

LAB VIVA SHEET ⇒

Determination of thermal conductivity of a bad conductor by Lee's method.

Thermal Conductivity : কোনো পদক্ষেপ মাধ্যমে আবণ্ণ বা নিরুৎসুক পদক্ষেপ দ্বারা পদক্ষেপ করা হওয়া একটি পদক্ষেপ।

Thermal conductivity অন্তর ভূতি material এবং 1cm^3 আয়তনের ঘনকের অপর পথে নিয়ে 1° তাপমাত্রার পার্শ্বজে একই sec তে দিয়ে পরিষ্কার heat pass হওয়া।

হলুদোড়ির ছাঁচ পুরুষ গোপনীয়ার পার্শ্বজে হবে 1° ।

Unit : In CGS : Cal. s^{-1} . cm^{-1} , $^\circ\text{C}^{-1}$ or,

$$\text{erg}. \text{s}^{-1}. \text{cm}^{-1}. ^\circ\text{C}^{-1}$$

In MKS : Watt. $\text{m}^{-1}. \text{k}^{-1}$ or,

$$\text{J.s}^{-1}. \text{m}^{-1}. \text{K}^{-1}$$

Dimension : $Q\text{L}^{-1}\text{T}^{-1}\text{B}^{-1}$

যথাক্রমে, Q ও T যথাপ্রয়োগ গোপনীয়ার পরিষ্কার নির্দেশ করে।

Bad Conductor : দ্রো শব্দে material অন্তর্ভুক্ত metal বা, নিম্নোক্ত মালা অথবা অন্তর্ভুক্ত heat পরিষ্কার করতে আবণ্ণ বা নিরুৎসুক Bad Conductor বলে। যাম্বা, Glass (কাচ), Wood (কোম), Cork (কর্ক), Water (পানি)।

Thermal Conductivity Equation:

$$\text{Equation অন্তর্ভুক্ত} : k = \frac{msd \cdot d\theta/dt}{A(\theta_1 - \theta_2)}$$

Constant Value : m, s, d, A, ($\theta_1 - \theta_2$)

Variable value : $d\theta/dt$

graph অন্তর্ভুক্ত cooling rate এবং slope এবং value নিয়ে variation কর্তৃত হুন্ড ক এবং আন পরিসরে আভ্যন্তর।

Thermal Conductivity ନିୟମ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ Another process:

ବହୁମାତ୍ରା ପ୍ରକାଶ : Lee's method.

ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ : Searle's method.

Lee's method ଓ Searle's method ଏବଂ ପାର୍ଥକ୍ରମ :

Lee's Method	Searle's Method
(1) Bad Conductor ଏବଂ T.C. ନିଷେଧୀୟ କ୍ରମାଙ୍କାରୀ	(1) Good Conductor ଏବଂ T.C. ନିଷେଧୀୟ - କ୍ରମାଙ୍କାରୀ
(2) Heat conduction ଓ Radiation ଏବଂ Radiation ଏବଂ avoid କରନ୍ତୁ ଯୁକ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ	(2) Heat Conduction ଓ Radiation avoid କରନ୍ତୁ ଯୁକ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ

ଇହା ଗୁଣରେ ପାର୍ଥକ୍ରମ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ temp. diff.

ନିମ୍ନ ଅବଶ୍ରଦ୍ଧା - cooling rate data ପାଇୟା ଲାଗିଛି ହାଲେ।

ଜୀବି steady temp. ହାତେ 10° ବାହୀନ୍ତି ଏବଂ ଦୟାଖାତି ହାତେ ଆପଣମାତ୍ର 20° decrease କରେ Cooling rate data ନିଷେଧୀୟ ହାବେଇ।

substance

K ଏବଂ value କିମ୍ବା କିମ୍ବା ଏବଂ ମାତ୍ରା ଅପରିନ୍ଦରିତ

Ans: ନା । K କ୍ଷିମ୍ବାତି - substance ଏବଂ material

ଏବଂ ଉପର ନିଷେଧ ଦର୍ଶାଇଛି ।

Temperature gradient : ପ୍ରତି କ୍ରମାଙ୍କରେ ବିବରଣ୍ୟ ଏବଂ ପାର୍ଥକ୍ରମ କାର୍ଯ୍ୟ ଏବଂ ପାର୍ଥକ୍ରମ କାର୍ଯ୍ୟ ଏବଂ ପାର୍ଥକ୍ରମ କାର୍ଯ୍ୟ

$$\text{temp. grad.} = \frac{d\theta}{dx}$$

10° C - ବିଯୋଗେର କାର୍ଯ୍ୟ : T.C. ନିଷେଧୀୟ - ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ

ନିଷେଧୀୟ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ temp. କିମ୍ବା କରନ୍ତୁ decrease

আমুজা T.C. নিলেয়ে Brass (পিণ্ড) ব্যবহার করেছি।

যাত Exact value 4.2×10^{-4} cal.s $^{-1}$.cm $^{-1}$.°C $^{-1}$.

K কি উপরাখার ওপর নির্ভর করে?

Ans: যা। উপরাখা সূক্ষ্ম- যাতে K প্রভৃতি জান করার

Fourier law: কোন একটি solid material এর মধ্যে দিয়ে এই জম প্রযাহের শব্দে উপরাখা- পুরোজীর gradient এবং অ- material এর area এর জোগান পাইলে অর্থাৎ, $Q \propto A \cdot \frac{d\theta}{dx}$

$$\therefore Q = -kA \frac{d\theta}{dx}$$

Heat Transfer: Temp. difference এর কারণে

জন্ম হওল হচ্ছে energy এর transmission এবং heat transfer,

এবং, k হলে thermal conductivity ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$).

Conduction (পরিপন্থ): এই পদ্ধতিতে পদার্থের অন্তর্মের তাপের ফুলন পরিপন্থ এবং করে সৃষ্টি হওয়ালের

যান্ত্রিক এবং অন্য হচ্ছে অন্তর্মের heat transfer
করে তাতে conduction রাজি। কৌশলগুলি:

1. Conduction (পরিপন্থ)
2. Convection (পরিচলন)
3. Radiation (বিদ্যুৎ)

হোয়ার এবং ঘোল করে নিলে অন্তর্মের দেওয়া জোগী।

Convection (পরিপন্থন) : যে পদ্ধতি বয়স্তা কণা-

গুলোর অন্তর পরিপন্থন মাধ্যমে heat transfer করে।

Radiation (বিদ্যুৎ) : যে পদ্ধতি অবশ্যই

মাধ্যমে যাচায় হাতাহাতে Electromagnetic wave আকাশে ঝেও-বয়ু হতে অপেক্ষাকূল শীতল বয়ুতে heat transfer করে নাজে radiation হলো।

কৈছেরণ : যোগুনের পাশে দাঁড়ান্তে গো গুৰুত্ব হচ্ছে

তাপ।

Specific heat (জি. গুণ) : কোন কৃতির 1kg

লেবের তাপমাত্রা 1° বাস্তুতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন জালে specific heat হলো Brass/ পিলকের specific heat হলো $380 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

$$\text{specific heat, } C = \frac{Q}{m \Delta \theta}$$

Application of Bad Conductors:

(১) অবস্থান, কটেজ ইত্যাদির শাফের টেলরি করা হয়।

(২) বাতায়া প্রকাটি পুরুষ পরিস্থিতি যাব এবং এর প্রতি অভিজ্ঞ গো বাতায়া হ্যায় না।

(৩) শীতল যথম শাত শীর্ষবের গুপ্তাবিহীন বাতায়া

আ মিশে জাঁই খেপ/ কর্খনা ব্যবহার করা হচ্ছে। যাব মাঝি শুনো থাকে। যা Bad Conductor.

(৪) শীতল দশের বিলিংগুলোতে ড্যুলম্যায় Double

পুরুষ রেখে যাজে যাতে দশের heat বাহ্যে

ত্বরণ রাখের মেষ cold air দ্বারা ছেত থেকে

Calibration of a thermocouple and hence determination of unknown temperature and thermoelectric power.

Calibration : Calibration কোনো পদ্ধতি
প্রয়োজ্য range এর মধ্যে দোন একটি sample
এর result বের করার জন্য instrument এর
configure / কাস্টম জাবে design করা।

Thermocouple : Thermocouple হলো একটি
temp measuring device. যা দুইটি টিক্কি মাল-
ৰিং এবং শুষা তেরি এবং দুইটি মিশ্রিত। এই
শুষা রাখা হয় অলিম্পিমিক নিয়ে উপর্যুক্ত এবং
অপর শুষা রাখা হয় যেগুলো temp. measure কৰা
হবে। ওকে Thermal junction, Thermoelectric
thermometer (কাস্টম ক্ষয়)

Thermoelectric power : তাপমাত্রা পরিবর্তন
আছে কোন thermocouple এর Thermo emf এর
পরিপর্যবেক্ষণ হাত। Unit : $mV^{\circ C^{-1}}$

দুটি টিক্কি metal কৃত কৃত কৃত কৃত কৃত ?

Ans : কোরন - একই অপমানিত দুটি টিক্কি metal
এবং অঙ্গুলীয় পিণি লাভে দ্বিয়া হয়। metal দুটি টিক্কি
স্বাত কোরনে প্রদত্ত জেডেলুর electron density (

বিলু)। কোভে e density ক্ষেত্র হওয়ায় তাহে অপ-
মানিত দুটি টিক্কি metal ' এ অন্মন thermo emf
produce হবে। তাহে আমরা emf difference
বের কৰলে পাইলা। আবেক্ষণি কৃত মানুষ, কিন্তু
metal স্বাত কোরনে প্রদত্ত প্রতিকূল resistance

ও কিন্তু হবে।

Same metal क्वारेन्ट ले हो जा दैले पाए?

Answer: छाटी metal लिख शक्ति हूँडी लिख emf

एको यस, यस लाग्ने EMF difference ऐसे कर्तव्य

यस। लिखी same metal हले देख्नुपर्याप्ती विकास

EMF अंतिम जस। दार्जैर EMF difference पाउन्नु

अस्तु ना।

बर्फ्फ लाई जाएकाहो Hot temp. & Cool temp लिपाए

जुमाए?

Ans: एथाल, Hot temp. रामाइए Hot water भए,

Cool temp. Room temp. (बालालो थिए)

केमो— Thermocouple एवं छाउटी junction भए

मात्र वर्षाटी बोनी- जापमानाते अस, अपराटी अपेक्षा

हुन्दै नमा जपमानाते जाखा दृश्य। तरह Hot water भए-

हुन्नाहु जम temp. औलानाहुमध्ये कम विकित ७८८ २००
temp दिए हुन्नु)

Thermocouple एवं क्रिया क्याटि बोलिए?

Ans: Thermocouple ए चूर्णि effect क्रिया दृश्य।

(1) Seebeck effect

(2) Peltier effect

(3) Thomson effect

तुलना द्वारा experiment जारी एवं जिन्नीहो

effect जाइ छर्ह जन?

Ans: एकेको seebeck effect किया जाए। दार्ज
— seebeck effect ए छाटी लिख metal लिख
होलि thermocouple ए temp. difference

जेनरेटी वोल्ट्डे वोल्ट्डे वोल्ट्डे वोल्ट्डे वोल्ट्डे वोल्ट्डे

Thermocouple ए जाज जारी ले heat देवाउ
अयोग्यात्मन— आइ?

Ans: जा॑। Thermocouple मे॒ छाँड़ी temperature difference अस्थापन। एधन, जोन देख्ये बहुलते त्रिकोणिक junction एवं सूलभतम् ठार्ड चुयाल गण्डे junction (ज्ञान दिलेह अटि) यात्रा कर्वे। जोनम् अर्छ इति आनन्द मात्री temp. difference रख्यए।

reference junction एवं मात्री voltage difference निष्ठै कर्ते जोपमात्रा॒ एवं विमाश॒ पाटिकेलद॑ याहा। कार्बन् तापमात्रा॒ भवित्वेत्त एवं विमाश॒ कर्वल thermometer अस्थापन।

अर्छ Experiment एवं variable कि कि?

Ans: उष्टि variable। यथा:

Thermocouple ए cold junction लेन्हि?

Ans: उष्टि thermocouple एवं उष्टि अनाधीन्यान् न्यूटन अस्मा॒ क्या। उष्टि शुद्धि अकोणि reference junction, अस्माद्य experiment कर्वाहे अस्मा॒ आमता योग temp. देख cold junction लिये हीहे निरेहि।

- (1) Voltage : voltmeter लिये मापल इय।
- (2) Reference junction temperature
- (3) Measurement junction temperature
- (4) Measurement junction temperature
(यष्टि) unknown एवं वेह कर्तल हये।

Thermocouple कोष्टे कर्तल कि thermometer मान्य?

Temperature measure कि कि जाए।/यस्त
दिये कर्याल आहि?

Ans: या॑। कास्त्र measurement junction एवं

शास्त्रीय temp. measurement- कृत या^प, महा:

(1) Thermistor

(2) Resistance temp. detection (RTD)

(3) Semiconductor sensor

(4) Mercury thermometer

(5) My hand

अन्य temp. measurement (a) Thermocouple
लोन या घटक लगाहे?

Ans: Thermocouple अन्यथा कोई उपकारि
measure करावे वा RTD पुरा शास्त्रीय, अद्यता
लिख requirement- कोछ यानि: Range, cost,
accuracy आणि लेवल लाई। आणि
विवेकाते Thermocouple याचाऱ्या कापविटी।

Peltier Effect: छाडी लिंग स्थित शर्करा दोऱ्यात
मात्र निम्न त्रिकोण जागातील current- प्रवाहित असल
junction ठिक ट्रांफु/ठाळा शय। Junction ठिक ट्रांफु
शय- वा ठाळा शय जे निष्ठा करते तात प्रवाहय
प्रवाह घेवावा

Thomson effect: असामाज ट्रेन्ट लोन वाचिविध
current व्याप्ती करावे वाचिविध जोचा गन
त्रेन्ट शय आवाज लोचा लाचित झाला। त्रांफु Thom-
son effect.

Thomson EMF: त्रांफु व्याप्ती इवं त्रिलोक-
जिन्हे त्रिलोक तापमात्रा त्रांफु emf त्रेन्ट शय
त्रांफु thermo emf राला।

अर्द्धोचित्रिमित्रात शास्त्रीय thermocouple एवं
thermo EMF निष्ठा करा। याची

Thermal EMF এর অংশের ক্ষুত্র কয়েকটি ও কিনি?

Ans: ২টি ক্ষুত্র। যথা:

- (1) Laws of intermediate metals
- (2) Laws of intermediate temperature.

Temperature & Thermal EMF এর মাত্রি ক্ষমতা কি?

Ans: See page 262, Ref. book: E and M

by Dr. Khanud Alam,

Advantage of Thermocouples

Ans: Thermocouple ব্যবহারের লক্ষ্য মুদ্রিত
আছে। কৈমন:

- (1) Thermocouple প্রয়োজন করা হচ্ছে তাপমাত্রার পরিসরের কাজে।

(2) Thermocouple ডাইজন পদ্ধতিতে পরিশেখে
ব্যবহার করা শুভে ভাবে।

(3) Thermocouple এর durability অনেক কমী,
(ক্ষারিক্ত)

(4) Thermocouple প্রয়োজন ক্ষ-চারিত, তারিটি ঘৃণে

কেন বাতাস কে প্রয়োগ করা না।

(5) Thermocouple এর ক্ষেত্র কমপক্ষে যথেষ্ট
শাখা।

Limitations of thermocouple

Ans: Thermocouple ও নিম্ন limitation আছে।

কৈমন:

- (1) Thermocouple এর নির্দিষ্ট range
RTD এর মতো নিম্ন বেলুন পাওতে না।

(2) Thermocouple ପ୍ରକିଳ୍ପ ଅମ୍ବେର ଧାତୁ ପ୍ରଥାରିତ

ଦ୍ୱାରା ଗେନ୍ ହେଲେନ୍ସିନ ହ୍ୟେ ଓଠେ ।

(3) Thermo couple signal ଫ୍ରେଜରସ୍ଟ୍ର ଲୀମାନ ଏବଂ

ପ୍ରକଳ୍ପିତ

(4) ଅତାବିଳୀ ଉପର୍ମାତ୍ରା ଦ୍ୱାରା ବାତେଜାତେ ଟେଞ୍ଚେ ଥିଲେ
ଆଣି କିମ୍ବା ହାତ ପାରେ ।

Application of Thermocouples

Ans: ବାଯାବାରି ଡାଙ୍ଗିଙ୍ଗ ହାତ ପ୍ରକଳ୍ପ କରେ ବିଶ୍ୱାସ କରିବାକୁ
ପ୍ରକଳ୍ପ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ Thermocouple ଓ କୁବରାର
ବିଷେଷ ଦ୍ୱାରା :

(1) Electric Power generation

(2) Furnace monitoring

(3) Food and beverage processing

(4) Automotive sensors

(5) Rocket, Satellite, and space craft
and aircraft engines.

Heat : Heat ହଜରେ energy ଏବଂ ଅଧିକିଳିପା,

Heat ମୁଣ୍ଡ ପଦାର୍ଥ ଗର୍ଜଲାଗି atoms & molecules
ଏବଂ movement ହାତ କିମ୍ବା ଶ୍ୟାମି କାହାର
କୁଣ୍ଡ ମୋ କରିବାକୁ କରିବାକୁ
ଯାଦି movement ବନ୍ଦ ହ୍ୟ ବୁଝାଇ ହେବାକୁ heat
produce ହାଜି କାହାର
ବିଷେଷ ଦ୍ୱାରା :

Temperature : Temperature ଜାନିବାକୁ
hotness/coldness ବେଳେ, ତାଣି ବୁଝିବାକୁ
କୁଣ୍ଡରେ, kinetic energy ଲିଖିବାକୁ

Determination of the specific rotation of a sugar solution by a polarimeter

sugar solution by a Polarimeter.

Specific Rotation : ଯଧନ ଏକାଣ୍ଡି plane polarized

ପ୍ରାଚୀ-ପ୍ରମାଣେ କାହାର କାହାର କାହାର କାହାର

1 decimeter ପଥ୍ର ଅତିକ୍ରମ କରେ ଏହା ଦେଖିବାରେ

optical rotation तथा अस्थर specific rotation.

Optical rotation: ଯେଉଁ ଅର୍ଦ୍ଧପିନ୍ଧି plane polarized

Light রকম একটি পদাৰ্থ আৰু নিয়ে শায় তখন

ବ୍ୟୋଟି ଦ୍ୱା ଦ୍ୱାରେ ଦୁଇର ଯାହା-ବ୍ୟୋଟି ଅନେକ optical

rotation.

Plane Polarized Light: ସହଜ ଆଇଲ୍‌ଡିଏସ୍ ଆନ୍‌ତରିକ୍

ଅନ୍ଧିମ ଏକାଟି ଶାଶ ତଳେ vibrate ଅବଳ୍ୟ ଥାଇ-

କ୍ରିଏଟର ଏବଂ ଅଳମ୍ ତୟାଗର vibration direction ଏହି

Polarimeter : ଦ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ର ମାଧ୍ୟମ �optically active substance ଏବଂ ଝର୍ଣ୍ଣି polarised light pass କରାଏ ଯାହିଁ ଅନ୍ତର ନିଷ୍ଠ୍ୟ କରା ହେଲୁ ତାକେ Polarimeter ହାନ୍ତିରୀ

optically substance ଏଇ ପାରିଷି ନିମ୍ନ ପାଇଁ
polarized light ଯାଉୟାଇ କ୍ଷେତ୍ରରେ light ଆଜି / ଗ୍ରହ

ପ୍ରମାଣ
ପତ୍ର

Unpolarized Light: ଅନୁକାଳି ଆଲୋକ ଅର୍ଦ୍ଧା ପାର୍ଶ୍ଵ

ଅର୍ଦ୍ଧବିକ୍ରି ଅମାଲଙ୍କୁ vibrate କରେ ତାକୁ unpolarized

Light যাবে, Sunlight, চৰাজৰাতিৰ আলো,

ଦୟାଲୁଙ୍କ ଆମ ଆଜିମ ।

Optically active substance : दर्या असूत्र सबस्टेन्स

प्रति रुक्तिलिखे plane polarized light १८८८ डाक्टर आन वा बाल्ट डिवाइल पाल जर्जरोले optically active substance

वाल, द्यूमन : Sugar, Tartratic acid, Glucose
Lactic acid

Dextrorotatory Vs Levorotatory

Dextrorotatory	Levorotatory
(1) Plane polarized light	(1) Plane polarized light
दक्ष एन निटेल डिवाइल पारा चा, घट्टिक दाक्टोर - लिफ्ट,	दक्ष वाम निटेल डिवाइल पारा चा, घट्टिक दाक्टोर निप्पिटि,
(2) Specific rotation	(2) Specific rotation

Optical Rotation	Specific Rotation
(1) Plane Polarised light	(1) एंटी निटिक्स पदार्थी property आ ओप्टिकल निप्पिट अस्य उभ्यन डाक्ट अक्टी rotation एवा standard डोजन rotation कर्त्ता measurement.
(2) Sample दिवारे द्यालेन	(2) निक्टी उभ्यावात्स substance आ रक्षाए निप्पिट द्याया याया।
(3) द्यूलेन wavelength	(3) Light wave वारिक्टन इक्टिक्स अस्य याह्यन. Light beam वारिक्टन अस्य।

Optical activity: द्वारा substance एवं अर्थे plane polarised light परिणामी plane of polarisation को rotate करने की ability है इसके optical activity.

Distilled Water: Distilled water शब्द से आनि याकूब प्रथम तेज़ करने का अभियान लापत्ति करने की असुरक्षा एवं प्रदूषण के बहुमुद्रण ठाकुर करना है एवं उच्च गोले परिणामी असुरक्षा है।

Impurity of water की खलूल boiling point दर्शित कर काहालाहि जून point के बीच है जैसा बिल्ली container एवं जैमाह भास्तु। जौहि distilled water इसमें purified water.

अनुकथाय, Distillation process एवं शाफिया impurity हृषि water एवं मध्ये याकूब किसी नहीं विकल्प नहीं, एवं particles हृषि द्वितीय इसे ऐ प्रानि टैक्सी करना है जहाँ Distilled water बनता है।

Distilled water एवं specific rotation 0° , कार्बन distilled water, optically active substance का।

Sugar Solution को नियोजना?

Ans: असिक्कत - एकी optically active substance एवं द्वितीय - एकी द्वितीय असिक्कत - उपकरण।

Solution एवं concentration, depend उपर इनमें purified water.

Temperature एवं उपर।
High temperature \rightarrow lower conc.
Low temperature \rightarrow higher conc.

Polarizer: Polarizer ইমের অক্ষন তেকুটি device
যা white light কে plane polarized light কে
convert কৰে।

Analyzer: Analyzer হচ্ছে এমন অক্ষন device
যা নিম্ন কৰে plane polarized light কে

Polarizer Vs Analyzer

Polarizer	Analyzer
(1) white light কে plane polarised light কে convert কৰে।	(2) Detect কৰে- light আলো plane polarise কৰে কী বা,
(2) Specimen / sample যা তমদৃশ্য ক্ষালো আজো	(2) Specimen/ sample এবং ভেপৰে ব্যালো আজো।

(4) Light source থেকে
আজো light কে polarize
কৰে।

(4) Light polarize কৰে
বা Specimen bire-
fringe ringen কৰে
(জে কৰে)

Birefringent: Birefringent ইমের refractive
index স্পষ্ট material এবং optical property যা
নিম্ন- কৰে- polarization & direction of light
এবং ক্ষেত্ৰ গুচ্ছ দিয়ে অপিক্সিয় অনিসোট্রোপিয় material
গুচ্ছাঙ্ক birefringent material রাখে।

Sodium Light : অধীক্ষ sodium বায়োম ইন্ড
আজো যা ৫8৭০ Å কে ৫৮৭৫ Å কে উভে
একৰঙে কৰ্তৃত অৱস্থাদেৱত- বিকাশ।

(3) এটি ৩৬০° ঘৰ্ষণ কৰতে (3) এটি আলোক-ব্রহ্মীয়
ৰাখে পাবে।
যেখন (ক্ষেত্ৰ) বাহিৰে

Sodium Light କେବେ ବୁଝାର କାହିଁଛା?

