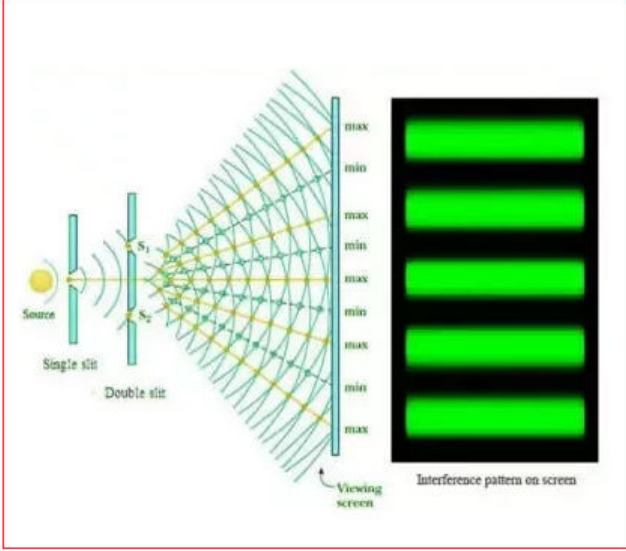


আলোর ব্যাতিচার

[Web: www.ctphysics.org]

১) আলোর ব্যাতিচারের ক্ষেত্রে ইয়ং এর পরীক্ষা :



১৭২০ সালে বিজ্ঞানী টমাস ইয়ং সর্বপ্রথম পরীক্ষামূলক ভাবে আলোর ব্যাতিচার ধর্ম লক্ষ্য করেন। তিনি একটি বিন্দু আলোক উৎসের সামনে একই লম্বতলে আবস্থিত দুটি সুক্ষ রেখা ছিদ্র গঠন করেন।

এরপর রেখাছিদ্রের অপর পার্শ্বে নির্দিষ্ট দূরত্বে একটি পর্দা স্থাপন করে ঐ পর্দার উপর পর্যায়ক্রমে ধ্রুবক বেধ সম্পন্ন উজ্জ্বল ও অনুজ্জ্বল পটি গঠিত হতে লক্ষ্য করেন। ইহাই আলোর ব্যাতিচার এবং ঐ গঠিত পটিগুলিকে বলা হয় আলোর ব্যাতিচার পটি। আলোর এই ব্যাতিচার পটিগুলির ক্ষেত্রে বিজ্ঞানী ইয়ং লক্ষ্য করেন যে

ক) প্রতিটি উজ্জ্বল বা অনুজ্জ্বল পটির ক্ষেত্রে ইহাদের বেধ ধ্রুবক বা পটির অবস্থান নিরপেক্ষ।

খ) উজ্জ্বল ও অনুজ্জ্বল পটিগুলি পর্যায়ক্রমে অবস্থান করে ও পর্দার কেন্দ্রীয় পটি সাধারণ ভাবে উজ্জ্বল হয়।

গ) একবর্ণী আলোক উৎসের ক্ষেত্রে উজ্জ্বল ব্যাতিচার পটির বর্ণ ঐ উৎসের বর্ণের সহিত অভিন্ন হয় কিন্তু অনুজ্জ্বল পটি সর্বদা কালো বর্ণের হয়।

ঘ) একবর্ণী আলোক উৎসের পরিবর্তে যদি সাদা আলোর উৎস ব্যবহার করা হয় তবে পর্দায় গঠিত কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পটি সাদা বর্ণের হয় কিন্তু অপর উজ্জ্বল পটির প্রতিটিতে সাদা আলোর বর্ণপটি বা বর্ণালী গঠিত হয়। এবং অনুজ্জ্বল পটিগুলি কালো বর্ণেরই হয়।

ঙ) পর্দার সামনে অবস্থিত দুই অসদ উৎসের ব্যবধান বৃদ্ধি বা হ্রাস করা হলে ব্যাতিচার পটির বেধ যথাক্রমে হ্রাস বা বৃদ্ধি পায়। আবার উৎসদ্বয়ের নির্দিষ্ট ব্যবধানের জন্য উৎস ও পর্দার লম্ব দূরত্ব বাড়ানো বা কমানো হলে ব্যাতিচার পটির বেধ যথাক্রমে বাড়ে বা কমে। ইহাই ব্যাতিচার পটির বৈশিষ্ট্য।

২) ব্যাতিচারের মূল শর্ত : আলোর ব্যাতিচারের ক্ষেত্রে মূল শর্ত হল

ক) ব্যাতিচারে ব্যবহৃত উৎস দুটি অবশ্যই সুসংহত হবে অর্থাৎ ঐ দুই উৎস থেকে নির্গত আলোক তরঙ্গের দশা পার্থক্য সময় নিরপেক্ষ হবে

