0.4\text{mm} = 0.4 \times 10^{-3}\text{m}$

ডোরার ক্রম সংখ্যা,  $n = 12$

চির হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1\text{m}$

কেন্দ্রীয় ডোরা থেকে  $12$ তম উজ্জ্বল ও ডোরার দূরত্ব,

$$x_n = 9.3 \times 10^{-3}\text{m}$$

বের করতে হবে, আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

আমরা জানি,

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

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

$$\text{বা, } \lambda = \frac{9.3 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 10^{-3}}{12 \times 1}$$

$$\text{বা, } \lambda = 3.1 \times 10^{-7}\text{m}$$

$$\therefore \lambda = 3100\text{\AA} \quad (\text{Ans.})$$

ঘ) দেওয়া আছে, পানির প্রতিসরাঙ্ক  $\mu_w = 1.33$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $2d = 0.4\text{mm}$

চির হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1\text{m}$

“গ” হতে পাই, বায়ু মাধ্যমে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda_a = 3.1 \times 10^{-7}\text{m}$

পানিতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_w$  হলে,

$$\mu_w = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$$

$$\text{বা, } \lambda_w = \frac{\lambda_a}{\mu_w}$$

$$\text{বা, } \lambda_w = \frac{3.1 \times 10^{-7}}{1.33}$$

$$\therefore \lambda_w = 2.33 \times 10^{-7}\text{m}$$

$$\text{আবার, পানিতে ডোরার প্রস্থ } b' = \frac{D\lambda_w}{2 \times 2d} = \frac{1 \times 2.33 \times 10^{-7}}{2 \times 0.4 \times 10^{-3}} = 2.9 \times 10^{-4}\text{m}$$

$$\text{অন্যদিকে, বায়ুতে ডোরার প্রস্থ, } b = \frac{D\lambda_a}{2 \times 2d} = \frac{1 \times 3.1 \times 10^{-7}}{2 \times 0.4 \times 10^{-3}} = 3.875 \times 10^{-4}\text{m}$$

অতএব, ডোরার প্রস্থের পরিবর্তন,

$$\Delta b = b - b' = 3.875 \times 10^{-4} - 2.9 \times 10^{-4} = 9.74 \times 10^{-5}\text{m}$$

সুতরাং, উদ্দীপকে বর্ণিত সমস্ত যান্ত্রিক ব্যবস্থাটিকে যদি পানির মধ্যে নেওয়া হয়, তবে ডোরার প্রস্থের পরিবর্তন হবে এবং  $9.74 \times 10^{-5}\text{m}$  হ্রাস পাবে।

**প্রঃ ২১** ইয়ংয়ের দ্বি-চির পরীক্ষায় চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব  $2\text{mm}$ ।

চিড় হতে পর্দার দূরত্ব  $1\text{m}$ । চিড় দুটিকে একবর্ণী আলো দ্বারা আলোকিত করলে পর্দায় ব্যতিচার সৃষ্টি হয়। উক্ত ব্যতিচারের পরপর একটি উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব  $0.3\text{mm}$ ।

[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]



- ক. চৌম্বক ফ্লাক্স কী? ১  
খ. যে মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক যত বেশি সেই মাধ্যমের আলোকীয় ঘনত্ব তত বেশি কেন? ২  
গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত একবর্ণী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? ৩  
ঘ. উদ্দীপকের পরীক্ষণে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ১২ তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব ডোরার প্রস্থের ১২ গুণ হবে কিনা— তা গাণিতিকভাবে বের করো। ৪

### ২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো তলের ক্ষেত্রফল এবং ঐ তলের লম্ব বরাবর চৌম্বক ক্ষেত্রের উপাংশের গুণফলকে ঐ তলের সাথে সংশ্লিষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্স বলে। একে  $\phi$  দ্বারা প্রকাশ করা হয় যেখানে,  $\phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$ ।

খ. কোনো মাধ্যমের আলোকীয় ঘনত্ব বেশি মানে সেই মাধ্যমে আলোর বেগ তুলনামূলক কম হবে। মাধ্যমে আলোর বেগের সাথে আলোকীয় ঘনত্বের সম্পর্ক ব্যস্তানুপাতিক।

আবার আমরা জানি,  $\mu_b = \frac{c}{c_b}$  বা,  $\mu_b \propto \frac{1}{c_b}$

অর্থাৎ কোনো মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক ঐ মাধ্যমে আলোর বেগের ব্যস্তানুপাতিক। সুতরাং মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বেশি হলে আলোর বেগ কমে অর্থাৎ মাধ্যমের আলোকীয় ঘনত্ব বাড়ে।

গ. এখানে, চিড়ছয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব  $a = 2\text{mm} = 2 \times 10^{-3}\text{m}$   
পর্দার দূরত্ব,  $D = 1\text{m}$

প্রস্থ,  $\Delta x = 0.30\text{mm} = 0.3 \times 10^{-3}\text{m}$

$$\therefore \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = \frac{\Delta x \times a \times 2}{D}$$

$$= \frac{0.3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3} \times 2}{1}$$

$$= 1.2 \times 10^{-6}\text{m (Ans.)}$$

খ. জানা আছে, কেন্দ্রীয় ডোরা থেকে  $n$  তম উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$x_n = \frac{nD\lambda}{a}$$

$$\text{বা, } x_n = (2n) \left( \frac{D\lambda}{2a} \right)$$

$$\text{বা, } x_n = 2n \Delta x$$

$$\text{বা, } \frac{x_n}{\Delta x} = 2n$$

$$\text{বা, } \frac{x_{12}}{\Delta x} = 2 \times 12$$

$$= 24$$

অতএব, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ১২ তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব ডোরা প্রস্থের ১২ গুণ নয় বরং ২৪ গুণ।

প্রশ্ন ২২ পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের পরীক্ষাগারে শিক্ষার্থীরা আলোর ব্যতিচার ধর্ম পর্যবেক্ষণ করছিল। এ সময় তারা দুটি সুসংগত উৎস ব্যবহার করে  $5500\text{\AA}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের দুটি তরঙ্গ নিঃসৃত করল যাদের পথ পার্থক্য ছিল  $11000\text{\AA}$ ।

(আব্দুল কাদির মোম্বা সিটি কলেজ)

- ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কী? ১  
খ. ধারকে কীভাবে শক্তি সঞ্চিত হয়? ব্যাখ্যা করো। ২  
গ. উদ্দীপকের আলোকে ফোটনের শক্তি নির্ণয় করো। ৩  
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত পথ-পার্থক্য নিয়ে তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতন ঘটলে কী ধরনের ব্যতিচার সংঘটিত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

### ২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে কোনো দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরা বৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ. ধারকে শক্তি সঞ্চিত করতে হলে ধারকে কিছু চার্জ জমা করতে হবে। এ চার্জ ধারকে একবারে দেয়া সম্ভব নয়। একটু একটু করে চার্জ জমা করতে হয়। কারণ এটি কিছু চার্জ লাভ করার পর পরবর্তী চার্জ প্রদানে বাধা দেয়। তাই কোনো ধারকে চার্জিত করতে কিছু কাজ করতে হয় বা কিছু শক্তি ব্যয় হয়। এ ব্যয়িত শক্তি ধারকে তড়িৎ শক্তি হিসেবে জমা থাকে।

গ. ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ২৩ নওশিন পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে দুটি সুসংগত উৎস ব্যবহার করে ব্যতিচারের পরীক্ষা করছিল। সে দেখল তরঙ্গ দুটি একই দশায় নিঃসৃত হলো। প্রত্যেকটি তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $6000\text{\AA}$  ছিল।

(অরুণী মূল এড কলেজ, রাজশাহী)

- ক. হাইগেনের নীতিটি লিখো। ১  
খ. একক রেখাচিত্র দ্বারা স্ফট ফ্রনহফার অপবর্তন ঝালরের চরম ও অবম বিন্দুর শর্ত কী ব্যাখ্যা করো। ২  
গ. যে কোনো একটি তরঙ্গ কাঁচে প্রবেশের ফলে তরঙ্গদৈর্ঘ্য এবং তরঙ্গস্থিতি ফোটনের শক্তি কত হবে? ৩  
ঘ. বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যকার পথ-পার্থক্য  $15000\text{\AA}$  হলে এদের শেষ বিন্দু দুটির মধ্যে দশা পার্থক্য কত হবে? এই দশা পার্থক্য নিয়ে উপরিপাতন ঘটলে কী ধরনের ব্যতিচার হবে— গাণিতিক যুক্তি সহকারে মতামত ব্যক্ত করো। ৪

### ২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত সব বিন্দুকে এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

খ. একক রেখাচিত্রে ফ্রনহফার ব্যতিচার ঝালরে কেন্দ্রীয় পট্টি সর্বদা উজ্জ্বল। কিন্তু ফ্রেনেল ব্যতিচার ঝালরের কেন্দ্রীয় পট্টি উজ্জ্বল কিংবা অন্ধকার হতে পারে। যা নির্ভর করে একক রেখাচিত্রে অর্ধপর্যায়কাল অঙ্গুলের সংখ্যার উপর।

একক রেখাচিত্র দ্বারা স্ফট ফ্রনহফার অপবর্তন ঝালরের চরমের শর্ত:

$$a \sin \theta = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}, n = 1, 2, 3, \dots \text{ ইত্যাদি}$$

এবং অবমের শর্ত:  $a \sin \theta = n\lambda; n = 1, 2, 3, \dots \text{ ইত্যাদি}$

গ. তরঙ্গ কাঁচে প্রবেশের পর তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda$  হলে,

$$\mu_g = \frac{c}{c_g}$$

$$\text{বা, } \mu_g = \frac{\lambda_0}{\lambda_g}$$

$$\text{বা, } \mu_g = \frac{\lambda_0}{\lambda_g}$$

$$\text{বা, } \lambda_g = \frac{\lambda_0}{\mu_g}$$

$$= \frac{6000}{1.5}$$

$$= 4000\text{\AA} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,  
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda_0 = 6000\text{\AA}$   
কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক,  $\mu_g = 1.5$

আলোক তরঙ্গ এক মাধ্যম হতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করলেও কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকে। ফলে শক্তি অপরিবর্তিত থাকে।