Ans: Monochromatic Light ବିଶ୍ଵିଷ୍ଟ!

Sodium Light କେମି Monochromatic Light କେମି
ବନ୍ଦ ହେ ?

Ans: ମାତ୍ରିବ୍ୟ sodium light ଏବେ ଏକରଫ୍ଟ (Yellow)
ଛୁଟି ଅଞ୍ଚାଲେଟ୍ ଆଜ୍ଞା 5870 nm ଓ 5896 nm ଏବେ
ତଥା 582 ଶାନ୍ତି ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାତ୍ରିବ୍ୟ 589 nm.
ଆବେଳି କାରଣ ହଲ୍ଲେ, sodium light ଏବେ ଏହି
ଛୁଟି ତରଙ୍ଗଦୈର୍ଘ୍ୟ କେମି କାରଣିବିଶ୍ଵିଷ୍ଟ,
angle of diffraction ଥିଲୁ କମ୍ ଯାଏ ଦେଖିଲୁ.

Monochromatic Light: Single wave-length
ଶ୍ଵେତ ପ୍ରତ୍ୟାମନ ଏବେ single wave
chroma ଅର୍ଥ colour. Narrow band ବିଶ୍ଵିଷ୍ଟ
visible light କେମି wavelength କେମି monochromatic

Sodium Light କାହିଁ ନିଯ୍ୟ ଅତ୍ବ ପ୍ରିଣ୍ଟ କରିବାର
କବ୍ରା ପାଇଁବା?

Ans: କାହିଁ - ଅତ୍ବ light monochromatic ଲୟ!

Monochromatic Light କେମି ବୁଝାର କାହିଁବା?

Ans: Polarimeter ଏ କରିବାର ସମ୍ଭବ ହେଲେ
ପ୍ରତ୍ୟାମନ ବିଶ୍ଵିଷ୍ଟ wavelength/ Frequency of
light. ମୁଖ୍ୟମି ମାତ୍ରିବ୍ୟ କାରଣିବିଶ୍ଵିଷ୍ଟ
ବନ୍ଦ ଅବୁ light ବୁଝାର କରିଲୁ visible wave-
length ଏ vary କରିଲୁ ପାଇଁ. Detect କରିଲୁ
ସମ୍ଭବ ହେଲେ ପାଇଁ ଅମନାତି ଅବୁ polychroma-
tic light ବୁଝାର result blurriness ଆମାର ପାଇଁ

ତଥା monochromatic light କେ ଏକିବେ wave-
length ଶାଳୟ result clear ଆମା ତଥା
monochromatic light ବୁଝାର କରିଲୁ।

Polarizer & Analyzer କାମିନ୍ଦର ହାତେ ?

Ans: Polarizer & Analyzer ମଧ୍ୟରେ ଚାଲିଛି Nicol prism ଯାଏ କେବଳ ଉଲମ୍ବନ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।

Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।
Polarized light ଥିଲୁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।

Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।
Polarized light ଥିଲୁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।

Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।
Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।
Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।
Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।
Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।

Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।
Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।
Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।

Polarizer ଯେଉଁ ଅନପରିଚୟ ଲୋକଙ୍କ କାଣ୍ଡ ହାତେ ।

Experiment କରିବାରେ କିମ୍ବା ସୁଲମ୍ବନ କାମିନ୍ଦର ହାତେ ?

5%, 10% ଓ 20% sugar solution.

Small tube / Large tube କାମିନ୍ଦର size of

Small tube / size of large tube ନିମ୍ନଲିଖିତ ହେ ।

Polarimeter ଓ ୨୮' Nicol prism ଥାବା

Polarizer & analyzer କିମ୍ବା, Light source
ଶିକ୍ଷାରେ sodium light ଥାବା । ୨ କିମ୍ବା କିମ୍ବା
ତଥା sugar solution ଲିଙ୍ଗ ରୁକ୍ଷୀୟ । Lens ଏବଂ ଶାଖାକୁ
Analyzer ଯେଉଁ detect କରେ light କିମ୍ବା plane
Focus କରି ଅନନ୍ତ ଅବସ୍ଥା ଆନନ୍ଦ ରୁକ୍ଷୀୟ ।

Specific Rotation ନିର୍ଣ୍ଣୟ କିମ୍ବା equation ଲିଖିବା :

Ans: $\theta = \frac{S L C}{1000}$ S = Sp. rotation of sub.
L = Length of tubes
C = concentration of

Theory ତ 1000 ମୋଲ୍‌ର କୋଣ ଥାଏ?

Ans: ସୁନ୍ଦର ଶଳୀ : $\theta = \frac{S L C}{1000}$, ଯଥାଳ, L ଏକ

କ୍ଷିଟିଆର ର୍ଥାଳ ଲେଜିନ୍‌ଡିଆର ଲିଲି 10 ମିଲି ଲ୍ମ କରିବା
ରୁହୁଛ । ଅପରାଦିଲ୍, ଏବଂ 100 ml solution ପାଇଁ

ବାର୍ତ୍ତିକାନ ବ୍ୟବସାୟ ଆହୁ ବାବର କରିବା ରୁହୁଛ ।

$$10 \times 100 = 1000 \text{ ml}$$

Tube ରେ solution କ୍ଷମ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା

Ans: Experiment ରେ 2 ଦ୍ୱାରାର tube କୁରାହାର ଲାଗୁଛି

ପ୍ରାଞ୍ଚିଟି ତୁବେ 5%, 10% ଓ 20% sugar

solution କୁରାହାର ଲାଗୁଛି । ରୁହୁଛ sugar solution

primacy standard ଭାବେ ଏବଂ density/conc.

ଫିଲ୍ ଥାଏ । ବିଶୀଘ ତୁବେ ଏବଂ ଆଇଏ ଆନ୍ତର୍ଯ୍ୟ

solution ଲିଖିବା ପାଇଁ ପରିମଳ କରିବା

Specific rotation ଏ କୌଣ୍ଠର variable କୌଣ୍ଠ
constant ?

Ans: variable ରଙ୍ଗ କୌଣ୍ଠର concentration of solution,

constant ରଙ୍ଗ ତୁବ length, specific rotation,

Application of Polarimeter.

Ans: Food Industry ରେ polarimeter କୁରାହା
କୁରାହା କ୍ଷୟ ପ୍ରାପିତ୍ୟ କୋନ୍ଟ୍ରୋଲ, of original, inter-
mediate and final product ଏବଂ

concentration ରେ purity control କରିବାରେ ଏବଂ

pharmaceutical industry, cosmetic industry

ଏବଂ chemical industry ରେ polarimeter

କୁରାହା କରି ଏହା । ଅଧାର ମୋଲ୍ ଶ୍ରୁତିକାନ
kinetic reaction, macromolecules ରେ

config. change ଉପାଦାନ ରେକାର୍ଚ ରେ କୁରାହା କରିବା

Determination of resolving power of a plane/ diffraction grating.

আচন্দের উভয়দৈর্ঘ্যের দৈর্ঘ্য কি optically activity depend কৈ?

Ans: Rotation, তেজস্বদৈর্ঘ্য বাস্তুত আঙুলুমালিক জ্ঞান দ্বারা ছান্ন।

Rotatory dispersion হলো কি বোঝায়?

Ans: আচন্দের wave-length এবং আচন্দের rotation গ্রেড বিভিন্ন পরিমাণের variation এবং পরিমাণের rotatory dispersion দাখিল।

Temp. এবং আচন্দের rotation কিভাবে change হয়?

Ans: Solid material রয়েছে: quartz, sodium chlorate ইত্যাদি rotatory power আপমান।

বিশেষ আচন্দের স্থানীয় মাধ্য। অপৰাদিত liquid material
যৌগ: ডারপেস্টোজেন অক্সেসেনে ওরেঞ্জ ইটেনিল
rotatory power দ্বারা আপমান হীকুর মাধ্য।

Molecular Rotation কি?

Ans: Specific rotation যখন substance এর molecular weight- দ্বারা কথা হয় তখন সেটি
molecular rotation হবে।

Optical activity এবং ক্ষেত্র ক্ষেত্র ক্ষেত্র এবং internal structure নামী?

Ans: শী। ক্রিস্টাল ও অট্ট মৌলিক molecules এবং
spiral আকৃতির ইয়ে এবং উক্ত plane polarised

light এ রotation show করে।

Determination of Resolving power of a plane diffraction grating.

Resolving Power : কোন grating দ্বারা ধূস করা-
কাহি অবচিত দুইটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যকে পৃথক করা-
ক্ষমতাকে ক্রি grating এর Resolving power বলে।

Grating : একটি কাঁচের টেপে Diamond ট্রাচ
পুরুষ বানানোর ও একটি প্রেক্ট অয়ঃখ্য স্লিপ
যা কু অয়ঃখ্যের অবশ্য কুন কুজা পৃথকীভূত। Slit
কুনো দ্বারা আলো গত্তন করলে পারে কিন্তু অবশ্য কুন
দ্বারা আলো গত্তন করলে পারে না।

Diffracton Grating : Diffracton grating হলো
এমন একটি optical element- যা polychromatic
light কে বিশেষ wavelength কে বিলক্ষ করে।

Types of diffraction grating:

Diffracton grating ও একাজ। মাঝঃ (web)

- (1) Ruled grating
- (2) Holographic grating
- (3) Transmission grating
- (4) Reflection grating

প্রতি প্রিমিত ২ প্রকার। যথা :

- (1) Transmission
- (2) Reflection grating

Light source কে analysis করার আর
প্রযোজনীয় যন্ত্রণা করলে diffracton grating.

Grating দ্বারা দে প্রায় 10,000 টি নম্ব
কোণ থাকে।

প্রতিটি slit কে প্রশ্ন প্রায় 10^{-4} cm.

Replica grafting : অদ্ভুত বেগমালি
grafting

ଇଣ୍ଡା ପ୍ରୋଫିଲିକ୍ସ୍ଟ୍ରେଟ୍ Film ଏବଂ ଡେମ୍ପର plastic solution
ଟଳାଇଁ ପଦ୍ଧତିରେ ମିଳିବାରେ Replica grafting ହେବି
ଦେଖିଯାଇଁ। Replica grafting ଓ original grafting
ଏକ Line ଥିଲୁକାର ଥାଏଇଁ।

constant or,

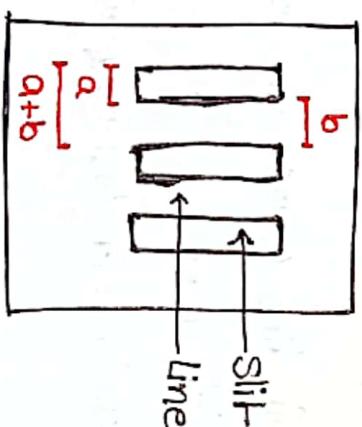
grazing element: যেখন একটি slit এবং

ଶ୍ରୀ-ଦେଖିତ ପାତ୍ରସ୍ଥ ଶିଖ ଏବଂ କୁରୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦୁଃଖଜୀବ

Slit-ଏର କ୍ଷେତ୍ର ପାଇଁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୁଳାଳେ grafting

element एलेमेंट

Explain:



Application of grafting:

$$\therefore L = \frac{N}{P} = \frac{1}{a+b}$$

\therefore By definition,
graphing ei-

$$q+b = q, \quad p$$

ଏହି କେ grating element ହାଜର ହୁଏ
grating ଏବଂ (p+b) କୁଣ୍ଡଳାଳ ଅପ୍ରକୃତି ଛାଇ

Corresponding points ରତ୍ନୀ, ଶାଶ୍ଵତ,

Grafting ওয়

ପାତ୍ର କାହାର ଦେଖିଲୁ ନାହିଁ ।

$$\therefore \frac{1}{N} = \frac{1}{\frac{2}{1-\beta}}$$

Application of grafting:

(୧) ଆମାରେ ଡରିଜ୍‌ପଦତ୍ତ- ନିଷ୍ଠା

ପ୍ରକାଶ ନିଷ୍ଠାପନ

D. Grading

$$\# N = \frac{1}{d} = \frac{1}{a+b} \quad [(a+b) \text{ ইলো grating constant বা, element}]$$

↓
No. of rulings per cm. (ruling : নাখীছিট কঢ়া)

যদি N increase → order no. separated

by large angle.

যদি N decrease → order no. separated

by small angle.

লোল grating দ্বারা প্রাপ্ত একই রূপমান উৎক্ষেত্র বিকল্পে ছাঁটি বস্তীকে প্রযুক্ত করার জন্মাবলে resol-

ving power হল,

$\lambda / (n+a)$ অঞ্চলের সীমিত দূরী বস্তীক্ষণ মধ্যে ত্বরিত দৈর্ঘ্যের পার্শ্ব দু।

∴ $\frac{\lambda}{d}$ কে grating দ্বাৰা resolving power হিঁচা

⇒ a. বাত্তে কি হবে — পাশ্চাপাত্তি অগ্রিষ্ঠ হটি

অপৰাধ ফ্রিং এৰ ভাবিবজি কৈ আৰু আৰে।

যদি অপৰাধে তলু গাঁথি ফ্রিং এৰ ইস্থানৰ কাহুৰ যাবে।

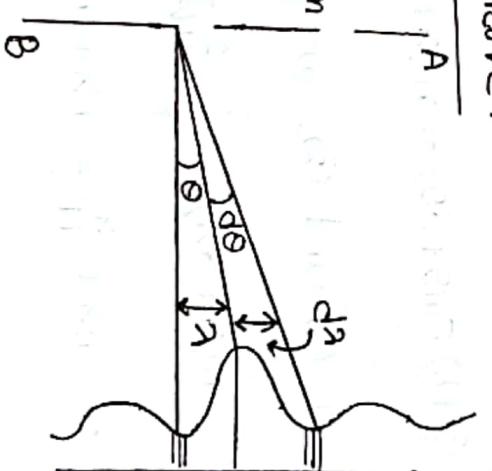
Resolving Power Prove:

The principal Maxima

of λ in the direction

θ is given by,

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



The equation of θ

minima is,

$$N(a+b) \sin\theta = m\lambda \quad [m=0, N, 2N, \dots, nN]$$

The first minima in the direction $(\theta + d\theta)$ is given by,

$$N(a+b) \sin(\theta+d\theta) = (mN+1) N$$

$$\therefore (a+b) \sin(\theta+d\theta) = \left(m + \frac{1}{N}\right) a \quad \text{--- (1)}$$

The principal maximum of $(a+d\alpha)$ in direction $(\theta+d\theta)$ is,

$$(a+b) \sin(\theta+d\theta) = n(a+d\alpha) \quad \text{--- (2)}$$

From ① and ②, we get,

$$n(a+d\alpha) = \left(m + \frac{1}{N}\right) a$$

$$\text{or } na + \frac{a}{N} = ma + mda$$

$$\text{or } \frac{a}{N} = mda$$

$$\therefore \text{Resolving power} = \frac{a}{da} = mN.$$

Resolving power is directly proportional to —

- ① The order of the spectrum 'n'
- ② Total number on the grating, N

$(a+b) \sin\theta = na : \text{ഇന്ന് കേള്വി}$

$(a+b) \sin\theta = (2n+1) \frac{\pi}{2} : \text{ഇന്ന് അഗ്രഭാഗം}$

ഒരു കൈലാ പ്രവാത ആണ്, $n=1$

$$\therefore x_{1B} = \frac{\lambda D}{d} \quad \text{ബി, } x_{1B} = \frac{f\alpha}{d}$$

2nd കൈലാ പ്രവാത ആണ്, $n=2$

$$\therefore x_{2B} = \frac{2\lambda D}{d} \quad \text{ബി, } x_{2B} = \frac{2f\alpha}{d}$$

അകലാസ്ത്ര ദണ്ഡ്

$$x_{1D} = \frac{3\lambda D}{2d}, \quad x_{2D} = \frac{3f\alpha}{2d}$$

Theories of Light : अग्रिम सिद्धी विद्या

ଆଜି
୨୫୩

- (1) Newton's compulsory theory
 - (2) Huygen's wave theory
 - (3) Maxwell's electromagnetic theory
 - (4) Planck's quantum theory

Light : Light ଇଲ୍ମ ମନ୍ଦରତ୍ତ୍ୱରେ ଏହାର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶିତ

ଆମ୍ବାଳ ବର୍ଣ୍ଣିତ ଶା 380 nm ହଟେ 780 nm

ଏହାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାର ପାଇଁ ଆମେ ଯାଇଲୁ କିମ୍ବା କିମ୍ବା କିମ୍ବା କିମ୍ବା

ଅଧ୍ୟାତ୍ମିକ Variable କାହାରେ constant କିମ୍ବା?

Ans: Greetings एवं slit (स्लिट) slit एवं

Application of Diffraction grating:

- (1) Monochromators (2) Spectrometers
(3) Lasers (4) Optical pulse compression
device.

(5) CD and DVD

Inference : ହାତି ଶୁଷ୍ଟଙ୍କ ଦେଇବ ଥାଣ ନିର୍ଜଳ
ଯମାନ ବୁଝାଏଇଁ ତ ବିଜ୍ଞାବ ବିଜ୍ଞାନୀ ହାତି ଆଖ୍ୟାକ ବ୍ୟକ୍ତି
ହୋଲ ମାଧ୍ୟମର ଲୋକ ପରାମି ବିଜ୍ଞାନ ହାତି ନିର୍ବେ ଅନ୍ତର୍ଭାବରେ
ଅଛନ କଥାରେ ତଥା ଶୁଣି ସମ୍ବନ୍ଧିତ ବ୍ୟକ୍ତିର ବିଜ୍ଞାନ
ନିର୍ମାଣ କ୍ଷେତ୍ର ରେ ନିର୍ମାଣ ଅବ୍ଜଗାତ ଦେଖାଯା, ଆଖ୍ୟାକ ବ୍ୟକ୍ତିର
ହାତିର inference/ ଆଚିହ୍ନାତ ରାଖି ।

Condition of interference

- (১) আলোক ক্ষেত্র থাটি প্রযুক্তি রঙ রাখে।

(২) ডিপ্প-থাটি কৃত ও কৃত রঙ রাখে।

(৩) ডিপ্প-থাটি পরম্পরাগত নিয়মে রঙ রাখে।

(৪) ডিপ্প-থাটি বিভিন্ন ইন্দৃষ্টির মধ্যে সমান রঙ রাখে।

Constructive interference: থাটি দ্বৈত রঙ
 উন্নয়ন করে থাকে। তিনিই থাটি আলোক তত্ত্বের
 overlapping এবং লাভল লেভেল রিস্ট-পাত্র প্রয়োগে
 জাহু �constructive interference রাখে।

Diffraction: আলোক তত্ত্ব শিখন কোন প্রচৰি
 বন্দরের তিনি দ্বাৰা ঘোড়ে প্রমাণ কৰে গোপন এবং নিৰ্দেশ
 দেওয়ে যাব। আলোক প্রযুক্তি এই বৈক শাত্রুজ প্রযোজন
 diffraction / অস্তৰজন রাখে।

Condition of diffraction

Coherent source: ଏହା ନ ମିଳିବା ଯୋଗିଲା କିମ୍ବା
କୁଟି କୈବି ହେଉ ଲୋକ କିମ୍ବା ଦୟାର ପାଥରେ ମିଳିବା ଯୋଗ
ହେଉ ତା ଉବ୍ବଙ୍କରେ କୁଣ୍ଡ କଷାୟ ଥାଲିରେ ତଥାରେ coherent
source ହାବି।

$$A = 2a \cos\left(\frac{\pi x}{2}\right)$$

- (৩) জেক্সন বিধৰ প্রয়োগ: বিশুদ্ধ তথ্য আলোর তীব্রতা
 অবস্থাট হলো অস্থায় constructive interference
 $\Rightarrow \cos \frac{\pi x}{\lambda} = 1$
 এখন, $\frac{\pi x}{\lambda} = 0, \pi, 2\pi, \dots, n\pi$

or, $x = n\lambda = \frac{2n\pi}{2}$

ଆମୋର ଶ୍ରୀଶ- ଯାହିଁଛ ଅର୍ଥାତ୍ କେତ୍ତନ ଦ୍ୱାରା କାହାର ଶ୍ରୀ

ମହାପାତ୍ରକ
ଶବ୍ଦ ଶବ୍ଦ ଶବ୍ଦ

6

ଅସ୍ତରା ବିଜୁଯ ମଣ୍ଡଳ : ବିଜୁଯ ଉଥା ପ୍ରାଚ୍ୟନ୍ଦ କୋଣକୁ

$$\cos \frac{\pi x}{2} = 0$$

$$\text{or } \frac{\pi x}{2} = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \dots (2n+1)\frac{\pi}{2}$$

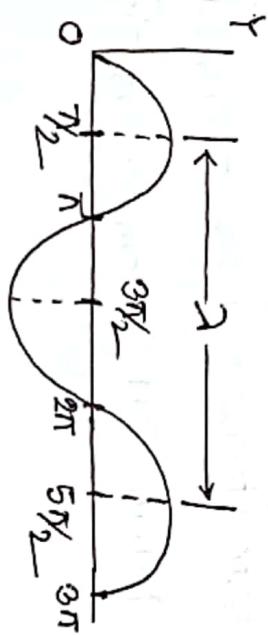
$$\therefore x = (2n+1) \frac{\pi}{2} \text{ where, } n=0,1,2,$$

ଆଜ୍ଞାଏ ତୀରିତ ଇବନିଷ୍ଠ ଅର୍ଥାତ୍ ଅଖଳଗାନ୍ଦ ରବାତ ଶର୍ତ୍ତ
ଇଲୋ ମହ ପାର୍ଯ୍ୟତ କି ଗର ଅଧୁନ୍ତ ବୁନିଜନ ଶତ

$$x \propto \frac{v}{\Omega r} = S$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{পর্যবেক্ষণ}$$

$$\frac{\pi}{2\pi r} = \frac{1}{r} = \frac{1}{n} = \frac{1}{2\pi r} = \frac{n}{r}$$



ମହା ମାର୍ତ୍ତିକା ଓ ଦୂଷା ପାଣୀକୁଳର ମହି ମାର୍ତ୍ତିକା;

ଆଶରୀ ପାତ୍ରି କାଳୀ ଏବେହା ଶୁଣି କଣ୍ଠ ଅନ୍ଧାରୀ

ପାଠ୍ୟ ପାଇଁ

Determination of the Refractive index of the material of a thick prism by spectrometer.

