পদার্থবিজ্ঞান [আলোর সমবর্তন (Polarization of light)]

ড. তিলক নারায়ণ ঘোষ

[বিভাগীয় প্রধান, ইলেকট্রনিক্স বিভাগ, মেদিনীপুর কলেজ(স্বশাসিত)]

Syllabus: Transverse nature of light waves. Plane polarized light – production and analysis. Circular and elliptical polarization.

আলোর সমবর্তন কাকে বলে ? [Burd. U. 2000,'01]

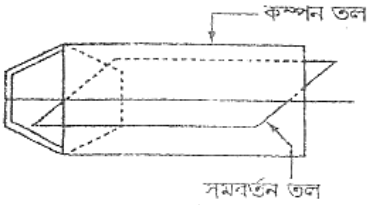
আলোক তরঙ্গের গতির অভিমুখের অভিলম্ব তলে আলোর কম্পন সম্পাদিত হলে, সেই তরঙ্গকে সাধারণ আলোকতরঙ্গ বা অসমবর্তিত আলোকতরঙ্গ বলে। কোন বিশেষ ব্যবস্থার সাহায্য আলোর তরঙ্গজনিত কম্পন বিভিন্ন তলের পরিবর্তে একটি নির্দিষ্ট তলে ঘটলে, তাকে সমবর্তিত আলোক তরঙ্গ বলে এবং ঐ ঘটনাকে আলোর সমবর্তন (polarisation) বলে।

আলোর সমবর্তন দ্বারা আলোর কোন্ প্রকৃতি প্রতিষ্ঠিত হয় ?

সমবর্তন দ্বারা আলোকতরঙ্গের তির্যক প্রকৃতি (transverse nature) প্রতিষ্ঠিত হয় কারণ তির্যক তরঙ্গ ছাড়া অনুদৈর্ঘ্য (longitudinal) তরঙ্গের সমবর্তন হয় না।

সমবর্তন তল এবং কম্পন তল কাকে বলে ?

সমবর্তিত আন্দোলন বা কম্পন যে তলে সীমাবদ্ধ থাকে তাকে কম্পন তল বলে। আলোকরশ্মির গতিপথের ভিতর দিয়ে এবং কম্পন তলের অভিলম্বভাবে একটি তল কল্পনা করলে সেটা হবে সমবর্তন তল



সমবর্তিত আলো কয় প্রকার ? ব্যাখ্যা কর।

সমবর্তিত অলো তিন প্রকার। যথা ঃ (i) সমতল সমবর্তিত (ii) বৃত্ত-সমবর্তিত এবং (iii) উপবৃত্ত সমবর্তিত।

একটি সমতলে সীমাবদ্ধ থেকে সমবর্তিত আলোর কম্পন যদি সরলরেখা বরাবর সম্পাদিত হয়, তবে তাকে সমতল সমবর্তিত আলো বলে।

একটি সমতলে সীমাবদ্ধ থেকে সমবর্তিত আলোর কম্পন যদি বৃত্তাকারে সম্পাদিত হয় তবে তাকে বৃত্ত সমবর্তিত এবং উপবৃত্তাকারে সম্পাদিত হলে উপবৃত্ত সমবর্তিত আলো বলা হয়।

আংশিক সমবর্তিত আলো কি ?

একটি সমবর্তিত আলোকশ্মিকে যদি টুরম্যালিন কেলাসের উপর অভিলম্ব ভাবে ফেলা যায় এবং রশ্মির গতির অভিমুখকে অক্ষ করে কেলাসকে অভিলম্ব তলে ধীরে ধীরে ঘোরানো যায় তবে কেলাসের ভিতর দিয়ে নিষ্ক্রান্ত আলোর তীব্রতা ধীরে ধীরে কমতে থাকে এবং কেলাসের এক অবস্থানে নিষ্ক্রান্ত আলো সম্পূর্ণরূপে রুদ্ধ হয়। কিন্তু কেলাস-কে ক্রমাগত ঘোরালে, নিষ্ক্রান্ত রশ্মির তীব্রতা যদি হ্রাস পেয়ে একটি নিম্নতম মানে উপস্থিত হয় কিন্তু সম্পূর্ণ রুদ্ধ না হয় তবে ঐ রশ্মিকে আংশিক সমবর্তিত আলোকরশ্মি বলে। সুতরাং আংশিক সমবর্তিত আলো কিছু সমবর্তিত ও কিছু অসমবর্তিত আলোর সংমিশ্রণ।

সাধারণ আলো ও সমবর্তিত আলোর পার্থক্য কি ভাবে বোঝা যায়? [C.U. 1996, 2003]

একটি টুরম্যালিন কেলাসের উপর ঐ দুধরনের রশ্মি অভিলম্বভাবে ফেলে, কেলাসকে আস্তে আস্তে ঘোরালে, সাধারণ আলোর ক্ষেত্রে কেলাস থেকে নির্গত আলোর তীব্রতার কোন পরিবর্তন দেখা যাবে না কিন্তু সমবর্তিত আলোর ক্ষেত্রে নির্গত আলোর তীব্রতা ধীরে ধীরে হ্রাস পাবে।

অসমবর্তিত ও সমবর্তিত আলোর মধ্যে তফাৎ কি? [C.U. 1998, 2001, '08]

যে তরঙ্গের ফলে মাধ্যমের কণাগুলি তরঙ্গের গতির অভিমুখের লম্বতলে অবস্থান করে সকল রকম অভিমুখেই আন্দোলিত হয়, তাকে অসমবর্তিত আলো বলে। একটি নির্দিষ্ট তলে বা তার সমান্তরাল তলে কম্পমান তির্যক তরঙ্গ বিশিষ্ট আলো-কে সমবর্তিত আলো বলা হয়।

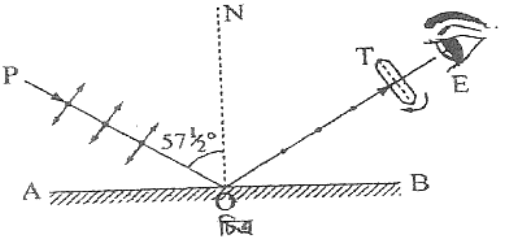
প্রতিফলনের দ্বারা সমবর্তন

প্রতিফলনের সাহায্যে সমবর্তিত আলো তৈরি করার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।
[C.U. 1989 ; N.B.U. 2001 ; Burd. U. 1990 ; Vid. U. 2005]

প্রতিফলনের দ্বারা সর্বাপেক্ষা সহজে সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি উৎপন্ন করা যায়। 1808 খ্রিস্টাব্দে ম্যালাস নামে একজন বিজ্ঞানী এটা সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেন। তিনি দেখতে পান যে, সাধারণ বা অসমবর্তিত আলোকরশ্মি যদি স্বচ্ছ মাধ্যমের (যেমন জল বা কাচ-তল) দ্বারা প্রতিফলিত হয়, তবে প্রতিফলিত রশ্মি আংশিকভাবে সমবর্তিত হয়। প্রতিফলিত রশ্মির সমবর্তনের মাত্রা আপতন কোণের উপর নির্ভর করে এবং প্রতিফলক তল অনুযায়ী এক বিশেষ আপতন কোণে তা সম্পূর্ণরূপে সমতল সমর্তিত হয়ে পড়ে। ঐ আপতন কোণকে ঐ মাধ্যমের সমবর্ত কোণ (angle of polarisation) বলা হয়। পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে কাচের সমবর্ত কোণ $57\frac{1}{2}°$ ডিগ্রী।

পরীক্ষা ঃ

AB একটি সমতল কাচ প্রতিফলক কাগজের তলের অভিলম্বভাবে স্থাপিত [চিত্র]। একটি সাধারণ বা অসমবর্তিত আলোকরশ্মি PO ঐ প্রতিফলক তলে $57\frac{1}{2}°$ ডিগ্রী আপতন কোণে আপতিত হয়েছে। প্রতিফলিত রশ্মি OT একটি টুরম্যালিন কেলাস T এর উপর লম্বভাবে আপতিত হয়েছে। বলাবাহুল্য, কেলাসের আলোক অক্ষের সমান্তরালভাবে ঐ কেলাসের ছেদ নেওয়া হয়েছে। এইবার, প্রতিফলিত রশ্মি OT-কে অক্ষ করে যদি কেলাসকে ধীরে ধীরে ঘুরানো হয়, তবে দেখা যাবে যে কেলাসের একটি বিশেষ অবস্থানে কেলাস থেকে কোন আলো বেরিয়ে এসে চোখে পৌঁছাচ্ছে না। আবার ঐ অবস্থান থেকে কেলাসকে 90° ঘুরিয়ে আনলে, কেলাস থেকে একটু একটু করে আলো বেরিয়ে এসে ঠিক 90° অবস্থানে পরিপূর্ণভাবে বেরিয়ে আসবে। এটা নিঃসন্দেহে প্রমাণ করে যে প্রতিফলিত রশ্মি OT সমবর্তিত হয়েছে।



চিত্র

প্রতিফলিত রশ্মি সমবর্তিত কিনা টুরম্যালিন কেলাসের পরিবর্তে AB প্রতিফলকের মতো আর একটি প্রতিফলক নিয়ে বিশ্লেষণ করা যায়।

ব্রুস্টার কোণ কাকে বলে?