তরঙ্গের ফোটনের শক্তি বায়ু মাধ্যমে  $E_0$  ও কাঁচে  $E_r$  হলে,

$$E_r = E_0 = \frac{hc_0}{\lambda_0}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6000 \times 10^{-10}}$$

$$= 3.315 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 2.07 \text{ eV (Ans.)}$$

গ) পথপার্থক্য,  $\Delta x = 15000 \text{ \AA}$  বা  $15000 \times 10^{-10} \text{ m}$  ও দশা পার্থক্য,  $\Delta \phi$  হলে,

$$\Delta \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x$$

$$= \frac{2\pi}{6000 \times 10^{-10}} \times 15000 \times 10^{-10}$$

$$= 5\pi \text{ rad. যা } \pi \text{ rad পরিমাণ}$$

দশা-পার্থক্যের সমতুল্য।

এই দশাপার্থক্য নিয়ে উপরিপাতন ঘটলে পথপার্থক্য,  $\Delta x = \frac{\lambda}{2\pi} \times \Delta \phi$

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

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

অর্থাৎ, পথপার্থক্য  $\frac{\lambda}{2}$  এর বিজোড় গুণিতক। যেহেতু পথপার্থক্য  $\frac{\lambda}{2}$  এর বিজোড় গুণিতক হলে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হয়। এক্ষেত্রেও ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার ঘটবে।

প্রশ্ন ২৪ দুটি সুসজাত আলোক উৎস নিয়ে ব্যতিচার পরীক্ষায় দেখা গেল যে,  $6000 \text{ \AA}$  তরঙ্গ দূটি একই দশায় মিলিত হচ্ছে। বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে পথ পার্থক্য  $9000 \text{ \AA}$  হলে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।

[ক্রিয়া সরকারি মহিলা কলেজ]

- ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কী? ১
- খ. দুটি ভোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২
- গ. একটি তরঙ্গ কাঁচে প্রবেশ করলে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত হবে? ৩
- ঘ. উদ্দীপকের ব্যতিচার সৃষ্টির যথার্থতা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

#### ২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি অপবর্তন গ্রেটিং এর প্রতিটি চিরের প্রস্থ এবং প্রতিটি দাগের প্রস্থের যোগফলকে গ্রেটিং ধ্রুবক বা গ্রেটিং উপাদান বলে।

খ ইয়ংয়ের দ্বি-চিড় পরীক্ষায় দুটি ভোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর ওপর নির্ভর করে।

- i. ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য
- ii. দ্বি-চির থেকে পর্দার দূরত্ব।
- iii. চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব।

গ কাঁচে আলোর বেগ,

$$c' = \frac{c}{n}$$

$$\Rightarrow f\lambda' = \frac{f\lambda}{n}$$

$$\therefore \lambda' = \frac{\lambda}{n}$$

$$= \frac{6000}{1.5} \text{ \AA}$$

$$= 4000 \text{ \AA (Ans.)}$$

এখানে,

বায়ুতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 6000 \text{ \AA}$

কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক,  $n = 1.5$

ঘ আমরা জানি, দুটি সুসংগত তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য যদি  $(n + \frac{1}{2})\lambda$  হয় তবে তাদের মধ্যে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হয়।

উদ্দীপক অনুযায়ী, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য =  $6000 \text{ \AA}$

এবং তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে বায়ু মাধ্যমে পথপার্থক্য =  $9000 \text{ \AA}$

$$= \left(1 + \frac{1}{2}\right) \times 6000 \text{ \AA}$$

[এখানে,  $n = 1$  ধরি]

অর্থাৎ, পথপার্থক্য =  $9000 \text{ \AA}$  এর জন্য প্রথম ক্রমের ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সংঘটিত হয়।

ফলে, উদ্দীপকের ব্যতিচার সৃষ্টির ঘটনাটি যথার্থ।

প্রশ্ন ২৫ ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় চিড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব  $0.4 \text{ mm}$ । পর্দা থেকে চিড় দুটির দূরত্ব  $1 \text{ m}$ । বায়ু মাধ্যমে পরীক্ষায় উৎপন্ন কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট्टি হতে ৭ম উজ্জ্বল পট्टির দূরত্ব  $6.4 \text{ mm}$ । পুনরায় সম্পূর্ণ ব্যবস্থাটিকে পানির মধ্যে স্থাপন করে পর্যবেক্ষণ করা হলো  $(\mu_w = \frac{4}{3})$ ।

[ক্যাটিনামেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]

- ক. ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের সংজ্ঞা দাও। ১
- খ. জটিল ও সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের পার্থক্য লিখো। ২
- গ. পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের ব্যবস্থাটি পানির মধ্যে থাকলে পট्टি বা ঝালরের কী পরিবর্তন হবে? বিশ্লেষণ করো। ৪

#### ২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রিজমের মধ্য দিয়ে আলো প্রতিসরণের সময় আপতন কোণের একটি নির্দিষ্ট মানের জন্য বিচ্যুতি কোণ সর্বনিম্ন হয়, যা অপেক্ষা কম মানের বিচ্যুতি পাওয়া কখনোই সম্ভব নয়। বিচ্যুতি কোণের এ সর্বনিম্ন মানকে ন্যূনতম বিচ্যুতি বলে।

খ জটিল ও সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো।

সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র	জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্র
১. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে একটি মাত্র উত্তল লেন্স ব্যবহৃত হয়।	১. জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দুটি উত্তল লেন্স ব্যবহৃত হয়।
২. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে কোন অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্র থাকে না।	২. জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্র থাকে।
৩. ছোট লক্ষবস্তু দেখার জন্য ব্যবহৃত হয়।	৩. অত্যন্ত ক্ষুদ্র লক্ষবস্তুর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।
৪. বিবর্ধন, $M = 1 + \frac{D}{f}$	৪. বিবর্ধন, $M = -\frac{v}{u} \left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$

গ এখানে,

চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $a = 0.4 \text{ mm}$

$$= 0.4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

চিড় হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1 \text{ m}$

উজ্জ্বল পট्टির ক্রম,  $n = 7$

পট্টির মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $\Delta x = 6.4 \text{ mm}$

$$= 6.4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

আমরা জানি,  $\Delta x = \frac{n\lambda D}{a}$

বা,  $\lambda = \frac{a\Delta x}{nD}$

$$= \frac{0.4 \times 10^{-3} \times 6.4 \times 10^{-3}}{7 \times 1}$$

$$= 3657 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$= 3657 \text{ \AA (Ans.)}$$

ঘ এখানে, বায়ুতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda_a = 3657 \text{ \AA}$  (গ হতে)

বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক,  $\mu_w = \frac{4}{3}$



পানিতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_w$  হলে,

$$\mu_w = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$$

$\therefore$  বায়ুতে আলোর প্রস্থ,  $\Delta x_a$  হলে

$$\Delta x_a = \frac{\lambda_a D}{2a}$$

এবং পানিতে আলোর প্রস্থ  $\Delta x_w$  হলে,

$$\begin{aligned} \Delta x_w &= \frac{\lambda_w D}{2a} \\ &= \frac{\lambda_a}{\mu_w} \frac{D}{2a} \\ &= \frac{1}{\mu_w} \frac{\lambda_a D}{2a} \\ &= \frac{1}{\mu_w} \Delta x_a \\ &= \frac{3}{4} \Delta x_a \end{aligned}$$

$\therefore$  সমগ্র ব্যবস্থাটি পানিতে নিয়ে গেলে আলোর প্রস্থ পূর্বের  $\frac{3}{4}$  বা  $\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$  হয়ে যাবে।

**প্রশ্ন ২৬** একটি সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং এর চিড় ও দাগের ভেদ যথাক্রমে 0.00004mm এবং 0.00002 mm। একটি পরীক্ষায় গ্রেটিংটিতে  $7 \times 10^{-7}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হলো।

(সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল)

- অপটিক্যাল টেলিস্কোপ কাকে বলে? ১
- সাদা আলো প্রিজমে বিচ্ছুরিত হয় কেন? ২
- দ্বিতীয় ক্রমের উজ্জ্বলতার অপবর্তন কোণ বের কর? ৩
- এই পরীক্ষায় সর্বোচ্চ কতক্রমের উজ্জ্বল রেখা পাওয়া সম্ভব? গাণিতিক বিশ্লেষণে মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে যন্ত্রের সাহায্যে দূরের বস্তুকে আলোর প্রতিফলন বা প্রতিসরণ ক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে স্পষ্টভাবে পর্যবেক্ষণ করা যায় তাকে অপটিক্যাল টেলিস্কোপ বলে।

**খ** আমরা জানি, একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য কোনো মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক একটি ধ্রুব সংখ্যা। কিন্তু বিভিন্ন বর্ণের আলোর জন্য এই সংখ্যা বিভিন্ন। বিভিন্ন বর্ণের আলোর প্রতিসরাঙ্ক বিভিন্ন হওয়ায় আলো এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে প্রতিসরণের সময় একই কোণে আপতিত হলেও বিভিন্ন বর্ণের প্রতিসরণ কোণ বিভিন্ন হয়। ফলে বর্ণগুলো পরস্পর থেকে আলাদা হয়ে পড়ে। প্রিজমে আলো প্রতিসরণের ক্ষেত্রে দুই বার ভূমির দিকে বেকে যায়। তাই বিভিন্ন আলোক রশ্মির জন্য আপতন কোণ এক হলেও নির্গমন কোণ  $i_2$  ভিন্ন হয়। আমরা জানি প্রিজমের বিচ্যুতি,  $\delta = (i_1 + i_2) - A$ ।  $i_2$  ভিন্ন হওয়ার কারণে বিভিন্ন বর্ণের বিচ্যুতি ভিন্ন হয়। এ কারণে সাদা আলো প্রিজমের মধ্যদিয়ে প্রতিসরণের সময় বিচ্ছুরিত হয়।