Prism: তিনটি আয়তকার এবং ছুটি শিখুপালাৰ অক্ষয় পৃষ্ঠা দীৱাবক কোন উচ্চ, অম্বৰ প্রক্ৰিয়া মাধ্যম কে Prism বল। Prism ও ঘোড়াটি জন থাকে।

প্রতিক্রিয়ণ জ্বা (Refracting surface): Prism গুরুত্বপূর্ণ কোণের বিপৰীত পৃষ্ঠা হীন (Base)। Prism গুরুত্বপূর্ণ কোণের পৃষ্ঠা হীন হওয়া অসম্ভব।

প্রিশম (Angle of prism): প্রতিক্রিয়ণ কোণ কে প্রিশম (Angle of prism) বলা হয়।
প্রিশম ভূমি (Base): প্রিশম কোণের বিপৰীত জ্বা পৃষ্ঠা হীন হওয়া অসম্ভব।
প্রিশম ইন্দো (Section): প্রিশম গুরুত্বপূর্ণ কোণের কীৰ্তি অন্তর্লক্ষণ দেখান দেয়।

কীৰ্ত (Edge): প্রতিক্রিয়ণ কোণ পৃষ্ঠা দেখা দেখা কীৰ্ত হন।

বৈজ্ঞানিক পৃষ্ঠা কীৰ্ত হন।
 AB ও AC প্রতিক্রিয়ণ কোণ, $\angle A$ প্রিশম কোণ,
 BC প্রিশম দুটি, ABC প্রিশম ইন্দো।

Real Values of Experiments:

1. Thermal conductivity, $k = 4.2 \times 10^{-4}$
 $\text{cal.s}^{-1}.\text{cm}^{-1}.\text{^{\circ}C}^{-1}$
2. Grating, Resolving Power = 15000
(as per grating introduction)
3. Refractive index of prism, $\mu = 1.65$
(depends on using light waves)
4. Specific ration of sugar solution
= 66.59°
5. Thermocouple (No real value). (Depends on day temp. on that day)

ব্যতিচার (Interference) :

দুটি সুসংজ্ঞত উৎস হতে নিঃসৃত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গ কোনো মাধ্যমের কোনো একটি বিন্দুর মধ্য দিয়ে একই সঙ্গে গমন করলে তরঙ্গ দুটির উপরিপাতনের ফলে বিন্দুটি কখনও কখনও খুব উজ্জ্বল ও কখনও কখনও অন্ধকার দেখায়। আলোকের এ ঘটনাকে ব্যতিচার বলে।

কোনো বিন্দুতে ঐ তরঙ্গ দুটি একই দশায় আপত্তি হলে অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে উভয় তরঙ্গের তরঙ্গশীর্ষ বা তরঙ্গগাদ আপত্তি হলে ঐ বিন্দুতে লাক্ষ বিস্তার তরঙ্গ দুটির বিস্তারের সমষ্টির সমান হবে।

যেহেতু প্রাবল্য বিস্তারের বর্গের সমানপাতিক, সেহেতু বিন্দুটি উজ্জ্বল দেখাবে। আবার, কোনো বিন্দুতে তরঙ্গ দুটি বিপরীত দশায় আপত্তি হলে অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে একটি তরঙ্গের তরঙ্গশীর্ষ অপরটির তরঙ্গগাদ বা প্রথমটির তরঙ্গগাদ দ্বিতীয়টির তরঙ্গশীর্ষের সাথে মিলিত হলে লাক্ষ বিস্তার শূন্য হবে। ফলে বিন্দুটি অন্ধকার দেখাবে। এটাই আলোকের ব্যতিচার। আলোকের ব্যতিচার আলোকের তরঙ্গ তত্ত্ব সমর্থন করে। 1801 খ্রিস্টাব্দে টমাস ইয়ং (Thomas Young) আলোকের ব্যতিচার অবিষ্কার করেন। ব্যতিচার দুই ধরনের—(১) গঠনমূলক ব্যতিচার ও (২) ধূংসাত্ত্বক ব্যতিচার।

গঠনমূলক ব্যতিচার (Constructive interference) : দুটি উৎস হতে সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে উজ্জ্বল বিন্দু পাওয়া গেলে তাকে গঠনমূলক ব্যতিচার বলে।

ধূংসাত্ত্বক ব্যতিচার (Destructive interference) : দুটি উৎস হতে সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে অন্ধকার বিন্দু পাওয়া গেলে তাকে ধূংসাত্ত্বক ব্যতিচার বলে।

কাজ : গঠনমূলক ও ধূংসাত্ত্বক ব্যতিচারের শর্ত কী ?

যেসব বিন্দুতে উপরিপাতিত তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর অযুগ্ম গুণিতক, অর্থাৎ পথ পার্থক্য $= (2n+1)\frac{\lambda}{2}$, যখন

n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots ইত্যাদি সেসব বিন্দুতে ধূংসাত্ত্বক ব্যতিচারের সূচী হবে। তরঙ্গচন্দন যদি বিপরীত

আবার যেসব বিন্দুতে উপরিপাতিত তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর বৃগু গুণিতক, অর্থাৎ পথ পার্থক্য $= 2n \cdot \frac{\lambda}{2}$, যখন n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots ইত্যাদি সেসব বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচারের সূচী হবে। তরঙ্গচন্দন যদি বিপরীত

ব্যতিচার ঝাল (Interference fringe) : কোনো তলে বা পর্দায় ব্যতিচার ঘটানো হলে সেখানে অনেকগুলো পরস্পর সমান্তরাল উজ্জ্বল ও অন্ধকার রেখা বা পটি পাওয়া যায়। এই উজ্জ্বল ও অন্ধকার রেখা বা ডোরাগুলোকে এক সঙ্গে আলোকের ব্যতিচার ঝাল বলে।

চিহ্ন বা স্লিট (Slit) : দেখ্যের তুলনায় খুবই শুরু প্রস্থবিশিষ্ট আয়তাকার সরু ছিদ্রকে চিহ্ন বা স্লিট বলে।

ব্যতিচারের শর্তাবলি : ব্যতিচারের জন্য নিম্নলিখিত শর্তাবলির প্রয়োজন:

- (১) আলোক উৎস দুটি সুসংজ্ঞত হতে হবে।
- (২) উৎস দুটি শুরু ও সম্পূর্ণ হতে হবে।
- (৩) উৎস দুটি পরস্পরের খুব নিকটে হতে হবে।
- (৪) তরঙ্গ দুটির বিস্তার সমান বা প্রায় সমান হতে হবে। দুর্মিল রূপাল
- (৫) পর্যায়ক্রমিক উজ্জ্বল ও অন্ধকার বিন্দুর জন্য পথ-পার্থক্য যথাক্রমে অর্ধতরঙ্গদৈর্ঘ্যের যুগ্ম ও অযুগ্ম গুণিতক হতে হবে।

উপরোক্ত শর্তসমূহ পালিত হলে ব্যতিচার পাওয়া যাবে।

আলোকের ব্যতিচারের বৈশিষ্ট্য :

- (১) দুটি সুসংজ্ঞত উৎস হতে একই মাধ্যমের কোনো বিন্দুতে আলোক তরঙ্গমালার উপরিপাতনের ফলে ব্যতিচার সূচী হয়।
- (২) ব্যতিচার ঝালে সাধারণত পটিগুলোর বেধ সমান হয়।
- (৩) ব্যতিচারে উজ্জ্বল পটি ও অন্ধকার পটিগুলোর অন্তর্ভুক্তি দূরত্বগুলো সমান থাকে।
- (৪) ব্যতিচারে অন্ধকার পটিতে কোনো আলো থাকে না এরা সম্পূর্ণ অন্ধকার থাকে।
- (৫) ব্যতিচারে সব উজ্জ্বল পটিগুলোর আলোক প্রাবল্য সমান থাকে।

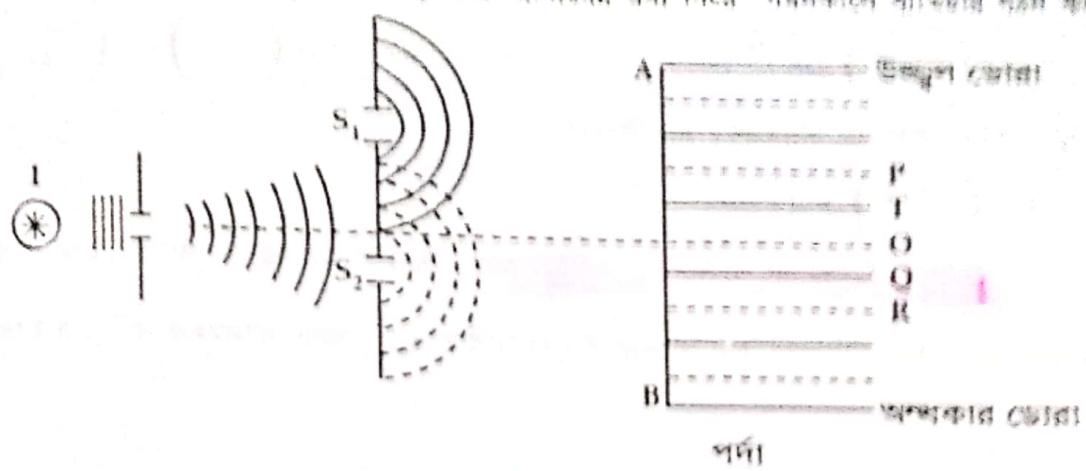
আলোকের ব্যতিচারের ক্ষেত্রে ইয়ং-এর দ্বি-চিহ্ন পরীক্ষা

Young's Double Slit Experiment on Interference of Light

1807 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী ইয়ং আলোকের ব্যতিচার প্রদর্শনের নিমিত্তে একটি পরীক্ষা সম্পাদন করেন। তাঁর নামানুসারে এই পরীক্ষাকে ইয়ং-এর পরীক্ষা বলা হয়। এই পরীক্ষায় বিজ্ঞানী ইয়ং সাদা আলোর উৎস ব্যবহার করেন।

পরীক্ষা : মনে করি S একটি সরুরেখা ছিদ্রপথ। L একটি একবর্ণী আলোক উৎস। S-এর মধ্য দিয়ে একবর্ণী আলোক গমন করছে।

S, এবং S, খুবই কাছাকাছি দুটি বেশা দিয়ে বা বেশা চিহ্ন দিয়ে (চিত্র ৭৩)। অভিযন্তা দু-মুখ লাগাইয়ে প্রতিক্রিয়া দেওয়া আপন করা হয়েছে। আলোক S হতে বের হয়ে S, ও S, এর উপর প্রতিক্রিয়া হবে এবং সরী শরীর দেখে যে। অভিযন্তা দু-মুখ লাগাইয়ে নির্মিত হবে। নির্মিত অবস্থা দু-মুখে বিতর্জন হয়ে মাধুরের মধ্য দিয়ে প্রতিক্রিয়া দেওয়া হবে।



150 93

ইয়ে একম পর্মায় রঞ্জিন ব্যতিচার পটি দেখতে পান। তরঙ্গ দুটি যদি পর্মার কোনো বিন্দুতে একই দশায় হিসিত হয় তবে সে স্থান উজ্জ্বল দেখাবে। এর নাম গঠনমূলক ব্যতিচার। আর তরঙ্গ দুটি যদি পর্মার কোনো বিন্দুতে কিন্দরীয় দশায় হিসিত হয়, তবে সে স্থান অন্ধকার দেখাবে। এর নাম ঘংসাত্মক ব্যতিচার। চিরে AB পর্মার ড্যাস ড্যাস স্থানে উজ্জ্বল বিন্দু এবং নিরবচ্ছিন্ন স্থানে অন্ধকার বিন্দু সৃষ্টি হবে।

ইয়াং আরো উল্লেখ করেন যে যদি S উৎস সরিয়ে নেয়া হয় কিন্তু S_1 ও S_2 -এর দূরত্ব বাড়িয়ে দেয়া হয়, তবে ঘাতিচার ভোরা অর্ধাং রঙিন পটি দেখা যাবে না। সামান্য আলোর পরিবর্তে একবর্ণী (monochromatic) আলো নিলে পর্যায়ক্রমিক উজ্জ্বল ও অন্ধকার ভোরা দেখা যায়।

ইয়ং-এর দ্বি-চিহ্ন পরীক্ষার ব্যাখ্যা

Explanation of Young's Double Slit Experiment

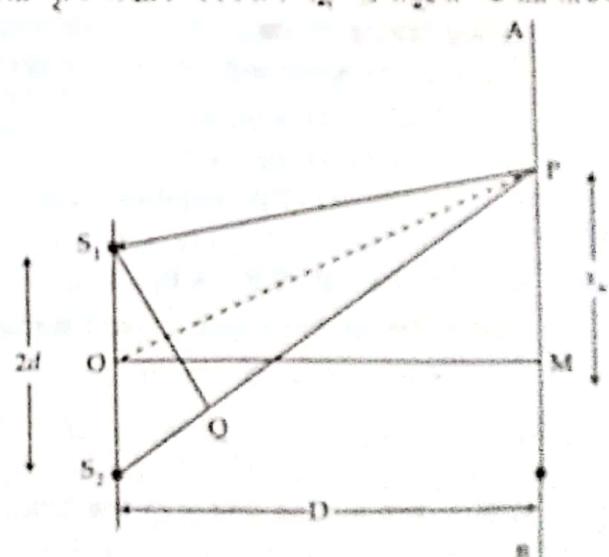
হাইগেনসের নীতি ব্যবহার করে ইয়ৎ এর থি-চিড় পরীক্ষায় সৃষ্টি ব্যতিচার ব্যাখ্যা করা যাব। চিড় S গোলীয় তরঙ্গমুখ প্রেরণ করে। S_1 ও S_2 থেকে S এর দূরত্ব সমান হওয়ায় একই সময়ে একই তরঙ্গমুখ S_1 ও S_2 -তে এসে পৌছায়। এই তরঙ্গমুখের উপর অবস্থিত S_1 ও S_2 বিলু এখন গৌণ তরঙ্গ নিঃসৃত করে খেঁজো পরস্পরের সাথে একই দশায় থাকে। সুতরাং S_1 ও S_2 চিত্র থেকে নিঃসৃত গৌণ তরঙ্গসমূহ সুসজ্ঞত। কেননা তাদের কম্পাঙ্ক ও বিস্তার একই। এখন S_1 ও S_2 থেকে নিঃসৃত তরঙ্গ দুটি উপরিপাতিত হয়ে ব্যতিচার সৃষ্টি করে। সমদশাসম্মত কণাগুলো উপরিপাতিত হয়ে গঠনমূলক এবং বিপরীত দশাসম্মত কণাগুলোর উপরি-
পাতনের ফলে ধ্রঃসাত্ত্বক ব্যতিচার সৃষ্টি হয়। ৭৮ চিত্রে ডাস
লাইন দ্বারা গঠনমূলক এবং সঙ্গিত লাইন দ্বারা ধ্রঃসাত্ত্বক
ব্যতিচার বোঝানো হয়েছে।

ধরা যাক, একটি সূক্ষ্ম চিঠি S. λ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলোক দ্বারা আলোকিত। S হতে নির্গত গোলাকৃতির আলোক তরঙ্গ S-এর কাছাকাছি এবং সমন্দরদ্বে অবস্থিত দুটি সমান্তরাল চিঠি S. ω S.-কে আলোকিত করে।

ধরা যাক, S, চিহ্ন হতে P বিন্দুতে (চিত্র ৭১) আপত্তি
আগেক তরঙ্গের সমীকৰণ

$$y_1 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt \quad \dots \dots \dots \quad (7.10)$$

এখানে, y_1 = আলোক তরঙ্গের সরণ, v = তরঙ্গের বেগ, λ = তরঙ্গাবস্থা এবং a = তরঙ্গের বিস্তার।



卷之三

এখন, S_2 চিহ্ন হতে P বিন্দুতে আপত্তির আলোক করার সময় t_1 এবং S_1 ও S_2 ইতে জ্বাল পশ্চিমের পথ পার্থক্য করে S_2 হতে আগমন করার সমীকরণ লেখা যায়,

$$y_2 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \quad (7.11)$$

১) বিলুতে এই দুটি তরঙ্গের উপরিপাতন ঘটায়, লম্বি সরণ y হবে—

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt + a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + x) \\ &= 2a \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{x}{2} \right) \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt + \frac{x}{2}) \quad [\because \sin A + \sin B = 2 \sin \left(\frac{A+B}{2} \right) \cos \left(\frac{A-B}{2} \right)] \end{aligned}$$

এটি সরল ছন্দিত স্পন্দনের সমীকরণ। এর বিস্তার

$$A = 2a \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{x}{2} \right) = 2a \cos \left(\frac{\pi x}{\lambda} \right)$$

আমরা জানি, আলোর তীব্রতা বা প্রাবল্য $I = A^2$ । সূতরাং, বিস্তার সর্বনিম্ন বা সর্বোচ্চ হলে প্রাবল্যও যথাক্রমে সর্বনিম্ন বা সর্বোচ্চ হবে।

(i) **উজ্জ্বল বিন্দুর শর্ত**: বিস্তার তথা আলোর তীব্রতা সর্বোচ্চ হবে, অর্থাৎ গঠনমূলক ব্যতিচার হবে, যখন—

$$\cos \frac{\pi x}{\lambda} = 1$$

$$\text{বা, } \frac{\pi x}{\lambda} = 0, \pi, 2\pi, \dots, n\pi$$

$$\text{বা, } x = n\lambda = 2n \left(\frac{\lambda}{2} \right) \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (7.12)$$

সূতরাং, আলোর তীব্রতা সর্বোচ্চ অর্থাৎ উজ্জ্বল হওয়ার শর্ত হলো পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ -এর যুগ্ম গুণিতক হতে হবে।

(ii) **অন্ধকার বিন্দুর শর্ত**: বিস্তার তথা প্রাবল্য সর্বনিম্ন অর্থাৎ খংসাত্মক ব্যতিচার হবে, যখন—

$$\cos \frac{\pi x}{\lambda} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \dots, (2n+1)\frac{\pi}{2}$$

$$\text{বা, } x = (2n+1) \frac{\lambda}{2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (7.13)$$

এখানে $n = 0, 1, 2, 3$ ইত্যাদি

অতএব, আলোর তীব্রতা সর্বনিম্ন অর্থাৎ অন্ধকার হওয়ার শর্ত হলো পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ -এর অযুগ্ম গুণিতক হতে হবে।

পরপর দুটি উজ্জ্বল বা অন্ধকার ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং ডোরার প্রস্থ ডোরার বিস্তার বা প্রস্থ :

চিত্র ৭.৯ হতে আমরা পাই,

$$(S_1 P)^2 = D^2 + (x_n - d)^2$$

$$\text{এবং } (S_2 P)^2 = D^2 + (x_n + d)^2$$

$$\therefore (S_2 P)^2 - (S_1 P)^2 = [D^2 + (x_n + d)^2] - [D^2 + (x_n - d)^2] \\ = (x_n + d)^2 - (x_n - d)^2$$

$$\text{বা, } (S_2 P + S_1 P)(S_2 P - S_1 P) = 4x_n d$$

এখন P বিন্দু M বিন্দুর খুবই সন্নিকটে অবস্থিত বলে

$$S_1 P \approx S_2 P \approx D \text{ ধরা যায়।}$$

$$\text{অতএব, } (S_2 P - S_1 P) = \frac{4x_n d}{(S_2 P + S_1 P)} \approx \frac{4x_n d}{2D} = \frac{2x_n d}{D}$$

এখন S_1 হতে $S_2 P$ এর উপর $S_1 Q$ লম্ব টানি। সূতরাং এই দুটি তরঙ্গের পথ পার্থক্য

$$\sigma = S_2 Q = (S_2 P - S_1 P) = \frac{2x_n d}{D} \quad \dots \quad \dots \quad (7.14)$$

এখন সমীকরণ (7.12) হতে জানি, n -তম উজ্জ্বল ডোরার জন্য পথ পার্থক্য $n\lambda$ -এর সমান হতে হবে।

$$\therefore \frac{2x_n d}{D} = n\lambda, \text{ এখানে } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

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

$$P = ত্বরণ দৈর্ঘ্য$$

$$D = চির্দুর হত্ত$$

$$D'$$

$$2d = চির্দুর প্রস্থ$$

$$x_n = ত্বরণ দৈর্ঘ্য$$

$$D = ত্বরণ দৈর্ঘ্য$$

$$D'$$

অনুরূপভাবে M বিলু হতে $(n+1)$ -তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব

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

পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব বা ব্যবধান

$$\text{অর্থাৎ } \beta = x_{n+1} - x_n$$

$$= \frac{D}{2d} (n+1) \lambda - \frac{D}{2d} n \lambda$$

$$\therefore \beta = \frac{D}{2d} \lambda$$

আবার, অন্ধকার ডোরার জন্য পথ পার্থক্য $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$ -এর সমান হতে হবে [সমীকরণ (7.13)]

$$\therefore \frac{2x_n d}{D} = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$$

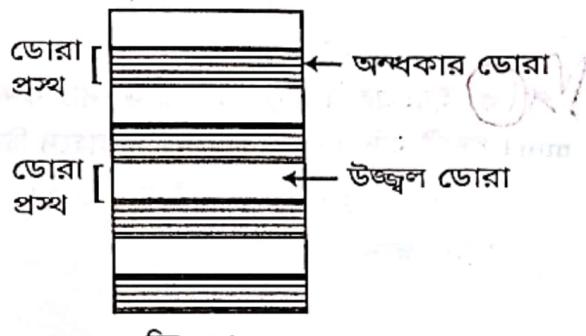
অনুরূপভাবে, M হতে $(n+1)$ -তম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব

$$x_{n+1} = \frac{D}{2d} [(2(n+1)+1] \frac{\lambda}{2}$$

$$= \frac{D}{2d} (2n+3) \frac{\lambda}{2}$$

পরপর দুটি অন্ধকার ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব বা

ব্যবধান



চিত্র ৭.১০

$$\text{অর্থাৎ, } \beta = (x_{n+1}) - x_n = \frac{D}{2d} (2n+3) \frac{\lambda}{2} - \frac{D}{2d} (2n+1) \frac{\lambda}{2}$$

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

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

(7.16)

সিদ্ধান্ত : সমীকরণ (7.15) ও (7.16) হতে দেখা যায় যে, (i) ব্যতিচারের ক্ষেত্রে ২টি উজ্জ্বল বা অন্ধকার ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব বা ঝালরের প্রস্থ সমান। [চিত্র ৭.১০] (ii) D এর মান বাড়ালে অর্থাৎ চিড় দুটি এবং পর্দার মধ্যবর্তী ব্যবধান বাড়লে ডোরার প্রস্থ বাড়ে। $2d$ এর মান কমালে অর্থাৎ চির দুটি কাছাকাছি থাকলে ডোরার প্রস্থ বাড়ে। এই পরীক্ষা তরঙ্গ দুটিকে সমর্থন করে।

এখন একটি উজ্জ্বল বা অন্ধকার ডোরার প্রস্থ বা বেধ (width) দুটি অন্ধকার ডোরা বা দুটি উজ্জ্বল ডোরার ব্যবধানের অর্ধেক। সূতরাং ডোরার প্রস্থ বা বেধ,

$$b = \frac{\lambda D / 2d}{2} = \frac{\lambda D}{4d}$$

$$b = \frac{\lambda D}{4d}$$

সমীকরণ (7.17) হতে দেখা যায় যে, (i) D -এর মান বাড়ালে অর্থাৎ উৎসদয় ও পর্দার মধ্যবর্তী দূরত্ব বাড়ালে ডোরার প্রস্থ বৃদ্ধি পায় (ii) d -এর মান কমালে অর্থাৎ উৎসদয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব কমালে ডোরার প্রস্থ বাড়ে।

হিসাব : ইয়ৎ এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড় দুটির মধ্যে দূরত্ব 0.8 mm এবং চিড়গুলি থেকে পর্দার দূরত্ব 1 m । চিড়গুলিকে $5890 \times 10^{-10} \text{ m}$ তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলো দ্বারা আলোকিত করা হলে উজ্জ্বল ডোরার প্রস্থ নির্ণয় কর।

$$\text{Hints: } \underline{\text{ডোরার প্রস্থ, } b} = \frac{D\lambda}{2 \times 2d} = \frac{1 \times 5890 \times 10^{-10}}{2 \times 0.8 \times 10^{-3}} \\ = 0.37 \times 10^{-3} \text{ m} = 0.37 \text{ mm}$$

গাণিতিক উপায়ৰণ

১) 0.4 mm ব্যবধানবিশিষ্ট দুটি চিড় হতে 1 m দূরত্বে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচার সজ্জা সৃষ্টি হলো।
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গাদৈর্ঘ্য 5000 Å হলে পরপর দুটি উজ্জ্বল ও অন্ধকার পত্রির কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব কত?

আমরা জানি,

$$x_n = \frac{D\lambda}{2d} \\ = \frac{1 \times 5000 \times 10^{-10}}{4 \times 10^{-4}} \\ = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m} = 1.25 \text{ mm}$$

এখানে,

$$2d = 0.4 \text{ mm} \\ = 4 \times 10^{-4} \text{ m} \\ D = 1 \text{ m} \\ \frac{\lambda}{x_n} = 5000 \text{ Å} = 5000 \times 10^{-10} \text{ m} \\ = ?$$

২। একটি ইয়ং এর দ্বিচৰ্ড পরীক্ষায় চৰ্ড দুটিৰ মধ্যবৰ্তী দূৰত্ব 0.4 মিমি। চিড়েৱ সমান্তৱালে ১ মিটাৱ দূৰত্বে স্থাপিত পৰ্দায় ডোৱা সৃষ্টি কৱা হলে দেখা যায় কেন্দ্ৰীয় উজ্জ্বল ডোৱা থেকে 12-তম উজ্জ্বল ডোৱাৰ দূৰত্ব 9.3 মিমি। ব্যবহৃত আলোৰ তৱজ্জন্মদৈৰ্ঘ্য কত?