খ) ব্যবহৃত উৎস দুটির ব্যবধান উৎস ও পর্দার মধ্যে লম্ব দূরত্বের তুলনায় নগন্য হবে।

গ) ব্যাতিচার পটি গঠনকারী দুই তরঙ্গের উপরিপাতনের ক্ষেত্রে উহাদের কম্পাঙ্ক ও বিস্তার সমান হবে।

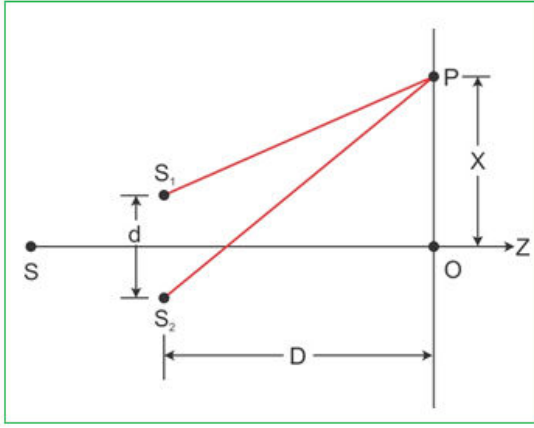
ঘ) দুই সুসংহত উৎস থেকে নির্গত দুই তরঙ্গের উপরিপাতনের মুহুর্তে উহারা একই সমবর্তিত দশায় থাকবে। আলোর ব্যাতিচারের ক্ষেত্রে এই সকল শর্ত একযোগে মান্য হলে তবে পর্দায় স্থায়ী ব্যাতিচার পটি পাওয়া যাবে।

৩) ব্যাতিচারের গাণিতিক শর্ত :

ধরা যাক সুসংহত উৎসদ্বয় থেকে নির্গত দুই তরঙ্গ এর প্রতিটির বিস্তার A ও কম্পাঙ্ক ω । যদি উপরিপাতনের মুহুর্তে ইহাদের দশা পার্থক্য ϕ হয় যা সময় নিরপেক্ষ তবে এই দুই তরঙ্গের গাণিতিক প্রকাশ হতে পারে $y_1 = A \sin \omega t$ ও $y_2 = A \sin(\omega t + \phi)$ এখন যে কোন P বিন্দুতে এই দুই তরঙ্গের উপরিপাতনের ক্ষেত্রে ইহাদের লব্ধি তরঙ্গ হবে

$$y = y_1 + y_2 = A \sin \omega t + A \sin(\omega t + \phi) = 2A \cos \frac{\phi}{2} \sin \left(\omega t + \frac{\phi}{2} \right) = A_0 \sin \left(\omega t + \frac{\phi}{2} \right)$$

এক্ষেত্রে ঐ P বিন্দুতে লব্ধি তরঙ্গটির বিস্তার হল $A_0 = 2A \cos \frac{\phi}{2}$ এবং যেহেতু এই লব্ধি তরঙ্গের তীব্রতা ইহার বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক ফলে ইহার তীব্রতা হবে



$I_0 = kA_0^2 = 4kA^2 \cos^2 \frac{\phi}{2}$ । এখন যদি ঐ P বিন্দুতে ব্যাতিচারের উজ্জ্বল পটি গঠিত হয় তবে $I_0 = \max$ হবে এবং সেক্ষেত্রে

$$\cos^2 \frac{\phi}{2} = 1 \Rightarrow \cos \frac{\phi}{2} = \pm 1 \Rightarrow \frac{\phi}{2} = n\pi \Rightarrow \phi = 2n\pi \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

ইহাই ব্যাতিচারের উজ্জ্বল পটি পাওয়ার শর্ত। অর্থাৎ দুই সুসংহত তরঙ্গের উপরিপাতনের ক্ষেত্রে পর্দার যেবিন্দুতে দুই তরঙ্গের দশা

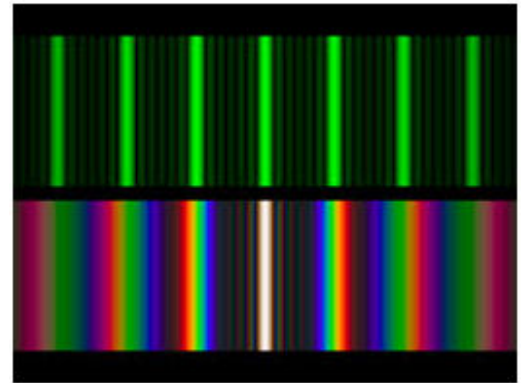
পার্থক্য π এর যুগ্ম গুনিতক হবে সেই সকল বিন্দুতে উজ্জ্বল ব্যাতিচার পটি গঠিত হবে। আবার পর্দার ঐ বিন্দুতে ব্যাতিচারের অনুজ্জ্বল পটি গঠিত হলে তখন এই লব্ধি বিস্তার হবে

$$A_0 = 0 \Rightarrow I_0 = 0 \Rightarrow \cos^2 \frac{\phi}{2} = 0 \Rightarrow \cos \frac{\phi}{2} = 0 \Rightarrow \frac{\phi}{2} = (2n + 1) \frac{\pi}{2} \\ \Rightarrow \phi = (2n + 1)\pi \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

অর্থাৎ দুই সুসংহত তরঙ্গের উপরিপাতনের ক্ষেত্রে পর্দার যে বিন্দুতে দুই তরঙ্গের দশা পার্থক্য π এর অযুগ্ম গুনিতক হবে সেই সকল বিন্দুতে অনুজ্জ্বল ব্যাতিচার পটি গঠিত হবে। কিন্তু পর্দার কোন বিন্দুতে দুই তরঙ্গের উপরিপাতনের ক্ষেত্রে এই দুই দশা পার্থক্য ছাড়া অপর যে কোন দশা পার্থক্য এর জন্য ঐ উপরিপাতন বিন্দুতে মধ্যবর্তী তীব্রতার সৃষ্টি হবে। ইহাই আলোর ব্যাতিচারের গাণিতিক শর্ত।

৪) ব্যাতিচার পটির অবস্থান ও পটির বেধ নির্ণয় :

এখন ধরা যাক আলোর ব্যাতিচার পটির গঠনের ব্যবস্থায় একই উল্লম্ব



তলে অবস্থিত দুই সুসংহত উৎসের ব্যবধান d এবং উৎস থেকে পর্দার লম্ব দূরত্ব D । এখন পর্দার যে কোন একটি বিন্দু P নেওয়া হল যার কেন্দ্রীয় বিন্দু O থেকে দূরত্ব x । এই P বিন্দুতে দুই উৎস থেকে নির্গত দুই তরঙ্গের উপরিপাতনে চিত্র অনুযায়ী ইহার পথ পার্থক্য হবে $\Delta = (S_2P - S_1P)$

এখন জ্যামিতিক ভাবে লেখা যায় $(S_2P)^2 = D^2 + (x + \frac{d}{2})^2$ এবং $(S_1P)^2 = D^2 + (x - \frac{d}{2})^2$

ফলে $(S_2P)^2 - (S_1P)^2 = (S_2P - S_1P)(S_2P + S_1P) = 2xd$

এখন ধরা যাক $S_2P \approx S_1P \approx D$ । সুতরাং $\Delta \cdot 2D = 2xd \Rightarrow \Delta = \frac{xd}{D}$ । আবার তরঙ্গ দুটির এ P বিন্দুতে উপরিপাতনে ইহার দশা পার্থক্য হবে

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(\Delta) = \frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{xd}{D}\right)$$

এখন যদি বিন্দুটিতে ব্যতিচার উজ্জ্বল পটি গঠিত হয় তবে $\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(\Delta) = \frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{xd}{D}\right) = 2n\pi \Rightarrow x = x_n = \frac{n\lambda D}{d}$
ইহাই ব্যতিচার পটির কেন্দ্রীয় বিন্দুর সাপেক্ষে n তম উজ্জ্বল পটির অবস্থান। আবার এ P বিন্দুতে ব্যতিচার অনুজ্জ্বল পটি গঠিত হলে তখন গাণিতিক ভাবে

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(\Delta) = \frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{xd}{D}\right) = (2n+1)\pi \Rightarrow x = x_n = \frac{(2n+1)\lambda D}{2d}$$

ইহাই ব্যতিচার পটির কেন্দ্রীয় বিন্দুর সাপেক্ষে n তম অনুজ্জ্বল পটির অবস্থান। এখন ব্যতিচারের ক্ষেত্রে ব্যতিচার পটির বেধ বলতে বোঝায় পর পর দুটি উজ্জ্বল বা পর পর দুটি অনুজ্জ্বল পটির মধ্যে ব্যবধান। সুতরাং এই পটির বেধ কে β দ্বারা প্রকাশ করা হলে গাণিতিক ভাবে লেখা যায়

$$\beta = x_{n+1} - x_n = \frac{(n+1)\lambda D}{d} - \frac{n\lambda D}{d} = \frac{\lambda D}{d} \Rightarrow \beta = \frac{\lambda D}{d}$$

ইহাই ব্যতিচার পটির বেধ যা একটি ধ্রুবক রাশি ও ব্যতিচার পটির অবস্থান নিরপেক্ষ।