**গ** দ্বিতীয় ক্রমের উজ্জ্বলতার অপবর্তন কোণ  $\theta$  হলে,

$$(a + b) \sin \theta = n\lambda$$

$$\text{বা, } \sin \theta = \frac{n\lambda}{a + b}$$

$$= \frac{2 \times 7 \times 10^{-7}}{4 \times 10^{-8} + 2 \times 10^{-8}}$$

$$= 23.33, \text{ যা সম্ভব নয়, কারণ, } -1 \leq \sin \theta \leq 1$$

তাই উক্তক্ষেত্রে দ্বিতীয় ক্রমের উজ্জ্বলতা পাওয়া যাবে না।

**ঘ** উদ্দীপকের প্রদত্ত তথ্য হতে দেখা যায়

$$\begin{aligned} d &= a + b \\ &= 0.00004 \text{ mm} + 0.00002 \text{ mm} \\ &= 6 \times 10^{-8} \text{ m} \end{aligned}$$

যা আপতিত আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $7 \times 10^{-7}$  অপেক্ষা কম।

কিন্তু অপবর্তন গ্রেটিং যে অপবর্তনের জন্য চিড় ও দাগের বেধ আপতিত আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড় অথবা সেই ক্রমের হতে হয়।

তাই এক্ষেত্রে অপবর্তন হবে না।

**প্রশ্ন ২৭** ইয়াং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 0.03mm দূরত্বে অবস্থিত দুটি চিরের ব্যবস্থা নিয়ে একজন ছাত্র পর্যবেক্ষণ করছে। চির হতে পর্দা 1m দূরত্বে থাকলে কেন্দ্রীয় চরম হতে তৃতীয় চরমের দূরত্ব পাওয়া গেল 4mm।

(আলকানি সরকারি কলেজ, আলকানি)

- পোলারায়ন কী? ১
- সাদা আলো কাচ প্রিজমে প্রবেশ করলে বর্ণালী সৃষ্টি হয় কেন? ২
- উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
- চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করলে ডোরার ব্যবধান বর্তমান ডোরা প্রস্থের সমান হবে কিনা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোন তরঙ্গের কম্পনের উপর যদি এমন শর্ত আরোপ করা হয় যে কম্পন কেবল একটি নির্দিষ্ট দিকে বা তলেই সীমাবদ্ধ থাকে তবে তাকে পোলারায়ন বলে।

**খ** আলোক রশ্মি যখন এক স্বচ্ছ মাধ্যম হতে অপর স্বচ্ছ মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতলে আলোকরশ্মি বেকে যায়। এই বাকার পরিমাণ মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতি ও আলোর রঙের উপর নির্ভর করে। সূর্যের সাদা আলো সাতটি রঙের সমন্বয়ে সৃষ্টি। তাই সূর্যের সাদা আলো যখন কোনো প্রিজমের মধ্যে প্রবেশ করে তখন প্রতিসরণের ফলে রশ্মির গতিপথ বেকে যায়। শূন্য মাধ্যমে সকল বর্ণের আলোর বেগ সমান হলেও অন্য যেকোন মাধ্যমে এক এক বর্ণের আলোর বেগ এক এক রকম হয়। এ কারণে একই মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন রঙের আলোর জন্য ভিন্ন ভিন্ন হয়। প্রতিসরাঙ্কের ভিন্নতার কারণে ভিন্ন ভিন্ন রঙের আলোর বাকার পরিমাণও ভিন্ন ভিন্ন হয়। ফলে প্রিজমের মধ্যে সাদা আলো সাতটি বর্ণে বিশ্লিষ্ট হয় এবং এই বিশ্লিষ্ট অবস্থাতেই প্রিজম হতে নির্গত হয়। ফলে আমরা বর্ণালী দেখতে পাই।

সুতরাং বলা যায়, বিভিন্ন বর্ণের আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের ভিন্নতার জন্য বর্ণালী সৃষ্টি হয়।

**গ** এখানে,

$$\text{চির হতে পর্দার দূরত্ব, } D = 1\text{m}$$

$$\text{চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, } a = 0.03\text{mm} = 0.03 \times 10^{-3}\text{m}$$

$$\text{কেন্দ্রীয় চরম হতে তৃতীয় চরমের দূরত্ব, } x_n = 4\text{mm} = 4 \times 10^{-3}\text{m}$$

$$\text{ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } x_n = n \frac{\lambda D}{a}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{ax_n}{nD}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{0.03 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-3}}{3 \times 1} \quad [\text{তৃতীয় চরমের ক্ষেত্রে } n = 3]$$

$$\therefore \lambda = 4 \times 10^{-8}\text{m} \quad (\text{Ans.})$$

**ঘ** এখানে,

প্রথমক্ষেত্রে,

$$\text{চির হতে পর্দার দূরত্ব, } D_1 = 1\text{m}$$

$$\text{চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, } a = 0.03 \times 10^{-3}\text{m}$$

$$\text{আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 4 \times 10^{-8}\text{m}$$

$$\text{ডোরা প্রস্থ, } = x \text{ m (ধরি)}$$

আমরা জানি,

$$x = \frac{\lambda D_1}{2a}$$

$$\text{বা, } x = \frac{4 \times 10^{-8} \times 1}{2 \times 0.03 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore x = 6.67 \times 10^{-4}\text{m}$$

আবার, দ্বিতীয়ক্ষেত্রে,

$$\text{চির হতে পর্দার দূরত্ব, } D_2 = \frac{1}{2} m = 0.5m$$

$$\text{ডোরা ব্যবধান} = \Delta x \text{ m (ধরি)}$$

$$\text{আমরা জানি, } \Delta x = \frac{\lambda D_2}{a}$$

$$\text{বা, } \Delta x = \frac{4 \times 10^{-8} \times 0.5}{0.03 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore \Delta x = 6.67 \times 10^{-4} m$$

যা, পূর্বের ডোরা প্রস্থের সমান।

সুতরাং, চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করলে ডোরা ব্যবধান বর্তমানের ডোরা প্রস্থের সমান হবে।

**প্রশ্ন ২৮** সামিয়া এবং লামিয়া ল্যাবরেটিতে অপবর্তন গ্রেটিং নিয়ে পরীক্ষণ কাজ করছিল। সামিয়ার গ্রেটিংটিতে দাগের সংখ্যা  $6000 \text{ cm}^{-1}$  আর লামিয়ারটিতে  $1.25 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ । সামিয়া তার গ্রেটিংকে আলোকিত করার জন্য ব্যবহার করলো  $5896 \text{ \AA}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো এবং লামিয়ার ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হলো  $2000 \text{ \AA}$ । তারা তাদের পরীক্ষণে প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় চরম দেখতে পেল এবং তাদের স্যারকে দেখালো। স্যার লামিয়াকে তার পরীক্ষণে এমন পরিবর্তন আনতে বললেন, যাতে সামিয়া ও লামিয়া একই অপবর্তন কোণে দ্বিতীয় চরম পেয়ে থাকে।

(রাজামাটি সরকারি কলেজ)

- সমবর্তন কী? ১
- সমবর্তিত আলোর সম্মুখে একটি টুরমালিন কেলাস ঘোরালে নির্গত আলোর তীব্রতা পরিবর্তন হয় কেন? ২
- সামিয়ার পরীক্ষণে প্রথম চরমের জন্য অপবর্তন কোণ নির্ণয় করো। ৩
- লামিয়া কর্তৃক তার পরীক্ষণে আনা পরিবর্তন উদ্ঘাটন করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

**খ** টুরমালিন কেলাস হল এক ধরনের সমবর্তন বিশ্লেষক। আমরা জানি কোন সমাবর্তকের মধ্য দিয়ে সমবর্তিত আলো অতিক্রম করলে নির্গত আলোর তীব্রতা  $I \propto \cos^2 \theta$  অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়, যেখানে  $\theta$  = সমবর্তিত আলোর তল ও সমাবর্তক এর সমবর্তন অক্ষ এর মধ্যবর্তী কোণ। যেহেতু টুরমালিন কেলাসটি ঘুরালে টুরমালিনের সমবর্তন অক্ষ এবং আলোর তলের মধ্যবর্তী কোণ পরিবর্তিত হতে থাকে। তাই আলোর তীব্রতা পরিবর্তিত হতে থাকে।

**গ**

$$\frac{1}{N} \sin \theta = n\lambda$$

$$\Rightarrow \sin \theta = 6 \times 10^5 \times 5896 \times 10^{-10}$$

$$\therefore \theta = 20.72^\circ \text{ (Ans.)}$$

দেওয়া আছে, সামিয়ার ক্ষেত্রে,  
গ্রেটিং সংখ্যা,  $N = 600 \text{ cm}^{-1}$   
 $= 6 \times 10^5 \text{ m}^{-1}$   
তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda = 5896 \text{ \AA}$   
 $= 5896 \times 10^{-10} \text{ m}$   
ক্রম,  $n = 1$

**ঘ**

আমরা জানি, দ্বিতীয় চরমের জন্য

$$\frac{1}{N} \sin \theta = 2\lambda$$

$$\therefore \sin \theta = 2N\lambda$$

$\therefore$  একই অপবর্তন কোণের জন্য

$$N\lambda = \text{ধুবক}$$

ধরি, লামিয়া ও সামিয়া একই কোণে দ্বিতীয় অপবর্তন দেখতে পাবে যদি লামিয়া তার গ্রেটিং অথবা ব্যবহৃত আলো পরিবর্তন করে।

দেওয়া আছে,  
লামিয়ার গ্রেটিং সংখ্যা,  
 $N_1 = 1.25 \times 10^5 \text{ m}^{-1}$   
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda_1 = 2000 \text{ \AA}$   
 $= 2 \times 10^{-7} \text{ m}$   
সামিয়ার গ্রেটিং সংখ্যা,  
 $N_2 = 6 \times 10^5 \text{ m}^{-1}$   
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda_2 = 5896 \times 10^{-10} \text{ m}$

ধরি, লামিয়ার নতুন গ্রেটিং-এ দাগের সংখ্যা =  $N'$ ,

$$\therefore N_2 \lambda_2 = N' \lambda_1$$

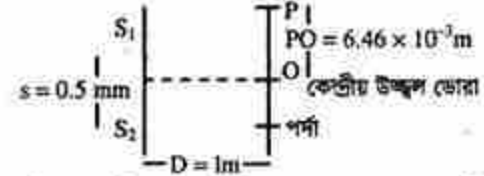
$$\therefore N' = \frac{N_2 \lambda_2}{\lambda_1} = \frac{6 \times 10^5 \times 5896 \times 10^{-10}}{2 \times 10^{-7}} = 17,688 \text{ cm}^{-1}$$

আবার, লামিয়া যদি ভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করতে চায়,

$$\lambda'_1 = \frac{N_2 \lambda_2}{N_1} = \frac{6 \times 10^5 \times 5896 \times 10^{-10}}{1.25 \times 10^7} = 283 \text{ \AA}$$

লামিয়া  $17,688 \text{ cm}^{-1}$  দাগসংখ্যার গ্রেটিং অথবা  $283 \text{ \AA}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করে কঙ্জিত পরিবর্তন আনতে পারে।

**প্রশ্ন ২৯** চিত্রটি লক্ষ করো এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



উদ্দীপকে  $3800 \text{ \AA}$  তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করে ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষা সম্পন্ন করা হচ্ছে। চিত্রে  $S_1 S_2 = 0.5 \text{ mm}$ ,  $OP = 6.46 \times 10^{-3} \text{ m}$ ,  $D = 1 \text{ m}$ .

(মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ)

- ফার্মাটের নীতি লিখ। ১
- সাদা আলো প্রিজমের মধ্য দিয়ে যাবার সময় বিচ্ছুরিত হয় কেন? ২
- উদ্দীপকে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে পঞ্চম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব কত? ৩
- উদ্দীপকের P বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার না ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও? ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

৩ নং সৃজনশীল প্রশ্নের দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ৩০** একটি সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং বেগুণী বর্ণের আলোর জন্য ২য় ক্রমে  $30^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে। বেগুণী বর্ণের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_v = 4000 \text{ \AA}$ , লাল বর্ণের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য  $\lambda_r = 8000 \text{ \AA}$ ।

(দিনেট সরকারি কলেজ, সিগেটা)

- সুপার নোভা কী? ১
- অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা তাপমাত্রার সাথে কিভাবে এবং কেন পরিবর্তিত হয় ব্যাখ্যা করো। ২
- প্রতিটি চিরের বেধ  $1 \mu\text{m}$  হলে স্বচ্ছ রেখার বেধ কত হবে? ৩
- বেগুণী বর্ণের পরিবর্তে লাল বর্ণ ব্যবহারের ফলে অপবর্তন ঝালরের প্রসঙ্গতা বৃদ্ধি পাবে কি? বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** সূর্যের ভরের তুলনায় অনেক ভারী নক্ষত্রগুলো জ্বালানী শেষ হলে এর ভিতর সংকোচন অত্যন্ত তীব্র হয় এবং মূল অংশের ঘনত্ব এত বেড়ে যায় যে, প্রচণ্ড বিস্ফোরণের মধ্য দিয়ে এরা মৃত্যুবরণ করে। এই প্রচণ্ড বিস্ফোরণকে সুপার নোভা বলে।

**খ** অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেক্ট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেক্ট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেক্ট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

**গ** স্বচ্ছ রেখার বেধ,  $b$  হলে

$$(a + b) \sin \theta_2 = n\lambda$$

$$\text{বা, } a + b = \frac{n\lambda}{\sin \theta_2}$$

$$\therefore b = \frac{n\lambda}{\sin \theta_2} - a$$

$$= \frac{2 \times 4000 \times 10^{-10}}{\sin 30^\circ} - 1 \times 10^{-6}$$

$$= 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$= 0.6 \mu\text{m (Ans.)}$$

এখানে,  
উজ্জ্বলতার ক্রম,  $n = 2$

উৎপন্ন কোণ,  $\theta_2 = 30^\circ$

আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  
 $\lambda = 4000 \text{ \AA}$

চিরের বেধ,  $a = 1 \mu\text{m}$   
 $= 1 \times 10^{-6} \text{ m}$



৪. বেগুনী বর্ণের ক্ষেত্রে প্রথম ক্রমের চরমের জন্য কেন্দ্রীয় চরম হতে কৌণিক দূরত্ব  $\theta_1$  হলে,

$$d \sin \theta_1 = \lambda_v$$

$$\text{বা, } \theta_1 = \sin^{-1} \left( \frac{\lambda_v}{d} \right)$$

$$= \sin^{-1} \left( \frac{4000 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-6}} \right)$$

$$= 14.47^\circ$$

এখানে,

বেগুনী বর্ণের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,

$$\lambda_v = 4000 \text{ \AA} = 4000 \times 10^{-10}$$

গ্রেটিং ধ্রুবক,

$$d = a + b = (1 + 0.6) \mu\text{m}$$

$$= 1.6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

ফলে প্রথম ক্রমের জন্য কৌণিক দূরত্ব  $= 2\theta_1$

$$= 28.94^\circ$$

আবার, লাল বর্ণের ক্ষেত্রে প্রথম ক্রমের চরমের জন্য কেন্দ্রীয় চরম হতে কৌণিক দূরত্ব  $\theta_1'$  হলে,

$$d \sin \theta_1' = \lambda_R$$

$$\text{বা, } \theta_1' = \sin^{-1} \left( \frac{\lambda_R}{d} \right)$$

$$= \sin^{-1} \left( \frac{8000 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-6}} \right)$$

$$= 30^\circ$$

$\therefore$  প্রথম ক্রমের জন্য কৌণিক দূরত্ব  $= 2\theta_1'$

$$= 2 \times 30^\circ$$

$$= 60^\circ$$

$\therefore$  কৌণিক দূরত্ব বৃন্দ পেল  $= 60^\circ - 28.96^\circ$

$$= 31.06^\circ$$

ফলে বেগুনী বর্ণের পরিবর্তে লাল বর্ণের আলোক তরঙ্গ ব্যবহার করলে ঝালরের প্রশস্তত বৃদ্ধি পাবে।

**প্রশ্ন ৩১** ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব  $6.25 \times 10^{-5} \text{ m}$ । চিড় দুটি হতে পর্দার দূরত্ব  $0.8 \text{ m}$  আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $6.25 \times 10^{-7} \text{ m}$  এবং কোনো একটি সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং এর প্রতি সেন্টিমিটারে দাগ সংখ্যা 6000।

[সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা]

ক. সুসংজ্ঞা উৎস কী?

১

খ. উৎস হতে পর্দার দূরত্ব বেশি হলে ব্যতিচার অবলোকন করা যায় না কেন?

২

গ. চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব কত?

৩

ঘ. যদি উক্ত আলোক রশ্মিকে গ্রেটিংয়ের উপর আপতিত করা হয় তাহলে সর্বোচ্চ কত ক্রম পর্যন্ত দেখা যাবে—গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

৪

**৩১ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক.** দুটি উৎস হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদেরকে সুসংগত উৎস বলে।

**খ.** আমরা জানি, ব্যতিচারের ফলে পর্দায় যে ঝালর তৈরি হয় তার প্রস্থ  $\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$ , যেখানে,  $D$  = পর্দা ও উৎসের দূরত্ব। এখন, সমীকরণ হতে দেখা যায়, দূরত্ব বেশি হতে ঝালরের প্রস্থও বেশি হয়। কিন্তু প্রতিটি ঝালরের মোট আলোকশক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না। তাই ঝালরের প্রস্থ বেড়ে গেলে তীব্রতা হ্রাস পায় এবং ঝালর অস্পষ্ট হয়ে যায়। তাই পর্দার দূরত্ব খুব বেশি হলে কোনো ব্যতিচার ঝালর অবলোকন করা যায় না।

**গ.**

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

$$\therefore a = \frac{\lambda D}{\Delta x}$$

$$= \frac{6.25 \times 10^{-7} \times 0.8}{6.25 \times 10^{-5}}$$

$$= 0.008 \text{ m}$$

$$= 8 \text{ mm (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = 6.25 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{দুটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,}$$

$$\Delta x = 6.25 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\text{পর্দার দূরত্ব, } D = 0.8 \text{ m}$$

**ঘ.**

$$a \sin \theta = n \lambda$$

$$\text{বা, } n = \frac{a \sin \theta}{\lambda}$$

$\therefore$   $n$  সর্বোচ্চ হবে যখন  $\sin \theta$  সর্বোচ্চ

$\sin \theta$  সর্বোচ্চ হয় যখন,  $\theta = 90^\circ$

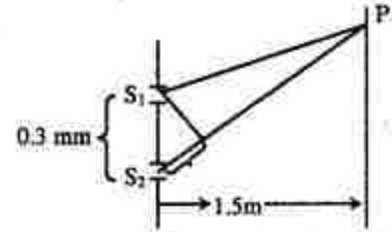
যখন,  $\theta = 90^\circ$  হবে তখন আর ব্যতিচারের কোনো ডোরা পর্যবেক্ষণ করা যাবে না।

$$\therefore \frac{1}{6 \times 10^3} \times \sin 90^\circ = n \times 6.25 \times 10^{-7}$$

$$\therefore n = 266.67$$

$\therefore$  266 ক্রম পর্যন্ত ব্যতিচার দেখা যাবে।

**প্রশ্ন ৩২**



উদ্দীপকের দুটি চিত্র হতে  $6000 \text{ \AA}$  তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি তরঙ্গ নির্গত হয়ে P বিন্দুতে মিলিত হয় এবং তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য  $9500 \text{ \AA}$  চিত্র হতে পর্দার দূরত্ব  $1.5 \text{ m}$ । চিত্রদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব  $0.3 \text{ mm}$ ।

[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. হাইগেন্সের নীতি কী?

১

খ. দুটি একই তড়িৎ ক্ষমতার বাত্ব ব্যতিচার সৃষ্টি করতে পারবে কি? ব্যাখ্যা দাও।

২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ২য় উজ্জ্বল বিন্দুর দূরত্ব কত?