সাধারণ আলো বা অসমবর্তিত আলো কোন প্রতিফলক তলে প্রতিফলিত হলে যে আপতন কোণের জন্য প্রতিফলিত রশ্মি সম্পূর্ণরূপে সমবর্তিত হয়, সেই আপতন কোণকে ব্রুস্টার কোণ বা সমবর্ত কোণ বলে।

ব্রুস্টারের সূত্র কি?

[C.U. 2001, '05 ; N.B.U. 2001 ; Burd. U. 1990 ; Vid. U. 2005]

সমবর্ত কোণের ট্যানজেন্টের মান প্রতিফলক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সমান। প্রতিফলক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক μ এবং সমবর্ত কোণ p হলে, $\tan p = \mu$; একেই ব্রুস্টারের সূত্র বলে।

প্রমাণ কর যে কাচপৃষ্ঠের দ্বারা প্রতিফলনের ফলে আলো পূর্ণ সমবর্তিত হলে, আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণ পরস্পরের পূরক। **[Vid. U. 2000]**

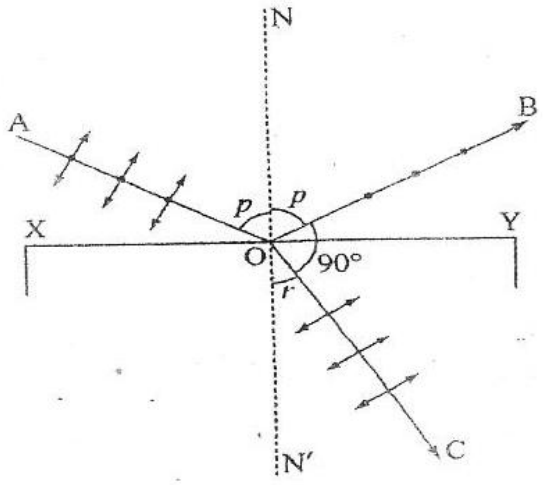
সমবর্ত কোণ সম্বন্ধে ধারাবাহিক পর্যালোচনার ফলে বিজ্ঞানী স্যার ডেভিড ব্রুস্টার দেখতে পান যে, সমবর্ত কোণের ট্যানজেন্টের মান সংখ্যাগতভাবে প্রতিফলক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সমান হয়। একেই ব্রুস্টার সূত্র বলা হয়। যদি প্রতিফলক মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক μ এবং ঐ প্রতিফলক মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল সমবর্ত কোণ p হয় , তবে ব্রুস্টারের সূত্রানুযায়ী

$$\tan p = \mu$$

ব্রুস্টার-এর সূত্র থেকে আমরা একটি গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্ত করতে পারি। সিদ্ধান্তটি এই যে, কোন আলোকরশ্মি যদি সমবর্ত কোণে প্রতিফলকের উপর আপতিত হয়, তবে প্রতিফলিত রশ্মি এবং প্রতিসৃত রশ্মি পরস্পরের ভিতর সমকোণ উৎপন্ন করে

অথবা, আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণ পরস্পরের পূরক হয়।

প্রমাণ ঃ ধর, একটি রশ্মি AO সমবর্ত কোণ ($\angle p$)-তে XY প্রতিফলকের উপর আপতিত হল [চিত্র 4.5]। প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী প্রতিফলিত রশ্মি OB-ও অভিলম্ব ON এর সঙ্গে $\angle p$ কোণ উৎপন্ন করবে। ধর, মাধ্যমের ভিতর প্রতিসৃত রশ্মি OC এবং প্রতিসরণ কোণ = $\angle r$



ব্রুস্টারের সূত্রানুযায়ী, $\tan p = \mu$ [μ = মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক]

আবার, প্রতিসরণের স্নেল সূত্রানুযায়ী, $\mu = \dfrac{\sin p}{\sin r}$

$\therefore \tan p = \dfrac{\sin p}{\sin r}$ অথবা, $\dfrac{\sin p}{\cos p} = \dfrac{\sin p}{\sin r}$.

$\therefore \sin r = \cos p = \sin (90° - p)$

অথবা, $r = 90° - p$ অথবা, $r + p = 90°$

সতরাং, $\angle BOC = 90°$ অথবা, প্রতিফলিত রশ্মি OB এবং প্রতিসৃত রশ্মি OC পরস্পরের ভিতর সমকোণ উৎপন্ন করে। আপতিত রশ্মি AO হল অসমবর্তিত, প্রতিফলিত রশ্মি OB হল পরিপূর্ণভাবে সমবর্তিত এবং প্রতিসৃত রশ্মি OC হল আংশিক সমবর্তিত এদের কম্পনের অভিমুখ তিরচিহ্নযুক্ত ছোট রেখা দ্বারা বুঝানো হয়েছে।

ব্রুস্টারের সূত্র থেকে একটি গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্ত করা যায়। সিদ্ধান্তটি কি?

সিদ্ধান্তটি হল ঃ কোন আলোক রশ্মি যদি সমবর্ত কোণে প্রতিফলকের উপর আপতিত হয় তবে, প্রতিফলিত রশ্মি এবং প্রতিফলক মাধ্যমে প্রতিসৃত রশ্মি পরস্পরের ভিতর সমকোণ উৎপন্ন করে।

একটি মসৃণ বরফ তল থেকে প্রতিফলিত আলো সম্পূর্ণভাবে সমবর্তিত। বরফের প্রতিসরাঙ্ক 1.304 হলে আলোর আপতন কোণ নির্ণয় কর। [C.U. 2005]

ব্রুস্টারের সূত্র থেকে পাই, $\mu = \tan p$ [যেখানে p = আপতন কোণ]

$\therefore 1.309 = \tan p$ অথবা, $p = 16°42'$

1·55 প্রতিসরাঙ্ক বিশিষ্ট একটি কাচ প্লেটের তলে একটি আলোক রশ্মি এমন ধ্রুবণ কোণে আপতিত হল। প্রতিসরণ কোণ কত হবে নির্ণয় কর।

আমরা জানি ব্রীউষ্টারের সূত্রানুসারে $\mu = \tan\theta$, যেখানে θ হচ্ছে সমবর্তিত কোণ বা ধ্রুবণ কোণ।

$$\therefore \quad \theta = 1·55$$

$$or, \quad \theta = \tan^{-1} 1·55 = 57°11'$$

আবার, আমরা জানি $\theta + \phi = 90$

যেখানে ϕ হচ্ছে প্রতিসরণ কোণ

$$\therefore \quad \phi = 90° - 57°11' = 32°49'$$

কোন আলোক কিরণ প্রতিফলক তলের উপর 60° কোণে আপতিত হলে প্রতিসৃত কোণ 12° হয়। ধ্রুবণ কোণের মান নির্ণয় কর।

যেহেতু আপতিত প্রতিফলকের সঙ্গে 60° কোণ করে, সেহেতু আপতন কোণ $= (90° - 60°) = 30°$.

আবার প্রতিফলিত কোণ $= 12°$

মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক $\mu = \dfrac{\sin 30°}{\sin 12°} = 2·4050.$

আমরা জানি $\mu = \tan\theta$, যেখানে θ হচ্ছে ধ্রুবণ কোণ।

$$\therefore \quad \tan\theta = 2·4050$$

অথবা $\theta = \tan^{-1} 2·4050 = 67°25'21''.$

একটি কাচ প্লেটের ধ্রুবণ কোণ নির্ণয় কর। প্রতিসরণ কোণ কত হবে ($\mu = 1·5$).