আমৱা জানি,

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

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

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

$$= 0.31 \times 10^{-6} \text{ m} = 3100 \text{ Å}$$

৩। ইয়ং এৰ দ্বিচৰ্ড পরীক্ষায় আলোৰ কম্পাঙ্ক $6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ । পাৰ্শ্ববৰ্তী দুটি ডোৱাৰ কেন্দ্ৰীয় মধ্যবৰ্তী দূৰত্ব 0.75 mm। পৰ্দাটি যদি 1.55 m দূৰে থাকে তাহলে চৰ্ড দুটিৰ মধ্যবৰ্তী দূৰত্ব কত?

মনে কৱি চৰ্ড দুটিৰ মধ্যবৰ্তী দূৰত্ব $= 2d$

আমৱা জানি,

$$c = v\lambda$$

$$\therefore \lambda = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{14}} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{আবাৱ, } 2d = \frac{D\lambda}{\beta} = \frac{1.55 \times 5 \times 10^{-7}}{0.75 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.03 \times 10^{-3} \text{ m} = 1.03 \text{ mm}$$

এখানে,

$$n = 12$$

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

$$D = 1 \text{ m}$$

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

এখানে,

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

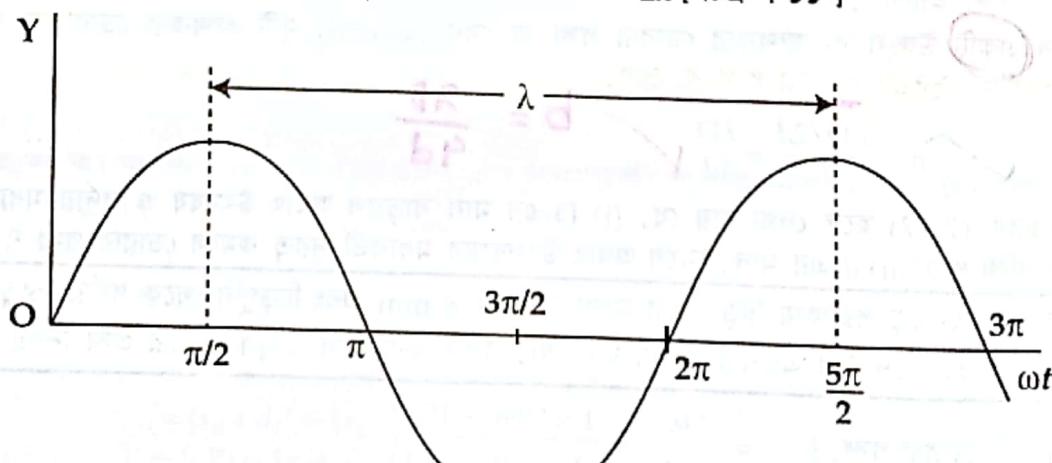
$$v = 6 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$D = 1.55 \text{ m}$$

$$\beta = 0.75 \text{ mm}$$

$$= 0.75 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$2d = ?$$



চিত্ৰ ৭.১১

অতএব, পথ পাৰ্থক্য λ -এৰ জন্য দশা পাৰ্থক্য $= 2\pi$

পথ পাৰ্থক্য I -এৰ জন্য দশা পাৰ্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda}$

∴ পথ পাৰ্থক্য x -এৰ জন্য দশা পাৰ্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{পথ পাৰ্থক্য}$

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

সমীকৰণ (7.18) দশা ও পথ পাৰ্থক্যেৰ মধ্যে সম্পর্ক নিৰ্দেশ কৱে।

$$\dots D = \frac{2\pi}{\lambda} \times R \quad (7.18)$$

গাণিতিক উদাহরণ

Q. ১) একটি তরঙ্গের দুটি বিন্দুর মধ্যে পথ-পার্থক্য $\frac{\lambda}{4}$ । বিন্দুদ্বয়ের দশা পার্থক্য কত ?

আমরা, জানি,

$$\text{দশা পার্থক্য, } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{পথ-পার্থক্য}$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2}$$

এখানে,

$$\text{পথ-পার্থক্য} = \frac{\lambda}{4}$$

$$\text{দশা পার্থক্য} = ?$$

কাজ : দুটি আলাদা উৎস ব্যতিচার সৃষ্টি করতে পারে না কেন ? — ব্যাখ্যা কর।

সম্প্রসারিত কাজ : ব্যতিচার সৃষ্টিকারী দুটি তরঙ্গের একটির পথে একটি পাতলা কাঁচ প্লেট রাখলে ঝালরের কি পরিবর্তন হবে ?

ব্যতিচার সৃষ্টিকারী দুটি তরঙ্গের যে কোনো একটির পথে : বেধের একটি পাতলা কাঁচ প্লেট রাখলে তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে ($\mu - 1$)¹ পরিমাণ অতিরিক্ত পথ-পার্থক্যের সৃষ্টি হবে। এখানে $\mu =$ কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক। ফলে সমগ্র ব্যতিচার ঝালর, কাঁচ প্লেটের যেদিকে রাখা হয়েছে সেদিকে সরে যাবে। কিন্তু ব্যতিচার ঝালরে সরণ ঘটলেও ঝালর প্রস্থের কোনো পরিবর্তন হবে না।

৭.৬ আলোকের অপবর্তন Diffraction of light

আমরা জানি স্বচ্ছ সমস্ত্র মাধ্যমে আলোক সরল পথে গমন করে কিন্তু আলোকের পথে একটি অস্বচ্ছ বস্তু স্থাপন করলে, অস্বচ্ছ বস্তুর পিছনে একটি কালো জায়গা পরিলক্ষিত হয়। এর নাম ছায়া। এই ছায়া সৃষ্টিই আলোকের রৈখিক গতির প্রমাণ। তবে ছায়াকে বিশেষভাবে লক্ষ করলে দেখা যাবে যে, আলোকের রৈখিক গতির নিয়মানুসারে ছায়া যেমন হওয়া উচিত তা হয় না। ছায়ার কিনারা বরাবর কিছু অংশ আলোকিত দেখায়। এটি হতে প্রতীয়মান হয় যে, আলোক বস্তুর কিনারা দিয়ে সরল পথে গমন না করে সামান্য ঘূরে বাঁকা পথে চলে। বস্তুর কিনারা ঘেষে আলোকের খানিকটা বেঁকে যাওয়াকে অপবর্তন বলে। তরঙ্গদৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলে এই ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

অপবর্তনের শর্ত : অপবর্তন সৃষ্টির দুটি শর্ত রয়েছে; যথা—

(১) খাড়া ধারের (straight edge) ক্ষেত্রে : ধার খুব তীক্ষ্ণ হতে হবে এবং এর প্রস্থ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ -এর সমান বা কাছাকাছি মানের হতে হবে।

(২) সরু ছিদ্রের ক্ষেত্রে : ছিদ্র খুবই সরু হতে হবে যাতে এর ব্যাস তরঙ্গদৈর্ঘ্যের λ -এর সমান বা কাছাকাছি মানের হতে হয়।

আলোকের অপবর্তন দুই প্রকার; যথা—

(১) ফ্রেনেল শ্রেণি অপবর্তন (Fresnel's class of diffraction) এবং

(২) ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তন (Fraunhofer's class of diffraction)।

ফ্রেনেল শ্রেণি অপবর্তন : যখন উৎস এবং পর্দা তাদের মধ্যবর্তী বাধা হতে অসীম দূরত্বের মধ্যে অবস্থান করে তখন এ বাধার দরুন পর্দায় আলোকের যে অপবর্তন পরিলক্ষিত হবে তাকে ফ্রেনেল শ্রেণি অপবর্তন বলে।

খাড়া ধারে (Straight edge), সরু তারে (Narrow wire) এবং অসীম পরিসর ছিদ্রে (Narrow slit), সূচে এই ধরনের অপবর্তন ঘটে। এক্ষেত্রে আপাতত তরঙ্গমুখ গোলীয় বা সিলিন্ড্রিক আকৃতির হয়।

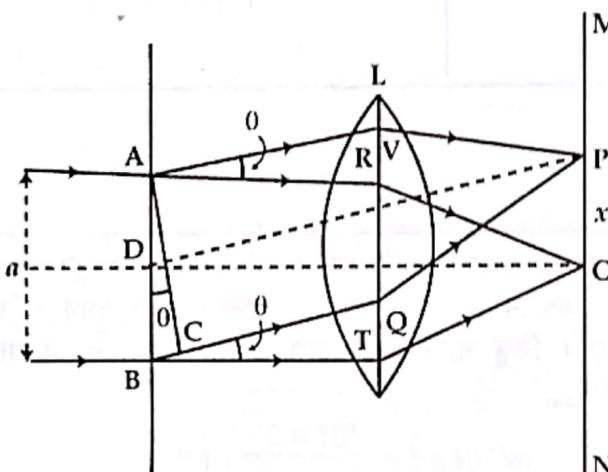
ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তন : যখন উৎস এবং পর্দা তাদের মধ্যবর্তী বাধা হতে অসীম দূরত্বে অবস্থান করে তখন ঐ বাধার দরুন পর্দায় যে অপবর্তন পরিলক্ষিত হবে তাকে ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তন বলে। এই অপবর্তনের ক্ষেত্রে তরঙ্গ মুখ সম্মত হয়ে থাকে। কোনো উক্তল লেসের ফোকাস তলে একটি আলোক উৎস স্থাপন করলে লেসে প্রতিসরণের পর সম্মতরাল রাশা গুচ্ছ উৎপন্ন হয় সেগুলোকে কোনো প্রতিবন্ধক বা চিঠ্ঠের ওপর আপাতত করে এ ধরনের অপবর্তন পাওয়া যায়। একক রেখা ছিদ্র বা চিঠ্ঠের (Single slit), যুগ্ম রেখা ছিদ্র (Double slit) এবং গ্রেটিং বা বাঁকারি (Grating) দ্বারা এই অপবর্তন সৃষ্টি করা হয়।

কাজ : একক রেখাচিত্রে ফ্রেনেল ও ফ্রনহফার অপবর্তন ঝালরের মধ্যে কোনো পার্থক্য আছে কী ?

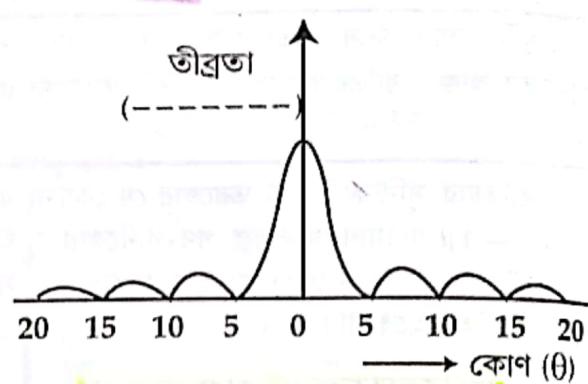
একক রেখাচিত্রে ফ্রনহফার ব্যতিচার ঝালরে কেন্দ্রীয় পত্রি সর্বদা উজ্জ্বল। কিন্তু ফ্রেনেল ব্যতিচার ঝালরের কেন্দ্রীয় পত্রি উজ্জ্বল কিংবা অন্ধকার হতে পারে। যা নির্ভর করে একক রেখাচিত্রে অর্ধপর্যায় কাল অঞ্চলের সংখ্যার উপর।

একক রেখাচিহ্ন বা চিঠড়ের জন্য অপৰ্বতন Diffraction at a single slit

একক রেখা চিঠড়ে ফ্রন্থফার অপৰ্বতন (Fraunhofer diffraction at a single slit) : মনে কৰি AB একটি রেখাচিহ্ন যার বেধ $= a$ [চিত্র ৭.১২]। ধৰি λ তরঙ্গাবৈৰ্যের এক রং সমান্তরাল আলোক গুচ্ছ সমতল তরঙ্গমুখে AB ছিদ্রের উপর লম্বভাৱে আপত্তি হৈলো। AB-এর মধ্য দিয়ে নিৰ্গত আলোকগুচ্ছকে একটি উজ্জ্বল লেন্স L দ্বাৰা এৰ ফোকাস তলে MN পর্দার উপর একত্ৰীভূত কৰা হয়। ফলে আপতনেৰ অভিমুখে রেখাচিহ্নের মুখোমুখি একটি উজ্জ্বল কেন্দ্ৰীয় পত্রি এবং এৰ দুই পাৰ্শ্বে এৰ সমান্তরালে একান্তৰভাৱে সজিত অন্ধকাৰ ও কম উজ্জ্বল কয়েকটি পত্রি সৃষ্টি হয়।



চিত্র ৭.১২



চিত্র ৭.১৩

কেন্দ্ৰীয় উজ্জ্বল পত্রিৰ তুলনায় অন্যান্য উজ্জ্বল পত্রিৰ উজ্জ্বল্য অনেক কম এবং বাইৱের দিকে দ্রুত হ্ৰাস পায়। শুধু তাই নয় পত্রিগুলোৰ বেধ সমান থাকে না [চিত্র ৭.১৩]।

ব্যাখ্যা : AB রেখাচিহ্নে অবস্থিত সমতল তরঙ্গমুখেৰ প্ৰতিটি কণা সমদশাসম্পন্ন। ঐ সব কণা হতে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়। যে সব আড় তরঙ্গ ব্যৱৰ্তিত না হয়ে সোজা DO-এৰ সমান্তরালে গমন কৰে L লেন্স দ্বাৰা পৰ্দাৰ O বিন্দুতে একত্ৰিত হয় তাৰা ঐ বিন্দুকে খুব উজ্জ্বল বিন্দুতে পৱিণ্ট কৰে, এখানে AB রেখার ঠিক মধ্য বিন্দু D। কাৰণ O বিন্দুতে পৌছতে তরঙ্গসমূহেৰ কোনো পথ-পাৰ্থক্য থাকে না। তাৰা সমদশায় O বিন্দুতে পৌছে গঠনমূলক ব্যতিচাৰ সৃষ্টি কৰে। এখানে O বিন্দুকে **মুখ্য চৰম বিন্দু** (Principal maxima) বলা হয়। এই বিন্দুৰ উজ্জ্বল্য সৰ্বাধিক।

আবাৰ কিছু সংখ্যক আড় তরঙ্গ () কোণে ব্যৱৰ্তিত হয়ে DP অভিমুখেৰ সমান্তরালে চলে L লেন্স দ্বাৰা P বিন্দুতে একত্ৰিত হয়। এ ক্ষেত্ৰে আড় তরঙ্গসমূহ সমান পথ অতিক্ৰম কৰে না বলে P বিন্দুতে ঐ সব তরঙ্গেৰ দশা সমান হয় না। এই পথ-পাৰ্থক্য নিৰ্ণয়েৰ জন্য B বিন্দু হতে 0 কোণে ব্যৱৰ্তিত BQ রেখার উপৰ AC লম্ব টানি। তা হলে, $\angle PDO = \theta$

$$\therefore A \text{ ও } B \text{ বিন্দু হতে নিৰ্গত তরঙ্গেৰ মধ্যে পথ পথ পাৰ্থক্য} = BC$$

$$\text{কিন্তু } BC = AB \sin \theta = a \sin \theta$$

কাজেই **উজ্জ্বল বিন্দুৰ জন্য :**

$$a \sin \theta = (2n + 1)\lambda / 2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (7.19)$$

এবং **অন্ধকাৰ বিন্দুৰ জন্য :**

$$a \sin \theta = n\lambda \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (7.20)$$

এখানে n একটি সংখ্যা এবং $n = 1, 2, 3, 4$ ইত্যাদি।

এখন $a \sin \theta = \lambda$ হলে, সব তরঙ্গেৰ দৱুন P বিন্দুতে লাধি সৱণ শূন্য হবে। কাৰণ A বিন্দু হতে নিৰ্গত তরঙ্গ ও রেখাচিহ্নেৰ মধ্যবিন্দু D হতে নিৰ্গত তরঙ্গেৰ মধ্যে পথ পথ পাৰ্থক্য হবে $\lambda/2$ এবং পৱিষ্ঠৱেৰ প্ৰভাৱ নাকচ কৰে দিবে। এমনিভাৱে তরঙ্গমুখেৰ উভয় অৰ্দেৰ প্ৰতি দুটি **অনুৱূপ বিন্দুৰ** (Corresponding points) মধ্যে পথ পথ পাৰ্থক্য $\lambda/2$ হয়ে পৱিষ্ঠ সব বিন্দু হতে নিৰ্গত তরঙ্গগুলো পৱিষ্ঠৱেৰ প্ৰভাৱ নাকচ কৰবে।

$\therefore O$ বিন্দুৰ উভয় পাৰ্শ্বে প্ৰথম অবম বিন্দুৰ ($n = 1$) ক্ষেত্ৰে অপৰ্বতন কোণ θ হলে,

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

$$\text{বা, } \sin \theta = \lambda/a.$$

তেমনি O বিন্দুৰ উভয় পাৰ্শ্বে n -তম অবম বিন্দুৰ ক্ষেত্ৰে অপৰ্বতন কোণ θ_n হলে,

$$a \sin \theta_n = n\lambda \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (7.21)$$

L লেন্স হতে AB রেখাছিদ্র খুব নিকটে থাকলে অথবা L লেন্স হতে পর্দা বেশ দূরে থাকলে $x_n = OP_n =$ মুখ্য চরম বিন্দু O হতে n-তম অবম বিন্দুর দূরত্ব এবং লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f হলে আমরা পাই,

$$\sin \theta_n = \frac{n\lambda}{a} = \frac{x_n}{f}$$

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

উক্ত সমীকরণের সাহায্যে মুখ্য চরম বিন্দু হতে বিভিন্ন অবম বিন্দুর ($n = 1, 2, 3$ ইত্যাদি) অবস্থান পাওয়া

যায়।

$$\text{পুনঃ, } a \sin \theta = \frac{3\lambda}{2} \cdot \frac{5\lambda}{2} \cdot \frac{7\lambda}{2} \dots \dots (2n+1)\lambda/2$$

হলে ব্যাখ্যা করা যায় যে তারা O বিন্দুর উভয় পার্শ্বে আরও কতগুলো চরম বিন্দু উৎপন্ন করবে এবং পর্যায়ক্রমে তারা প্রতি দুটি অবম বিন্দুর মধ্যে অবস্থান করবে। এ সব চরম বিন্দুকে গৌণ বা সম্মূরক চরম বিন্দু (Secondary or Subsidiary maxima) বলে।

n-তম গৌণ চরম বিন্দুর ক্ষেত্রে অপবর্তন কোণ θ_n' এবং O হতে এই বিন্দুর দূরত্ব x_n' হলে,

$$a \sin \theta_n' = (2n+1)\lambda/2 = \frac{n \cdot x_n'}{f} \dots \dots \dots (7.24)$$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে মুখ্য চরম বিন্দুর উভয় পার্শ্বে অপবর্তনের দরুন পর্যায়ক্রমে অন্যান্য অবম ও চরম বিন্দু গঠিত হচ্ছে। গৌণ চরম বিন্দুগুলোর উজ্জ্বলতা বা দীপন মাত্রা ক্রমশ হ্রাস পায়।

হিসাব : একটি ফ্রনহফার শ্রেণির একক চিত্রের অপবর্তন পরীক্ষায় 5890 \AA তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হলো। চিত্রের বেধ 0.2 mm হলে প্রথম অবমের জন্য অপবর্তন কোণ নির্ণয় কর।

Hints : অবমের শর্তানুসারে $a \sin \theta = n\lambda$

$$\therefore \sin \theta = \frac{n\lambda}{a} = \left(\frac{1 \times 5890 \times 10^{-10}}{2 \times 10^{-4}} \right) = 2945 \times 10^{-6}$$

$$\therefore \theta = 17^\circ \text{ প্রায়, অবমের জন্য অপবর্তন কোণ } 0.17^\circ$$

জ্ঞান : একক রেখাছিদ্র দ্বারা সৃষ্টি ফ্রনহফার অপবর্তন ঝালরের চরম ও অবম বিন্দুর শর্ত কী ?

একক রেখাছিদ্র দ্বারা সৃষ্টি ফ্রনহফার অপবর্তন ঝালরে চরম ও অবম বিন্দুর শর্ত হলো— কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পটি ($0 = 0$) এর উভয় দিকে গৌণ চরম বিন্দুগুলির ক্ষেত্রে পথ পার্থক্য $a \sin \theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$, যখন রেখাছিদ্রের বেধ = a, আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য = λ , অপবর্তন কোণ θ এবং $n = 1, 2, 3, \dots$ । সঠিক হিসাব অনুযায়ী $a \sin \theta = \pm 1.43\lambda, \pm 2.46\lambda, \dots$ ইত্যাদি। অর্থাৎ গৌণ চরম বিন্দুগুলির মধ্যে দূরত্ব সমান নয়।

আবার অবম বিন্দুগুলির ক্ষেত্রে পথ পার্থক্য $a \sin \theta = \pm n\lambda$, অর্থাৎ অবম বিন্দুগুলি পরস্পর সমদ্বৰ্তী, যখন $n = 1, 2, 3, \dots$ ইত্যাদি।

আলোকের অপবর্তনের বৈশিষ্ট্য :

- ১। একটি তরঙ্গামুখের বিভিন্ন অংশ হতে নির্গত গৌণ তরঙ্গসমূহের ব্যতিচারের ফলে অপবর্তন সৃষ্টি হয়।
- ২। অপবর্তন ঝালরে পটিগুলোর বেধ কখনও সমান হয় না।
- ৩। অপবর্তনের ক্ষেত্রে উজ্জ্বল পটি ও অন্ধকার পটিগুলোর অন্তর্ভৰ্তা দূরত্বগুলো ক্রমাগতে কমতে থাকে।
- ৪। অপবর্তনে অন্ধকার পটিগুলো সম্পূর্ণ অন্ধকার থাকে না। এতে সর্বদা কিছু আলো থেকে যায়।
- ৫। অপবর্তনে উজ্জ্বল পটিগুলোর প্রত্যেকটিতে আলোক প্রাবল্য কখনই সমান থাকে না। এই প্রাবল্যের মান কেন্দ্রীয় পটিতে সর্বাধিক হয় এবং উভয় পার্শ্বস্থ পটিগুলোতে এই প্রাবল্য ক্রমশ হ্রাস পায়।

অপবর্তন গ্রেটিং

Diffracton grating

অপবর্তন সৃষ্টি করার জন্য একটি বিশেষ ব্যবস্থার নাম গ্রেটিং বা ঝাঁঝরি। অনেকগুলো সম্প্রস্তরের রেখাছিদ্র পাশাপাশি স্থাপন করে গ্রেটিং বা ঝাঁঝরি গঠন করা হয়। গ্রেটিং প্রধানত দুই প্রকার, যথা—

N ১। নিঃসরণ বা নির্গমন গ্রেটিং (Transmission grating) এবং

P ২। প্রতিফলন গ্রেটিং (Reflection grating)।

এখানে আমরা নিঃসরণ গ্রেটিং বিশদভাবে আলোচনা করব।

সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং Plane transmission grating

আলোক উৎসকে বিশ্লেষণের একটি অতি প্রয়োজনীয় (যত্রাণ) হলো অপবর্তন গ্রেটিং। একটি সূচালো অগভুর বিশিষ্ট হীরার টুকরা দিয়ে একটি স্বচ্ছ সমতল কাচ পাতে দাগ কেটে গ্রেটিং তৈরি করা হয়। গ্রেটিং-এ প্রতি সেটিমিটারে প্রায় 10,000টি দাগ কাটা থাকে। এক একটি চিঠ্ঠের প্রস্থ প্রায় 10^{-4} cm।

সম্ভা : পাশাপাশি স্থাপিত অনেকগুলো সমপ্রস্থের সূচনা চিঠ্ঠেসম্পন্ন পাতকে অপবর্তন গ্রেটিং বলে।

সাধারণ কাজের জন্য পরীক্ষাগারে আর এক প্রকারের নিঃসরণ গ্রেটিং ব্যবহার করা হয়। প্রকৃত রেখাজিত গ্রেটিং হতে (সেগুলোড়ে) ফিল্যোর উপর ঢালাই প্রস্থিতিতে এই গ্রেটিং প্রস্তুত করা হয়। এর নাম প্রতিলিপি গ্রেটিং (Replica grating)।

গ্রেটিং ধ্রুবক (Grating constant) : যে কোনো একটি চিঠ্ঠের শুরু থেকে পরবর্তী চিঠ্ঠের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলা হয়। অন্যভাবে বলা যায় যে কোনো চিঠ্ঠের শেষ প্রান্ত থেকে পরবর্তী চিঠ্ঠের শেষ প্রান্তের দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

ব্যাখ্যা : মনে করি, একটি গ্রেটিং-এর প্রতিটি চিঠ্ঠের বেধ বা প্রস্থ = a

এবং প্রতিটি রেখার বেধ বা প্রস্থ = b

সংজ্ঞানুসারে, গ্রেটিং ধ্রুবক, $d = a + b$

d -কে অনেক সময় গ্রেটিং উপাদান (Grating element) বলা হয়।

গ্রেটিং-এর ' d ' দৈর্ঘ্যে রেখার সংখ্যা = 1টি

$$\text{অতএব, একক দৈর্ঘ্যে রেখার সংখ্যা, } N = \frac{1}{d} = \frac{1}{a+b} \quad \dots \quad \dots \quad (7.25)$$

গ্রেটিং-এর $(a + b)$ ব্যবধানে অবস্থিত দুটি বিন্দুকে বলা হয় অনুরূপ বিন্দু (corresponding points)।

গাণিতিক উদাহরণ

১। একটি ফুনহফার শ্রেণির একক চিঠ্ঠের দরুন অপবর্তন পরীক্ষায় 5600 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার ক্ষা হলো। প্রথম ক্রমের অন্ধকার পত্রির জন্য অপবর্তন কোণ নির্ণয় কর। [চিঠ্ঠের বিস্তার 0.22 mm]

আমরা, জানি,

অবমের শর্ত অনুসারে,

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

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \left(\frac{1 \times 5600 \times 10^{-10}}{2.2 \times 10^{-4}} \right) \\ = 0.145^\circ \text{ (প্রায়)}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} a &= 0.22 \text{ mm} \\ &= 2.2 \times 10^{-4} \text{ m} \\ n &= 1 \\ \lambda &= 5600 \text{ Å} \\ &= 5600 \times 10^{-10} \text{ m} \\ \theta &= ? \end{aligned}$$

২। কোনো অপবর্তন গ্রেটিং-এ প্রতি সেটিমিটারে 4200 রেখা রয়েছে। এর উপর সোডিয়াম আলোর সমান্তরাল তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{N} \sin \theta_n = n\lambda \text{ বা, } \lambda = \frac{\sin \theta_n}{Nn} \\ = \frac{\sin 30^\circ}{2.38 \times 10^{-6} \times 2} = 1.05 \times 10^{-5} \text{ m}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} N &= \frac{1}{a+b} = \frac{1 \text{ cm}}{4200} = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ m}}{4200} \\ &= 2.38 \times 10^{-6} \\ n &= 2 \\ \theta_n &= 30^\circ \\ \lambda &= ? \end{aligned}$$

গ্রেটিং-এর ব্যবহার

Uses of grating

গ্রেটিং বিভিন্ন কাজে ব্যবহৃত হয়। নিম্নে এর ব্যবহার উল্লেখ করা হলো—

(১) আলোকের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করা যায়।

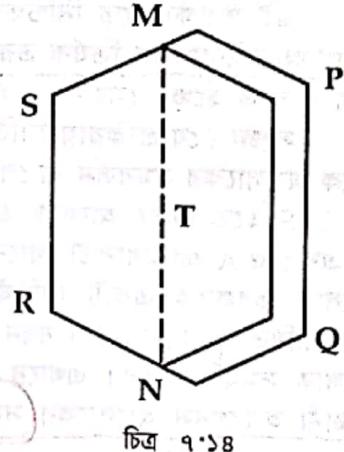
(২) একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি বর্ণালী রেখা পৃথক করা যায়।

(৩) তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাপেক্ষে অপবর্তন কোণের পরিবর্তনের হার নির্ণয় করা যায়।

৭.৭ আলোকের সমবর্তন Polarisation of Light

আমরা জানি আলোক এক প্রকার শক্তি বা দৃষ্টির অনুভূতি জন্মায়। আলোকের প্রকৃতি নির্ণয়ের জন্য পীচটি তত্ত্ব আছে। এদের মধ্যে আলোকের তরঙ্গ তত্ত্ব অন্যতম। বিজ্ঞানী হাইগেনস 1678 খ্রিস্টাব্দে এই তত্ত্ব আবিষ্কার করেন। তার মতে আলোক তরঙ্গের আকারে এক স্থান হতে অন্য স্থানে গমন করে। এ তত্ত্বের সাহায্যে আলোকের প্রতিফলন, লম্বিক তরঙ্গ তা উপরোক্ত আলোকীয় ঘটনাবলি হতে জানা যায় না। তবে পরবর্তীকালে আলোক সংক্রান্ত এমন কতকগুলো ফলাফল পাওয়া গেছে যা বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে, আলোক তরঙ্গ কখনই অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ নহে, এটি আড় তরঙ্গ। এক জোড়া টুর্ম্যালিন কেলাসের পরীক্ষা এই ব্যাপারে বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। এ পরীক্ষা হতে নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় যে, আলোক আড় তরঙ্গ। আলোকের সমবর্তন আড় তরঙ্গের একটি প্রকৃষ্ট প্রমাণ। এখন আলোচনা করা যাক আলোকের সমবর্তন কী?

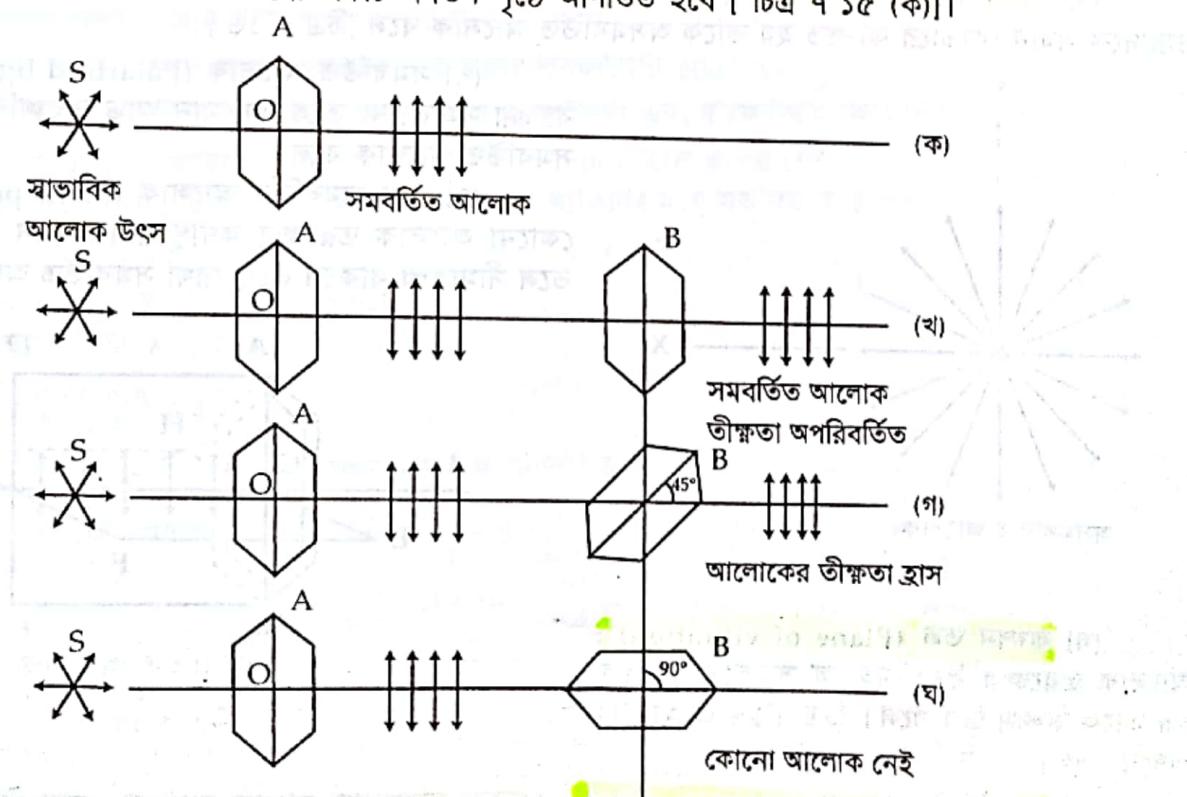
টুর্ম্যালিন কেলাসের পরীক্ষা আলোচনা করার পূর্বে টুর্ম্যালিন কেলাস কী তা-ই জানা যাক। এটি ছয় বাহুবিশিষ্ট ছালকা সবুজ রঙের একটি কেলাস PQRS যা প্রায় স্বচ্ছ [চিত্র ৭.১৪]। এটি অনেকগুলো ধাতুর অক্সাইডের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত। এর সর্বাপেক্ষা বড় (MN) কর্ণটির নাম সরলাক্ষ (Optic axis)। নিম্নের টুর্ম্যালিন কেলাস পরীক্ষার দ্বারা আলোর সমবর্তন ব্যাখ্যা করা হলো।



চিত্র ৭.১৪

টুর্ম্যালিন কেলাস পরীক্ষা এবং আলোকের সমবর্তন Tourmaline crystal experiment and polarisation of light

মনে করি S একটি আলোক উৎস। S হতে নির্গত আলোক তরঙ্গসমূহ এদের গতিপথের অভিলম্ব তলে চারদিকে সমান বিস্তারে কম্পিত হবে। A একটি টুর্ম্যালিন কেলাস যা আলোক তরঙ্গের গতিপথে স্থাপন করা হয়েছে। S হতে আলোক তরঙ্গ কেলাসের যে কোনো একটি সমতল পৃষ্ঠে আপত্তি হবে [চিত্র ৭.১৫ (ক)]।



চিত্র ৭.১৫

কেলাসের অপর দিকে নজর করলে একই প্রাবল্যের বা তীক্ষ্ণতার আলোক দেখা যাবে। কেলাস হতে নির্গত আলোক কেলাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করবে এবং যৎসামান্য রঙিন দেখাবে। এ অবস্থায় A কেলাসটিকে O বিন্দুর সাপেক্ষে ঘূরাতে থাকলে একই প্রাবল্যের আলোক দেখা যাবে। এখন A কেলাসের সমান্তরাল আলোকের গতিপথে আর একটি টুর্ম্যালিন কেলাস B এমনভাবে স্থাপন করি যাতে এর সরলাক্ষ আলোকের গতিপথের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে [চিত্র ৭.১৫ (খ)]। এমতাবস্থায় B কেলাসের অপর পার্শ্ব হতে নজর করলে একই প্রাবল্যের আলোক দেখা যাবে।

এখন A কেলাসটিকে স্থির রেখে B কেলাসটিকে O বিন্দু বরাবর ধীরে ধীরে ঘূরাতে থাকলে দেখা যাবে যে, B কেলাস হতে নির্গত আলোকের প্রাবল্য ধীরে ধীরে কমছে [চিত্র ৭.১৪ (গ)]। যখন B কেলাসটি A কেলাসের সাথে সমকোণে স্থাপন করা হবে তখন B কেলাস হতে কোনো আলোক নির্গত হবে না [চিত্র ৭.১৪ (ঘ)]। B কেলাসটিকে 90° -এর বেশি কোণে ঘূরাতে থাকলে পুনরায় B হতে আলোক নির্গত হবে এবং এর প্রাবল্য ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পেতে থাকবে। B কেলাস-এর সরলাক্ষ পুনরায় A কেলাসের সরলাক্ষের সমান্তরাল হলে B হতে নির্গত আলোকের প্রাবল্য সর্বাপেক্ষা বেশি হবে অর্থাৎ প্রাবল্য পূর্বের অবস্থানে ফিরে আসবে।

এই পরীক্ষা হতে নিশ্চিতভাবে প্রমাণিত হলো যে, আলোক তরঙ্গ নিম্নিক বা অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ নহে, আলোক তরঙ্গ আড় তরঙ্গ বা তির্যক তরঙ্গ। কেননা, A কেলাস হতে নির্গত হবার পর আলোক তরঙ্গ কেবল একটি নির্দিষ্ট তলে কম্পিত হচ্ছে। সেজন্য A হতে নির্গত আলোককে সমবর্তিত আলোক (polarised light) বলে।

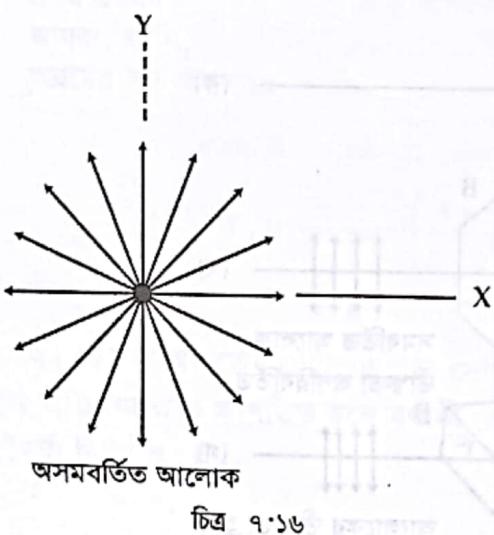
সম্ভাৱনা : যে প্ৰক্ৰিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বৰাবৰ কম্পনক্ষম কৰা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বা পোলারাইন বলে।

S হতে নির্গত আলোক তরঙ্গ চারদিকে কম্পিত হচ্ছে। S হতে A পর্যন্ত আলোক তরঙ্গের এই অবস্থাই চলবে। অতএব S ও A-এর মধ্যবর্তী স্থানে আলোক অসমবর্তিত বা অপোলারাইত (unpolarised)। কিন্তু A হতে B পর্যন্ত স্থানে আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বৰাবৰ আনয়ন কৰা হয়েছে। সুতৰাং এই স্থানের আলোক সমবর্তিত বা পোলারাইত (polarised)। যখন A ও B কেলাস-এর সরলাক্ষ পরস্পরের সমান্তরালে থাকে তখন B-এর পৱের অংশের আলোক সমবর্তিত হয়। এখানে A-কে সমবর্তক (polarizer) ও B-কে বিশ্লেষক (analyzer) বলে। ১৬৯০ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী হাইগেনস আলোকের সমবর্তন আবিষ্কার কৰেন।

উপৱে বৰ্ণিত সমবর্তনে আলোক তরঙ্গের কম্পন একটি নির্দিষ্ট সমতলে সীমাবদ্ধ কৰা হয়েছে। এজন্য একে সমতল (plane) বা রৈখিক (linear) সমবর্তন বলা হয়।

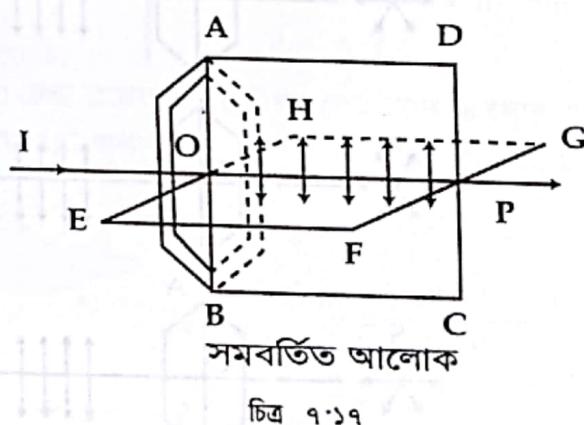
সমবর্তন বিষয়ক কতকগুলো রাশি
Some terms relating polarisation

(ক) **অসমবর্তিত আলোক (Unpolarised light)** : সাধাৱণ আলোক যার কম্পন গতিপথের লম্ব অভিমুখে চারদিকে সমান বিস্তারে কম্পিত হয় তাকে অসমবর্তিত আলোক বলে [চিত্র ৭.১৬]।



(খ) **সমবর্তিত আলোক (Polarised light)** : একটি তলে বা এর সমান্তরাল তলে কম্পমান আড় তরঙ্গবিশিষ্ট আলোককে সমবর্তিত আলোক বলে।

(গ) **রেখা সমবর্তিত আলোক (Plane polarised light)** : কোনো আলোক তরঙ্গের কণাগুলোর কম্পন কেবলমাত্ৰ একটি তলে সীমাবদ্ধ থাকলে একে রেখা সমবর্তিত আলোক বলে।



(ঘ) **কম্পন তল (Plane of vibration) :** আলোক তরঙ্গের কণাসমূহ যে সমতলে কম্পিত হয় তাকে কম্পন তল বলে। চিত্র ৭.১৭-এ ABCD কম্পন তল।

(ঙ) **সমবর্তিত কোণ (Polarising angle) :** কোনো প্রতিফলক মাধ্যমে আপতন কোণ ধীরে ধীরে পরিবৰ্তন কৰলে এমন একটি কোণ পাওয়া যাবে যার জন্য সমবর্তন সৰ্বাধিক হবে, সেই কোণটিকে সমবর্তন কোণ বলে।

(চ) **সমবর্তন তল (Plane of polarisation) :** কম্পন তলের সাথে যে তলটি লম্বভাবে অবস্থান কৰে তাকে সমবর্তন তল বলে। চিত্র ৭.১৭-এ EFGH সমবর্তন তল।

(ছ) **দ্বৈত প্রতিসরণ (Double refraction) :** এমন কতকগুলো কেলাস আছে যাদের মধ্য দিয়ে আলোক রাশি গমন কৰলে তা দুটি প্রতিসৃত রশ্মিতে বিভক্ত হয়। এই পদ্ধতিকে দ্বৈত প্রতিসরণ বলে এবং এসব কেলাসকে দ্বৈত প্রতিসারক কেলাস বলে। কোয়াচিজ ও ক্রান্সহাট (দ্বৈত প্রতিসারক) কেলাস

সার-সংক্ষেপ

পয়েন্টিং ভেট্র

তড়িৎ চৌম্বকীয় বর্ণালী

তরঙ্গমুখ

হাইগেনসের নীতি

প্রতিফলনের সূত্র— ১ম সূত্র

প্রতিসরণের সূত্র— ১ম সূত্র
২য় সূত্র

আলোকের ব্যতিচার (Interference)

ব্যতিচার ঘালর

অপবর্তন (Diffraction)

অপবর্তন গ্রেটিং

ফ্রেনেল শ্রেণি অপবর্তন

ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তন

সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং

অপবর্তনের শর্ত

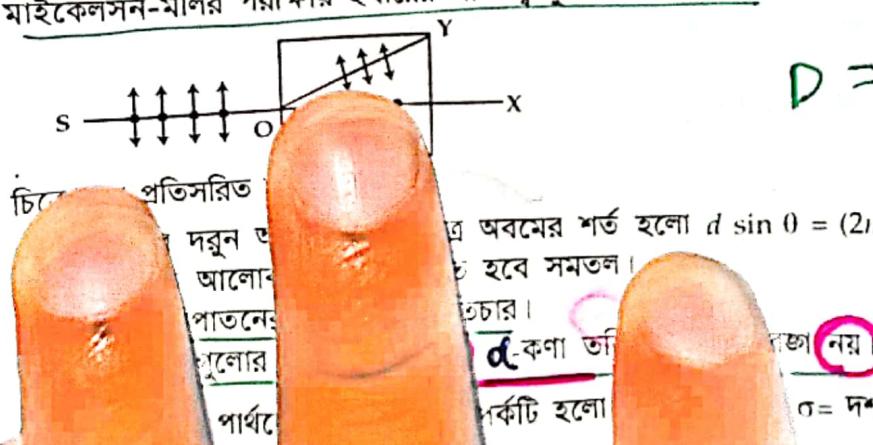
- : কোনো একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ শক্তি অতিক্রম করে তারে
 → → →
 পয়েন্টিং ভেট্র বলে। একে S দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। $S = E \times H$ ।
- : তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের কম্পাঙ্কের বা তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের পাল্যা বিস্তৃত। এর
 প্রসারতা 10^4 Hz -এর কম থেকে 10^{23} Hz -এর বেশি পর্যন্ত বিস্তৃত। বিস্তৃত এ
 পরিসরকে তড়িৎ চৌম্বকীয় বর্ণালী বলে।
- : তরঙ্গাস্থিত সমদশাসম্পন্ন বিন্দুগুলি যে তলে অবস্থান করে তাকে উক্ত
 তরঙ্গের তরঙ্গমুখ বলে।
- : কোনো একটি তরঙ্গমুখের উপর অবস্থিত প্রতিটি বিন্দু কম্পন বা আন্দোলনের
 এক একটি উৎস হিসেবে বিবেচিত হয়। ঐ গৌণ উৎসগুলো হতে সৃষ্টি
 তরঙ্গমালা মূল তরঙ্গের সমান বেগে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। যে কোনো
 সময়ে ঐ সব গৌণ তরঙ্গমালাকে সর্পণ করে একটি তল অংকন করলে তা
 তলই ঐ সময়ের তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান নির্দেশ করে।
- : আপত্তি রশ্মি, আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিফলিত রশ্মি একই
 সমতলে অবস্থান করে।
- : আপতন কোণ $\angle i =$ প্রতিফলন কোণ $\angle r$ ।
- : আপত্তি রশ্মি, আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি একই
 সমতলে অবস্থান করে।
- : এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক রশ্মির জন্য
 আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইন-এর অনুপাত একটি ধৰ্ম
 রাশি। একে μ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর নাম প্রতিসরাঙ্ক।
- : একই রং-এর সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গ কোনো
 মাধ্যমের কোনো একটি বিন্দুর মধ্য দিয়ে একই সঙ্গে গমন করলে তরঙ্গ
 দুটির উপরিপাতনের ফলে বিন্দুটি কখনো খুব উজ্জ্বল ও কখনো কখনো
 অন্ধকার দেখায়। আলোকের এই ঘটনাকে ব্যতিচার বলে।
- : সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে
 ব্যতিচার সৃষ্টি হয়। ফলে কোনো তলে বা পর্দায় অনেকগুলো পরস্পর
 সমান্তরাল উজ্জ্বল ও অন্ধকার রেখা পাওয়া যায়। এই উজ্জ্বল ও অন্ধকার রেখা
 বা ডোরাগুলোকে আলোকের ব্যতিচার ঘালর বলে।
- : কোনো অস্বচ্ছ ধার বা কিনারা ঘেঁষে বেঁকে আলোকের অগ্রসর হওয়ার ধর্মকে
 আলোকের অপবর্তন বলে। অপবর্তন দুই প্রকার; যথা—(ক) ফ্রেনেল শ্রেণি
 অপবর্তন ও (খ) ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তন।
- : অপবর্তন সূচিতে জন্য একটি বিশেষ পদ্ধতি বা উপায়ের নামই অপবর্তন গ্রেটিং।
 অনেকগুলো সমপ্রস্থ রেখাছিদ্র পাশাপাশি স্থাপন করে অপবর্তন গ্রেটিং গঠন
 করা হয়।
- : যখন উৎস এবং পর্দা তাদের মধ্যবর্তী বাধা হতে অন্ত দূরত্বের মধ্যে অবস্থান
 করে তখন ঐ বাধার দরুন পর্দায় আলোকের যে অপবর্তন পরিস্থিতি হবে
 তাকে ফ্রেনেল শ্রেণি অপবর্তন বলে।
- : যখন উৎস এবং পর্দা তাদের মধ্যবর্তী বাধা হতে অসীম দূরত্বে অবস্থান করে
 তখন ঐ বাধার দরুন পর্দায় যে অপবর্তন পরিস্থিতি হবে তাকে ফ্রনহফার
 শ্রেণি অপবর্তন বলে।
- : সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং বলতে একটি কাচ বা অনুরূপ কোনো পদার্থের একটি
 পাত বুঝায় যার উপর সৃংচালো হীরক বিন্দু দ্বারা সমব্যবধানে সমান্তরালভাবে
 খুবই কাছাকাছি বহু সংখ্যক দাগ কাটা থাকে।
- : অপবর্তনের দুটি শর্ত রয়েছে; যথা—
 (ক) খাড়া ধারের ক্ষেত্রে : ধার খুব তীক্ষ্ণ হতে হবে এবং এর প্রস্থ আলোর তরঙ্গ
 দৈর্ঘ্য λ -এর সমান বা কাছাকাছি মানের হতে হবে।
 (খ) সরু ছিদ্রের ক্ষেত্রে : ছিদ্র খুবই সরু হতে হবে যাতে এর ব্যাস তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের
 সমান বা কাছাকাছি মানের হয়।

গ্রেটিং উপাদান বা গ্রেটিং ধ্রুবক	:	কোনো সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং এর অস্বচ্ছ রেখার বেধ ' b ' এবং স্বচ্ছ অংশের বেধ ' a ' হলে $(a + b)$ দূরত্বকে গ্রেটিং উপাদান বা গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।
আলোকের সমবর্তন	:	যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।
সমবর্তিত আলোক	:	একটি তলে কিংবা এর সমান্তরাল তলে কম্পমান আড় তরঙ্গবিশিষ্ট আলোককে সমবর্তিত আলোক বলে।
অসমবর্তিত আলোক	:	যে আলোকের কণাগুলোর কম্পন গতিপথের লম্ব অভিমুখে চারদিকে সমান বিস্তারে কম্পিত হয় তাকে অসমবর্তিত বা সাধারণ আলোক বলে।
কম্পন তল	:	কোনো তরঙ্গের কণাসমূহ যে সমতলে কম্পিত হয় তাকে কম্পন তল বলে।
সমবর্তন কোণ	:	কোনো প্রতিফলক মাধ্যমে আপতন কোণের যে সুনির্দিষ্ট মানের জন্য সমবর্তন সর্বাধিক হবে সেই আপতন কোণকে সমবর্তন কোণ বলে।
সমবর্তন তল	:	কম্পন তলের সাথে যে তল লম্বভাবে অবস্থান করে, তাকে সমবর্তন তল বলে।
দৈত প্রতিসরণ	:	এমন কতকগুলো কেলাস আছে যাদের মধ্য দিয়ে আলোক রশ্মি গমন করলে এটি দুটি প্রতিস্তৃত রশ্মিতে বিভক্ত হয়। এই পদ্ধতিকে দৈত প্রতিসরণ বলে।
সরলাক্ষ	:	সকল দৈত প্রতিসারক কেলাসের এমন একটি নির্দিষ্ট অভিমুখ থাকে যে দৈত প্রতিসরণ দ্বারাই আলোক প্রতিস্তৃত হয়। কেলাসের এই অভিমুখকে সরলাক্ষ বলে।
প্রধান তল	:	কোনো রশ্মির সাপেক্ষে প্রধান তল বলতে আমরা এমন একটি তলকে বুঝি যা ঐ রশ্মি এবং কেলাসের সরলাক্ষের মধ্য দিয়ে গমন করে।
প্রধান ছেদ	:	কোনো কেলাসের সরলাক্ষ বরাবর এবং এর দুই বিপরীত পৃষ্ঠের সমকোণে বিবেচিত তলকে ঐ কেলাসের প্রদান ছেদ বলে।

* * *

বহুনির্বাচনি প্রশ্নের উত্তরের জন্য প্রয়োজনীয় বিষয়াবলির সার-সংক্ষেপ

- ১। আলো এক প্রকার তড়িৎচুম্বক তরঙ্গ। তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ লম্বিক তরঙ্গ বা অনুপস্থ তরঙ্গ তা **সমবর্তন** পরীক্ষা থেকে জানা যায়।
- ২। তড়িৎ চৌম্বক **বর্ণালীতে** অবলোহিত রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি।
- ৩। আলোক হলো বিকিরণ কোয়ান্টা, ফোটন কণা। ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 3000 \AA এবং কম্পাঙ্ক 10^{15} Hz ।
- ৪। হাইগেনের তরঙ্গমুখ গঠনের তত্ত্ব দিয়ে বর্ণালীর উৎপত্তির ব্যাখ্যা করা যায় না।
- ৫। দৃশ্যমান বর্ণালীর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিমাণ $4 \times 10^{-7} \text{ m} - 7 \times 10^{-7} \text{ m}$ এবং শক্তি পাছা $(2-3) \text{ eV}$ হয়।
- ৬। আলোর কম্পন বলতে বোঝায়— (i) E এর কম্পন (ii) B এর কম্পন (iii) E ও B এর মধ্যবর্তী কোণ 90° তিনটি বর্ণের জন্য $\lambda_1 > \lambda > \lambda_2$. [য. বো. ২০১৫]
- ৭। ব্যতিচার এক ধরনের উপরিপাতন। শব্দ তরঙ্গের পোলারণ সম্ভব না।
- ৮। সমবর্তন নামক আলোকীয় ঘটনা মাধ্যমের পরিবর্তনের কারণে প্রভাবিত হয় না।
- ৯। সূর্যের আলোর তরঙ্গগুলোর আকৃতি সমতল, সমবর্তন ঘটে আড় তরঙ্গে।
- ১০। মাইকেলসন-মর্লির পরীক্ষায় ইথারের অস্তিত্ব ভুল প্রমাণিত হয়।
- ১১।
- ১২।



$$D = \frac{2\pi}{\lambda} \times R$$

$$\Rightarrow R = \frac{\lambda}{2\pi} \times D$$

প্র অবনের শর্ত হলো $d \sin \theta = (2n)\lambda/2$ । আবার ফুনহফার অপবর্তনের দূরুন তলে সমতল হবে।

১৩। চীজের প্রতিসরিত দূরুন তল আলোক পাতনের দূরুন তলে সমতল।

১৪। প্রক্রিয়া প্রক্রিয়া।

১৫। d -কণা তল নয়।

d = দশা পার্থক্য, θ = পর্থ পার্থক্য।

এখানে, D হলো স্ফট দৃষ্টির ন্যূনতম দূরত্ব।

~~অসীম দূরত্বে বা স্বাভাবিক দৃষ্টির ফোকাসিং-এর ক্ষেত্রে দেখানো যায় যে,~~

$$\text{বিবরণ, } m = \frac{f_0}{f_c}$$

(6.26)

কাজ : দূরবীক্ষণ যন্ত্রে নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের চেয়ে অতিরিক্ত একটি লেন্স ব্যবহার করা হয় কেন ?
অথবা, নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্র দিয়ে পৃথিবীর দূরবর্তী বস্তুকে দেখতে হলে অভিলম্ব এবং অভিনেত্রের মাঝে একটি অভিরিক্ত উত্তল লেন্স ব্যবহার করতে হয় কেন ?

নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রে স্ফট চূড়ান্ত প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে বাস্তব ও উল্টা হয়। নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলম্ব এবং অভিনেত্রের মাঝে একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করলে প্রতিবিম্বকে আরও একবার উল্টিয়ে লক্ষ্যবস্তুর করতে হয়।

প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রের সুবিধা :

- ১) এই দূরবীক্ষণে র্ণ ত্রুটি বা গোলকীয় ত্রুটি থাকে না ফলে উজ্জ্বল ও দ্রুতিমূল প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়।
- ২) বড় উন্মেষের লেন্স তৈরির চেয়ে বড় উন্মেষের দর্পণ তৈরি অনেক সহজ।

অগুবীক্ষণ যন্ত্র ও দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বৈশিষ্ট্য

Characteristics of microscope and telescope

অগুবীক্ষণ যন্ত্রের বৈশিষ্ট্য :

- ১) নিকটবর্তী অতি ক্ষুদ্র বস্তু পর্যবেক্ষণের কাজে ব্যবহৃত হয়।
- ২) অভিনেত্রের সাপেক্ষে অভিলক্ষ্য লেন্সের উন্মেষ ও ফোকাস দূরত্ব ছোট হয়।
- ৩) অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের উভয় দ্বারা প্রতিবিম্ব কম-বেশি বিবর্ধিত হয়।
- ৪) অভিলক্ষ্যে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব তার ফোকাস দূরত্ব অপেক্ষা অধিক দূরত্বে গঠিত হয়।
- ৫) চূড়ান্ত প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে উল্টা হয়।

দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বৈশিষ্ট্য :

- ১) দূরের বস্তু দেখার কাজে ব্যবহৃত হয়।
- ২) অভিনেত্রের সাপেক্ষে অভিলক্ষ্য লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও উন্মেষ বড় হয়।
- ৩) অভিলক্ষ্যে লক্ষ্যবস্তুর আকারের চেয়ে ছোট আকারের প্রতিবিম্ব গঠিত হয় এবং এই প্রতিবিম্ব অভিনেত্রে দ্বারা গঠিত হয়।
- ৪) অভিলক্ষ্যে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব তার ফোকাস তলে গঠিত হয়।
- ৫) চূড়ান্ত প্রতিবিম্ব কোনো কোনো দূরবীক্ষণ যন্ত্রে লক্ষ্যবস্তুর সাপেক্ষে সিধা ও কোনো কোনো দূরবীক্ষণ যন্ত্রে হয়।



৬.৬ প্রিজমে আলোর প্রতিসরণ ও বিচ্ছুরণ

Refraction and Dispersion of light in a Prism

প্রিজম

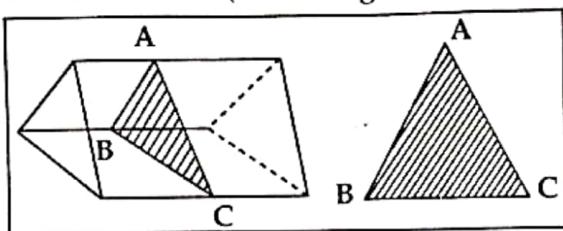
Prism

প্রিজমের সংজ্ঞা সম্পর্কে বিভিন্ন পদার্থবিদ বিভিন্ন ধারণা পোষণ করেন। এ সব ধারণার প্রেক্ষিতে প্রিজমের নিম্নলিখিত যে কোনো একটি সংজ্ঞা দেয়া যেতে পারে—

- (১) তিনটি পরস্পরচ্ছেদী সমতল পৃষ্ঠা দ্বারা সীমাবদ্ধ একটি স্বচ্ছ সমসত্ত্ব মাধ্যমকে প্রিজম বলে।
- (২) দুটি পরস্পর হেলানো সমতল পৃষ্ঠা দ্বারা সীমাবদ্ধ কোনো স্বচ্ছ সমসত্ত্ব প্রতিসারক মাধ্যমকে প্রিজম বলে।
- (৩) তিনটি আয়তক্ষেত্রাকার এবং দুটি ত্রিভুজাকার সমতল পৃষ্ঠা দ্বারা সীমাবদ্ধ কোনো স্বচ্ছ সমসত্ত্ব প্রতিসারক মাধ্যমকে প্রিজম বলে। প্রিজমের মোট (পাঁচটি) তল থাকে।
- (৪) একটি স্বচ্ছ বস্তুকে যদি ছয়টি আয়তক্ষেত্রিক তল দ্বারা এমনভাবে সীমাবদ্ধ করা হয় যে, যে কোনো দুই জোড়া বিপরীত তল সমান্তরাল, কিন্তু অপর দুটি তল সমান্তরাল না হয়ে পরস্পর আনত অবস্থায় থাকে, তা হলে তাকে প্রিজম বলে।

(চৈতি তল)

প্ৰিজমেৰ যে তল দিয়ে আলোক রশি প্ৰবেশ কৰে এবং যে তল দিয়ে আলোক রশি বেৱ হয়ে যায় তাৰেৱকে প্ৰিজমেৰ প্ৰতিসৱণ তল (Refracting surface) বলে। প্ৰতিসৱণ তলদ্বয় যে রেখায় ছেদ কৰে তাকে প্ৰিজমেৰ শৰ্ষ (edge) বলে এবং তাৰেৱ মধ্যবৰ্তী কোণকে প্ৰিজম কোণ (Angle of the prism) বা প্ৰতিসৱণ কোণ (Refracting angle) বলে। প্ৰিজম কোণৰ বিপৰীত তলকে প্ৰিজমেৰ ভূমি (Base) বলে। প্ৰিজমেৰ মধ্য দিয়ে প্ৰতিসৱণ তলদ্বয়ৰ সাথে লম্ব হয় এমন যে কোনো একটি কলিত সমতলকে প্ৰিজমেৰ ছেদ (Section) বলে।



চিত্ৰ ৬.১৮

৬.১৮নং চিত্ৰে AB এবং AC প্ৰিজমেৰ প্ৰতিসৱণ তল, $\angle A$ প্ৰিজম কোণ, BC প্ৰিজমেৰ ভূমি এবং ABC প্ৰিজমেৰ ছেদ।

প্ৰিজমেৰ মধ্য দিয়ে আলোককেৰ প্ৰতিসৱণ Refraction of light through prism

মনে কৰি ABC একটি প্ৰিজমেৰ প্ৰধান ছেদ। AB এবং AC প্ৰতিসৱণ তল, $\angle A$ প্ৰিজম কোণ এবং BC প্ৰিজমেৰ ভূমি [চিত্ৰ ৬.১৯]।

মনে কৰি PQ কোনো আপত্তি রশি বায়ু হতে প্ৰিজমেৰ AB তলেৰ Q বিন্দুতে তিৰ্যকভাৱে আপত্তি হলো। এক্ষেত্ৰে আলোক রশি লঘুতৰ মাধ্যম হতে ঘনতৰ মাধ্যমে প্ৰবেশ কৰাৰ ফলে প্ৰতিসৃত রশি Q বিন্দুতে AB তলেৰ উপৰ অঙ্কিত অভিলম্ব NQO'-এৰ অভিমুখে সৱে গিয়ে QR পথে প্ৰতিসৃত হবে। এৰ পৰ ঐ রশি AC তলেৰ R বিন্দুতে আপত্তি হবে এবং আবাৰ বায়ু মাধ্যমে RS পথে নিৰ্গত হবে। তা হলে আবাৰ রশিৰ পথে প্ৰতিসৱণ ঘটবে এবং কাচ হতে বায়ুতে যাবাৰ ফলে প্ৰতিসৃত রশি AC তলেৰ R বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্ব N'R হতে দূৰে সৱে যাবে। এখানে PQRS আলোক রশিৰ পথ নিৰ্দেশ কৰে। যদি আলোকেৰ পথে প্ৰিজমটি না থাকত তা হলে আপত্তি রশি PQ সোজাপথে চলে যেত। প্ৰিজমেৰ উপস্থিতিৰ ফলে আলোক রশিৰ পথ পরিবৰ্তিত হয়েছে অৰ্থাৎ আলোক রশিৰ বিচুতি ঘটেছে। এখন আপত্তি রশি PQ-কে সামনেৰ দিকে L পৰ্যন্ত এবং নিৰ্গত রশি RS-কে পিছনেৰ দিকে বৰ্ধিত কৰলে এৱং O বিন্দুতে মিলিত হবে। এখানে ঐ রশিৰ জন্য $\angle SOL$ বিচুতি কোণ নিৰ্দেশ কৰে। এটিকে δ বা D দ্বাৰা সূচিত কৰা হয়।

$$\therefore \angle SOL = \delta \text{ বা } D.$$

বিচুতি কোণৰ সংজ্ঞা : প্ৰিজমে আপত্তি রশিৰ কোণকে সামনেৰ দিকে এবং নিৰ্গত রশিৰ কোণকে পিছনেৰ দিকে বৰ্ধিত কৰলে এদেৱ অন্তৰ্ভুক্ত কোণকে বিচুতি কোণ বা বিচুতি কোণ বলে। এক কথায় বলা যায়, আপত্তি রশি এবং নিৰ্গত রশি অন্তৰ্ভুক্ত কোণকে বিচুতি কোণ বলে। একে δ বা D দ্বাৰা সূচিত কৰা হয়।

অঙ্কন : ধৰি N'R-কে পিছনেৰ দিকে বৰ্ধিত কৰায় তা NQO'-এৰ সাথে O' বিন্দুতে মিলিত হলো।

বিচুতিৰ হিসাব : মনে কৰি $\angle PQN = i_1$, $\angle O'QR = r_1$, $\angle SRN' = i_2$ এবং $\angle O'RQ = r_2$ ।

তা হলে মোট বিচুতি, $\delta = Q$ বিন্দুতে বিচুতি + R বিন্দুতে বিচুতি

$$\text{বা, } \delta = x + x' = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$

$$\text{বা, } \delta = (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2) \quad \dots$$

$$\text{এখন, } O'QR \text{ ত্ৰিভুজে, } \angle O' + \angle r_1 + \angle r_2 = \text{দুই সমকোণ} \quad \dots \quad (6.27)$$

$$\text{পুনৰায় } AQQ'R \text{ ত্ৰিভুজে, } \angle AQQ' = \angle ARO' = \text{এক সমকোণ} \quad \dots \quad (6.28)$$

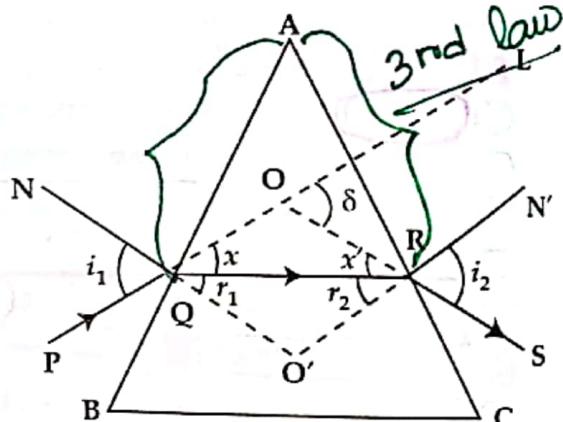
$$\therefore \angle A + \angle O' = \text{দুই সমকোণ} \quad \dots$$

$$\therefore \text{সমীকৰণ } (6.28) \text{ এবং } (6.29) \text{ হতে আমৰা পাই,} \quad \dots \quad (6.29)$$

$$\angle A + \angle O' = \angle O' + \angle r_1 + \angle r_2$$

$$\therefore \angle A = \angle r_1 + \angle r_2 \quad \dots$$

$$\checkmark \quad \therefore \boxed{\angle A = \angle r_1 + \angle r_2} \quad \dots \quad (6.30)$$



চিত্ৰ ৬.১৯

এখন সমীকরণ (6.27)-এ $(r_1 + r_2)$ -এর মান বসিয়ে আমরা পাই,

বিচুতি, $\delta = i_1 + i_2 - A$

(6.31)

এটিই হলো প্রিজমের মধ্য দিয়ে আলোক রশ্মির বিচুতির পরিমাণ নির্দেশক রাশিমালা।

অতএব, প্রথম আপতন কোণ, দ্বিতীয় প্রতিসরণ কোণ এবং প্রিজম কোণের মান জেনে প্রিজমের মধ্য দিয়ে অতিক্রমশীল রশ্মির বিচুতি নির্ণয় করা যায়।

ন্যূনতম বিচুতি কোণ, δ_m (Angle of minimum-deviation, δ_m)

আমরা জানি, কোনো একটি প্রিজমের মধ্য দিয়ে আলোক রশ্মি গমন করলে প্রতিসরণজনিত কারণে তার বিচুতি ঘটে এবং আপতিত ও নির্গত রশ্মির মধ্যবর্তী কোণই বিচুতির পরিমাণ নির্দেশ করে। এই বিচুতির মান আপতন কোণের উপর নির্ভর করে। নিম্নমান হতে শুরু করে আপতন কোণের মান ক্রমাগত বাড়তে থাকলে বিচুতির মান কমতে থাকে এবং আপতন কোণের এক নির্দিষ্ট মানের জন্য বিচুতি সর্বাপেক্ষা কম হয় [চিত্র ৬.২০]। এর পর আপতন কোণ বাড়লে বিচুতি বাড়তে থাকে। বিচুতির এ সর্বনিম্ন মানকে ন্যূনতম বিচুতি কোণ বলে এবং একে δ_m বা D_m দ্বারা ব্যক্ত করা হয়।

সংজ্ঞা : প্রিজমে আপতিত রশ্মির আপতন কোণের একটি নির্দিষ্ট মানের জন্য বিচুতি কোণের মান সর্বনিম্ন হয়। বিচুতি কোণের এই সর্বনিম্ন মানকেই ন্যূনতম বিচুতি কোণ বলে।

প্রিজমের যে অবস্থানে ন্যূনতম বিচুতি হয়, সেই অবস্থানকে প্রিজমের ন্যূনতম বিচুতির অবস্থান (Position of minimum deviation) বলে।

আপতন কোণ i_1 -কে X-ক্ষেত্রে এবং বিচুতি কোণ δ -কে Y-ক্ষেত্রে স্থাপন করে একটি লেখচিত্র অঙ্কন করলে যে আপতন কোণের জন্য বিচুতি কোণের মান সবচেয়ে কম, ঐ বিচুতি কোণই ন্যূনতম বিচুতি কোণ। চিত্র ৬.২০-এ δ_m ন্যূনতম বিচুতি কোণ।

পরীক্ষালক্ষ্য ফলাফল হতে দেখা যায় যে, ন্যূনতম বিচুতির ক্ষেত্রে $i_1 = i_2$ ও $r_1 = r_2$ । কাজেই ন্যূনতম বিচুতিতে আলোক রশ্মি নিম্নের কয়েকটি শর্ত মেনে চলবে।

ন্যূনতম বিচুতির শর্ত (Conditions for minimum deviation)

ন্যূনতম বিচুতির তিনটি শর্ত আছে, যথা—

① ন্যূনতম বিচুতির ক্ষেত্রে, $i_1 = i_2 = \frac{A + \delta_m}{2}$ হবে (6.32)

② ন্যূনতম বিচুতির ক্ষেত্রে, $r_1 = r_2 = \frac{A}{2}$ হবে (6.33)

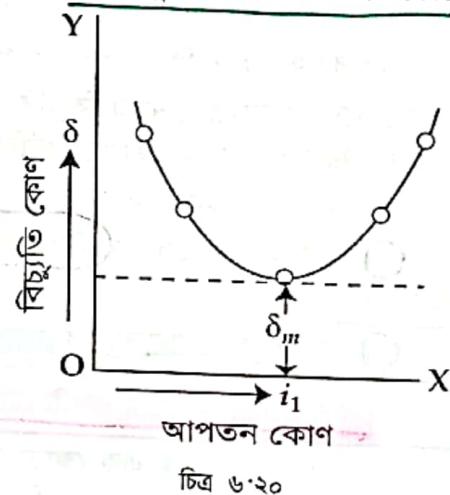
③ ন্যূনতম বিচুতির ক্ষেত্রে আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসমভাবে (symmetrically) গমন করে অর্থাৎ প্রিজমের শীর্ষ হতে প্রথম ও দ্বিতীয় প্রতিসরণ পৃষ্ঠে আলোক রশ্মির আপতন বিন্দুর দূরত্ব সমান হবে [চিত্র ৬.১৯ $AQ = AR$]। এ অবস্থায় প্রতিসূত্র রশ্মি সমদ্বিবাহু বা সমবাহু প্রিজমের ভূমির সমান্তরাল হবে। $ab = ae$

প্রিজম পদার্থের প্রতিসরণাঙ্ক এবং ন্যূনতম বিচুতি কোণের মধ্যে সম্পর্ক
Relation between the refractive index of the material of the prism and angle of minimum deviation

মনে করি চারপাশের মাধ্যমের সাপেক্ষে প্রিজম পদার্থের প্রতিসরণাঙ্ক = μ

$$\therefore \text{আমরা পাই}, \mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} \quad \dots \dots \dots \quad (6.34)$$

আমরা জানি, $\delta = i_1 + i_2 - A$ এবং $A = r_1 + r_2$



কিন্তু ন্যূনতম বিচুতিতে আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করলে, $i_1 = i_2$ এবং $r_1 = r_2$

$$\therefore \delta_m = i_1 + i_2 - A = 2i_1 - A$$

$$\therefore 2i_1 = A + \delta_m \text{ বা, } i_1 = \frac{A + \delta_m}{2} \text{ এবং } A = r_1 + r_2 = 2r_1$$

$$\therefore r_1 = \frac{A}{2}$$

এখন সমীকরণ (6.34)-এ i_1 এবং r_1 -এর মান বসিয়ে আমরা পাই,

$$\mu = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$A = \mu^2 \sin \left(\frac{A + \delta_m}{2} \right) \quad (6.35)$$

উপরের সমীকরণ প্রিজম পদার্থের প্রতিসরাঙ্গক এবং ন্যূনতম বিচুতির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে।

কোনো প্রিজমের ন্যূনতম বিচুতি 36° বলতে বুঝায় প্রিজমের আপত্তি আলোক রশ্মির আপতন কোণের একটি নির্দিষ্ট মানের জন্য বিচুতি কোণের সর্বনিম্ন মান 36° হয়। ৩৬° কে ন্যূনতম বিচুতি কোণও বলে।

এখনে উল্লেখ করা যায় যে,

(i) ন্যূনতম বিচুতির মান প্রিজমের উপাদান, চারপার্শস্থ মাধ্যম, প্রিজমের কোণ ও আপত্তি আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে।

(ii) বেগুনি বর্ণের আলোকের চেয়ে লাল বর্ণের আলোকের জন্য ন্যূনতম বিচুতি কোণ কম। $V = P_1$

কাজ : একই উপাদানের তৈরি একটি ছোট প্রিজম ও একটি বড় প্রিজম উভয়ের প্রতিসরাঙ্গক সমান হবে কী ?

মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্গক এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম ও একই বর্ণের আলোর উপর নির্ভরশীল। তাই প্রিজম দুটি যেহেতু একই উপাদানের তৈরি তাই প্রিজম ছোট বা বড় এর উপর প্রতিসরাঙ্গক নির্ভর করে না। এক্ষেত্রে তাই উভয় প্রিজমের প্রতিসরাঙ্গক একই হবে।

নিজে কর : লাল আলো এবং বেগুনি আলোর জন্য প্রতিসরাঙ্গকের মানের কোনো তারতম্য হবে কী ?

মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্গক আলোর তরঙ্গাবৈদ্যুর্ধের উপর নির্ভরশীল। তরঙ্গাবৈদ্যুর্ধের মান বেশি হলে প্রতিসরাঙ্গকের মান কমে যায়। আবার তরঙ্গাবৈদ্যুর্ধের মান কমে গেলে প্রতিসরাঙ্গকের মান বেড়ে যায়। তাই লাল আলোর তরঙ্গাবৈদ্যুর্ধ বেশি হওয়ায় এই আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্গক কম হবে। অন্যদিকে বেগুনি আলোর তরঙ্গাবৈদ্যুর্ধ কম হওয়ায় বেগুনি আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্গক বেশি হবে।

গাণিতিক উদাহরণ

১। ১.৫ প্রতিসরাঙ্গকের কোনো কাচ প্রিজমের এক পৃষ্ঠের উপর আলোক রশ্মি লম্বভাবে আপত্তি হয় এবং প্রিজমের দ্বিতীয় পৃষ্ঠের গাঘেয়ে নির্গত হয়। প্রিজম কোণ নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

$$r_1 + r_2 = A$$

$$\text{এবং } \mu = \frac{1}{\sin \theta_c}$$

সমীকরণ (ii) থেকে পাই,

$$1.5 = \frac{1}{\sin \theta_c}$$

$$\therefore \sin \theta_c = \frac{1}{1.5}$$

$$\therefore \theta_c = 41.81^\circ = r_2$$

$$\text{এখন, } i_1 = 0$$

$$\therefore r_1 = 0$$

সমীকরণ (i) থেকে পাই,

$$0 + 41.81^\circ = A$$

$$\therefore A = 41.81^\circ$$

এখনে,

$$\mu = 1.5$$

$$r_2 = 0_c$$

$$i_1 = 0^\circ$$

প্রিজম কোণ নির্জন করুন :

① আপত্তি আলোকে কর্ণ

② প্রিজমের দ্বেষ

③ প্রিজমের জ্যামান

④ চারপাশের ছান্ন

৩৬° কে ন্যূনতম বিচুতি কোণ বলুন।
 জ্যামিতিক আলোকবিজ্ঞান

২৪১

২। একটি প্রিজমকে ন্যূনতম বিচুতি অবস্থানে স্থাপন করে আপতন কোণের মান 40° পাওয়া যায়। প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হলে প্রিজম কোণ কত ?
 [য. বো. ২০০৮]

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } 1.5 = \frac{\sin \frac{A + i_1 + i_2 - A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } 1.5 = \frac{\sin \frac{i_1 + i_2}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad [\text{ন্যূনতম বিচুতি } \delta_m = i_1 + i_2 - A \text{ এবং } i_1 = i_2]$$

$$\text{বা, } 1.5 = \frac{\sin i_1}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{বা, } \sin \frac{A}{2} = \frac{\sin 40^\circ}{1.5} = \frac{0.642}{1.5} = 0.4285$$

$$\text{বা, } \frac{A}{2} = \sin^{-1} 0.4284 = 25.37^\circ$$

$$\therefore A = 2 \times 25.37^\circ \\ = 50.74^\circ = 50^\circ 44'$$

বিচুতি কোণ = $\frac{\text{প্রতিস্থানাংশের মান}}{\text{তত্ত্বাংশের মান}} \times \frac{1}{\sqrt{3}}$

৩। একটি প্রিজমে কোনো একটি রশ্মির নির্গমন কোণ প্রিজম কোণের সমান কিন্তু ঐ তলের আপতন কোণের দিগুণ। প্রিজম উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{3}$ হলে দেখাও যে, প্রিজম কোণ 60° ।
 [ক. বো. ২০০৮]

আমরা জানি, আলোক রশ্মিটি কাচ থেকে বায়ুতে গেলে,

$$g\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\therefore \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sin \frac{A}{2}}{\sin A}$$

$$= \frac{\sin \frac{A}{2}}{2 \sin \frac{A}{2} \cos \frac{A}{2}} \\ = \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\cos \frac{A}{2}}$$

$$\therefore \cos \frac{A}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\therefore \frac{A}{2} = 30^\circ$$

$$\therefore A = 60^\circ \text{ (প্রমাণিত)}$$

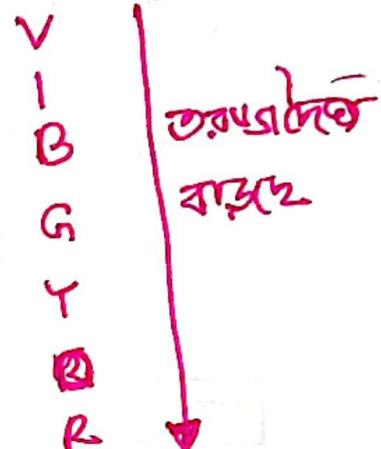
এখানে,

$$i_1 = i_2 = 40^\circ$$

$$\mu = 1.5$$

$$A = ?$$

৩৮০-৭৮০ nm



এখানে,

$$\text{নির্গমন কোণ, } r_2 = A = r$$

$$\text{আপতন কোণ, } i_2 = \frac{r_2}{2} = \frac{A}{2} = i$$

$$g\mu_g = \sqrt{3}$$

$$g\mu_a = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$A = ?$$

৪। একটি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং এর উপাদানের প্রতিসরাঙ্গ 1.48। ন্যূনতম বিচুতি কোণ নির্ণয় কৰ।
সি. বো. ২০১০; ব. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৪।

এখনে,

$$A = 60^\circ$$

$$\mu = 1.48$$

আমৰা জানি,

$$\mu = \sin \frac{A + \delta_m}{2}$$

~~MTR 08F-08~~

$$\text{বা, } 1.48 = \frac{\sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2}}{\sin \frac{60^\circ}{2}}$$

$$\text{বা, } 1.48 = \frac{\sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2}}{\frac{1}{2}}$$

$$\text{বা, } \frac{60^\circ + \delta_m}{2} = \sin^{-1} \frac{1.48}{2} \quad \text{বা, } \frac{60^\circ + \delta_m}{2} = 47.73$$

$$\text{বা, } 60^\circ + \delta_m = 95.46^\circ$$

$$\therefore \delta_m = 35.46^\circ$$

$$\text{বা, } 1.48 = \frac{\sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2}}{\sin 30^\circ}$$

$$\text{বা, } \sin \frac{60^\circ + \delta_m}{2} = \frac{1.48}{2}$$

$$\frac{60^\circ + \delta_m}{2} = \sin^{-1} \frac{1.48}{2}$$

$$\frac{60^\circ + \delta_m}{2} = 47.73$$

$$\therefore \delta_m = 35.46^\circ$$

কাজ : লেপ এবং প্রিজমের আলোর প্রতিসরণ তুলনা কৰ।

লেপের মধ্য দিয়ে একগুচ্ছ আলোকরশি গমনকালে কোথাও মিলিত হবে না (অবতল লেপে) অথবা কোনো ক্ষুণ্ণ থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় (অবতল লেপে)। অপর পক্ষে, প্রিজমের মধ্য দিয়ে সাদা আলোক রশি প্রতিসরণের ফলে সাতটি মূল বর্ণসমূহের একটি সজ্জা পাওয়া যায় যাকে বর্ণালী বলে। বিচুরিত আলোক রশিসমূহ প্রত্যেকেই একবর্ণ।

আলোর বিচুরণ

Dispersion of light

হীরা, মূল্যবান রত্ন, স্ফটিক ইত্যাদির মধ্য দিয়ে আলো প্রবেশ করলে তা বিভিন্ন উজ্জ্বল বর্ণের সৃষ্টি করে, এই অভিজ্ঞতা মানুষের প্রাচীনকাল থেকেই ছিল। বিভিন্ন উজ্জ্বল বর্ণ সৃষ্টির ক্ষমতার উপর নির্ভর করেই রত্নরাজির মূল্য ক্রম বেশি হতো। কিন্তু সাধারণ আলো প্রবেশে কেন উজ্জ্বল বর্ণের আলো সৃষ্টি হয় তার ব্যাখ্যা কারো জানা ছিল না। 1666 খ্রিস্টাব্দে বিখ্যাত বিজ্ঞানী স্যার আইজাক নিউটন পরীক্ষার সাহায্যে প্রথম প্রমাণ করেন যে, সাদা আলোর প্রকৃতি যৌগিক।

সূর্যের সাদা রশি কাচ প্রিজমের মধ্য দিয়ে গমন করলে প্রতিসৃত রশি সাতটি ভিন্ন বর্ণে বিচুরিত হবার কারণ কী? কেনই বা রশিগুলি প্রিজমের দিকে বেঁকে যায়? কাচের মতো বিচুরক মাধ্যমে বিভিন্ন বর্ণের আলোকরশির গতিবেগ বিভিন্ন। লাল আলোর গতিবেগ সর্বাপেক্ষা বেশি এবং বেগুনি বর্ণের সর্বাপেক্ষা কম। বিভিন্ন গতিবেগের ফলে প্রিজমের বেধ অতিক্রম করতে লাল, নীল প্রভৃতি আলোকরশি বিভিন্ন সময় নেয় এবং পরস্পর হতে পৃথক হয়ে পড়ে। শূন্য মাধ্যমে অথবা বায়ুতে বিভিন্ন বর্ণের আলোকরশির গতিবেগ সমান বলে শূন্য মাধ্যম অথবা বায়ু মাধ্যম দিয়ে যাবার সময় সাদা আলোর কোনো বিচুরণ হয় না। সাদা রঙের আলোর এই সাতটি রঙে বিশিষ্ট হওয়ার প্রক্রিয়াকে বিচুরণ বলে। প্রিজম হতে নির্গত রশিকে পর্দার উপর ফেললে সাতটি রঙের এক মনোরম পটি (Band) দেখা যায়। এই রঙিন পটির নাম বর্ণালী (Spectrum)। সূতৰাং, বিচুরণ বর্ণালীর নিম্নোক্ত সজ্জা দেয়া যায়।

সজ্জা : সাদা আলোক রশি প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের ফলে সাতটি মূল বর্ণের আলোকে বিভক্ত হওয়া আলোর বিচুরণ বলে।

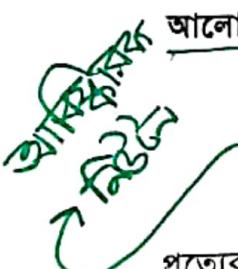
সাধারণভাবে বলা যায় যে, কোনো যৌগিক আলোক রশির বিভিন্ন বর্ণে বিভক্ত হওয়াকে বিচুরণ বলে।

বিচুরণের ফলে মূল বর্ণসমূহের যে সজ্জা পাওয়া যায় তাকে বর্ণালী বলে।

বিচুরক মাধ্যম : যে মাধ্যম এ ধরনের বিচুরণ ঘটায় তাকে বিচুরক মাধ্যম (Dispersive medium) বলে।

সাদা আলোক বিশিষ্ট হলে যে সাতটি বর্ণ পাওয়া যায় এদের প্রত্যেকটির একটিমাত্র তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকে, তাঁ

প্রত্যেকটিকে একবর্ণ আলোক বলে।



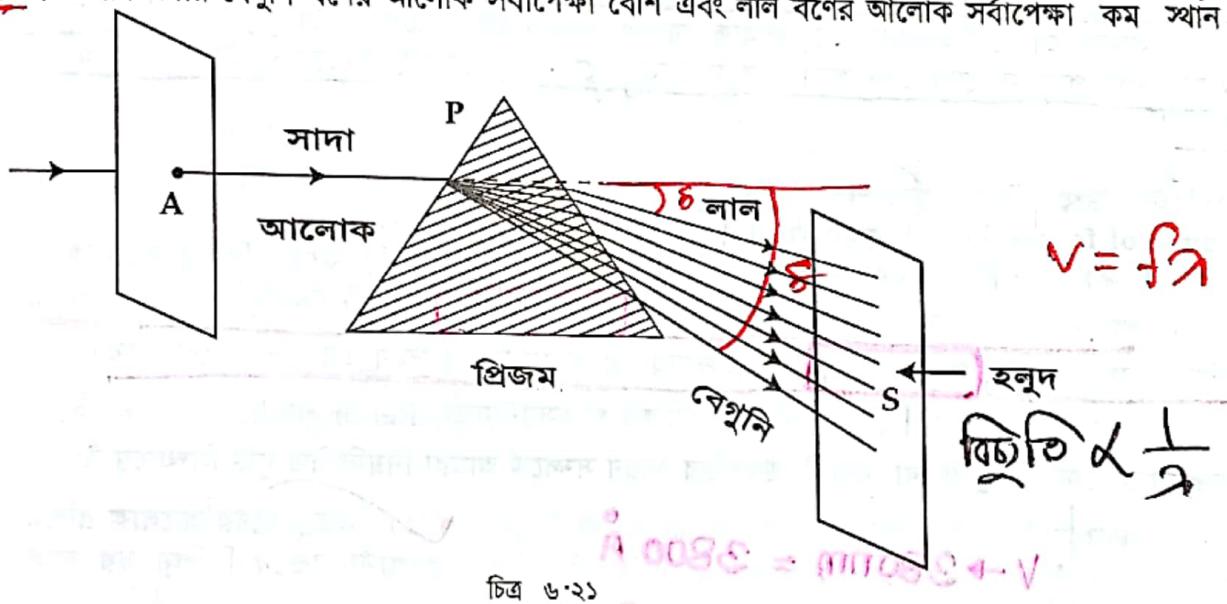
অর্ধাং যে আলোক রশ্মির একটিমাত্র তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকে তাকে একবর্ণী আলো (monochromatic light)

বলে।

আলো যখন কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হয় তখন পদার্থের ইলেক্ট্রন দ্বারা উক্ত বিকিরণ শোষিত হয়। ফলে ঐ সকল ইলেক্ট্রন অতিরিক্ত শক্তির কারণে নতুনভাবে ছন্দিত গতিসম্পন্ন হয় এবং অণু-অণু সংঘর্ষ কিংবা পুনরায় বিকিরণের মাধ্যমে এই শক্তি হ্রাস পায়। সুতরাং ছন্দিত গতিসম্পন্ন ইলেক্ট্রন শোষিত বিকিরণ পুনরায় স্পেসে বিকিরণ করতে পারে। এই প্রক্রিয়াকে বিকিরণের বিক্ষেপণ বলে।

সাদা আলোক বিশিষ্ট হলে যে সাতটি বর্ণ পাওয়া যায় এই বর্ণগুলো যথাক্রমে বেগুনি (Violet), নীল (Indigo), আসমানি (Blue), সবুজ (Green), হলুদ (Yellow), কমলা (Orange) এবং লাল (Red)। এই বর্ণগুলোর এক প্রান্তে থাকে লাল এবং অপর প্রান্তে থাকে বেগুনি। লাল এবং বেগুনি বর্ণের মধ্যে থাকে বাকি পাঁচটি বর্ণ। বর্ণালীর বর্ণ সম্ভাকে সহজে মনে রাখার জন্য বর্ণগুলোর নামের বাংলা প্রথম অক্ষর নিয়ে বেনীআসহকলা পদ গঠন করা হয়েছে। ইংরেজিতে অনুরূপ পদ 'VIBGYOR'।

পরীক্ষা : (১) মনে করি, অস্বচ্ছ পর্দায় A একটি সরু ছিদ্র, P একটি কাচ প্রিজম এবং প্রিজমের অপর পার্শ্বে কিছু দূরে অবস্থিত S একটি পর্দা [চিত্র ৬.২১]। সরু ছিদ্র দিয়ে সাদা আলোক রশ্মি প্রিজমে আপত্তি হলে প্রতিস্তৃত রশ্মিটি সাতটি মূল বর্ণে বিভক্ত হবে এবং পর্দার উপরে একটি রঙিন পত্রি পাওয়া যাবে। এই পত্রির এক প্রান্তে থাকে লাল বর্ণ এবং অপর প্রান্তে থাকে বেগুনি বর্ণ। বিভিন্ন বর্ণের সাপেক্ষে প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক বিভিন্ন বলে এই বর্ণালীর সৃষ্টি হয়। দেখা যাবে লাল বর্ণের আলোক রশ্মির বিচ্ছুতি সর্বাপেক্ষা কম এবং বেগুনি বর্ণের আলোক রশ্মির বিচ্ছুতি সর্বাপেক্ষা বেশি। আবার পর্দায় বেগুনি বর্ণের আলোক সর্বাপেক্ষা বেশ এবং লাল বর্ণের আলোক সর্বাপেক্ষা কম স্থান



চিত্র ৬.২১

দখল করে থাকে। হলুদ বর্ণের আলোক রশ্মির বিচ্ছুতি লাল ও বেগুনি বর্ণের আলোক রশ্মির বিচ্ছুতির মাঝামাঝি। এজন্য এর বিচ্ছুতিকে গড় বিচ্ছুতি (Mean deviation) এবং হলুদ বর্ণের রশ্মিকে মধ্য রশ্মি (Mean ray) বলা হয়।

(২) মুখে পানি নিয়ে সূর্যকে পিছনে রেখে মুখ দিয়ে আস্তে আস্তে পানি ছিটিয়ে দিলে পানি বিন্দুর মধ্য দিয়ে সূর্য রশ্মির প্রতিসরণের ফলে সাতটি বর্ণবিশিষ্ট একটি ধনুকাকৃতি বর্ণালী দেখা যাবে।

(৩) সূর্যের আলোক রশ্মি মেঘের গোলাকৃতি পানি বিন্দুর উপর আপত্তি হবার পর প্রতিসরণের ফলে আকাশের গায়ে রংধনু বা রামধনু (Rainbow) সৃষ্টি করে। আকাশের যে দিকে সূর্য তার বিপরীতে সাধারণত এই বর্ণালী দেখা যায়।

আংশিক/ ইত্যুক্ত প্রায়ল

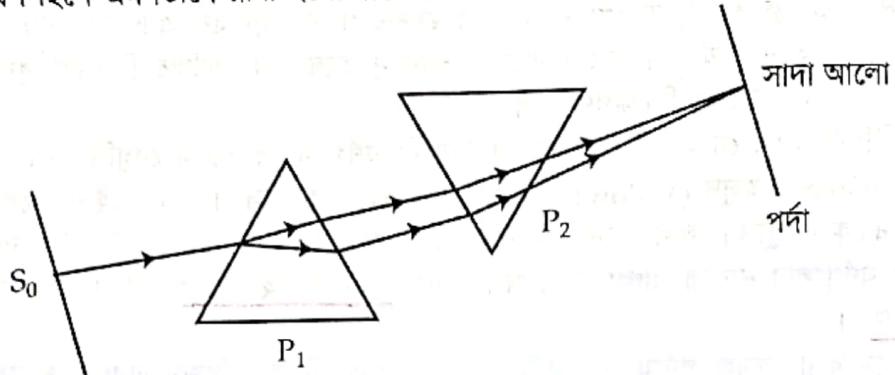
লাল, নীল, আসমানি ইত্যাদিকে মূল বর্ণ বলা হয়। এর কারণ বর্ণগুলোর যেকোনো একটি প্রিজমের মধ্য দিয়ে গমন করলে এদের কোনো বিচ্ছুরণ ঘটবে না।

অনুসন্ধানমূলক কাজ : সাদা আলো কাচ প্রিজমে প্রবেশ করলে বর্ণালী সৃষ্টি হয় কেন?

সাদা আলোতে সাতটি বর্ণের আলোক রশ্মি থাকে। প্রতিটি আলোক রশ্মির জন্য প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন। তাই এরা প্রিজমের মধ্য দিয়ে গমনকালে ভিন্ন ভিন্ন মানে বিচ্ছুত হয়। তখন আলোক রশ্মিগুলো ভিন্ন ভিন্ন কোণে আমাদের চোখে প্রবেশ করলে সাতটি বর্ণ আমরা আলাদাভাবে বুঝতে পারি। এ কারণে সাদা আলো প্রিজমে প্রবেশ করলে বর্ণালী সৃষ্টি হয়।

পরীক্ষণ : বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণকে সঠিক অনুপাতে মিশালে পুনরায় সাদা আলো পাওয়া যায়।

পরীক্ষণটি করার জন্য প্রথম প্রিজম P_1 -এর মতো ঠিক একই রকম অপর একটি প্রিজম P_2 নিতে হবে। একে উন্টাভাবে P_1 প্রিজমের পিছনে এমনভাবে রাখা হলো যাতে উভয় প্রিজমের প্রতিসারক ধারগুলি এবং S রেখাছেন্দ্র সমান্তরাল



চিত্র ৬.২২

হয় [চিত্র ৬.২২]। দেখা যায় যে, সাদা আলো প্রথম প্রিজম দ্বারা বিভিন্ন বর্ণে বিশিষ্ট হওয়ার পর দ্বিতীয় প্রিজম কর্তৃক পুনর্যোজিত হয়। দ্বিতীয় প্রিজম হতে নির্গত হবার পর রশ্মিগুলি পর্দার উপর একটি সাদা পটি গঠন করে।

কাজ : উড়য়মান উড়োজাহাজের ছায়া মাটিতে পড়ে না কেন? ব্যাখ্যা কর।

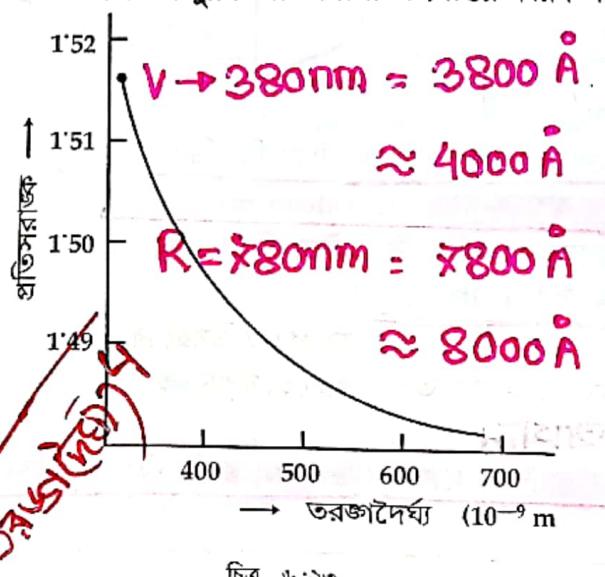
আমরা জানি, উড়য়মান উড়োজাহাজ মেঘের উপর দিয়ে চলাচল করে। ফলে ছায়া ভূমিতে পড়ার পূর্বেই তা মেঘের উপর পড়ে যা মেঘ ভেদ করে আর মাটিতে আসে না। এজন্যই উড়য়মান উড়োজাহাজের ছায়া মাটিতে পড়ে না।

বর্ণালী উৎপন্নির কারণ

Cause of formation of spectrum

প্রিজম পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক ছাড়াও আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে। বিভিন্ন আলোক বর্ণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিভিন্ন। লাল বর্ণের আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি, প্রায় 8000 Å, তাই এর বিচ্যুতি কম হয়। বেগুনি বর্ণের আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম, প্রায় 4000 Å বলে প্রিজমের মধ্য দিয়ে যাবার সময় এর বিচ্যুতি বেশি হয়।

আরও বলা যায় যে, বিভিন্ন বর্ণের আলোকের প্রতিসরণীয়তা (Refrangibility) বিভিন্ন। উপরোক্ত ব্যাখ্যাগুলো হতে আলোকের বিচ্ছুরণ বা বর্ণালী উৎপন্নির কারণ সম্পর্কে আমরা নিম্নলিখিত দুটি সিদ্ধান্তে উপনীত হতে পারি—



চিত্র ৬.২৩

(১) বিভিন্ন বর্ণের আলোক রশ্মির বিচ্যুতি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্যতে দেখিতে পারে। ফলে বর্ণালী উৎপন্ন হয়।

(২) সাদা আলোকের মধ্যে যে সাতটি মূল বর্ণের আলোক আছে তাদের জন্য মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের বিভিন্নতা হেতু বর্ণালী উৎপন্ন হয়।

চিত্র ৬.২৩-এ প্রতিসরাঙ্ক বনাম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের লেখচিত্র দেখানো হয়েছে। লেখচিত্র থেকে দেখা যায় যে, যে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি সে আলোর প্রতিসরাঙ্ক কম, ফলে কম বেঁকে যায়। এ কারণে লাল আলোর প্রতিসরণ কম হয়; পক্ষান্তরে বেগুনি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম, তাই প্রতিসরাঙ্ক বেশি। ফলে বেগুনি আলোর প্রতিসরণ বেশি অর্থাৎ বেশি বেঁকে যায়।

কাজ : বিপদ সংকেতে সব সময় লাল আলো ব্যবহার করা হয়। কেন?

দৃশ্যমান আলোর সাতটি বর্ণের মধ্যে লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা বেশি। আবার, তরঙ্গের বিক্ষেপণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চতুর্থ ঘাতের ব্যস্তানুপাতিক বলে বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে যাবার পথে অন্যান্য বর্ণের আলোর তুলনায় লাল বর্ণের আলোর বিক্ষেপণ কম হবে। এ কারণে লাল আলো বায়ুমণ্ডলে অধিক দূর পর্যন্ত বিস্তার লাভ করতে পারে।

ফলে কোনো বিপজ্জনক স্থানে আসার অনেক আগে থেকেই গাড়ির, জাহাজের বা বিমানের চালক লাল আলো দেখতে পেয়ে বিপদ সম্পর্কে সতর্ক হতে পারে। তাই বিপদ সংকেতে সর্বদা লাল আলো ব্যবহার করা হয়।

নিজে কর : সূর্যোদয় ও সূর্যাস্তের সময় দিগন্ত রেখায় আকাশের রং লাল দেখায় কেন?

সূর্যোদয় ও সূর্যাস্তের সময় সূর্য দিগন্ত রেখার কাছাকাছি অবস্থান করে এবং এই সময় সূর্যালোককে সর্বাপেক্ষা অধিক দূরত্ব অতিক্রম করে পৃথিবীতে আসতে হয়। এতটা দীর্ঘ পথ অতিক্রমের অবকাশে বাযুমণ্ডলের অগু ও ধূলিকণা কর্তৃক সূর্যালোক পুনঃ পুনঃ বিক্ষেপিত হয়। লাল বর্ণ এবং লাল বর্ণের কাছাকাছি বর্ণ ব্যতীত অন্যান্য বর্ণসমূহ অধিক বিক্ষেপিত হয়ে দৃষ্টি পথ হতে অন্যদিকে চলে যায়। কিন্তু লাল ও তার কাছাকাছি দীর্ঘ তরঙ্গাবৈদ্যুতের বর্ণসমূহের বিক্ষেপণ কম হওয়ায় এরা পৃথিবীতে চলে আসে। তাই সূর্যোদয় ও সূর্যাস্তের সময় আকাশ লাল দেখায়?

কাজ : ক্রিকেট খেলায় সাদা বল ব্যবহার করা হয় কেন?

শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে বিভিন্ন বর্ণের আলোক রশ্মির গতিবেগ সমান বলে শূন্য মাধ্যম বা বায়ু মাধ্যম দিয়ে যাওয়ার সময় সাদা আলোর কোনো বিচ্ছুরণ হয় না। ফলে এটি অনেক দূর পর্যন্ত বিস্তার লাভ করতে পারে। তাই এটি সহজে দৃশ্যমান হয়। এজন্য ক্রিকেট খেলায় সাদা বল ব্যবহার করা হয়।

বিচ্ছুরণের পরিমাপ

Magnitude of dispersion

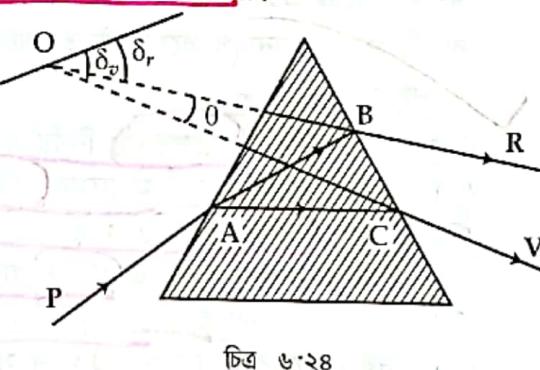
আমরা জানি সাদা আলোক রশ্মি কাচ প্রিজমের মধ্য দিয়ে গমন করলে প্রতিসরণের ফলে নির্গত রশ্মি সাতটি বর্ণে বিভক্ত হয় এবং এরা প্রিজমের ভূমির দিকে বেঁকে যায়। এই বর্ণসমূহের এক প্রান্তে লাল এবং অপর প্রান্তে বেগুনি বর্ণ থাকে। প্রান্তস্থ লাল এবং বেগুনি রশ্মির কৌণিক বিচ্ছুরণের পার্থক্য বিচ্ছুরণের মান নির্দেশ করে।

মনে করি, δ_v এবং δ_r যথাক্রমে লাল এবং বেগুনি বর্ণের আলোক রশ্মির বিচ্ছুরণ [চিত্র ৬.২৪]।

$$\therefore \text{বিচ্ছুরণ}, \theta = \delta_v - \delta_r$$

$$\text{বা}, \theta = \delta_v - \delta_r \quad \dots \dots \quad (6.36)$$

তবে মধ্য রশ্মির বিচ্ছুরণকেই মূল রশ্মির বিচ্ছুরণ ধরা হয়। বিচ্ছুরণ প্রিজম পদার্থের উপাদান, আপতন কোণ এবং প্রিজম কোণের উপর নির্ভর করে। প্রিজমটি ন্যূনতম বিচ্ছুরণ অবস্থানে স্থাপিত হলে প্রতিটি রশ্মির বিচ্ছুরণ ন্যূনতম হবে।



বিচ্ছুরণ ক্ষমতা

কোনো একটি স্বচ্ছ মাধ্যম কর্তৃক সূর্য বর্ণালীতে দুই অন্তিম রশ্মির (বা যে কোনো দুটি বর্ণের আলোক রশ্মির) কৌণিক বিচ্ছুরণের পার্থক্য এবং মধ্য বা গড় রশ্মির কৌণিক বিচ্ছুরণের অনুপাতকে উক্ত মাধ্যমের বিচ্ছুরণ ক্ষমতা বলে। একে W দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

বিচ্ছুরণ ক্ষমতা, $W = \frac{\delta_v - \delta_r}{\delta}$, এখানে δ_v = বেগুনি বর্ণের বিচ্ছুরণ, δ_r = লাল বর্ণের বিচ্ছুরণ এবং δ = মধ্য বা গড় রশ্মির বিচ্ছুরণ।

র্যালের বিক্ষেপণ সূত্র

Scattering Law of Rayleigh

বিখ্যাত বিজ্ঞানী র্যালে বিক্ষিপ্ত আলোর তীব্রতা ও তরঙ্গাবৈদ্যুত সম্পর্কিত একটা সূত্র আবিষ্কার করেন। এই সূত্র অনুসারে, **বিক্ষিপ্ত আলোর তীব্রতা আলোর তরঙ্গাবৈদ্যুতের চতুর্থ ঘাতের ব্যন্তানুপাতিক** ফলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দীর্ঘ তরঙ্গাবৈদ্যুতের আলোর চেয়ে ক্ষুদ্র তরঙ্গাবৈদ্যুতের আলোকে বেশি বিক্ষেপণ করে।

কাজ : পরিষ্কার আকাশ নীল দেখায় কেন? চিত্র ৬.১৪

বাযুমণ্ডলে বিভিন্ন গ্যাসের অগু কর্তৃক সূর্যালোকের বিক্ষেপণের (scattering) জন্য আকাশ নীল দেখায়। বাযুমণ্ডলে ভাসমান ধূলিকণা ও সূর্যালোককে বিক্ষিপ্ত করতে পারে; সেক্ষেত্রে ধূলিকণার আকার দৃশ্যমান আলোর দীর্ঘতম তরঙ্গাবৈদ্যুত অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হওয়া প্রয়োজন। বিক্ষিপ্ত আলোর তীব্রতা তরঙ্গাবৈদ্যুতের চতুর্থ ঘাতের ব্যন্তানুপাতে

পরিবৰ্তিত হয়। ফলে সূর্যালোকের নীল রশ্মিগুলি লাল রশ্মিগুলি অপেক্ষা বেশি বিক্ষিপ্ত হয়। ফলে আকাশের দিকে তাকালে আকাশ নীল দেখায়।

সম্প্রসৱিত কাজ : [চাঁদের আকাশ কালো দেখায়] কেন ?

পৃথিবীৰ বায়ুমণ্ডল না থাকলে বিক্ষেপণ হত না। ফলে আকাশ হতে কোনো আলো আমাদেৱ চোখে পৌছাত না। তখন এমন কি দিনেৱ বেলাতেও আকাশকে কালো দেখাত। নভোচাৰিগণ মহাকাশযানে বায়ুমণ্ডল অতিক্ৰম কৱাৱ পৰ্বত এই অভিজ্ঞতাৰ সম্মুখীন হয়েছেন। চাঁদে কোনো বায়ুমণ্ডল নেই বলে একই কাৱণে চাঁদেৱ আকাশকে কালো দেখায়।

হিসাব কৱ : একটি কাচেৱ প্ৰিজমেৱ প্ৰতিসৱণ কোণ 8° এবং নীল ও লাল বৰ্ণেৱ আলোৱ বেলায় প্ৰতিসৱাঙ্ক যথাক্রমে 1.532 ও 1.514। প্ৰিজম যে কৌণিক বিচুৱণ উৎপন্ন কৱে তা নিৰ্ণয় কৱ। প্ৰিজমেৱ উপাদানেৱ বিচুৱণ ক্ষমতা কত ?

$$\text{নীল ও লাল বৰ্ণেৱ ভেতৱ কৌণিক বিচুৱণ } (\mu_b - \mu_r) A = (1.532 - 1.514) 8^{\circ} = 0.144^{\circ}$$

$$\checkmark \text{ বিচুৱণ ক্ষমতা, } W = \frac{\mu_b - \mu_r}{\mu - 1}$$

$$\text{এখন, } \mu = \frac{\mu_b + \mu_r}{2} = \frac{1.532 + 1.514}{2} = 1.523$$

$$\therefore W = \frac{1.532 - 1.514}{1.532 - 1} = \frac{0.018}{0.523} = 0.034$$

বৰ্ণালী পাঠেৱ প্ৰয়োজনীয়তা (Necessity for studying spectrum)

বৰ্ণালী পাঠেৱ নানারূপ প্ৰয়োজনীয়তা আছে। নিম্নে তা উল্লেখ কৱা হলো—

বৰ্ণালী বিশ্লেষণ দ্বাৰা :

- (১) বিভিন্ন বৰ্ণেৱ (ত্ৰজাদৈৰ্ঘ্য) নিৰ্ণয় কৱা যায়।
- (২) বিভিন্ন বৰ্ণেৱ ক্ষেত্ৰে মাধ্যমেৱ প্ৰতিসৱাঙ্ক নিৰ্ণয় কৱা যায়।
- (৩) বিভিন্ন ধাতুৱ বৈশিষ্ট্য নিৰ্ণয় কৱা যায়।
- (৪) কোনো মিশ্ৰণে উপস্থিতি অজ্ঞাত ধাতুৱ নাম ও প্ৰকৃতি নিৰ্ণয় কৱা যায়।
- (৫) বৰ্ণালী বিশ্লেষণ দ্বাৰা বিভিন্ন মৌল পদাৰ্থ সনাক্ষৰ কৱা যায়।
- (৬) সূৰ্য নক্ষত্ৰেৱ আবহমণ্ডলেৱ গঠন সম্পর্কে ধাৰণা পাওয়া যায়।

প্ৰয়োজনীয় গাণিতিক সূত্ৰাবলি

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \checkmark \quad \text{বৰ্ণালী বিশ্লেষণ দ্বাৰা ?} \quad (1)$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad \checkmark \quad (2)$$

$$P = \frac{1}{f} \quad (\text{ডায়পটাৰ}) \quad \checkmark \quad (3)$$

$$m = 1 + \frac{D}{f} \quad \checkmark \quad \text{১/ অৱগতি পদাৰ্থ পৰিবেশনি} \quad (4)$$

$$m = \frac{v}{u} \left(1 + \frac{D}{f_e} \right) \quad \checkmark \quad \text{২/ প্ৰতিঝড়ণাখণি} \quad (5)$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \dots \quad \checkmark \quad (6)$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad (7)$$

$$m = \frac{f_0}{f_e} \quad \checkmark \quad (8)$$

$$L = f_0 + f_e \quad (9)$$

৩/ ছৌল পদাৰ্থ

৪/ ধাতুৰ বৈশিষ্ট্য

৫/ অতঙ্ক ধাতুৰ কাম-ও প্ৰক্ৰিয়া

৬/ আৰক্ষন্তন্ত্ৰ গঠন

(খ) লেপের বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় সমান অর্থাৎ r এবং লেপের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক μ হলে,

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \\ &= (\mu - 1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r} \right) \\ \frac{1}{f} &= (\mu - 1) \left(\frac{2}{r} \right) \quad \dots \quad \dots \quad (i)\end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned}r_1 &= +r \\ r_2 &= -r \\ f &=?\end{aligned}$$

আবার, উদ্দীপকে লেপটির বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় যথাক্রমে 55 cm এবং 60 cm, লেপের 50 cm সামনে বস্তু রাখলে 20 cm পিছনে বিষ্ণ গঠিত হয়,

$$\therefore \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{55} - \frac{1}{60} \right), \text{ 'ক' থেকে প্রাপ্ত } f = 40 \text{ cm}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{40} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{660} \right)$$

$$\text{বা, } (\mu - 1) = \frac{33}{2}$$

$$\therefore \mu = 17.5$$

(i) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$\frac{1}{f} = (17.5 - 1) \times \frac{2}{r} = 16.5 \times \frac{2}{r} = \frac{33}{r}$$

$$\therefore f = 33 r$$

বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় সমান হলে, ফোকাস দূরত্ব আলোক কেন্দ্র বক্রতার ব্যাসার্ধের 33 গুণ দূরে হবে।

সার-সংক্ষেপ

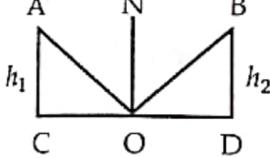
- ফার্মাট-এর নীতি** : যখন কোনো আলোক রশ্মি প্রতিফলন বা প্রতিসরণ-এর সূত্র মেনে কোনো সমতল পৃষ্ঠে প্রতিফলিত বা প্রতিস্তৃত হয় তখন তা সর্বদা ক্ষুদ্রতম পথ অনুসরণ করে।
- গোলকীয় দর্পণ** : কোনো দর্পণের প্রতিফলন তল যদি কোনো গোলকের অংশবিশেষ হয় বা গোলকীয় হয় তবে তাকে গোলকীয় দর্পণ বলে।
- লেপের ক্ষমতা** : কোনো লেপ দ্বারা আলোক রশ্মিগুচ্ছের অভিসারিতা বা অপসারিতা উৎপাদনের সামর্থ্যকে তার ক্ষমতা বলে। কোনো লেপের ফোকাস দূরত্বের বিপরীত সংখ্যাকে তার ক্ষমতা বলা হয়।
- লেপের ক্ষমতার একক** : লেপের একক ডায়াপটার। লেপের ফোকাস দূরত্বকে মিটারে প্রকাশ করে তার বিপরীত রাশি নিলে ডায়াপটারে লেপের ক্ষমতা পাওয়া যায়।
- অণুবীক্ষণ যন্ত্র** : যে আলোক যন্ত্রের সাহায্যে নিকটবর্তী অতি ক্ষুদ্র বস্তুর খুঁটিনাটি প্রতিবিম্বের মাধ্যমে বর্ধিত করে দেখা যায় তাকে অণুবীক্ষণ যন্ত্র বলে।
- দূরবীক্ষণ যন্ত্র** : দূরের বস্তুকে ভালোভাবে পর্যবেক্ষণের জন্য যে আলোক যন্ত্র ব্যবহার হয় তাকে দূরবীক্ষণ যন্ত্র বলে।
- নভো-দূরবীক্ষণ যন্ত্র** : চন্দ, স্বৰ্য, গ্রহ, নক্ষত্র প্রভৃতি নভোমণ্ডলীয় বস্তু পর্যবেক্ষণে যে দূরবীক্ষণ যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাকে নভো-দূরবীক্ষণ যন্ত্র বলে।
- প্রিজম** : তিনটি পরস্পরচেন্দী সমতল পৃষ্ঠ দ্বারা সীমাবদ্ধ একটি স্বচ্ছ সমসত্ত্ব মাধ্যমকে প্রিজম বলে।
- প্রিজমের প্রতিসরণ তল** : প্রিজমের যে তল দিয়ে আলোক রশ্মি প্রবেশ করে এবং যে তল দিয়ে আলোক রশ্মি বের হয় তাদেরকে প্রিজমের প্রতিসরণ তল বলে।
- প্রিজমের শীর্ষ** : প্রিজমের তলদ্বয় যে রেখায় ছেদ করে তাকে প্রিজমের শীর্ষ বলে।
- প্রিজম কোণ** : প্রতিসরণ তলদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণকে প্রিজম কোণ বলে।

- প্রিজমের ভূমি
বিচ্ছুতি কোণ বা বিচ্ছুতি
- ন্যূনতম বিচ্ছুতি কোণ
বিচ্ছুরণ
- বর্ণালী
বিচ্ছুরণ ক্ষমতা
- একবর্ণী আলো
- : প্রিজম কোণের বিপরীত তলকে প্রিজমের ভূমি বলে।
- : প্রিজমে আপত্তি রশ্মিকে সামনের দিকে এবং নির্গত রশ্মিকে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে এদের অন্তর্ভুক্ত কোণকে বিচ্ছুতি কোণ বা বিচ্ছুতি বলে।
- : প্রিজমে আপত্তি রশ্মির আপতন কোণের একটি নির্দিষ্ট মানের জন্য বিচ্ছুতি কোণের যান সর্বনিম্ন হয়। বিচ্ছুতি কোণের এই সর্বনিম্ন মানকেই ন্যূনতম বিচ্ছুতি কোণ বলে।
- : সাদা আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের ফলে সাতটি মূল বর্ণের আলোকে বিভক্ত হওয়াকে আলোর বিচ্ছুরণ বলে।
- : বিচ্ছুরণের ফলে মূল বর্ণসমূহের যে সঙ্গা পাওয়া যায় তাকে বর্ণালী বলে।
- : কোনো একটি স্বচ্ছ মাধ্যম কর্তৃক সৃষ্টি বর্ণালীতে দুই অস্তিম রশ্মির কৌণিক বিচ্ছুতির পার্থক্য এবং মধ্য বা গড় রশ্মির কৌণিক বিচ্ছুতির অনুপাতকে উক্ত মাধ্যমের বিচ্ছুরণ ক্ষমতা বলে।
- : যে আলোক রশ্মির একটি মাত্র তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকে তাকে একবর্ণী আলো বলে।

বহুনির্বাচনি প্রশ্নের উত্তরের জন্য প্রয়োজনীয় বিষয়াবলির সার-সংক্ষেপ

১। ফার্মাটের নীতির সাহায্যে আলোর সরলরেখিক গতি নির্ণয় করা যায়। চরম বা অবম দৈর্ঘ্যের পথের নীতি হলো

ফার্মাট নীতি।

২।  চিত্র অনুযায়ী ফার্মাটের নীতির সাহায্যে সময় $t = \sqrt{\frac{x_1^2 + h_2^2}{v}}$

৩। উপরের চিত্রে ফার্মাটের নীতি অনুযায়ী প্রযোজ্য $\frac{dt}{dx} = 0$.

৪। নেস প্রস্তুতকারকের সমীকরণ হলো $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$.

৫। পয়েন্টিং ভেস্টের হলো, $E \times H$.

৬। গ্যালিলীয় দূরবীক্ষণ যন্ত্র হলো প্রতিসরণ দূরবীক্ষণ যন্ত্র। গ্যালিলিও জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের আবিষ্কারক।

৭। একটি জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের বিবরণ যথাক্রমে $m_1 \propto m_2$.

৮। তুল্য লেপের দ্বারা সৃষ্টি প্রতিবিম্ব সোজা ও সমান দেখায়।

৯। একটি উত্তল লেপের ফোকাস দূরত্ব f । উত্তল লেপেটি n গুণ বিবর্ধিত সদ প্রতিবিম্ব গঠন করলে বস্তুর দূরত্ব হবে $(n+1)f$.

$$\frac{n}{m} = \frac{1}{f} = \frac{1}{d}$$

১০। প্রতিসরাঙ্ক বেশি হলে আলো কম বেগে চলে। কোয়ার্টজ হলে দৈত্য প্রতিসারক মাধ্যম। *

১১। আলোর বিভিন্ন বর্ণের কারণ হলো—তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য।

১২। আলো ঘনত্বের মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রবেশ করলে বেগ বেশি হয়।

১৩। লাল আলোর বেগ বেগুনি আলোর বেগের চেয়ে ১.৪ গুণ বেশি।

১৪। বেগুনি রঙের আলোর জন্য নির্দিষ্ট মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের মান সবচেয়ে বেশি হয়।

১৫। স্থানিক ফোকাসিং-এর জন্য টেলিস্কোপে বিবর্ধনের মান $\frac{f_0}{f_e} \left(1 + \frac{f_e}{D} \right)$.

১৬। 1.5 প্রতিসরাঙ্কের উত্তল লেপের উভয় পৃষ্ঠার বক্রতার ব্যাসার্ধ সমান হলে $f = r$ হয়।

১৭। লেপের ফোকাস দূরত্ব ও বক্রতার ব্যাসার্ধের মধ্যে সম্পর্ক হলো $f = \frac{r}{2}$.

১৮। জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে ২ বার প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিনেত্রে সৃষ্টি প্রতিবিম্ব অবাস্তব ও বিবর্ধিত হয়।

১৯। বেতার তরঙ্গ পর্যবেক্ষণের জন্য ব্যবহৃত হয় রেডিও টেলিস্কোপ।

২০। কোনো নির্দিষ্ট সময়ে μ প্রতিসরাঙ্কের কোনো মাধ্যমের ভেতর দিয়ে x দূরত্ব অতিক্রম করলে আলোকীয় পথ হবে μx .

→ page 280.