৩

ঘ. P বিন্দুটি উজ্জ্বল হবে নাকি অন্ধকার হবে তা উদ্দীপকের আলোকে যাচাই করো।

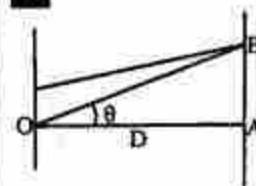
৪

**৩২ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক.** একটি তরঙ্গামুখের উপরিস্থিত সব বিন্দুকে এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দুটিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গামুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।

**খ.** ব্যতিচার সৃষ্টির জন্য শর্ত হল আলোক উৎসদ্বয়কে সুসংগত হতে হবে অর্থাৎ উৎসদ্বয় হতে সমদশায় বা নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুইটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হতে হবে। সাধারণভাবে দুইটি আলাদা আলোক উৎসকে সুসংগত উৎস হিসেবে বিবেচনা করা যায় না, কেননা যেকোনো একটি উৎসের পরমাণু কর্তৃক নিঃসৃত আলোক তরঙ্গ অন্য উৎসের উপর কোনোভাবেই নির্ভর করে না। তাই দুই ভিন্ন উৎস হতে নির্গত দুইটি আলাদা আলোক তরঙ্গ একটি নির্দিষ্ট দশা পার্থক্য বজায় রাখতে পারে না। ফলে তারা সুসংগত উৎস হিসেবে কাজ করবে না এবং ব্যতিচার সৃষ্টি হবে না। সুতরাং বলা যায়, দুইটি একই রকম বাতি সুসংগত উৎস নয় বিধায় তারা ব্যতিচার ঝালর সৃষ্টি করতে পারে না।

**গ.**



$$a \sin \theta = n \lambda$$

দেওয়া আছে,

$$\text{চিত্রদ্বয়ের দূরত্ব, } a = 0.3 \text{ mm}$$

$$\text{পর্দার দূরত্ব, } D = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = 6000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{a}$$

$$= \frac{2 \times 6000 \times 10^{-10}}{0.3 \times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow \tan \theta = 4 \times 10^{-3} \text{ m } [\because \theta \rightarrow 0^\circ]$$

$$\Rightarrow \frac{AB}{D} = 4 \times 10^{-3}$$

$$\therefore AB = 1.5 \times 4 \times 10^{-3}$$

$$= 6 \times 10^{-3}$$

$$= 6 \text{ mm (Ans.)}$$

**ঘ** উদ্দীপক হতে পাই,  $S_1$  ও  $S_2$  চিরদ্বয় হতে নির্গত আলোক রশ্মিদ্বয়ের পথ পার্থক্য  $9500\text{\AA}$

আমরা জানি, দুটি তরঙ্গের মধ্যবর্তী ব্যতিচার গঠনমূলক হবে নাকি ধ্বংসাত্মক হবে তা নির্ভর করে তাদের মধ্যবর্তী পথ পার্থক্যের উপর। গঠনমূলক ব্যতিচার হয় যদি পথপার্থক্য  $n\lambda$  হয়।

এবং ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হয় যদি  $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$  হয়।

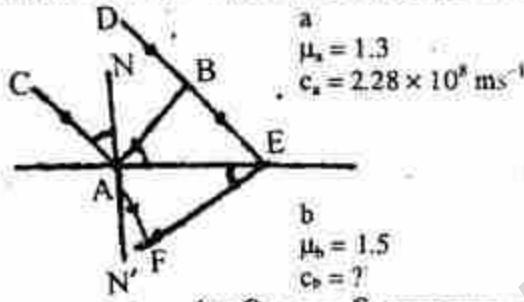
যেহেতু, ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 6000\text{\AA}$

সুতরাং আমরা দেখতে পাই, পথ পার্থক্য  $= 9500\text{\AA}$  অর্ধ-তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জোড় বা বিজোড় কোনো গুণিতকই হয় না। সুতরাং P বিন্দুটি সম্পূর্ণ উজ্জ্বল বা অন্ধকার কোনোটিই হবে না।

তবে  $9500\text{\AA}$ ,  $9000\text{\AA}$  খুব কাছাকাছি, যা  $\frac{\lambda}{2}$  এর বিজোড় গুণিতক।

সুতরাং P বিন্দুতে অন্ধকার হবে বেশি, উজ্জ্বলতা হবে অত্যন্ত কম।

**প্রশ্ন ৩৩** নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



(এম.সি. একাডেমী (মডেল স্কুল ও কলেজ), সিলেট)

- তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১
- ব্যতিচার কী? ব্যাখ্যা করো। ২
- উদ্দীপকে দ্বিতীয় (b) মাধ্যমে আলোর বেগ  $c_b$  এর গাণিতিক হিসাব করো। ৩
- হাইগেন্সের রীতির সাহায্যে উদ্দীপকের আলোকরশ্মি আলোর প্রতিসরণের সূত্র প্রতিপাদন করা যায় কি? যুক্তি দাও। ৪

**৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর শক্তিপথকে তরঙ্গামুখ বলে।

**খ** সুসজ্জাত উৎস থেকে নিঃসৃত দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে কোনো বিন্দুর আলোক তীব্রতা বৃদ্ধি পায় আবার কোনো বিন্দুর তীব্রতা হ্রাস পায়। এর ফলে কোনো তলে পর্যায়ক্রমে আলোকোজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হয়। কোনো স্থানে বিন্দু থেকে বিন্দুতে আলোর তীব্রতার এই পর্যায়ক্রমিক তারতম্যকে আলোর ব্যতিচার বলে।

ব্যাখ্যা: ধরা যাক, একই বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য তথা কম্পাঙ্কবিশিষ্ট দুটি আলোক তরঙ্গ একই রেখা বরাবর কোনো স্থানে অগ্রসর হচ্ছে। কোনো বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয় একই দশায় পৌঁছালে (অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে উভয় তরঙ্গের তরঙ্গ চূড়া বা তরঙ্গ খাঁজ আপতিত হলে) ঐ বিন্দুতে লব্ধি বিস্তার তরঙ্গদ্বয়ের বিস্তারের সমষ্টির সমান হবে। অপর পক্ষে, কোনো বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয় যদি বিপরীত দশায় মিলিত হয় (অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে একটি তরঙ্গের তরঙ্গ চূড়া অপর তরঙ্গের তরঙ্গ খাঁজের সাথে মিলিত হয়) তবে ঐ বিন্দুর লব্ধি বিস্তার শূন্য হবে। যেহেতু আলোর

তীব্রতা বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক সেহেতু প্রথমোক্ত বিন্দুতে তীব্রতার মান বেড়ে যাবে এবং শেষোক্ত বিন্দুতে এই মান শূন্য হবে। এর ফলে ঐ স্থানের কোনো তলে পরপর আলোকোজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হয় অর্থাৎ ব্যতিচার হয়।

**গ**

এখন,

$$\mu_b = \frac{c_a}{c_b}$$

$$\text{বা, } \frac{\mu_b}{\mu_a} = \frac{c_a}{c_b}$$

$$\text{বা, } c_b = \frac{c_a \times \mu_a}{\mu_b}$$

$$= 2.28 \times 10^8 \times \frac{1.3}{1.5}$$

$$= 1.976 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

a মাধ্যমের আলোর বেগ,

$$c_a = 2.28 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

a মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক,

$$\mu_a = 1.3$$

b মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক,

$$\mu_b = 1.5$$

**ঘ** ধরা যাক, XY, a ও b দুটি স্বচ্ছ মাধ্যমের বিভেদতল। ধরা যাক, AB একটি সমতল তরঙ্গামুখ a মাধ্যমে EA অভিমুখে  $c_1$  বেগে চলছে। তরঙ্গামুখটি যখন XY বিভেদতলের A বিন্দুতে তির্যকভাবে পৌঁছে তখন সেখানকার ইথার কণাগুলো আন্দোলিত হয়। হাইগেন্সের নীতি অনুযায়ী সেগুলো গৌণ উৎস হিসেবে কাজ করে এবং তা থেকে উৎপন্ন গৌণ তরঙ্গ b মাধ্যমে প্রবেশ করে পরিবর্তিত বেগে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে।

এখন t সময়ে আলোক তরঙ্গ

B থেকে একই মাধ্যমে C-তে

পৌঁছে। সুতরাং  $BC = c_1 t$ । এই

একই সময়ে A থেকে আলোক

রশ্মি b মাধ্যমে D-তে পৌঁছলে

$AD = c_2 t$  হয়। এখানে  $c_2$

হলো b মাধ্যমে আলোর বেগ। এখন A কে কেন্দ্র করে  $c_2 t$  সমান

ব্যাসার্ধের বৃত্তচাপ অঙ্কন করে C থেকে CD স্পর্শক টানলে তা

প্রতিসরিত তরঙ্গামুখ নির্দেশ করে যা AG বরাবর অগ্রসর হয়। সুতরাং

CD তরঙ্গামুখের উপর লম্ব AG প্রতিসরিত রশ্মি এবং EA আপতিত রশ্মি

নির্দেশ করে।

এখন আপতিত তরঙ্গামুখ AB ও প্রতিসরিত তরঙ্গামুখ CD প্রতিসরণ

তল XY-এর সাথে যথাক্রমে  $\angle BAC$  এবং  $\angle ACD$  উৎপন্ন করে।

এখন, EA, AB তলের উপর এবং NA, AC তলের উপর লম্ব।

সুতরাং,  $\angle EAN + \angle NAB = \angle BAC + \angle NAB =$  এক সমকোণ।

$\therefore \angle EAN = \angle BAC = i$  (আপতন কোণ)

আবার,  $\angle DAN' + \angle DAC = \angle ACD + \angle DAC =$  এক সমকোণ

$\therefore \angle DAN' = \angle ACD = r$  (প্রতিসরণ কোণ)।

$\therefore AN'$  ও AD বৃত্তাক্রমে AC ও DC-এর উপর লম্ব।

এখন,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \angle BAC}{\sin \angle DAN'} = \frac{\sin \angle BAC}{\sin \angle ACD} = \frac{BC}{AC} = \frac{AD}{AC}$$

$$= \frac{BC}{AD} = \frac{c_1 t}{c_2 t} = \frac{c_1}{c_2}$$

a মাধ্যমে আলোর বেগ

b মাধ্যমে আলোর বেগ

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c_a}{c_b} = \mu_b$$

এটি প্রতিসরণ সংক্রান্ত স্নেলের সূত্র বা প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্র।