ব্রীউস্টারের সূত্র থেকে আমরা জানি, $\tan\theta = \mu.$

$$\therefore \quad \tan\theta = 1·5$$

$$or, \quad \theta = \tan^{-1}(1·5) = 56·3°.$$

স্নেলের সূত্র থেকে পাই, $\dfrac{\sin i}{\sin r} = \mu.$

$$\therefore \quad \frac{\sin 56·3°}{\sin r} = 1·5.$$

$$\therefore \quad \sin r = \frac{\sin 56·3°}{1·5} = 0·55$$

$$\therefore \quad r = 33·7°$$

দ্বৈতপ্রতিসরনেরদ্বারাসমবর্তন

দ্বিপ্রতিসরণ কি? [C.U. 2005, '08]

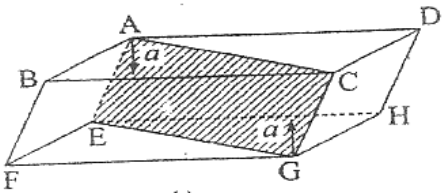
আলোক রশ্মি সমসারক (isotropic) মাধ্যমের ভিতর দিয়ে গেলে আলোক রশ্মির যে প্রতিসরণ হয় তাতে রশ্মি প্রতিসরণের সূত্র মেনে চলে। কিন্তু স্বচ্ছ অসম সারক (anisotropic) মাধ্যমের ভিতর দিয়ে গেলে প্রতিসরণের পর রশ্মিটি দুই অংশে ভেঙ্গে যায়। একটি অংশ প্রতিসরণের সূত্রগুলি মেনে চলে এবং অন্য অংশটি মেনে চলে না। এই ঘটনাকে দ্বিপ্রতিসরণ বলে।

দ্বি-প্রতিসরণের ক্ষেত্রে E-এবং O-রশ্মি কাকে বলে?

দ্বিপ্রতিসরণের জন্য যখন একটি রশ্মি দুটি প্রতিসৃত রশ্মিতে বিভাজিত হয় তখন যে-রশ্মিটি প্রতিসরণ সূত্র মেনে চলে, তাকে সাধারণ বা O রশ্মি বলে এবং যেটি প্রতিসরণ সূত্র মেনে চলে না, তাকে অসাধারণ বা E-রশ্মি বলে।

কেলাসের আলোক-অক্ষ (optic axis) কাকে বলে?

প্রকৃতিতে ক্যালসাইট কেলাস নানা আকারের পাওয়া যায়। কিন্তু উপযুক্ত সম্ভেদ (cleavage)-এর ফলে তাদের প্রত্যেককেই সামান্তরিক (parallelogram) তল বেষ্টিত রম্ভহেড্রন বা রম্ভ (rhomb)-এর আকার দেওয়া যেতে পারে। নং চিত্রে ঐরূপ একটি কেলাসের নকশা দেখানো হয়েছে। এর প্রত্যেকটি তল একটি সামান্তরিক। এই সামান্তরিকের কোণগুলি প্রায় 102° এবং 78° ; এখন এই রম্ভের কোণগুলি (corners) লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে দুটি কোণ ছাড়া (চিত্রে A এবং G) প্রত্যেক কোণে দুটি পৃষ্ঠের নতি সূক্ষ্মকোণ এবং একটি পৃষ্ঠের নতি স্থূলকোণ। একমাত্র A এবং



চিত্র ৫

G বিন্দুতে তিনটি পৃষ্ঠই স্থূলকোণ (102°) উৎপন্ন করছে। এখন A এবং G বিন্দু দিয়ে এবং ঐ বিন্দুতে যে তিন পৃষ্ঠ মিলিত হয়েছে তাদের সঙ্গে সমনতি রেখে যদি একটি রেখা (চিত্রে Aa অথবা Ga) কল্পনা করা যায়, তবে ঐ রেখাকে অথবা ঐ রেখার সমান্তরাল অন্য যে-কোন রেখাকে ঐ কেলাসের আলোক-অক্ষ বলা হয়।

সুতরাং কেলাসের আলোক-অক্ষ কোন বিশেষ রেখা নয়; এটি একটি অভিমুখ।

আলোক অক্ষের বৈশিষ্ট্য কি?

(i) কেলাসের আলোক-অক্ষ কোন বিশেষ রেখা নয় ; এটি একটি অভিমুখ।

(ii) কোন আলোকরশ্মি যদি আলোক-অক্ষ বরাবর কেলাসের উপর আপতিত হয়, তবে কেলাসের অভ্যন্তরে প্রবেশ করলে, তার দ্বি-প্রতিসরণ হয় না—অর্থাৎ সাধারণ ও অসাধারণ রশ্মি উভয়েই একই অভিমুখে এবং একই বেগে একসঙ্গে অগ্রসর হয়।

(ii) কোন আলোক রশ্মি যদি আলোক -অক্ষের লম্বভাবে কেলাসের উপর আপতিত হয়, তবে কেলাসের অভ্যন্তরে প্রবেশ করলে, তারও দ্বি-প্রতিসরণ হয় না—O-রশ্মি ও E-রশ্মি একই অভিমুখে কিন্তু বিভিন্ন বেগে অগ্রসর হয়।

O-রশ্মি এবং E-রশ্মির তরঙ্গমুখের আকার কি রকম ?

O রশ্মির গতিবেগ সবদিকে সমান হওয়ায় এর তরঙ্গমুখের আকার হবে উপ-গোলক (spheroid)। বিভিন্ন দিকে E-রশ্মির গতিবেগ বিভিন্ন বলে, এই রশ্মির তরঙ্গমুখের আকার হবে উপবৃত্তাকার (ellipsoidal)।

একাক্ষীয় কেলাস (uniaxial crystal) কাকে বলে ? উদাহরণ দাও।

যে সকল কেলাসের একটি মাত্র সরলাক্ষ (optic axis) থাকে তাদের বলা হয় একাক্ষীয় কেলাস। যেমন—ক্যালসাইট, টুরম্যালিন, কোয়ার্টজ ইত্যাদি।

দ্বি-অক্ষীয় কেলাসের দুটি উদাহরণ দাও।

বোরাক্স, অভ্র প্রভৃতি দ্বি-অক্ষীয় কেলাস। এদের দুটি সরলাক্ষ আছে।

ধনাত্মক ও ঋণাত্মক কেলাস কাকে বলে ? উদাহরণ দাও।

যে সকল দ্বি-প্রতিসারক কেলাস মাধ্যমে সাধারণ রশ্মি (O-রশ্মি)-এর গতিবেগ অসাধারণ রশ্মি (E-রশ্মি)-এর গতিবেগ অপেক্ষা বেশি, তাদের ধনাত্মক কেলাস বলা হয়। যেমন—কোয়ার্টজ, বরফ ইত্যাদি। যে-সকল কেলাস মাধ্যমে O-রশ্মির গতিবেগ E-রশ্মির গতিবেগ অপেক্ষা কম, তাদের ঋণাত্মক কেলাস বলা হয়। যেমন, টুরম্যালিন, ক্যালসাইট ইত্যাদি।

একটি ধনাত্মক একাক্ষীয় কেলাসের দুটি প্রতিসরাঙ্ক μ_o এবং μ_e-এর মধ্যে কোনটি বড় ? ঋণাত্মক একাক্ষীয় বেলাসে কোনটি বড় ? **[Burd U. 2001]**

ধনাত্মক একাক্ষীয় কেলাসে $\mu_e > \mu_o$ এবং ঋণাত্মক একাক্ষীয় কেলাসে $\mu_o > \mu_e$

নিকল প্রিজম কি ? **[C.U. 2004, '06]**

নিকল প্রিজম ক্যালসাইট দ্বি-প্রতিসারক কেলাসের এক বিশেষ রূপ। এই প্রিজমের উপর আলোক রশ্মি আপতিত হলে রশ্মিটি O-এবং E-রশ্মিতে ভিাজিত হয়। প্রিজমের অভ্যন্তরস্থ ক্যানাডা বলসাম (canada balsam) স্তর অভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের দ্বারা O-রশ্মিকে শোষণ করে এবং সমতল সমবর্তিত E-রশ্মিকে প্রিজম থেকে নির্গত করে দেয়। এইভাবে অসমবর্তিত আলো কে নিকল প্রিজম সমতল সমবর্তিত আলো-তে পরিণত করে।

একটি নিকল প্রিজমের গঠন বর্ণনা কর এবং কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর। [C.U. 2004, 2006, '08]

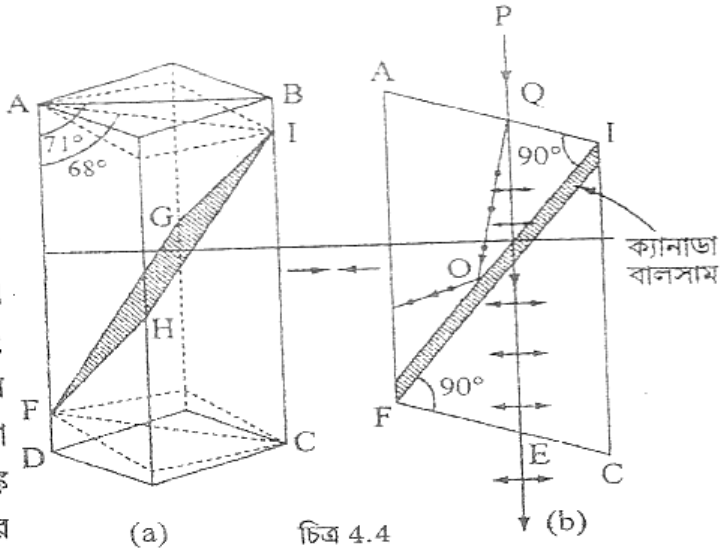
অথবা

নিকল প্রিজমের গঠন সংক্ষেপে বর্ণনা কর। কিভাবে এর সাহায্যে আলোর সমবর্তন সম্ভব হয় ব্যাখ্যা কর। **[Vid. U. 2000]**

একটি নিকল প্রিজমের গঠন প্রণালী বর্ণনা কর এবং তা কিভাবে (ক) সমবর্তক এবং (খ) বিশ্লেষক হিসাবে কাজ করে তা ব্যাখ্যা কর। **[C.U. 1995]**

গঠন প্রণালী ঃ প্রস্থ অপেক্ষা দৈর্ঘ্য প্রায় তিনগুণ এরূপ রম্ভ (rohmb) আকারের একটি ক্যালসাইট কেলাস থেকে নিকল প্রিজম গঠন করা হয়। ABCD এইরূপ একটি কেলাস [চিত্র ।]। ঐ কেলাসের B এবং D কোণায় পৃষ্ঠগুলি সব স্থূল কোণে মিলিত হয়েছে। প্রাকৃতিক কেলাসে সাধারণত AB এবং CD পৃষ্ঠ যথাক্রমে AD এবং BC বাহুর সঙ্গে 71° ডিগ্রী কোণ করে। ঐ পৃষ্ঠদুটি কেটে এবং পালিশ করে এমন করা হয় যে নতুন পৃষ্ঠ AI এবং CF যথাক্রমে AF এবং CI বাহুর সঙ্গে 68° ডিগ্রী কোণ করে। AICF

হল ঐ কেলাসের প্রধান ছেদ। এবার ঐ প্রধান ছেদের অভিলম্বভাবে এবং দুটি প্রান্তপৃষ্ঠ AI এবং CF-এর অভিলম্বভাবে গত একটি তল GIHF বরাবর প্রিজমকে কেটে দু টুকরো করা হয়। কাটা মুখকে ঘষে পালিশ করার পর ক্যানাডা বালসাম (canada balsam) নামে একপ্রকার আঠার সাহায্যে টুকরো দুটিকে পুনরায় জুড়ে দেওয়া হয়। এতে কেলাসের প্রধান ছেদ (AICF)-এর যে আকৃতি হয় তা 4.4(b)-নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। বলাবাহুল্য, এক্ষেত্রে $\angle AIF = \angle CFI = 90°$; ক্যানাডা বালসাম স্বচ্ছ হওয়ায়, জোড়া দেবার পর কেলাসটি আগের মতোই থাকে। ক্যানাডা বালসাম নেবার কারণ এই যে এর প্রতিসরাঙ্ক (μ_b) সাধারণ রশ্মির বেলায় ক্যালসাইটের প্রতিসরাঙ্ক (μ_0) অপেক্ষা কম ; আবার অসাধারণ রশ্মির বেলায় ক্যালসাইটের প্রতিসরাঙ্ক (μ_e) অপেক্ষা বেশি ; অর্থাৎ $\mu_0 > \mu_b < \mu_e$. [যেমন, $\mu_0 = 1.658$; $\mu_b = 1.55$ এবং $\mu_e = 1.486$]। প্রিজম -এর ধারগুলি কালো রং করা থাকে যাতে আলো প্রতিফলিত হয়ে ঐ দিকে গেলে আলো শোষিত হয়।

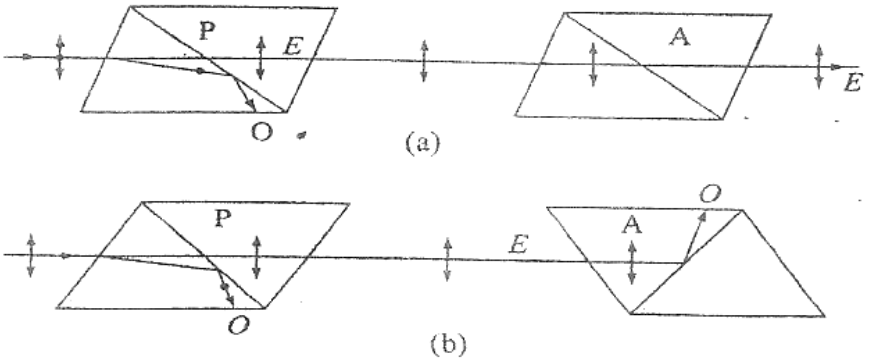


চিত্র 4.4

কার্যপ্রণালী ঃ যখন অসমবর্তিত সাধারণ আলোরশ্মি PQ কেলাসের AI তলে প্রায় অভিলম্বভাবে অর্থাৎ AF বাহুর সমান্তরালে আপতিত হয় তখন তা কেলাসের অভ্যন্তরে সাধারণ রশ্মি (O) এবং অসাধারণ রশ্মি (E) -তে বিভক্ত হয় [চিত্র]। উভয়েই সমতল সমবর্তিত ; তবে E-রশ্মির কম্পন প্রধান ছেদ AICE-এর সমান্তরালে এবং O রশ্মির কম্পন প্রধান ছেদের অভিলম্বতলে সম্পাদিত হয়। এখন, সাধারণ রশ্মির বেলায় ক্যানাডা বলসামের প্রতিসরাঙ্ক কেলাসের প্রতিসরাঙ্ক অপেক্ষা কম হওয়ায় ($\mu_b < \mu_0$), সাধারণ রশ্মি যখন ক্যানাডা বালসাম স্তরে উপস্থিত হয় তখন তা ঘনমাধ্যম থেকে লঘুমাধ্যমের ভিতর যেতে চায়; তাছাড়া, প্রিজমের দৈর্ঘ্য তার প্রস্থের তুলনায় প্রায় তিনগুণ হওয়ায় এবং আপতিত রশ্মি প্রিজমের উপর প্রায় অভিলম্বভাবে আপতিত হওয়ায়, ক্যানাডা বালসাম স্তরে সাধারণ রশ্মির, আপতন কোণ ক্যালসাইট-কানাডা বলসামের সংকট কোণ (প্রায় 69°) অপেক্ষা বেশি হয়। ফলে, O-রশ্মি ক্যানাডা বালসাম স্তরে পূর্ণ প্রতিফলিত হয়ে প্রিজমের ধারের দিকে চলে যায় এবং কালো রং দ্বারা শোষিত হয়।

কিন্তু E-রশ্মির বেলায় ক্যানাডা বালসাম ঘন মাধ্যম হওয়ায় ($\mu_b < \mu_e$) ঐ রশ্মির ঐরকম কোন অভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হয় না; ঐ রশ্মি ক্যানাডা বালসামের ভিতর দিয়ে সামন্য প্রতিসৃত হয়ে প্রিজমের তলার পৃষ্ঠ FC থেকে নির্গত হয়। এই ভাবে নিকল প্রিজম থেকে আমরা তীব্র সমতল সমবর্তিত আলোক রশ্মি পেতে পারি।

বিশ্লেষক রূপে ঃ দুটি একই রকমের নিকল প্রিজমের একটিকে সমবর্তক এবং অন্যটিকে বিশ্লেষক হিসাবে ব্যবহার করা যায়। 4.7 নং চিত্রে P হল সমবর্ত নিকল এবং A হল বিশ্লেষক নিকল। সমবর্তক নিকল থেকে যখন E-রশ্মি নির্গত হয় তখন তা সমতল সমবর্তিত হয় এবং প্রিজমের প্রধান ছেদে তার



চিত্র :

কম্পন সীমাবদ্ধ থাকে। যখন দ্বিতীয় নিকল A-র প্রধান ছেদ প্রথম নিকলের প্রধান ছেদের সমান্তরাল থাকে [চিত্র 4.7(a)] তখন ঐ রশ্মি A-প্রিজমেও E-রশ্মিরূপে প্রবেশ করে এবং প্রিজম থেকে নির্গত হয়। কিন্তু আলোরশ্মির গতিপথকে অক্ষ করে A-নিকলকে ঘুরালে, যখন তার প্রধান ছেদ এবং প্রথম নিকেলের প্রধান ছেদ পরস্পরের অভিলম্ব হয়, তখন প্রথম নিকল থেকে নির্গত E-রশ্মি দ্বিতীয় নিকলে O-রশ্মিরূপে প্রবেশ করে এবং ক্যানাডা বালসাম স্তর থেকে পূর্ণ প্রতিফলিত হয়ে নিকলের গায়ের দিকে চলে যায় [চিত্র ।]। সুতরাং ঐ রশ্মি A-নিকলের ভিতর দিয়ে নির্গত হতে পারে না।এইভাবে A-নিকল বিশ্লেষকের কাজ করে।

পোলারয়েড কাকে বলে? পোলারয়েডের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর। **[C.U. 2000]**

কোন পাতলা সর যার ভিতর দিয়ে আলোকরশ্মি পাঠালে নির্গত আলো সরল রৈখিক সমবর্তিত (linearly polarised) আলোতে পরিণত হয়, তার বাণিজ্যিক নাম পোলারয়েড। সেলুলোজ নাইট্রেটের পাতলা সরের মধ্যে অতি ক্ষুদ্র দ্বি-প্রতিসারক কেলাস ভর্তি করে পোলারয়েড তৈরি করা হয়। কেলাসগুলির আলোক অক্ষগুলি সব সমান্তরাল। পোলারয়েডের কার্যনীতি হচ্ছে বৃত শোষণ (selective absorption) দ্বারা সমতল সমবর্তিত রশ্মি তৈরি করা।

(i) সূর্যের আলোতে চোখ ধাঁধানো বন্ধ করার জন্য পোলারয়েড দ্বারা রোদ-চশমা তৈরি করা হয়। (ii) গাড়ির হেডলাইটে এবং জানালায় পোলারয়েডের ঢাকনা থাকে (iii) আলোর তীব্রতা নিয়ন্ত্রণ করে কেলাসের গঠন বিন্যাস পর্যালোচনার জন্য পোলারয়েড ব্যবহার করা হয়।

H এবং K পোলারয়েড কাকে বলে? ক্রস্‌ড (crossed) পোলারয়েড কি?

পলিভিনাইল অ্যালকোহল (polyvinyl alcohol) ফিলম-কে টেনে প্রাথমিক দৈর্ঘ্যের প্রায় আটগুণ করলে, ফিলমের অণুগুলি উৎপন্ন পীড়নের সমান্তরালে সজ্জিত হয়। এর সঙ্গে আয়োডিন মেশালে H-পোলারয়েড পাওয়া যায়।

H-পোলারয়েড -কে HCl-এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে, ফিলম কিছুটা কালো হয়। এতে ফিলমের ডাইকরিক ধর্ম (dichoric property) তীব্র হয়। একেই K-পেলারয়েড বলে।

দুটি পোলারয়েডের সমবর্তন তল যদি পরস্পরের অভিলম্ব হয়, তবে তাদের ক্রস্‌ড পোলারয়েড বলা হয়।

বৃত্তএবংউপবৃত্তসমবর্তন[Circular and elliptical polarization]

বৃত্ত ধ্রুবিত এবং উপবৃত্ত ধ্রুবিত আলো সৃষ্টি করার তত্ত্ব (Theory of the production of circularly & elliptically polarised light)

যখন স্বাভাবিক আলো এসে কোন একাক্ষীয় ক্রিস্টালের পাতলা প্লেটের উপর পড়ে তখন সাধারণ এবং অসাধারণ রশ্মি একই পথে কিন্তু বিভিন্ন বেগ নিয়ে অগ্রসর হয়। এমন কি একটি সমতলীয় সমবর্তিত আলো এসে যদি এই রকম একটি ক্রিস্টালের উপর অভিলম্বভাবে পড়ে তবে এটি সাধারণ ও অসাধারণ এই দুইরশ্মিতে বিভক্ত হয়ে যায় এবং এই দুই ধরনের রশ্মি একই দিকে কিন্তু ভিন্ন বেগ নিয়ে অগ্রসর হয়। এখন যদি ক্রিস্টাল প্লেটের বেধ t এবং ক্রিস্টালের সাধারণ ও অসাধারণ রশ্মির প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে μ_0 এবং μ_e হয়, তবে এদের পথের পার্থক্য হবে $t(\mu_e \sim \mu_0)$। টুরম্যালিনের ক্ষেত্রে $\mu_0 > \mu_e$ এবং কোয়ার্টাজ-এর ক্ষেত্রে $\mu_e > \mu_0$। পথের পার্থক্যের জন্য দুটি রশ্মির মধ্যে দশার পার্থক্য হবে $\frac{2\pi t}{\lambda}(\mu_e \sim \mu_o) = \phi$ (ধরি), যেখানে λ হচ্ছে আপতিত রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য।

ধরি, কোন ক্রিস্টালের সরলাক্ষ XX_1 বরাবর আছে এবং ক্রিস্টালের P বিন্দুতে সমতল ধ্রুবিত তরঙ্গের কম্পনের অভিমুখ। এই কম্পনের সরণকে $A \sin \omega t$ দিয়ে সূচিত করা হল। ক্রিস্টালের মধ্যে এটি এবার দুটি উপাংশে বিভাজিত হয়ে যাবে। আমরা যদি ক্যালসাইট ক্রিস্টালের কথা বিবেচনা করি, তাহলে PY বরাবর সাধারণ কম্পনের সরণের মান $A \sin\theta \sin \omega t$ ($\angle PAX = \theta$) হবে। দ্রুত চলমান অসাধারণ কম্পন PX বরাবর হবে এবং এর কম্পনের সরণের মান হবে $A \cos\theta \sin \omega t$. বহির্গমনের পর এই দুটি উপাংশের মধ্যে একটি দশার বৈষম্য (ϕ) সৃষ্টি হবে। তাহলে বহির্গমনের পর আমরা লিখতে পারি।

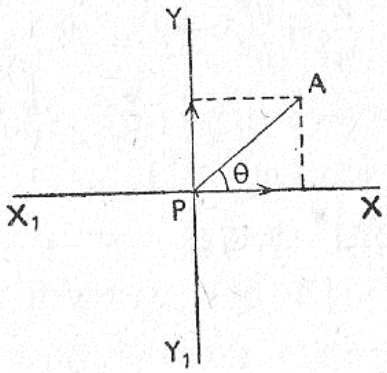


Fig.

$$x = A \cos\theta \sin \omega t = a \sin \omega t \quad (1)$$

$$y = A \sin\theta \sin(\omega t + \phi) = b \sin(\omega t + \phi) \quad (2)$$

যেখানে $\phi = \frac{2\pi t}{\lambda}(\mu_0 \sim \mu_e)$

এই দুটি কম্পন পরস্পরের সঙ্গে লম্বভাবে আছে। এদের লব্ধির সমীকরণ এইভাবে বার করা যাবে,

সমীকরণ (2) থেকে

$$y = b \sin(\omega t + \phi)$$

$$or, \quad \frac{y}{b} = \sin \omega t \cos \phi + \cos \omega t \sin \phi$$

সমীকরণ (1) থেকে, $\sin \omega t = \frac{x}{a}$

$$\text{এবং } \cos \omega t = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}.$$

$$\therefore \quad \frac{y}{b} = \frac{x}{a} \cos \phi + \sqrt{\frac{a^2 - x^2}{a^2}}. \sin \phi.$$

বর্গ করে এবং সাজিয়ে পাওয়া যায়,

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy \cos \phi}{ab} = \sin^2 \phi \qquad (3)$$

ϕ-এর যে কোন মানের জন্য সমীকরণ (3) একটি উপবৃত্তের সমীকরণ, যার অক্ষগুলি স্থানাঙ্ক অক্ষদ্বয়ের উপর সমাপতিত নয়।

প্রথম ক্ষেত্র ঃ যদি $\phi = \pi/2$ হয় তবে সমীকরণ (3) থেকে পাই, $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$. এটি একটি উপবৃত্তের সমীকরণ, যার অক্ষগুলি স্থানাঙ্ক অক্ষের সঙ্গে সমপাতিত। সুতরাং নির্গত বা বর্হিগমন (emergent) রশ্মি উপবৃত্ত ধ্রুবিত (elliptically polarised)।

দ্বিতীয় ক্ষেত্র ঃ যখন $\phi = \pi/2$ এবং $a = b$, তখন $x^2 + y^2 = a^2$. এটি একটি বৃত্তের সমীকরণ, সুতরাং নির্গত রশ্মি বৃত্ত ধ্রুবিত (circulary polarised).

যদি ক্রিস্টাল প্লেটের তল এই নিয়ম মেনে চলে অর্থাৎ যখন $\phi = \pi/2$.

$$or, \quad \frac{2\pi t}{\lambda}. (\mu_0 - \mu_e) = \pi/2, \qquad or, \quad t(\mu_0 - \mu_e) = \frac{\lambda}{4} \text{ হবে।}$$

তখন প্লেটটিকে **পাদ তরঙ্গ পাত** বা **সিকি তরঙ্গ পাত** (quarter-wave plate) বলে। আবার যখন সাধারণ ও অসাধারণ রশ্মির মধ্যে পথের পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ হয়, তখন প্লেটটিকে **অর্ধতরঙ্গ বা বিলম্বক পাত** (half-wave plate) বলে।

তৃতীয় ক্ষেত্র : যদি $\phi = 2n\pi$ হয়, যেখানে $n = 0, 1, 2...$তাহলে সমীকরণ (3) থেকে পাই ; $$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-\frac{2xy}{ab} = 0.$$

$$or, \quad \left(\frac{x}{a}-\frac{y}{b}\right)^2 = 0.$$

এটি P বিন্দু দিয়ে দুটি সমপাতিত সমতল ধ্রুবিত কম্পন নির্দেশ করছে। এই কম্পন XX_1 অক্ষের সঙ্গে θ কোণে নত থাকে, যেখানে

$$\theta = \tan^{-1}\frac{b}{a}.$$

চতুর্থ ক্ষেত্র : যখন $\phi = (2n+1)\pi$, যেখানে $n =$, 1, 2,...

$\cos\phi = -1$ বলে,

$\therefore$ সমীকরণ (3) থেকে পাই, $$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{2xy}{ab} = .$$

$$or, \quad \left(\frac{x}{a}+\frac{y}{b}\right)^2 = 0.$$

এটিও P বিন্দু দিয়ে দুটি সমাপতিত সমতল ধ্রুবিত কম্পন নির্দেশ করছে এবং এর নতি (slope) $\tan^{-1}\left(-\frac{b}{a}\right)$; সুতরাং তৃতীয় ক্ষেত্রতে যে সমতল কম্পন হচ্ছে এবং বর্তমান ক্ষেত্রে যে কম্পন হচ্ছে এরা একে অপরের সঙ্গে 2θ কোণে নত আছে, যেখানে $\theta = \tan^{-1}\frac{b}{a}$.

সিকি তরঙ্গপাত সাধারণত বাজারে বৃত্তাকার আংটার এর সাহায্যে ঝোলানো (mounted) অবস্থায় পাওয়া যায় এবং সরলাক্ষের (optic axis) অভিমুখে এতে খোদাই করা থাকে। যদি কোন সমতলীয় সমবর্তিত রশ্মি এমনভাবে এর উপর পড়ে যাতে সরলাক্ষের সঙ্গে কম্পন তল (plane of vicration) যে কোন কোণ করে (কিন্তু 45° নয়) তবে রশ্মিটি নির্গমনের পরে উপবৃত্ত ধ্রুবিত (elliptically polarised) হবে।

যদি কম্পনতল সরলাক্ষের সঙ্গে 45° কোণ করে, তবে নির্গমনের পরে রশ্মিটি বৃত্ত ধ্রুবিত (circularly polarised) হবে। বৃত্ত ধ্রুবিত (circularly polarised) আলো উৎপন্ন করার তত্ত্ব থেকে আমরা পাই যে বৃত্ত ধ্রুবণের (circular polarisation) এর সর্ত হচ্ছে, $\phi = \pi/2$ এবং $a = b$.

প্রথম কারণটি সিকি তরঙ্গপাতের ক্ষেত্রে আগেই প্রমাণিত হয়েছে। এখন যদি সরলাক্ষের সঙ্গে আপতিত রশ্মির কম্পনের অভিমুখ 45° কোণ করে তবে,

$$a = A\cos\theta = A\cos 45^\circ \quad \text{এবং} \quad b = A\sin\theta = A\sin 45^\circ.$$

$$\therefore \quad a = b.$$

অর্থাৎ আপতনের এই বিশেষ দিকের জন্য বৃত্ত ধ্রুবিত আলো পাওয়া যাবে। তাত্ত্বিক আলোচনা থেকেও আমরা এই সিদ্ধান্তে উপনীত হয়েছিলাম। সিকি তরঙ্গপাতের প্রধান অসুবিধা হচ্ছে কোন নির্দিষ্ট প্লেটকে কোন নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ-এর জন্যই শুধুমাত্র ব্যবহার করা যায়।

মন্দনক প্লেট (retardation plate) কি? **[Burd U 2005]**

যে দ্বিপ্রতিসারক কেলাসের ফালি (plate)-এর ভিতর দিয়ে নির্গত হলে O- এবং E-রশ্মির ভিতর নির্দিষ্ট পরিমাণ দশা-পার্থক্য অথবা পথ-পার্থক্য সৃষ্টি হয়, তাকে মন্দনক প্লেট বলে।

সিকি তরঙ্গ প্লেট এবং অর্ধতরঙ্গ প্লেট কি? এদের বেধ কত? **[C.U. 1997, '98, '99]**

দ্বিপ্রতিসারক কেলাসের কোন পাতলা প্লেট যদি O- এবং E- রশ্মির ভিতর $\frac{\lambda}{4}$ পথ-পার্থক্য সৃষ্টি করে, তবে তাকে সিকি তরঙ্গ প্লেট বলা হয়। এর বেধ $= \frac{\lambda}{4(\mu_o - \mu_e)}$ [যেখানে, $\mu_o > \mu_e$] আবার, O-এবং E-রশ্মির ভিতর $\frac{\lambda}{2}$ পথ-পার্থক্য সৃষ্টি করলে, তাকে অর্ধতরঙ্গ প্লেট বলা হয়। এর বেধ $= \frac{\lambda}{2(\mu_o - \mu_e)}$ [যেখানে, $\mu_o > \mu_e$]

একই মন্দনক প্লেট কি সকল প্রকার আলোর পক্ষে উপযোগী?

মন্দনক প্লেটের বেধ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল। একই প্লেটকে বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর বেলায় ব্যবহার করা যায় না। যেমন, সোডিয়াম আলোর উপযোগী অর্ধ-তরঙ্গ বা সিকিতরঙ্গ প্লেট অন্য তরঙ্গের বেলায় অর্ধতরঙ্গ বা সিকিতরঙ্গ প্লেটরূপে কাজ করবে না।

$\frac{\lambda}{4}$ মন্দনক প্লেটের ভিতর দিয়ে একবর্ণী (তরঙ্গদৈর্ঘ্য $= \lambda$) সমতল সমবর্তিত আলো পাঠালে কি ঘটবে?

আপতিত আলোর কম্পন তল $\frac{\lambda}{4}$ মন্দনক প্লেটের সরলাক্ষের সঙ্গে 45° কোণ উৎপন্ন করলে নির্গত আলো বৃত্ত-সমবর্তিত (circularly polarised) হবে। কম্পনতল সরলাক্ষের সঙ্গে 0°, 45° এবং 90° ভিন্ন অন্য যে-কোন কোণ উৎপন্ন করলে, নির্গত আলো উপবৃত্ত-সমবর্তিত (elliptically polarised) হবে।

$\frac{\lambda}{4}$ মন্দনক প্লেটের ভিতর দিয়ে বৃত্ত বা উপবৃত্ত সমবর্তিত আলো পাঠালে কি ঘটবে?

নির্গত আলো সমতল সমবর্তিত (plane polarised) হবে।

$\frac{\lambda}{2}$ মন্দনক প্লেটের ভিতর দিয়ে সমতল সমবর্তিত আলো পাঠালে কি ঘটবে?

সমতল সমবর্তিত আলোর কম্পনতল প্লেটের সরলাক্ষের সঙ্গে θ কোণ উৎপন্ন করলে নির্গত আলো সমতল সমবর্তিতই থাকবে ; তবে তার কম্পনতল আপতিত আলোর কম্পনতলের সঙ্গে $(180°-2\theta)$ কোণে ঘুরে যাবে। $\theta = 45°$ হলে, কম্পনতলের আবর্তন কোণ হবে $= 90°$.

5893Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সোডিয়াম আলোর জন্য কোয়ার্টজের সিকি-তরঙ্গ প্লেটের বেধ নির্ণয় কর যখন এর জন্য $\mu_e = 1.55085$ ও $\mu_o = 1.54184$. **[Burd. U. 2005]**

কোয়ার্টজ সিকি-তরঙ্গ প্লেটের বেলায় বেধ $t = \frac{\lambda}{4(\mu_e - \mu_o)}$

$$\therefore \text{নির্ণেয় বেধ} = \frac{5893 \times 10^{10}}{4(1.55085 - 1.541184)} = \frac{5893 \times 10^{-10}}{4 \times 0.00901} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

শূন্য মাধ্যমে $\mu_0 = 5890$Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর জন্য একটি সিকি তরঙ্গ প্লেটের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক সাধারণ ও অসাধারণ রশ্মির বেলায় $\mu_o = 1.732$ এবং $\mu_e = 1.456$। ঐ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর জন্য প্লেটটির ন্যূনতম প্রয়োজনীয় বেধ নির্ণয় কর। **[Vid. 2000]**

সিকি তরঙ্গ প্লেটের বেধ

$$t = \frac{\lambda_0}{4(\mu_o - \mu_e)} = \frac{5890 \times 10^{-10}}{4(1.732 - 1.456)} = \frac{5890 \times 10^{-10}}{4 \times 0.276} = 5.3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

একটি ক্যালসাইট পাতের বেধ নির্ণয় কর। পাতটি রেখা-ধ্রুবিত আলোককে বৃত্ত ধ্রুবিত আলোতে পরিবর্তন করতে পারে। দেওয়া আছে, $\mu_0 = 1{\cdot}658$ এবং $\mu_e = 1{\cdot}486$, 5890 A. U. তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হয়েছে।

রেখা ধ্রুবিত আলোককে বৃত্ত ধ্রুবিত আলোতে পরিণত করা যাবে যদি পাতটির দ্বারা প্রবর্তিত সাধারণ রশ্মি এবং অসাধারণ রশ্মির উপাংশের মধ্যে ন্যূনতম দশার পার্থক্য $\frac{\pi}{2}$ অথবা $\frac{\pi}{2}$-এর বিজোড় গুণিতক হয় অর্থাৎ পথের পার্থক্য $\frac{\lambda}{4}$ অথবা $\frac{\lambda}{4}$-এর বিজোড় গুণিতক হয়।

এই পাতের বেধ t হলে,

$$t = \frac{n\lambda}{4(\mu_0 - \mu_e)}, \text{ যেখানে } n = 1, 2, 3, \ldots\ldots$$

$$\therefore \quad t = \frac{n \times 5890 \times 10^{-8}}{4(1{\cdot}653 - 1{\cdot}486)} = n \times 8{\cdot}56 \times 10^{-5} \text{ cm.}$$

অর্থাৎ, পাতটির সর্বনিম্ন বেধ $= 8{\cdot}56 \times 10^{-5}$ cm.

একটি দ্বি-প্রতিসরাঙ্ক বিশিষ্ট কেলাসে O এবং E রশ্মির মধ্যে $\lambda/2$ পথ-পার্থক্য তৈরি করতে তার বেধ কত হওয়া প্রয়োজন। [যেখানে $\lambda = 600$ nm ; $\mu_o = 1.65$ এবং $\mu_e = 1.48$]

$\lambda/2$ পথ-পার্থক্য তৈরি করলে সেটি অর্ধ-তরঙ্গ প্লেট। অর্ধ তরঙ্গ প্লেটের বেলায় বেধ,

$$t = \frac{\lambda}{2(\mu_o \sim \mu_e)} = \frac{600 \times 10^{-9}}{2(1.65 - 1.48)} = \frac{600 \times 10^{-9}}{2 \times 0.17} = 1.76 \times 10^{-6} \text{ m}$$

5893 A. U. তরঙ্গ দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট সোডিয়াম আলোর জন্য একটি কোয়ার্জ অর্ধ-তরঙ্গ পাতের বেধ নির্ণয় কর। সাধারণ এবং অসাধারণ রশ্মির জন্য কোয়ার্জের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1·5442 এবং 1·5533.

অর্ধ-তরঙ্গ পাতের ক্ষেত্রে দশার পার্থক্য হবে

$$\frac{2\pi t}{\lambda}(\mu_e - \mu_0) = \pi$$

$$or, \quad t = \frac{\lambda/2}{(\mu_e - \mu_0)}$$

$$\therefore \quad t = \frac{5893 \times 10^{-8}}{2(1.5533 - 1.5442)} = = 3.238 \times 10^{-3} \text{ cm.}$$

আলোর সক্রিয়তা

আলোক সক্রিয়তা বলতে কি বোঝায় ? **[C.U. 1996, '97, 2005, '07]**

কোন কোন মাধ্যমের ভিতর দিয়ে যাবার সময় সমতল সমবর্তিত আলোর সমবর্তন তল খানিকটা ঘুরে যায়। সমবর্তন তলের এই আবর্তনের ঘটনাকে ঐ মাধ্যমের আলোর সক্রিয়তা বলে।

আপেক্ষিক আবর্তন কাকে বলে ? এর একক কি হবে ? **[C.U. 2003]**

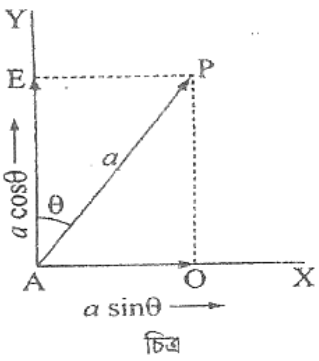
নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যযুক্ত আপতিত আলোর বেলায় একক ঘনত্বের কঠিন বস্তু অথবা একক গাঢ়তার (প্রতি 1 cm^3 দ্রবণে 1g আলোক সক্রিয় বস্তুর উপস্থিতি) দ্রবণের 1 ডেসিমিটার (অর্থাৎ 0.1 মিটার) দৈর্ঘ্য অতিক্রম করলে সমতল সমবর্তিত আলোর সমবর্তন তল যে-কোণে আবর্তিত হয়, সেই কোণকে ঐ বস্তু অথবা দ্রবণের আপেক্ষিক আবর্তন বলা হয়।

ρ ঘনত্বের কোন সক্রিয় বস্তুর l ডেসিমিটার দৈর্ঘ্য অতিক্রম করলে সমতল সমবর্তিত আলোর সমবর্তন তল যদি মোট θ কোণ আবর্তন করে, তবে আপেক্ষিক আবর্তন $[S]_l^{\lambda} = \frac{\theta}{l\rho}$ ।

এর একক ঃ $\text{deg dm}^{-1} (\text{g/cm}^3)^{-1}$

ম্যালাসের সূত্র বিবৃত কর ও ব্যাখ্যা কর।

যদি কোন দ্বিপ্রতিসারক কেলাসের উপর সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি এমনভাবে আপতিত হয় যে, রশ্মির কম্পন কেলাসের প্রধান ছেদের সঙ্গে θ কোণ উৎপন্ন করে তবে নির্গত রশ্মিদ্বয়ের তীব্রতা সমান হবে। এটাই ম্যালাসের সূত্র।



চিত্র

ধর, $AP = a$ আপতিত সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি কম্পনের বিস্তার। ঐ কম্পন কেলাসের প্রধান ছেদ AY-এর সঙ্গে θ কোণ করে সম্পাদিত হচ্ছে [চিত্র]। আপতিত আলোর কম্পনকে আমরা দুটি অংশে বিভাজিত করতে পারি—একটি AY অর্থাৎ প্রধান ছেদের সমান্তরাল (AE) এবং ঐ কম্পনের বিস্তার $= a \cos\theta$, অন্যটি AX অর্থাৎ প্রধান ছেদের অভিলম্ব (AO) এবং ঐ কম্পনের বিস্তার $= a \sin\theta$

সহজেই বোঝা যায় যে, $a \cos\theta$ বিস্তারের কম্পনটি কেলাস থেকে অসাধারণ রশ্মিরূপে (AE) এবং $a \sin\theta$ বিস্তারের কম্পনটি সাধারণ রশ্মি (AO) রূপে নির্গত হবে।

এখন, অসাধারণ রশ্মির তীব্রতা $\propto a^2 \cos^2\theta$

এবং সাধারণ রশ্মির তীব্রতা $\propto a^2 \sin^2\theta$

অতএব, উভয়ের সমষ্টি $\propto (a^2 \cos^2\theta + a^2 \sin^2\theta)$

$\propto a^2$

$\propto$ আপতিত রশ্মির তীব্রতা

দক্ষিণাবর্তক ও বামাবর্তক কাকে বলে? উদাহরণ দাও।

আলোক উৎসের দিকে তাকালে সমবর্তন তলের আবর্তন যদি দক্ষিণাভিমুখী অর্থাৎ ঘড়ির কাঁটার দিকে হয়, তবে যে বস্তু ঐ আবর্তন ঘটায়, তাকে দক্ষিণাবর্তক বলে। যেমন, কোয়ার্টজ, ইক্ষু চিনি ইত্যাদি। আলোক উৎসের দিকে তাকালে সমবর্তন তলের আবর্তন যদি বামাবর্তী অর্থাৎ ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে হয়, তবে যে বস্তু ঐ আবর্তন ঘটায়, তাকে বামাবর্তক বলে। যেমন, কোয়ার্টজ-এর কিছু কেলাস, ফলশর্করা ইত্যাদি।

সাধারণ জৈব বস্তু আলোক সক্রিয়। কারণ কি?

কোয়ার্টজ একটি আলোক সক্রিয় বস্তু কিন্তু কোয়ার্টজকে গলিয়ে ফেললে তা আর আলোক সক্রিয় থাকে না। এথেকে বোঝা যায় যে আলোক সক্রিয়তা বস্তুর আণবিক বিন্যাসের উপর নির্ভর করে। যে-প্রকার আণবিক বিন্যাস আলোক সক্রিয়তার সহায়ক তা একমাত্র জৈব বস্তুতেই সম্ভব। এই কারণে আলোক সক্রিয়তা জৈব বস্তুতেই সীমাবদ্ধ।

আলোক সক্রিয়তা কি কি বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর আলোক সক্রিয়তা নির্ভর করে ঃ

(i) আলোক সক্রিয় বস্তুর বেধ ; (ii) বস্তু কঠিন হলে, তার ঘনত্ব, আর দ্রবণ হলে, তার গাঢ়তা ; (iii) আপতিত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং (iv) বস্তুর তাপমাত্রা।

আবর্তনজনিত বিচ্ছুরণ (rotatory dispersion) কাকে বলে?

সমতল সমবর্তিত সাদা আলোকরশ্মি কোন আলোক সক্রিয় মাধ্যমের ভিতর দিয়ে চলে গেলে নির্গত রশ্মিতে উপস্থিত প্রতিটি তরঙ্গ দৈর্ঘ্যর রশ্মির সমবর্তন তলের আবর্তন কোণ ভিন্ন হবে। এই ঘটনাকে আবর্তনজনিত বিচ্ছুরণ বলে।

ফ্যারাডে ক্রিয়া কি? ভারডেট ধ্রুবরাশি কাকে বলে? **[Vid. U. 2000]**

সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি কাচফলকের ভিতর দিয়ে গেলে রশ্মির সমবর্তন তলের কোন আবর্তন হয় না কারণ সাধারণ অবস্থায় কাচ আলোক সক্রিয় নয়। কিন্তু ঐ কাচফলক- কে তীব্র চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখলে তা সাময়িকভাবে আলোকসক্রিয় হয়ে ওঠে। তখন তার ভিতর দিয়ে সমতল সমবর্তিত আলো পাঠালে রশ্মির সমবর্তন তলের আবর্তন হয়। এই ঘটনা প্রথম ফ্যারাডে লক্ষ্য করেন বলে একে ফ্যারাডে ক্রিয়া বলা হয়।

চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে সমতল সমবর্তিত আলোর সমবর্তন তলের আবর্তন কোণ (θ) নির্ভর করে (i) চৌম্বক ক্ষেত্রের তীব্রতা (H) এবং (ii) কাচফলকের ভিতর দিয়ে আলোর গতিপথের দৈর্ঘ্যে (l)-এর উপর। দেখা যায়

$\theta \propto Hl$ অথবা $\theta = VHl = V$ একটি ধ্রুবরাশি এবং একে ভারডেট ধ্রুবরাশি বলা হয়।

জীম্যান-ক্রিয়া বলতে কি বোঝায়? **[Vid. U. 2000]**

যখন কোন উদ্দীপ্ত (excited) পরমাণু বর্ণালি-রেখা উৎপন্ন করে, তখন দেখা যায় যে ঐ পরমাণুকে চোম্বক ক্ষেত্রে রাখলে ঐ বর্ণালি রেখা দুটি অথবা তিনটি রেখায় বিভক্ত হয়েছে। চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে বর্ণালিরেখার বিভাজনের এই ঘটনাকে জীম্যান-ক্রিয়া বলা হয়।

20 cm দীর্ঘ চিনির দ্রবণ পূর্ণ টিউব পোলারিমিটারে রাখলে 11° আলোকীয় আবর্তন পাওয়া যায়। পরীক্ষাধীন অবস্থায় চিনির আপেক্ষিক আবর্তন 66° হলে দ্রবণের গাঢ়ত্ব নির্ণয় কর।

[C.U. 1990 ; N.B.U. 2001]

আমরা জানি $[S]_l^{\lambda} = \frac{\theta}{lc}$

এখানে $[S]_l^{\lambda}$ = আপেক্ষিক আবর্তন = 66° ; θ = আলোকীয় আবর্তন = 11° ; l = টিউবের দৈর্ঘ্য = 20 cm = 2 decimetre এবং c = গাঢ়ত্ব = ?

$$\therefore 66 = \frac{11}{2 \times c} \quad \therefore c = \frac{1}{12} \text{ g/cm}^3$$

গাঢ়তার শতকরা মান = $\frac{1}{12} \times 100\% = 8.3\%$

100 c.c. জলে 15 gm আখ-চিনির দ্রবণ একটি 20 cm দীর্ঘ নলে পূর্ণ করে সমবর্তিত আলোক পথে রাখা হল। যদি আখ-চিনির আপেক্ষিক আবর্তন 60° হয় তাহলে সমবর্তন তলের আবর্তন কোণ নির্ণয় কর।

আমরা জানি, θ = S. l. C.

যেখানে আখ-চিনির আপেক্ষিক আবর্তন S = 66°

দ্রবণপূর্ণ নলের দৈর্ঘ্য l = 20 cm. = 2 d.m.

দ্রবণের গাঢ়ত্ব C = $\frac{15}{100}$ gm/c.c.

$\therefore$ সমবর্তন তলের আবর্তন $\theta = 66 \times 2 \times \frac{15}{100} = 19°8'$.