আবার, যেহেতু আপতিত রশ্মি, অভিলম্ব ও প্রতিসৃত রশ্মি কাগজের তলে

অর্থাৎ একই সমতলে অবস্থান করে, সুতরাং প্রতিসরণের প্রথম সূত্রটিও

প্রতিষ্ঠিত হয়।



**প্রশ্ন ৩৪** ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষায় মীনা  $6.66 \times 10^{14} \text{ Hz}$  এর আলো ব্যবহার করলো। তার পরীক্ষণে পাশাপাশি দুটি ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব  $0.75 \text{ mm}$  এবং পর্দার দূরত্ব  $1.55 \text{ m}$ । আবার রাজু  $6 \times 10^{-4} \text{ cm}$  প্রস্থের এবং  $6800 \text{ \AA}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করলো।

[বি এ এফ শাখীন কলেজ, যশোর]

- অপবর্তন কী? ১
- কোন লেন্সের ক্ষমতা  $+2 \text{ D}$  বলতে কী বুঝ? ২
- মীনার পরীক্ষায় চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
- রাজুর পরীক্ষায় প্রথম ক্রমের অন্ধকার দুটি ডোরার কৌণিক ব্যবধান নির্ণয় করো। ৪

#### ৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** তীক্ষ্ণ ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সবু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

**খ** এখানে,  $P = +2 \text{ D}$

$$\therefore f = +\frac{1}{2} \text{ m} = +0.5 \text{ m}$$

তাহলে লেন্সের ক্ষমতা  $+2 \text{ D}$  বলতে বোঝায় লেন্সটি উত্তল এবং এর ফোকাস দূরত্ব  $0.5 \text{ m}$ । অর্থাৎ লেন্সটি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মিকে প্রতিসরণের পর লেন্স থেকে  $0.5 \text{ m}$  দূরে মিলিত করে।

**গ** দেওয়া আছে,

ব্যবহৃত আলোর কম্পাঙ্ক,  $f = 6.66 \times 10^{14} \text{ Hz}$

$$\begin{aligned} \text{পরপর দুটি ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব, } \Delta z &= 2 \times \text{ডোরার প্রস্থ} \\ &= 0.75 \text{ mm} \\ &= 0.75 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

পর্দার দূরত্ব,  $D = 1.55 \text{ m}$

জানা আছে, শূন্যস্থান বা বায়ুতে আলোর বেগ,  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

বের করতে হবে, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $a = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \Delta z = \frac{\lambda D}{a} = \frac{cD}{fa}$$

$$\therefore a = \frac{cD}{f\Delta z} = \frac{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times 1.55 \text{ m}}{6.66 \times 10^{14} \text{ Hz} \times 0.75 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0.00093 \text{ m} = 0.93 \text{ mm (Ans.)}$$

**ঘ** রাজুর ক্ষেত্রে,

চিরদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব,  $a = 6 \times 10^{-4} \text{ cm} = 6 \times 10^{-6} \text{ m}$

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = 6800 \text{ \AA} = 6800 \times 10^{-10} \text{ m}$

চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1.55 \text{ m}$

$$\therefore \text{ডোরার প্রস্থ, } \Delta x = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{6800 \times 10^{-10} \text{ m} \times 1.55 \text{ m}}{2 \times 6 \times 10^{-6} \text{ m}} = 0.08783 \text{ m}$$

$\therefore$  কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে প্রথম অন্ধকার ডোরার কৌণিক দূরত্ব =

$$\tan^{-1} \frac{\Delta x}{D} = \tan^{-1} \frac{0.08783}{1.55} = 3.243^\circ$$

$\therefore$  রাজুর পরীক্ষার প্রথম ক্রমের অন্ধকার দুটি ডোরার কৌণিক ব্যবধান  $= 2 \times 3.243^\circ = 6.486^\circ$

**প্রশ্ন ৩৫**  $0.4 \text{ mm}$  ব্যবধান বিশিষ্ট দুটি চির হতে  $1.5 \text{ m}$  দূরে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচার সজ্জা সৃষ্টি করা হল। সজ্জায় কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা থেকে  $6.75 \text{ mm}$  দূরে চতুর্থ উজ্জ্বল ডোরাটি পাওয়া গেল।

[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- সুসংগত উৎস কাকে বলে? ১
- সুসংগত আলো ছাড়া স্থায়ী ব্যতিচার সম্ভব নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
- ব্যতিচার সৃষ্টিকারী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
- পর্দাটি যদি চির হতে  $1 \text{ m}$  দূরে অবস্থান করে তবে ডোরার প্রস্থ পূর্বের তুলনায় কেমন হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

#### ৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** দুটি উৎস হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদেরকে সুসংগত উৎস বলে।

**খ** নিম্নোক্ত শর্তাবলী পূরণ সাপেক্ষে দুটি উৎসকে সুসংগত বলা হয়।

- নিঃসৃত আলোক তরঙ্গগুলোর একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে।
- আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা-পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এ দশা-পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকতে হবে।

আবার ব্যতিচারের শর্তাবলী হলো,

- দুটি আলোক উৎসের প্রয়োজন। উৎসদ্বয় ক্ষুদ্র, পরস্পরের সন্নিকটে এবং সুসংগত হতে হবে।
- যে তরঙ্গদ্বয় ব্যতিচার ঘটাবে তাদের তরঙ্গদৈর্ঘ্য সমান হতে হবে এবং বিস্তার সমান বা প্রায় সমান হতে হবে।

উপরোক্ত আলোচনার পরিপ্রেক্ষিতে ইহা স্পষ্টত যে, সুসংগত আলো ছাড়া স্থায়ী ব্যতিচার সম্ভব নয়।

**গ** দেওয়া আছে,

চিরদ্বয়ের দূরত্ব,  $a = 0.4 \text{ mm} = 0.4 \times 10^{-3} \text{ m}$

চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 1.5 \text{ m}$

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে চতুর্থ উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব  $= 6.75 \text{ mm}$

$$\therefore \text{ডোরা ব্যবধান, } \Delta z = \frac{6.75 \text{ mm}}{4} = 1.6875 \times 10^{-3} \text{ m}$$

বের করতে হবে, ব্যতিচার সৃষ্টিকারী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \Delta z = \frac{\lambda D}{a}$$

$$\therefore \lambda = \frac{(\Delta z)a}{D} = \frac{1.6875 \times 10^{-3} \text{ m} \times 0.4 \times 10^{-3} \text{ m}}{1.5 \text{ m}} = 4.5 \times 10^{-7} \text{ m} = 4500 \text{ \AA (Ans.)}$$

**ঘ** আমরা জানি, ডোরার প্রস্থ হলে,

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$$

এখানে  $\lambda$ ,  $a$  ধ্রুব থাকলে  $\Delta x \propto D$

$$\therefore \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$\text{বা, } \Delta x_2 = \Delta x_1 \frac{D_2}{D_1} = \Delta x_1 \times \frac{1 \text{ m}}{1.50} = \frac{2}{3} \Delta x_1$$

সুতরাং, পর্দাটি যদি চির হতে  $1 \text{ m}$  দূরে অবস্থান করে তবে ডোরার প্রস্থ পূর্বের তুলনায় দুই তৃতীয়াংশ হবে।

**প্রশ্ন ৩৬** ফ্রনহফার গ্রেণির অপবর্তনে সমান্তরাল আলোকরশ্মি ব্যবহার করা হয়। তোমার কাছে  $10 \text{ cm}$  এবং  $20 \text{ cm}$  বক্রতার ব্যাসার্ধের একটি উভোত্তল লেন্স এবং  $560 \text{ nm}$  তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলোক উৎস ও প্রতি সেন্টিমিটারে  $4000$  দাগ যুক্ত একটি অপবর্তন গ্রেটিং আছে। লেন্সটির সাহায্যে তুমি সমান্তরাল রশ্মি উৎপন্ন করে অপবর্তন পরীক্ষা করলে। [কাঁচের ক্ষেত্রে  $\mu = 1.50$ ] [সার আশুতোষ সরকারি কলেজ]

**ক** হাইগেনের নীতিটি বিবৃত করো। ১

**খ** বিষয়দেখে কীভাবে একটি লেন্স শনাক্ত করা যায়? ২

**গ** উদ্দীপকে গ্রেটিং এ ওয় ক্রমের জন্য অপবর্তন কোণ কত হবে? ৩

**ঘ** উৎসটিকে লেন্স থেকে কত দূরে কিভাবে রেখে তুমি পরীক্ষাটি করবে— ব্যাখ্যা করো। ৪

#### ৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** একটি তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত সব বিন্দুকে এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

খ. একটি বস্তু নিয়ে এর খুব নিকটে পরীক্ষণীয় লেন্সটি ধরলে যদি প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সিধা এবং আকারে বস্তুর চেয়ে বড় হয় তবে লেন্সটি উত্তল হবে। আর যদি প্রতিবিম্ব আকারে ছোট হয়, লেন্সটি অবতল হবে।

গ. এখানে,  
একক দৈর্ঘ্যে দাগ সংখ্যা,  $N = 4000 \text{ cm}^{-1} = 400000 \text{ m}^{-1}$   
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = 560 \text{ nm} = 560 \times 10^{-9} \text{ m}$   
তৃতীয় ক্রমের জন্য অপবর্তন কোণ,  $\theta = ?$   
তৃতীয় ক্রমের জন্য অপবর্তন কোণ,  $n = 3$   
চরমের জন্য,

$$d \sin \theta = n \lambda$$

$$\text{বা, } \frac{1}{N} \sin \theta = n \lambda \quad [\therefore d = \frac{1}{N}]$$

$$\text{বা, } \sin \theta = N n \lambda$$

$$\text{বা, } \sin \theta = 400000 \times 3 \times 560 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\therefore \theta = 42.22^\circ$$

আবার, অবমের জন্য,

$$d \sin \theta = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{N} \sin \theta = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{বা, } \sin \theta = 400000 \times (2 \times 3 + 1) \times \frac{560 \times 10^{-9}}{2}$$

$$\therefore \theta = 51.63^\circ$$

$\therefore$  তৃতীয় ক্রমের চরমের জন্য অপবর্তন কোণ  $42.22^\circ$  ও তৃতীয় ক্রমের অবমের জন্য অপবর্তন কোণ  $51.63^\circ$ ।

ঘ. ফ্রনহফার শ্রেণীর অপবর্তনে সমান্তরাল আলোকরশ্মি প্রয়োজন। আমরা জানি, উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাস হতে নির্গত আলোক রশ্মিগুচ্ছ লেন্সে আপতিত হলে প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হয়। এক্ষেত্রে, উৎসটিকে লেন্সের প্রধান ফোকাসে রাখতে হবে।

এখানে,  $\mu = 1.50$

$$r_1 = 10 \text{ cm}$$

$$r_2 = -20 \text{ cm}$$

ধরি, লেন্সের ফোকাস দূরত্ব  $f$ ।

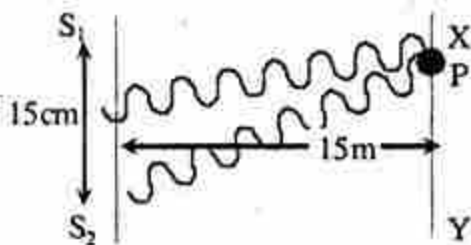
$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{f} = (1.50 - 1) \left( \frac{1}{10} + \frac{1}{20} \right)$$

$$\therefore f = 13.33 \text{ cm}$$

সুতরাং, লেন্স থেকে  $13.34 \text{ cm}$  দূরত্বে একবর্ণী আলোর উৎসটিকে রেখে নির্গত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছের সাথে লম্বভাবে গ্রেটিং স্থাপন করে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করতে হবে।

প্রশ্ন ৩৭



চিত্রের উৎসদ্বয় হতে  $5000 \text{ \AA}$  তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো XY পর্দায় আলো অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি করে।

[সরকারি বি এম স্কুল, বরিশাল]

ক. তরঙ্গ মুখ কী?

১

খ. সুসংগত উৎসের শর্তাবলী লিখ।

২

গ. ডোরার প্রস্থ নির্ণয় করো।

৩

ঘ. উৎস থেকে পর্দার দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে উদ্দীপকের চিত্রে কিছু সংযোজন বিয়োজন করে অপবর্তন সংগঠন সম্ভব কি? বিশ্লেষণ করো।

৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ. সুসংগত উৎসের বৈশিষ্ট্য:

১. সুসংগত উৎস হতে নিঃসৃত আলোক তরঙ্গগুলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য একই মানের হয়।
২. আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যে নিঃসৃত হয়। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকে।
৩. উৎস দুটি খুব কাছাকাছি এবং ছোট হয়।

গ.

এখন,

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

$$= \frac{5000 \times 10^{-10} \times 1.5}{2 \times 0.15}$$

$$= 2.5 \times 10^{-6} \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{পর্দার দূরত্ব, } D = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{চিরপ্রস্থ, } a = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = 5000 \text{ \AA}$$

$$= 5000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

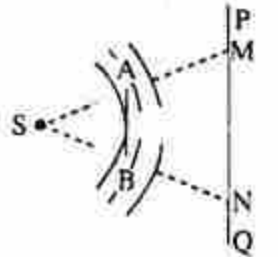
$$\text{ডোরার প্রস্থ, } x = ?$$

ঘ. কোনো প্রতিবন্ধকের ধার ঘেঁষে বা সবু চিরের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় জ্যামিতিক ছায়া অঞ্চলের মধ্যে আলোর বৈকে যাওয়ার ঘটনাকে আলোর অপবর্তন বলা হয়।

তীক্ষ্ণধার প্রতিবন্ধক, কোনো ছিদ্র বা চিরের আকার যদি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাথে তুলনীয় বা প্রায় সমান হয় তাহলে অপবর্তনের ঘটনা লক্ষণীয় হয়। সকল প্রকার তরঙ্গ অপবর্তন প্রদর্শন করে।

পরীক্ষা: ধরা যাক, S একটি আলোক উৎস এবং তার সামনে একটি অস্বচ্ছ প্রতিবন্ধক AB। প্রতিবন্ধকের পেছনে PQ একটি পর্দা। আলো সরলরেখায় গমন করে বলে পর্দার উপর AB প্রতিবন্ধকের একটি ছায়া MN গঠিত হবে।

কারণ, প্রতিবন্ধকের কারণে উৎস থেকে কোনো আলো MN অঞ্চলে এসে পৌছাতে পারে না। MN অংশ সম্পূর্ণ অন্ধকারাচ্ছন্ন থাকবে। M বিন্দুর উপরে এবং N বিন্দুর নিচে পর্দার সমস্ত অংশ সমভাবে আলোকিত হবে কারণ ঐ অঞ্চলে উৎস থেকে আলো পৌছাতে কোনো বাধা পায় না। কিন্তু খুব সূক্ষ্মভাবে লক্ষ করলে দেখা যায় যে, M বিন্দু এবং N বিন্দু থেকে হঠাৎ অন্ধকার শুরু হয় না। অর্থাৎ ছায়ার দুই প্রান্ত খুব তীক্ষ্ণ (Sharp) নয়। M বিন্দুর নিচে এবং N বিন্দুর উপরেও কিছু অংশে অল্প অল্প আলোর অনুপ্রবেশ ঘটে। অর্থাৎ আলোর অপবর্তন হয়।



ব্যাখ্যা: ধরা যাক, S উৎস থেকে কোনো এক সময় গোলায় তরঙ্গমুখ AB প্রতিবন্ধকে উপস্থিত হলো। এখন হাইগেনসের নীতি অনুযায়ী অগ্রসরমান প্রতিটি তরঙ্গমুখের উপর অবস্থিত কণাগুলো গৌণ তরঙ্গসমূহের উৎসরূপে ক্রিয়া করে। হাইগেনসের নীতি অনুসরণ করে অণুতরঙ্গ অঙ্কন করলে দেখা যায় A ও B এর নিকটবর্তী অঞ্চল থেকে কিছু কিছু গৌণতরঙ্গ MN ছায়া অঞ্চলে অনুপ্রবেশ করে M বিন্দুর নিচে এবং N বিন্দুর উপরে কিছু অংশকে আলোকিত করে।

অর্থাৎ, উদ্দীপকের চিত্রে একটি চির বন্ধ করে দিয়ে অপর চিরের সামনে অস্বচ্ছ সবু, তীক্ষ্ণ প্রতিবন্ধক রাখলেই অপবর্তন গঠিত হবে।

প্রশ্ন ৩৮ ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষার চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব  $0.3 \text{ mm}$  এবং চিরের তল হতে পর্দার দূরত্ব  $0.9 \text{ m}$ । কেন্দ্রীয় ডোরা হতে  $10$  তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব  $8.5 \text{ mm}$ ।

[দেওকোনা সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. জাংশন ডায়েড কী?

১

খ. পরম শূন্য তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে -ব্যাখ্যা করো।

২



গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বর্ণিত ব্যবস্থাটিকে যদি পানির মধ্যে নেয়া হয় তবে ডোরার প্রস্থের কোন পরিবর্তন হবে কিনা-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

### ৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি p টাইপ এবং একটি n-টাইপ অর্ধ পরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাধীনে সংযুক্ত করলে সংযোগ পৃষ্ঠকে p-n জংশন বলে।

খ. পরমশূন্য তাপমাত্রায় (0K) অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রনগুলো পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এ তাপমাত্রায় সমযোজী অণুবন্ধনগুলো খুবই সরল হয় এবং সবগুলো যোজন ইলেকট্রনই সমযোজী অণুবন্ধন তৈরিতে ব্যস্ত থাকে। ফলে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না এবং অর্ধ-পরিবাহীতে কেলাস এ অবস্থায় যোজন ব্যান্ড পূর্ণ থাকে এবং যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মাঝে শক্তির ব্যবধান বিরাট হয় ফলে কোনো যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে এসে মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে না। ফলে মুক্ত ইলেকট্রন না থাকার কারণে পরমশূন্য তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে।

গ. মনে করি,

চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব  $a = 0.3 \text{ mm} = 0.3 \times 10^{-3} \text{ m}$

চির হতে পর্দার দূরত্ব,  $D = 0.9 \text{ m}$

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 10 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,

$$x_{10} = 8.5 \text{ mm} \\ = 8.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

ব্যবহৃত একবর্ণী আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \lambda = \frac{ax_n}{nD} = \frac{0.3 \times 10^{-3} \times 8.5 \times 10^{-3}}{10 \times 0.9}$$

$$\therefore \lambda = 2.83 \times 10^{-7} \text{ m (Ans.)}$$

ঘ. আমরা জানি,

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব অর্থাৎ ঝালরের দৈর্ঘ্যের সাথে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সম্পর্ক—

$$\lambda = \frac{a}{D}(x_2 - x_1)$$

$$\text{বা, } x_2 - x_1 = \frac{\lambda D}{a} \dots\dots\dots (i)$$

আবার, দেওয়া আছে,

$$\text{পানির প্রতিসরাঙ্ক, } \mu_w = \frac{4}{3}$$

$$\text{বা, } \frac{4}{3} = \mu_w$$

$$\text{বা, } \frac{4}{3} = \frac{\text{শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ}}{\text{পানিতে আলোর বেগ}}$$

$$\text{বা, পানিতে আলোর বেগ} = \frac{3}{4} \times \text{শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ} \dots\dots (ii) \\ = \frac{3}{4} \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} = 2.25 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

(ii) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, পানিতে আলোর বেগ, শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগের চেয়ে কম হবে। এক্ষেত্রে পানিতে আলোর কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকবে কারণ কম্পাঙ্ক নির্ভর করে আলোক উৎসের উপর। সুতরাং পানিতে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কমে আসবে।

আবার (i) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কমে গেলে পট্টি বা ঝালরের দৈর্ঘ্য কমে যাবে। সুতরাং যদি সমগ্র যান্ত্রিক ব্যবস্থাটিকে পানির মধ্যে নেওয়া হয়, তবে পট্টি বা ঝালরের প্রস্থ কমে আসবে।

## পদার্থবিজ্ঞান

### সপ্তম অধ্যায় : ভৌত আলোকবিজ্ঞান

২১৭. কোন তরঙ্গের সংশ্লিষ্টতার জন্য কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না? (জান)

- (ক) শব্দ তরঙ্গ (খ) পানি তরঙ্গ  
(গ) বিদ্যুৎ তরঙ্গ (ঘ) তাড়িত চৌম্বক তরঙ্গ

২১৮. তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গে তড়িৎক্ষেত্র ও চৌম্বকক্ষেত্রে মধ্যবর্তী কোণ—[বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া] (জান)

- (ক)  $0^\circ$  (খ)  $45^\circ$   
(গ)  $90^\circ$  (ঘ)  $180^\circ$

২১৯. তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ তড়িৎ ক্ষেত্রের কী ধরনের সমবায় (জান)

- (ক) সমান্তরাল সমবায় (খ) কৌণিক সমবায়  
(গ) লম্ব সমবায় (ঘ) বৃত্তীয় সমবায়

২২০. আলোর তাড়িতচৌম্বকীয় তরঙ্গের সাহায্যে কোনটি ব্যাখ্যা করা যায়? (জান)

- (ক) সমবর্তন (খ) আলোক তড়িৎ নিঃসরণ  
(গ) অপবর্তন (ঘ) প্রতিসরণ

২২১. X-ray এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

- (ক)  $10^{-8}$  cm (খ)  $10^{-8}$  m  
(গ)  $10^{-10}$  cm (ঘ)  $10^{-10}$  m

২২২. বেগুনি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? (জান)

- (ক)  $3 \times 10^{-7}$  m (খ)  $4 \times 10^{-7}$  m  
(গ)  $5 \times 10^{-7}$  m (ঘ)  $6 \times 10^{-7}$  m

২২৩. 1 অ্যাংস্ট্রম = কত মিটার? (জান)

- (ক)  $10^{-10}$  m (খ)  $10^{-12}$  m  
(গ)  $10^{12}$  m (ঘ)  $10^{-13}$  m

২২৪. নিম্নের কোন তরঙ্গটির পোলারায়ন সম্ভব নয়? (জান)

- (ক) আলোক তরঙ্গ (খ) পানি তরঙ্গ  
(গ) বেতার তরঙ্গ (ঘ) শব্দ তরঙ্গ

২২৫. কোনটি হতে গামা রশ্মি নিঃসৃত হয়? (জান)

- (ক) C-12 (খ) N-14  
(গ) Cobalt-60 (ঘ) Fe-65

২২৬. কোনো বেতার তরঙ্গের  $E_0 = 10^{-4} \text{Vm}^{-1}$  হলে চৌম্বকক্ষেত্র  $B_0$  এর মান কত? (প্রয়োগ)

- (ক)  $3 \times 10^{12}$  Tesla (খ)  $3 \times 10^4$  Tesla  
(গ)  $3.33 \times 10^{-13}$  Tesla (ঘ)  $0.33 \times 10^{-13}$  Tesla

২২৭. কোন বর্ণের আলোর কম্পাঙ্ক আসমানী

অপেক্ষা কম কিছু হলুদ অপেক্ষা বেশি? (জান)

- (ক) বেগুনি (খ) কমলা  
(গ) লাল (ঘ) সবুজ

২২৮. আলোর তরঙ্গ তত্ত্বের প্রবক্তা কে? [সরকারি আশেপাশে মাহমুদ কলেজ, গামালপুর] (জান)

- (ক) বিজ্ঞানী নিউটন (খ) বিজ্ঞানী হাইগেন  
(গ) ম্যাক্সওয়েল (ঘ) ডি ব্রগলী

২২৯. আলোর কণা তত্ত্বের প্রবর্তক কে? [খুলনা পাবলিক কলেজ, খুলনা] (জান)

- (ক) নিউটন (খ) প্লাঙ্ক  
(গ) হাইগেন (ঘ) ম্যাক্সওয়েল

২৩০. আলোর কোয়ান্টাম তত্ত্ব আবিষ্কার করে? [ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা] (জান)

- (ক) আইনস্টাইন (খ) নিউটন  
(গ) হাইজেনবার্গ (ঘ) প্লাঙ্ক

২৩১. পথ পার্থক্য দশা পার্থক্যের কত গুণ? (জান)

- (ক)  $2\pi/\lambda$  (খ)  $\pi/\lambda$   
(গ)  $\lambda/\pi$  (ঘ)  $\lambda/2\pi$

২৩২. তরঙ্গ মুখে কণাগুলোর দশা পার্থক্য কত? (জান)

- (ক)  $180^\circ$  (খ)  $90^\circ$   
(গ)  $45^\circ$  (ঘ)  $0^\circ$

২৩৩. একটি তরঙ্গের দুইটি বিন্দুর দশা পার্থক্য  $\frac{\pi}{2}$  হলে বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে পথ পার্থক্য কত? (প্রয়োগ)

- (ক)  $\frac{\pi}{2}$  (খ)  $\frac{\lambda}{4}$   
(গ)  $\lambda$  (ঘ)  $2\lambda$

২৩৪. গ্রেটিং ধুবক—[কালিকাপুর আবদুল মতিন খসরু ডিগ্রি কলেজ, কুমিল্লা] (জান)

- (ক)  $d = a + b$  (খ)  $\frac{1}{a+b}$   
(গ)  $N = a + b$  (ঘ)  $a = d + b$

২৩৫. দ্বৈত প্রতিসারক কেলস কোনটি? (জান)

- (ক) পানি (খ) কাচ  
(গ) কোয়াটার্জ (ঘ) হীরক

২৩৬. তাড়িত চৌম্বক তরঙ্গে তড়িৎক্ষেত্র তরঙ্গ ও চৌম্বকক্ষেত্র তরঙ্গের কম্পাঙ্ক সমান — (অনুধাবন)

- i. তরঙ্গের কম্পাঙ্ক সমান  
ii. উভয়ের দশা একই  
iii. পরস্পরের সমান্তরালে বিদ্যমান থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii)



২৩৭. উত্ত মাধ্যমে আলোর দ্রুতি হ্রাস পেত যদি

মাধ্যমের — (উচ্চতর দক্ষতা)

- আপেক্ষিক প্রবেশ্যতা বেশি হয়
  - চৌম্বক প্রবেশ্যতা কম হয়
  - ঘনত্ব কম হয়
- নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৩৮. এক্স রশ্মি কাজে লাগানো হয় — (প্রয়োগ)

- হাড়ভাঙা নির্ণয়ে
  - শরীরের ভিতরে অনাকাজিত বস্তুর উপস্থিতি নির্ণয়ে
  - কেলাসের অভ্যন্তরীণ গঠন নির্ণয়ে
- নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৩৯. ধ্বংসাত্মক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে অন্ধকার ডোরা দেখা যায় কারণ — (উচ্চতর দক্ষতা)

- তরঙ্গদ্বয়ের বিপরীত দশায় উপরিপাতন ঘটে
  - তরঙ্গদ্বয়ের লম্বি বিস্তার শূন্য হয়
  - প্রাবল্য শূন্য হয়
- নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৪০. ব্যতিচার ক্ষেত্রে অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি হবে যখন — (উচ্চতর দক্ষতা)

- দশা পার্থক্য  $\pi$  এর অযুগ্ম গুণিতক হয়
  - তরঙ্গদ্বয় একই দশায় মিলিত হয়
  - প্রাবল্য সর্বনিম্ন হয়
- নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৪১. স্নেহ প্রতিসারক কেলাস হলো — (অনুধাবন)

- ক্যালসাইট
  - ম্যাগনেটাইট
  - কোয়ার্টজ
- নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

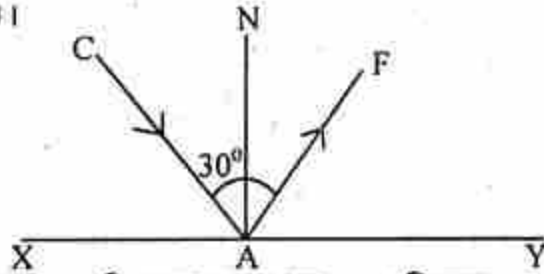
২৪২. আলোকের সমবর্তনে তরঙ্গের কম্পন — (অনুধাবন)

- দুটি তলে সীমাবদ্ধ থাকে
  - কেবল একটি নির্দিষ্ট দিকে থাকে
  - একটি তলেই সীমাবদ্ধ থাকে
- নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

নিচের চিত্রটি লক্ষ কর ২৪৩ : ২৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

দাও।



চিত্রে AF একটি সমতলে তরঙ্গসূত্র XY প্রতিফলক তলের ওপর তীর্যকভাবে আপতিত হয়ে। উক্ত চিত্রে CA আলোক তরঙ্গ 30° কোণে XY প্রতিফলক তলের ওপর আপতিত হয়।

২৪৩. উদ্দীপকে CA এবং AF এর মধ্যবর্তী কোণ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 0° (খ) 40°  
(গ) 60° (ঘ) 90°

২৪৪. CA আলোক রশ্মি XY প্রতিফলক থেকে কত কোণে প্রতিফলিত হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 30° (খ) 60°  
(গ) 90° (ঘ) 180°

২৪৫. উদ্দীপকের ক্ষেত্রে — (অনুধাবন)

- CA কে আলোক রশ্মি বলা যেতে পারে।
- AF এর উপরস্থ প্রতিটি বিন্দু গৌণ উৎস হিসেবে কাজ করে।
- আপতিত রশ্মি প্রতিফলিত রশ্মি এবং অভিলম্ব ভিন্ন ভিন্ন সমতলে অবস্থান করে।

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

উদ্দীপকের আলোকে ২৪৬ ও ২৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

0.4mm ব্যবধান বিশিষ্ট দুইটি চির হতে 1m দূরত্বে অবস্থিত পর্দার ওপর ব্যতিচার সজ্জা সৃষ্টি হলো।

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $500 \times 10^{-10}m$ ।

২৪৬. পরপর দুইটি উজ্জ্বল পট্টের মধ্যবর্তী দূরত্ব কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 0.125mm (খ) 1.25mm  
(গ) 3.25mm (ঘ) 4.25mm

২৪৭. পর্দার ওপর অন্ধকার ডোরা উৎপন্ন হবে — (উচ্চতর দক্ষতা)

- যেখানে আলোর তীব্রতা শূন্য
  - যেখানে উৎসদ্বয় হতে বিন্দুদ্বয়ের পথপার্থক্য সমান
  - যেখানে লম্বি বিস্তার সর্বনিম্ন
- নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii