

**KUNTHAVAI NAACHIYAR GOVERNMENT ARTS COLLEGE FOR WOMEN,
THANJAVUR.**

DEPARTMENT OF PHYSICS



OPTICS AND LASER PHYSICS

18K3P04

- 1. Dr.N.Geetha, (UNIT II &UNIT III)
Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.**
 - 2. Dr.S.Snega (UNIT III &UNIT IV)
Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.**
-

UNIT- II - INTERFERENCE

Interference of Light-Coherent Sources-Phase difference and path difference-Band width-Theory of interference fringes-Interference due to reflected light-Newton's rings-Determination of Wavelength of Sodium light and Refractive index of a liquid-Fringes produced by a wedge shaped thin film-Colour of thin film-Interferometer-Michelson's Interferometer-Determination of wavelength of monochromatic light and Difference in wavelength between two neighboring spectral lines

Introduction

The variation in light intensity due to the superposition of two or more waves is called interference. The amplitude of the resultant wave at any point in space is the vector sum of the amplitudes of the individual waves at that point. When interfering, two waves can add together to create a wave of greater amplitude than either one (**constructive interference**) or subtract from each other to create a wave of lesser amplitude than either one (**destructive interference**), depending on their relative phase. Two waves are said to be **coherent** if they have a constant relative phase. The amount of coherence can readily be measured by the interference visibility, which looks at the size of the interference fringes relative to the input waves (as the phase offset is varied); a precise mathematical definition of the degree of coherence is given by means of correlation functions. The coherence of two waves expresses how well correlated the waves are as quantified by **the cross-correlation** function. The cross-correlation quantifies the ability to predict the phase of the second wave by knowing the phase of the first. As an example, consider two waves perfectly correlated for all times. At any time, phase difference will be constant. If, when combined, they exhibit perfect constructive interference, perfect destructive interference, or something in-between but with constant phase difference, then it follows that they are **perfectly coherent**. As will be discussed below, the second wave need not be a separate entity. It could be the first wave at a different time or position.

Light also has a polarization, which is the direction in which the electric field oscillates. Unpolarized light is composed of incoherent light waves with random polarization angles. The electric field of the unpolarized light wanders in every direction and changes in phase over the coherence time of the two light waves. An absorbing polarizer rotated to any angle will always transmit half the incident intensity when averaged over time. If the electric field wanders by a smaller amount the light will be partially polarized so that at some angle, the

polarizer will transmit more than half the intensity. If a wave is combined with an orthogonally polarized copy of itself delayed by less than the coherence time, partially polarized light is created. The polarization of a light beam is represented by a vector in the Poincaré sphere. For polarized light the end of the vector lies on the surface of the sphere, whereas the vector has zero length for unpolarized light.

COHERENT SOURCES:

Two sources are said to be coherent if they emit light waves of the same frequency, nearly the same amplitude and are always in phase with each other. It means that the two sources must emit radiations of the same colour (wavelength). In actual practice, it is not possible to have two independent sources which are coherent. But for experimental purposes, two virtual sources formed from a single source can act as coherent sources.

PHASE DIFFERENCE AND PATH DIFFERENCE

If the Path difference between the two waves is λ , the phase difference = 2π . Suppose for a path difference x , the phase difference is δ . For a path difference λ , the phase difference is 2π .

$$\text{Phase difference} = \delta = 2\pi x / \lambda$$

THEORY OF INTERFERENCE FRINGES-INTERFERENCE DUE TO REFLECTED LIGHT

Interference fringe, a bright or dark band caused by beams of light that are in phase or out of phase with one another. Light waves and similar wave propagation, when superimposed, will add their crests if they meet in the same phase (the waves are both increasing and both decreasing); or the troughs will cancel the crests if they are out of phase; these phenomena are called **constructive and destructive interference**.

NEWTON'S RINGS

Newton's rings, in optics, a series of concentric light- and dark-coloured bands observed between two pieces of glass when one is convex and rests on its convex side on another piece having a flat surface. Thus, a layer of air exists between them. The phenomenon is caused by the interference of light waves—i.e., the superimposing of trains of waves so that when their crests coincide, the light brightens; but when trough and crest meet, the light is destroyed. Light waves reflected from both top and bottom surfaces of the air film between the two pieces of glass interfere. The rings are named after the English 17th-century physicist Sir Isaac Newton, who first investigated them quantitatively. Newton's rings are formed when a plano-convex lens P of large radius of curvature placed on a sheet of a plane glass AB is illuminated from the top with monochromatic light as shown in the figure.

The combination forms a thin circular air film of variable thickness in all

direction around the point of contact of the lens and the glass plate. The locus of all points corresponding to specific thickness of air film falls on a circle whose centre is at O. The experimental arrangement for observing Newton's rings is shown in the fig. 1. Monochromatic light from an extended source S is rendered parallel by lens L₁. It is incident on a glass plate inclined at 45° to the horizontal, and is reflected normally down onto a plano-convex lens placed on a flat glass plate.

Theory – (i) Newton's rings by reflected light

In Newton's rings, the air-film is between a plano-convex lens and a glass plate using nearly monochromatic light from a sodium-source and hence to determine the radius of curvature of the plano-convex lens.

Apparatus required

A nearly monochromatic source of light (source of sodium light), a plano-convex lens, an optically flat glass plate and a convex lens & a travelling microscope

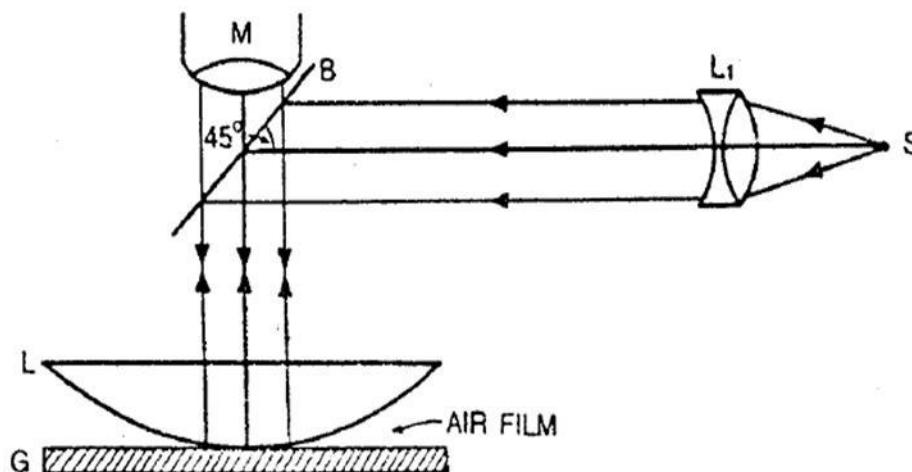


Figure :1

When a parallel beam of monochromatic light is incident normally on a combination of a plano-convex lens L and a glass plate G, as shown in Fig.1, a part of each incident ray is reflected from the lower surface of the lens, and a part, after refraction through the air film between the lens and the plate, is reflected back from the plate surface. These two reflected rays are coherent, hence they will interfere and produce a system of alternate dark and bright rings with the point of contact between the lens and the plate as the center. These rings are known as Newton's ring.

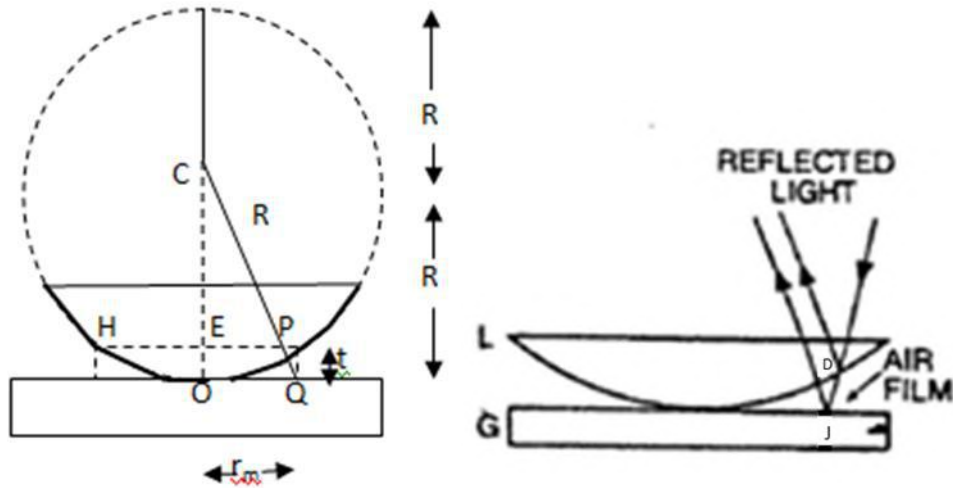


Figure :2

For a normal incidence of monochromatic light, the path difference between the reflected rays (see Fig.1) is very nearly equal to $2\mu t$ where μ and t are the refractive index and thickness of the air-film respectively. The fact that the wave is reflected from air to glass surface introduces a phase shift of π . Here, interference is due to reflected light.

$$\text{Therefore, for bright fringe } 2 \mu t \cos \Theta = (2n - 1) \lambda/2 ; n = 1, 2, 3 \dots\dots \quad (1)$$

Here, Θ is small, therefore $\cos \Theta = 1$, for air, $\mu=1$;

$$2 t = (2n - 1) \lambda/2$$

$$\text{and for dark fringe } 2 \mu t \cos \Theta = \lambda$$

$$2t = n\lambda ; n = 0,1,2,3 \quad (2)$$

In this figure, suppose the radius of curvature of the lens is R and the air film is of thickness ' t ' at a distance of $OQ=r$, from the point of contact O .

From the figure, $DB=BE=r$; $AB=EF=t$;

$$2R-t=2R \quad (\text{approximately})$$

$$r^2 = 2Rt \quad \text{-----} \rightarrow t=r^2/2R \quad (3)$$

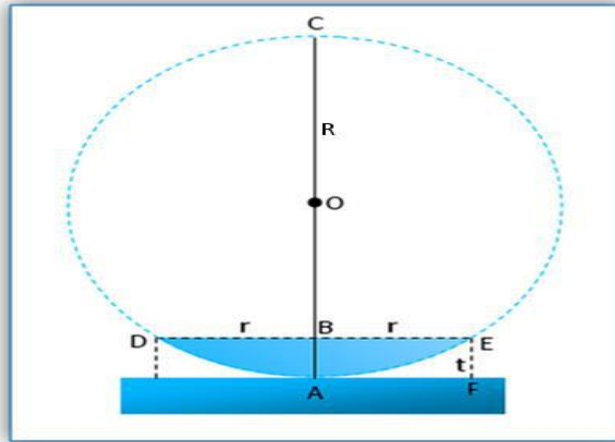


Figure-3

Substituting the value of t in equation (1) and equation (2),

$$r^2 = (2n-1)\lambda r/2$$

For bright rings, $r = \sqrt{(2n - 1)\lambda R/2}$ (4)

For dark rings, $r^2 = n\lambda R$ (5)

$$r = \sqrt{n\lambda R}$$
 (6)

When $n=0$, the radius of the dark ring is zero

and the radius of the bright ring is $\sqrt{(\lambda R)/2}$. Therefore, the centre is dark. Alternately dark and bright rings are produced.

RESULT

The radius of the dark ring is proportional to (i) \sqrt{n} (ii) $\sqrt{\lambda}$ and (iii) \sqrt{R}

If D is the diameter of the dark ring, $D=2r=2\sqrt{n\lambda R}$ (5)

For the central dark ring, $n=0$; $D=2\sqrt{n\lambda R} = 0$.

This corresponds to the centre of the Newton's rings. While counting the order of the dark rings 1,2, 3, etc the central ring is not counted.

Therefore for the first dark ring, $n=1$, $D_1 = 2\sqrt{\lambda R}$

for the second dark ring, $n=2$, $D_2 = 2\sqrt{2\lambda R}$

For the four dark ring, $n=4$, $D_4 = 2\sqrt{4\lambda R}$

The difference in the diameters between the fourth and first rings, $D = 2\sqrt{\lambda R}$. Therefore, the fringe width decreases with the order of the fringe and the fringes get closer with increase in their order.

DETERMINATION OF WAVELENGTH OF SODIUM LIGHT USING NEWTON'S RINGS

In the experimental arrangement, S is a source of sodium light. A parallel beam of light from the lens L_1 is reflected by the glass plate B inclined at an angle of 45° to the horizontal. L is a Plano-convex lens of large focal length. Newton's rings are viewed through B by a travelling microscope M focused on the air film. Circular bright and dark rings are seen with the centre dark. With the help of a travelling microscope, measure the diameter of the n^{th} dark ring.

$$\lambda = \frac{(D_{n+m})^2 - (D_n)^2}{4mR} \quad (6)$$

The radius of the curvature of the lower surface of lens is determined with the help of spherometer but more accurately it is determined by the Boy's method. Hence the wavelength of a given monochromatic source of light can be determined.

REFRACTIVE INDEX OF A LIQUID

The experiment is performed when there is an air film between the plano-convex lens and the optically plane glass plate. These are kept in a metal container C. The diameter of the n^{th} and $(n+m)^{\text{th}}$ dark rings are determined with the help of a travelling microscope.

Similarly, the diameter of the $(n+m)^{\text{th}}$ ring is given by

$$[D_{n+m}^2] = \frac{4(n+m)\lambda R}{\mu} \quad \text{----- (1)}$$

$$[D_n^2] = \frac{4(n)\lambda R}{\mu} \quad \text{----- (2)}$$

Subtracting eq. (2) from eq. (1), we get

$$[D_{n+m}^2] - [D_n^2] = \frac{4m\lambda R}{\mu} \quad \text{----- (3)}$$

But we know that

$$[D_{n+m}^2]_{\text{air}} - [D_n^2]_{\text{air}} = 4p\lambda R \quad \text{----- (4)}$$

(7)/(6) \Rightarrow

$$\mu = \frac{[D_{n+m}^2]_{\text{air}} - [D_n^2]_{\text{air}}}{[D_{n+m}^2]_L - [D_n^2]_L} \quad \text{----- (5)}$$

Thus the refractive index of the liquid is determined.

MICHELSON'S INTERFEROMETER

An interferometer is an instrument in which the phenomenon of interference is used to make precise measurements of wavelengths or distances.

Principle

In Michelson interferometer, a beam of light from an extended source is divided into two parts of equal intensities by partial reflection and refraction. These beams travel in two mutually perpendicular directions and come together after reflection from plane mirrors. The beams overlap on each other and produce interference fringes.

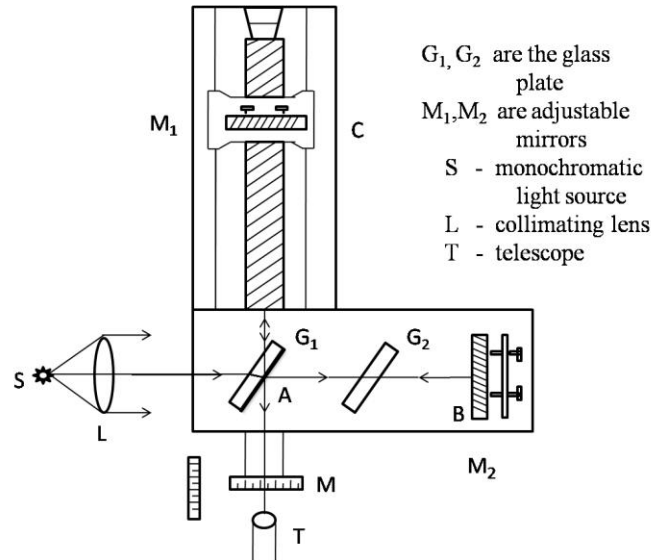
Construction

The schematic of a simple Michelson interferometer is shown in the figure. It consists of a beam splitter G_1 , a compensating plate G_2 , and two plane mirrors M_1 and M_2 . The beam splitter G_1 is a partially silvered plane parallel glass plate. The compensating G_2 is a simple plane parallel glass plate having the same thickness as G_1 . The two glass plates G_1 and G_2 are held parallel to each other and are inclined at an angle of 45° with respect to the mirror M_2 . The interference bands are observed in the field of view of the telescope T.

Working

Monochromatic light from an extended source S is rendered parallel by means of a collimating lens L and is made to incident on the beam splitter G_1 . It is partly reflected at the

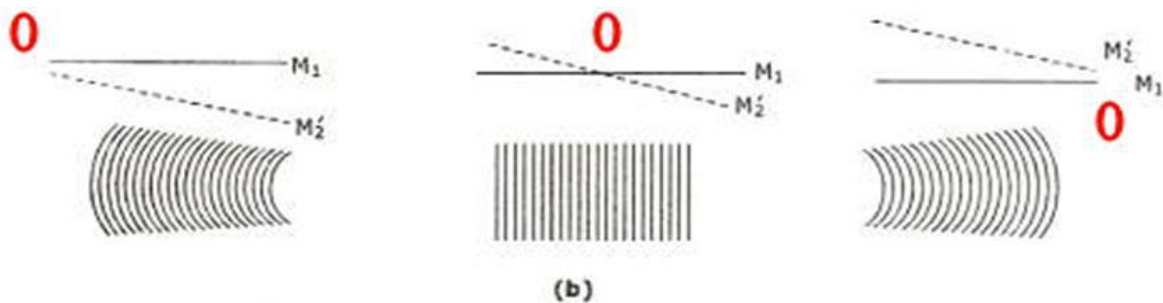
back surface of G_1 along AC and partly transmitted along AB. The beam AC travels normally towards the plane mirror M_1 and is reflected back along the same path and comes out along AT. The transmitted beam travels toward the mirror M_2 and is reflected along the same path. It is reflected at the back surface of G_1 and proceeds along AT.



The two beams received along AT are produced from a single source through division of amplitude and are hence **coherent**. The superposition of these beams leads to interference and produces interference fringes.

Formation of Circular Fringes:

The shape of fringes in M.I. depends on inclination of mirror M_1 and M_2 . Circular fringes are produced with monochromatic light, if the mirror M_1 and M_2 are perfectly perpendicular to each other. In this position an image of mirror M_2 , M_2' is formed due to half silvered polished plate G_1 , just below the mirror M_1 . The virtual image of mirror M_2 and the mirror M_1 must be parallel. Therefore it is assumed that an imaginary air film is formed in between mirror M_1 and virtual image mirror M_2' . The interference pattern can be considered as the rays of light reflected, from the surface of mirror M_1 (real) and mirror M_2 (virtual). Therefore, the interference pattern will be obtained due to imaginary air film enclosed between M_1 and M_2' . Circular fringes can be seen by telescope because they are formed at infinity because they are formed due to two parallel interfering rays. When d becomes zero, the whole pattern becomes dark. Since a circular fringe is formed at the same inclination so they are called fringe of equal inclination and also called Haidinger's fringes.



The shape of localized fringes when M_1 and M_2' are inclined. Convex of curved fringes near thin edge of the wedge.

Localized fringes

In case when the mirrors are not exactly parallel, fringes can still be observed in monochromatic light for path differences not much greater than a few millimeters. The space between the mirrors is wedge-shaped, thus the two rays reaching the eye from the mirrors are no longer parallel and appear to diverge. The fringes are now semi-circles, with the centre lying outside the field of view — such fringes are often called localized fringes. The reason these fringes are almost straight is primarily because of the variation of the thickness of air in the wedge, as that is now the main reason for the variation of the path difference between the two beams across the field of view. One would expect all fringes to be perfectly straight, parallel to the edge of the wedge: however, that is not the case, as the path difference still does vary somewhat with the angle θ , especially if d is large. Depending on the magnitude of d , we can observe different interference patterns: as we change the path difference the fringes become straighter, until we hit point of zero path difference. At that point, if we were looking at circular fringes, they would fill the whole field of view, become very large circles — that means that localized fringes would become parallel lines, as if there were small sections of the circumferences of very large circles. The association “large circular fringes — parallel localized fringes” will be important in the next section, when we use it to locate white light fringes.

அலகு-II

குறுக்கீட்டு விளைவு (Interference)

குறுக்கீட்டு விளைவு –அடிப்படை

முன்னுரை

நீரின் பரப்பின்மீது தோன்றுகின்ற இரு அலைகள் ஒன்றையொன்று கடந்த பின்பும், அவை எந்தவித மாறுதலையும் அடையாமல் தொடர்ந்து முன்னெறிச் செல்வதைக் காணலாம். அலைகொள்கை அடிப்படையில் ஒளி அலைவடிவில் செல்கிறது என்பது தெளிவு. ஏனவே ஒளி அலையிலும் இதே போன்ற விளைவினை எதிர்பார்க்கலாம். இரு ஒளிக் கற்றைகள் ஓர் ஊடகத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது, அவை ஒன்றையொன்று கடக்கும் புள்ளிகளில் செறிவு மாற்றம் தோன்றுகிறது. இச்செறிவு மாற்றம் இரு ஒளி அலைகள் மேற்பொருந்துவதால் ஏற்படுகிறது. மேற்பொருந்துதல் காரணமாக ஒரு சில புள்ளிகளில் செறிவு சிறுமமாகவும் இருக்கும். இவ்வாறு ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட ஒளிக்கற்றைகள் ஒன்றையொன்று கடக்கும்போது, அவ்விடத்தில் ஏற்படுகின்ற ஒளிச்செறிவு மாற்றம் குறுக்கீட்டு விளைவு எனப்படும்.

குறுக்கீட்டு விளைவு

A,B என்பவை இரு புள்ளி ஒளி மூலங்கள். இவற்றிலிருந்து சம அலைநீளமும், சம வீச்சும், நிலையான கட்டவேறுபாடும் கொண்ட ஒளி அலைகள் தோன்றுகின்றன. இவ்விரு அலைகளும் ஒரே ஊடகத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது, ஊடகத்திலுள்ள துகள்கள் இவ்விரு அலைகளின் விளைவிற்கு உட்படுகிறது. எனவே துகள் அடையும் இடப்பெயர்ச்சி, இரு அலைகளும் தனித்தனியாக ஏற்படுத்தும் இடப்பெயர்ச்சியின் கூடுதலாகும். இதனை மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் (Principle of Superposition) என்பர்.

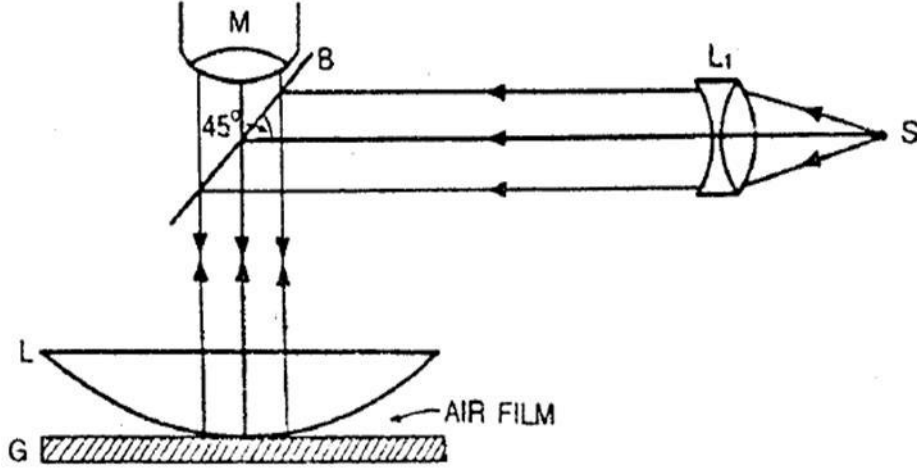
படம் 1 ல் புள்ளிக் கோடுகள் ஒளி அலையின் அகடுகளையும் தொடர் கோடுகள் முகடுகளையும் குறிக்கின்றன. இரு அலைகளின் வீச்சுகள் சமமாக இருப்பதால், ஒரு அலையின் அகடும் மற்றதன் முகடும் சந்திக்கும்போது, துகள் அடையும் இடப்பெயர்ச்சி சுழியாகும் இவ்வாறின்றி ஒரு அலையின் அகடு மற்ற தன் அகடுடன் அல்லது ஒரு முகடு மற்றதன் முகடுடன் சந்திக்கும்போது துகள் அடையும் இடப்பெயர்ச்சி பெருமமாகும். இடப்பெயர்ச்சி சுழியாக இருந்தால், ஒளியின் செறிவு சுழியாக இருக்கும். இதனை அழித்தல் குறுக்கீட்டு விளைவு(Destructive interference)என்பர். இவ்வாறின்றி இடப்பெயர்ச்சி பெருமமாக இருக்கும் போது, ஒளிச் செறிவு பெருமமாக இருக்கும். இதனை ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு(Constructive interference) என்பர். இங்கு துகள் அடையும் இடப்பெயர்ச்சி, வீச்சின் இரு மடங்காகும். ஒளியின் செறிவு இடப்பெயர்ச்சியின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்தில் அமையும். XY என்ற திரை வைக்கப்படும்போது, திரையில் இருள்பட்டைகளும், பொலிவுப் பட்டைகளும் தோன்றும். இவற்றை குறுக்கீட்டுப் பட்டைகள் என்பர். இந்த நிகழ்வினை குறுக்கீட்டு விளைவு என்பர்.

ஒளியியல் மூலங்கள்(Coherent Source):

இரு ஒளி மூலங்களிலிருந்து தோன்றும் ஒளி அலைகள் சம அலைநீளமும், சம வீச்சும் நிலையான கட்ட வேறுபாடும் கொண்டிருந்தால், அவ்விரு ஒளி மூலங்களை ஒளியியல் மூலங்கள் என்பர்.

நியூட்டன் வளையங்கள்

ஒரு சமதளக் கண்ணாடியின்மீது ஒரு குவி வில்லையை வைக்கும் போது, வில்லைக்கும், கண்ணாடிக்கும் இடையே காற்று மென்படலம் தோன்றுகிறது. வில்லையும், கண்ணாடியும் தொடும் புள்ளியில் காற்றின் தடிமன் சுழியாகும்.

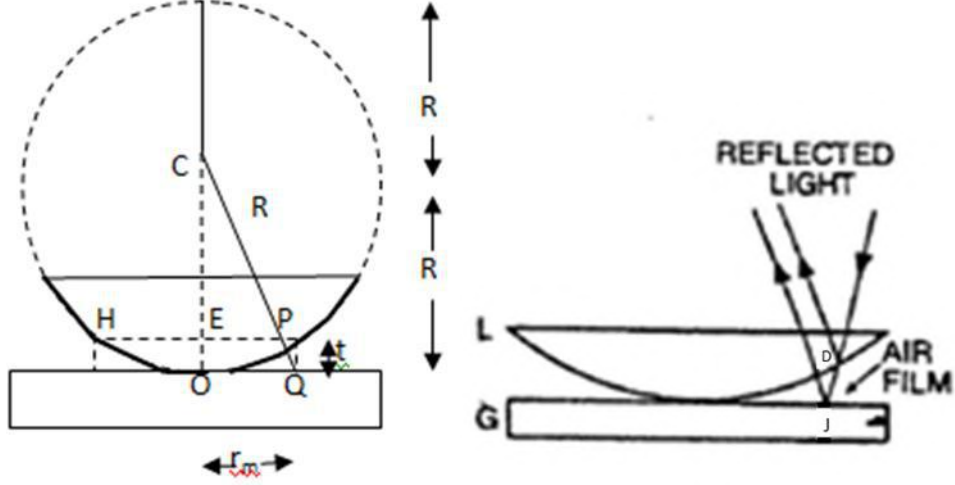


இப்புள்ளியிலிருந்து வெளியே நோக்கி நகரும்போது காற்றின் தடிமன் சீராக அதிகரிக்கிறது. காற்று மென்படலத்தை ஒன்றை நிற ஒளிகொண்டு பொலிவூட்டும்போது மையத்தில் இருண்ட வளையங்களும் தோன்றுகின்றன. இதனை முதன் முதலாக ராபர்ட் உறூக் என்பவர் கண்டறிந்தார். நியூட்டன் இவ்வளையங்களை முறைப்படி ஆய்வு செய்து, வளையங்களின் ஆரத்தை அளவிட்டார். எனவே இவை நியூட்டன் வளையங்கள் எனப்படுகிறது.காற்று மென்படலத்தின் மேற்பரப்பிலும், அடிப்பரப்பிலும் எதிரொளிப்படைந்த கதிர்கள் குறுக்கீட்டு விளைவுக்கு உட்படுவதால், இவ்வளையங்கள் தோன்றுகின்றன என தாமஸ் யங் விளக்கம் தந்தார்.

சோதனை அமைப்பு:

நியூட்டன் வளையங்கள் பெறுவதற்காக சோதனை அமைப்பு படம் 2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. L என்பது அதிக வளைவு ஆரம் கொண்ட சமதளக் குவி வில்லையாகும். இந்த வில்லையில் குவி பரப்பு, சமதளக் கண்ணாடி P-ன் மீது படுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையும், சமதளக் கண்ணாடியும் O என்ற புள்ளியில் தொடுகிறது.Sஎன்ற ஒற்றை நிற ஒளிமூலம் குவிவில்லை L₁ ன் குவியத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையிலிருந்து வரும் இணைக்

கற்றைகள் 45° சாயாவாக வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடி எதிரொளிப்படைந்த கற்றையானது வில்லைக்கும், கண்ணாடிக்கும் இடையே உள்ள காற்றில் விழுகிறது. காற்று மென்படலத்தின் மேற்பரப்பிலும், கீழ்ப்பரப்பிலும் எதிரொளிப்படைந்த கற்றை குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு உட்படுகிறது. எதிரொளித்த கதிர்களை ஒரு நுண்ணோக்கி கொண்டு நோக்கும்போது நியூட்டன் வளையங்கள் தெரிகின்றன.



(1) நியூட்டன் வளையங்கள் தோன்றுவதற்காக விளக்கம்:

வில்லை L -ல் விழும் என்ற படுகதிரிணைக் கருதுவோம். C என்ற புள்ளியில் ஒரு பகுதி எதிரொளித்து மேல் நோக்கியும், மறு பகுதி ஊடுருவி கீழ் நோக்கியும் செல்கிறது ஊடுருவிச் சென்ற கதிர் D என்ற புள்ளியில்பட்டு எதிரொளிப்படைந்து, வந்த வழியாகத் திரும்புகிறது. இவ்வாறு ஒரு படுகதிரிலிருந்து இரு கற்றைகள் தோன்றுகின்றன. இவை இரண்டும் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு உட்படுகிறது. இரு கற்றைகட்கிடையே உள்ள பாதைவேறுபாடு $2CD$. C என்ற புள்ளியில் ஏற்படும் எதிரொளிப்பு அடர்குறை ஊடகத்தில் ஏற்படுவதால், கட்ட மாற்றம் தோன்றுவதில்லை ஆனால் D ல் ஏற்படும் எதிரொளிப்பு அடர்மிகு ஊடகத்தில் ஏற்படுவதால்,கட்ட வேறுபாடு $\lambda/2$ ஏற்படுகிறது. இதனால் ஏற்படும் பாதை வேறுபாடு $2.CD + \lambda/2$

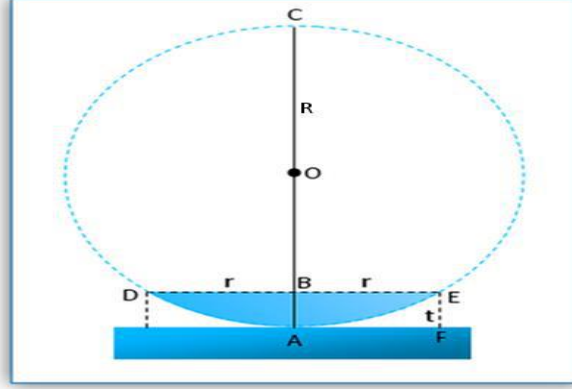
ஆக்கல் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு

$$2.CD + \lambda/2 = n\lambda$$

$$2.CD = (2n-1)\lambda/2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

அழித்தல் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு $2.CD + \lambda/2 = (2n+1)\lambda/2$

$$2.CD = n\lambda \quad \dots\dots\dots(2)$$



வில்லையும், சமதளக் கண்ணாடியும் தொடுகின்ற புள்ளியில் காற்று மென்படலத்தின் தடிமன் சுழி. எனவே இப்புள்ளி கருமையாக இருக்கும். இப்புள்ளியிலிருந்து வெளியே நோக்கி நகரும்போது, காற்று மென்படலத்தில் தடிமன் சீராக அதிகரிக்கிறது மையத்திருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட ஆரம் கொண்டு வரையப்படும் வட்டப் பகுதியில் அமையும் காற்றின் தடிமன் சமமாகும். இத்தடிமனைச் சார்ந்து. இது ஒளி வட்டமாகவோ அல்லது இரு வட்டமாகவோ அமையும். காற்றின் தடிமன் சீராக அதிகரிப்பதால், இரு நிபந்தனைகளும் மாறி மாறி அடையும். ஆகவே இருள் வளையங்களும், ஒன்று வளையங்களும் மாறி மாறி அமையும். இவ்வாறு மையத்தில் கருமை புள்ளியும் அதனைச் சுற்றி பொலிவு வளையங்களும், இருள் வளையங்களும் மாறி மாறி அமையும்.

(2) வளையங்களின் ஆரம் படம் OFBG என்பது ஒரு கோளத்தின் குறுக்கு வெட்டு தோற்றமாகும். OFG என்ற வில்லை இக்கோளத்திலிருந்து வெட்டி எடுக்கப்பட்டதாகும். O என்ற புள்ளியில் வில்லையும் சமதள ஆடியுடன் தொடுகிறது. எனவே இப்புள்ளியில் காற்றின் தடிமன் சுழியாகும். படத்தில் C,D என்ற இரு புள்ளிகளைக் கருதுவோம். இங்கு $OC=OD$. அதாவது C ற்கும், D ற்கும் மேலே உள்ள காற்று மென்படலத்தின் தடிமன் சமமாகும். அதாவது $CG=FD$. மேலும் FG என்பது O ஐ மையமாக்கக் கொண்ட வட்டத்தின் விட்டம்.

$$OC=OD=EF$$

இந்த ஆரத்தை r எனக் கொள்வோம்,வட்டத்தின் பண்பிலிருந்து

$$OE.EB= FE.EG$$

$$OE(2R-OE)=EG^2 \quad (BF=EG)$$

$$(Or) 2R.OE = OD^2 \quad (FE=OD)$$

$$2.OE=OD^2/R \quad \dots\dots\dots(3)$$

இங்கு R என்பது வில்லையின் வளைவு ஆரம்,OE=FD=t காற்றில் தடிமன் எனக் கொண்டால்,

$$2t=OD^2/R=r^2/R \quad \dots\dots\dots(4)$$

இங்கு குறுக்கீட்டு விளைவு எதிதொளித்த கற்றையால் ஏற்படுவதால் பொலிவு வளையத்திற்கான நிபந்தனை

$$2\mu t \cos r = (2n-1)\lambda/2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

இங்கு n=0,1,2,3.....t ன் மதிப்பு சிறியதாக இருப்பதால் $\cos r=1=1$ ஊடகம் காற்று என்பதால் $\mu=1$

$$\therefore \text{பொலிவு வளையத்திற்கு } 2t = (2n-1)\lambda/2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

இருள் வளையத்திற்கு, $2t=r^2/R$

$$(2n-1)\lambda/2 = r^2/R$$

$$r^2 = (2n-1) \lambda R/2$$

$$r = \sqrt{(2n-1) \lambda R/2} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$2t = n \lambda$$

$$n \lambda = r^2/R$$

$$r = \sqrt{nR\lambda} \quad \dots\dots\dots(8)$$

இவ்வாறு இருள் வளையத்தன்ற ஆரம். வரிசை எண்ணின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் அமைகிறது.

n-ஆவது வளையத்தின் ஆரம் r_n எனக் கொண்டால்

$$r_n^2/R = (2n-1) \lambda/2 \quad (\text{பொலிவு வளையம்})$$

$$r_n^2/R = n \lambda \quad (\text{இருள் வளையம்})$$

இதே போன்று m- ஆவது வளையத்தின் ஆரம் r_m எனின்

$$r_m^2/R = (2m-1) \lambda/2 \quad (\text{பொலிவு வளையம்})$$

$$r_m^2/R = m \lambda \quad (\text{இருள் வளையம்})$$

$$\lambda = r_n^2 - r_m^2 / R(n-m) \dots\dots\dots(9)$$

d_n, d_m என்பவை முறையே n ஆவது m ஆவது வளையத்தின் விட்டங்கள் எனக் கொண்டால் எனக் கொண்டால்

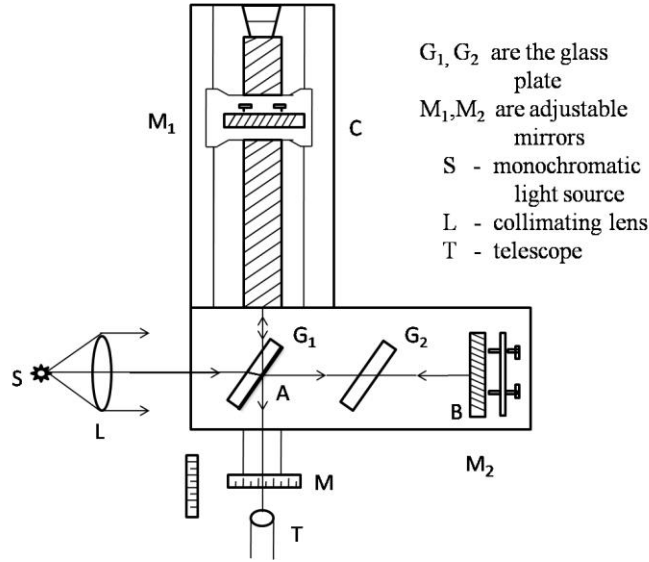
$$d_n^2 - d_m^2 / 4R = (n-m) \lambda, \quad \lambda = d_n^2 - d_m^2 / 4(n-m)R \dots\dots\dots(10)$$

குறுக்கீட்டு விளைவுமானிகள் (Interferometer)

குறுக்கீட்டு விளைவு தத்துவத்தை அழப்படையாகக் கொண்டு செயற்படும் கருவியை குறுக்கீட்டு விளைவுமானிகள் என்பர். இக்கருவியினைப் பயன்படுத்தி வாயு, திரவம் ஆகியவற்றின் ஒளிவிலகல் எண்ணை பல்வேறு அழுத்தங்களிலும் கண்டறியலாம். எனவே இக்கருவிகளை ஒளிவிலகல் எண்மானி(refractometer) என்பர். நுட்பம் கொண்ட நிறமலைமானிகள் பயன்படுத்தி பெறக்கூடிய முடிவுகள் மிகவுகளை விட மிக அதிக துல்லியமானது.

மைக்கல்சன் குறுக்கீட்டு விளைவுமானி (Michelson Interferometer)

மைக்கல்சன் குறுக்கீட்டு விளைவுமானியின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் M_1, M_2 என்ற இரு சமதள ஆடிகள் உள்ளன. P, Q என்பவை ஒரே ஒளியியல்பும், சம தடிமனும் கொண்ட சம தளக கண்ணாடிகள். இவை ஒளி செல்லும் பாதைக்கு 45 டிகிரி சாய்வாக வைக்கப்பட்டுள்ளது.

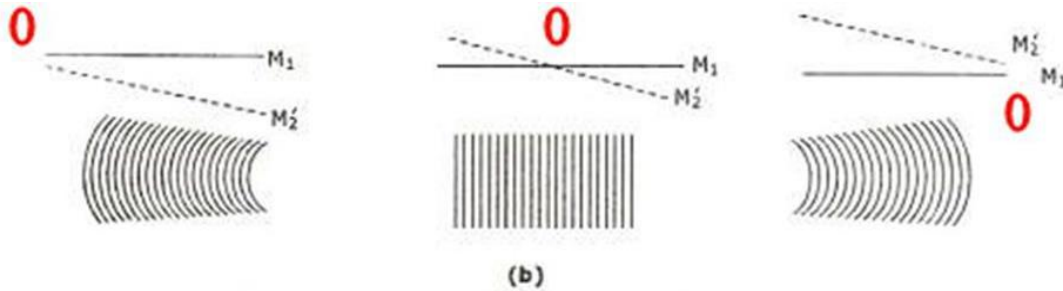


P-தட்டில் Qவை நோக்கிய பக்கம் பகுதி ரசம் பூசப்பட்டுள்ளது. M_1 நிலையாக

அமைக்கப்பட்டுள்ளது. M_2 ஒரு நகரும் அமைப்பின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு திருகினைப் பயன்படுத்தி M_2 ஐ முன்னோக்கியோ அல்லது பின்னோக்கியோ நகர்த்தலாம். S லிருந்து வரும் ஒற்றை நிற ஒளிக்கற்றை இணையாக்கப்பட்ட பின் பகுதி ரசம் பூசப்பட்ட கண்ணாழத் தகடு P ல் விழுகிறது. P ல் விழுந்த கற்றை ஒரு பகுதி ஊடுருவிய கற்றை M_1 லும் எதிரொளித்த கற்றை M_2 லும் விழுந்து, எதிரொளிப்படைந்த இரு கற்றைகளும் தொலைநோக்கி T ஐ நோக்கிச் செல்கிறது. M_2 ற்கு சென்று திரும்புகின்ற கற்றையானது. கண்ணாடி P வழியாக இரண்டு முறை ஊடுருவிச் செல்லவேண்டும். இதனைச் சரி செய்வதற்காக M_1 ஐ நோக்கிச் செல்கின்ற பாதையில் Q என்ற கண்ணாடி வைக்கப்பட்டுள்ளது. Q எல்லா வகைகளிலும் P யினை ஒத்ததாகும். இப்போது M_1 ஐ நோக்கிச் செல்கின்ற கற்றை Q ஐ இரு முறை கடந்து செல்கிறது. ஆகவே இரு கற்றைகளும் செல்லும் தொலைவுகள் சமமாகும். M_1, M_2 ஆகியவற்றில் எதிரொளித்த கற்றைகளும் குறுக்கீட்டு விளைவினை ஏற்படுத்துகிறது. குறுக்கீட்டு வரிகளை தொலைநோக்கி மூலம் பார்க்கலாம். குறுக்கீட்டு வரிகள் தோன்றுவதற்கு M_1, M_2 ஆடிகள் ஒன்றிற்கொன்று சரியாக செங்குத்தாக இருக்க வேண்டும்.

வரிகள் தோற்றுவித்தல் (Production of Fringes)

P ன் பின்பக்கத்திலிருந்து இரு ஆடிகளும் சம தூரத்தல் அமையுமாறு சரிசெய்யவேண்டும். வில்லைக்கும், ற்கும் இடையே ஒரு ஊசிக் துளையை வைத்து, அத்துளையை ஒற்றை நிற ஒளிமூலம் கொண்டு பொலிவூட்ட வேண்டும். தொலைநோக்கியில் பார்க்கும்போது ஊசிக் துளையின் இரு இரட்டை பிம்பங்கள் தெரியும். ஒரு இரட்டை ன் முன் பின்பகுதியில் ஏற்படும் எதிரொளிப்பாலும், அடுத்த இரட்டைப் பிம்பம் ன் பின்பகுதியில் ஏற்படும் எதிரொளிப்பாலும் தோன்றுகிறது. ஆடியின் பின்பக்கமாக அமைந்துள்ள திருகினைச் சரிசெய்து இரு இரட்டை பிம்பங்கள் இணைந்து, ஒரு இரட்டையாகத் தோன்றச் செய்யவேண்டும். இந்த நிபந்தனை சரி செய்யப்படும்போது, குறுக்கீட்டு வரிகள் தோன்றுகின்றன.



The shape of localized fringes when M_1 and M_2 are inclined. Convex of curved fringes near thin edge of the wedge.

வட்டவரிகள் (Circular Fringes)

ஒற்றை நிற ஒளியைப் பயன்படுத்தி வட்ட வரிகள் தோற்றுவிக்கலாம். வட்ட வரிகள் தோற்றுவிக்கலாம். வட்ட வரிகள் தோன்றுவதற்கு ஆடி M_2 ம் M_1 ஆல் தோன்றும் தோற்றப் பிம்பம் M_1 'ம் இணையாக இருக்க வேண்டும். M_1 ம் M_2 ந்கும் இடைப்பட்ட பகுதியை சீரான தடிமன் கொண்ட மென்படலமாகக் கொள்ளலாம். இப்போது தோன்றும் வரிகளை கைடிஞ்சர் வரிகள்(Haidenger fringes) அல்லது சம சாய்வு கொண்ட வரிகள்(equal inclination fringes) என்பர். இவை வட்ட வரிகளாகும். M_2 ந்கும் M_1 'ற்கு இடையே ஒத்த புள்ளியில் எதிரொளித்த கற்றைகள், கொடுக்கப்பட்ட கோணத்தில் பெருமத்தை தோற்றுவிப்பதற்கான நிபந்தனை

$$2d \cos\theta = n\lambda$$

M_2 ம் M_1 'ம் தொடும்போது பாதை வேறுபாடு கழியாகும். இப்போது தோன்றும் புலம் இருளாக இருக்கும். M_2 ஐ M_1 'ன் மறுபக்கம் நகர்த்தினால் மீண்டும் வரி தோன்ற மையத்திலிருந்து அதிகரிக்கிறது.

- (1) வட்ட வரிகளைப் பயன்படுத்தி ஒளியின் அலைநீளம் காணலாம்.
- (2) ஒளியின் கற்றை நிறத் தன்மையை ஆராயலாம்.
- (3) பரப்புகளின் இணைத் தன்மையை ஆராயலாம்.
- (4) விண்மீன்களின் கோண விட்டங்களை அளவிடலாம்.

உள்ளிட்ட வரிகள் ஆடிகள் M_1 ம் M_2 ம் சரியாகச் செங்குத்தாக இல்லாதபோது ஆடி M_2 ம் M_1 ஆல் தோன்றும் தோற்றப் பிம்பம் μ_1 ம் சாய்வாக அமையும். இவைகட்கு இடைப்பட்ட காற்று ஆப்பு வடிவமாகும். தோன்றுகின்ற வரிகள் காற்றின் தடிமனையும், படுகோணத்தையும் சார்ந்தது.பலவேறுபட்ட கட்ட வேறுபாடுகட்கு தோன்றுகின்ற வரிகளின் வடிவம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. M_2 உண்மையிலேயே M_1 ஐ மையத்தில் வெட்டும்போது முழுமையான நேர்கேட்டு வரிகள் தோன்கிறது. இரு ஆடிகளும் படத்தில் காட்டியவாறு சாய்வாக அமையும் போது, வளைவான வரிகள் தோன்றுகின்றன. வளைவின் குவி பகுதி ஆப்பு வடிவின் முனையை நோக்கிக அமையும்.

வெள்ளொளி வரிகள்(White light Fringes)

வெள்ளொளி பயன்படுத்தப்படும்போது, பாதை வேறுபாடு மிகக் குறைவாக இருந்தால்தான் வரிகள் தோன்றும். மாறுபட்ட வண்ண வளையங்கள் ஒன்றன்மீது ஒன்று பொருந்துவதால், குறைந்த எண்ணிக்கை கொண்ட வண்ண வளையங்கள்தான் தோன்றுகின்றன. மையப் புள்ளி இருளாகவும், மற்ற வரிகள் வண்ணமாகவும் இருக்கும். சுழிப்பாதை வேறுபாட்டினை அளப்பதற்கு வெள்ளொளி வரிகள் பயன்படுகிறது.

மைக்கல்சன் குறுக்கீட்டு விளைவுமானியின் பயன்கள்(Uses of Michelson's Interferometer)

(1) ஒற்றை நிற ஒளியின் அலைநீளம் காணல்(Determination of Wavelength of Monochromatic light)

M_1, M_2 ஐ சரி செய்து, வட்ட வரிகள் தோற்றுவிக்கவேண்டும். தொலைநோக்கியை நகர்த்தி அதன் குறுக்குக் கம்பி ஒளி வரியின் மையத்தில் அமையுமாறு செய்ய வேண்டும். தொலைநோக்கியின் வழியாக வரிகளைப் பார்த்துக் கொண்டு, ஆடி ஐ தொலைவு நகர்த்த வேண்டும். இவ்வாறு நகர்த்தும்போது, குறுக்குக்கம்பி மையத்தை கடக்கும் வரிகளை எண்ணிக் கொள்ளவேண்டும். இதனை 'n' எனக் கொள்வோம். M_1 ஐ d தொலைவு நகர்த்தும்போது, தோன்கின்ற பாதை மாற்றம் $2d$ ஆகும்.

$$2d = n\lambda, \quad \lambda = 2d/n$$

இதிலிருந்து அலைநீளம் λ கணக்கிடலாம்.

இரு அலைநீளங்கட்கிடையே உள்ள வேறுபாட்டைக் காணல் (Determination of difference in wavelength)

முதலில் வட்ட வரிகள் தோற்றுவிக்கவேண்டும். ஒளிமூலம் λ_1, λ_2 என்ற இரு அலைநீளங்கள் கொண்டதாகக் கொள்வோம். ($\lambda_1 > \lambda_2$) இவை இரண்டும் சோடியம் D வரிகள் போன்று நெருக்கமாக இருப்பதாகக் கொள்வோம், இந்த இரு அலைநீலங்களும் தனித் தனியான குறுக்கீட்டு வரி அமைப்புகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. ஆனால் λ_1, λ_2 ஆகியவை மிக

நெருக்கமாகவும். காற்று மென்படலத்தின் தடிமன் சிறியதாகவும் இருப்பதால் இரு வரி அமைப்புகளும் நடைமுறையில் ஒன்றியமைகிறது. ஆடி M_2 ஐ மெதுவாக நகர்த்தினால், இரு வரியமைப்புகளும் மெதுவாகப் பிரிகிறது. காற்று மென்படலத்தின் தடிமன் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவாக இருக்கும்போது λ_1 ன் கருமை வரி λ_2 ன் பொலிவு வரியின் மீது அமைகிறது இந்நிலையில் வளைய அமைப்பு மறைந்துவிடும். இப்போது ஆடி M_1 ஐ மேலும் நகர்த்தி அடுத்த வளைய அமைப்பு மறையும் நிலைக்குக் கொண்டுவர வேண்டும். M_2 நகர்ந்த தூரம் d எனக் கொள்வோம். இந்த நிலையில் λ_1 ஒளி அலை n முறைகளும், λ_2 ஒளி அலை $(n+1)$ முறையும் அமையப் பெற்றுள்ளதாகக் கொள்வோம்.

$$2d = n \lambda_1; \quad 2d = (n+1) \lambda_2$$

$$n = 2d / \lambda_1 \quad (n+1) = 2d / \lambda_2$$

$$(n+1) - n = 2d / \lambda_2 - 2d / \lambda_1 = 2d(\lambda_1 - \lambda_2) / \lambda_1 \lambda_2$$

$$\text{அல்லது } \lambda_1 - \lambda_2 = \lambda_1 \lambda_2 / 2d = \lambda_{av}^2 / 2d$$

ஆடி M_1 ஐ அடுத்தடுத்த இரு பெருமம் மறையும் நிலைக்கு நகர்த்தி, நகர்த்தப்பட்ட தூரம் d ஐ அளவிட வேண்டும் d தெரிந்தால், இரு அலை நீளங்கட்கிடையே உள்ள வேறுபாட்டை கணக்கிடலாம்.

UNIT - III - DIFFRACTION

Fresnel and Fraunhofer diffraction - Diffraction at a straight edge-Fraunhofer diffraction at a single slit-Double slit-Plane transmission grating-Theory-Width of principal maxima-Dispersive power of a grating-Resolving power of a prism and grating-Comparison of Prism and grating spectra.

DIFFRACTION

Diffraction of light is defined as the bending of light around corners such that it spreads out and illuminates areas where a shadow is expected.



Fig:1 –Diffraction Effect

In the single-slit diffraction experiment, we can observe the bending phenomenon of light or diffraction that causes light from a coherent source interfere with itself and produce a distinctive pattern on the screen called the diffraction pattern. Diffraction is evident when the sources are small enough that they are relatively the size of the wavelength of light.

FRESNEL DIFFRACTION

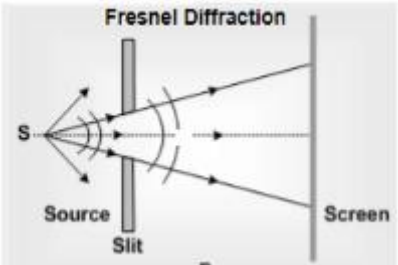
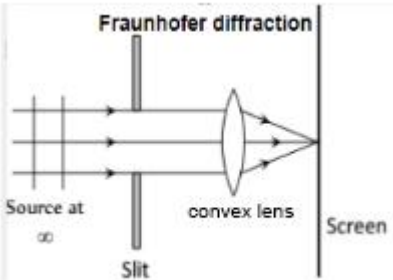
Fresnel diffraction can be observed if the source of light and the screen at which the diffraction pattern is formed are kept at a finite distance from the diffracting obstacle. In this situation, the wavefronts falling on the obstacle are not planes. Similarly; the wavefronts leaving the obstacle are not plane.

Fraunhofer diffraction

Fraunhofer diffraction can be observed if the source of light and screen at which the diffraction pattern is formed is placed at an infinite distance from the diffracting obstacle.

This can be done by using two converging lenses.

Fresnel Vs. Fraunhofer diffraction

| Fresnel Diffraction | Fraunhofer diffraction |
|--|---|
| 1. If the source of light and screen is at a finite distance from the obstacle, then the diffraction called Fresnel diffraction. | 1. If the source of light and screen is at infinite distance from the obstacle then the diffraction is called Fraunhofer diffraction. |
| 2. The corresponding rays are not parallel. | 2. The corresponding rays are parallel. |
| 3. The wavefronts falling on the obstacle are not plane. | 3. The wavefronts falling on the obstacle are planes. |
| 4.  | 4.  |

DIFFRACTION PATTERN DUE TO A STRAIGHT EDGE

Let S be narrow slit illuminated by a source of monochromatic light of wavelength, λ . The length of the slit is perpendicular to the plane of the paper. AD is the straight edge and the length of the edge is parallel to the length of the slit. XY is the incident cylindrical wavefront. P is a point on the screen and SAP is perpendicular to the screen. The screen is perpendicular to the plane of the paper. Below the point P is the geometrical shadow and above P is the illuminated portion.

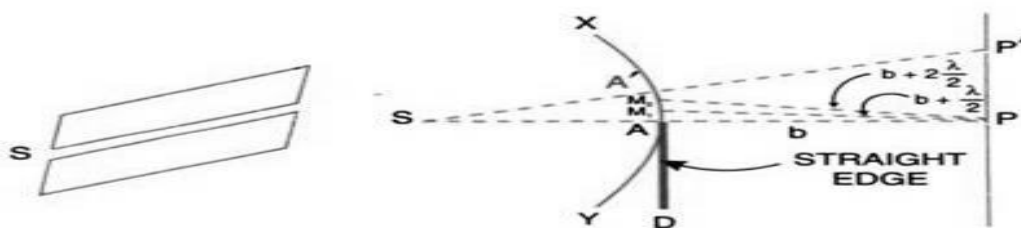


Fig.1

Let the distance AP be b . With reference to the point P , the wave front can be divided into a

number of half period strips, as shown in figure. XY is the wave front, A is the pole of the wave front and AM_1 , M_1M_2 , M_2M_3 etc measure of the thickness of the 1st, 2nd, 3rd etc half period strips. With the increases in the order of the strip, the area of the strip decreases.

In the above Fig, $AP=b$

$$PM_1=b + \frac{\lambda}{2} \text{ and } PM_2=b + \frac{2\lambda}{2} \text{ etc.}$$

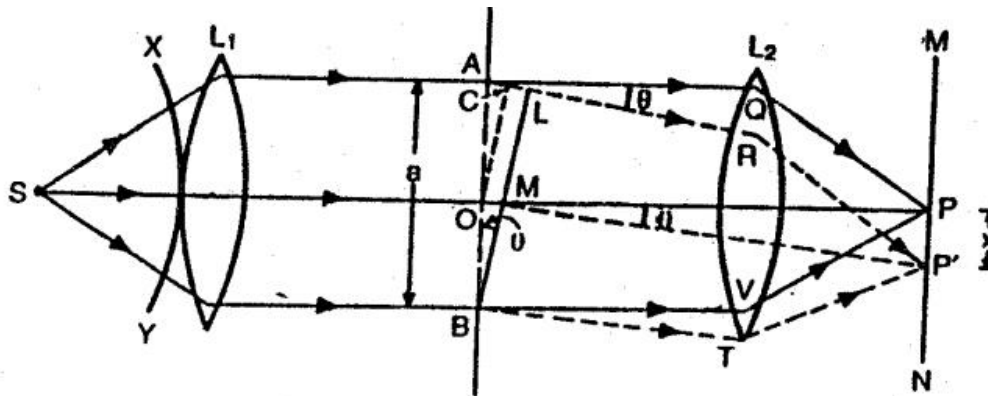
Let P' be a point on the screen in the illuminated portion . To calculate the resultant effect at P' due to the wave front XY, join S to P' . This line meets the wave front at B. B is the pole of the wave front with reference to the point P' and the intensity at P' will depend mainly on the number of half period strips enclosed between the points A and B.

The effect at P' due to the wave front above B is same at all points on the screen whereas it is different at different points due to the wave front between B and A. The point P' will be of maximum intensity, if the number of half period strips enclosed between B and A is odd and the intensity at P' will be minimum if the number of half period strips enclosed between B and A is even.

FRAUNHOFER DIFFRACTION AT A SINGLE SLIT

To obtain a Fraunhofer diffraction pattern, the incident wavefront must be plane and the diffracted light is collected on the screen with the help of a lens. Thus, the source of light should either be at a large distance from the slit or a collimating lens must be used.

In Figure, S is a narrow slit perpendicular to the plane of the paper and illuminated by monochromatic light. L_1 is the collimating lens and AB is a slit of width a . XY is the incident spherical wave front. The light passing through the slit AB is incident on the lens L_2 and the final refracted beam is observed on the screen MN. The screen is perpendicular to the plane of the paper. L_1 and L_2 are achromatic lenses. A plane wave front is incident on the slit AB and each point on this wave front is a source of secondary disturbance. The secondary waves travelling in the direction parallel to OP viz. AQ and BV come to focus at P and a bright central image is observed.



The secondary waves from points equidistant from O and situated in the upper and lower halves OA and OB of the wave front travel the same distance in reaching P and hence the path difference is zero. The secondary waves reinforce one another and P will be a point of maximum intensity.

Now, consider the secondary waves traveling in the direction AR, inclined at an angle θ to the direction OP. All the secondary waves traveling in this direction reach the point P' on the screen. The point P' will be of maximum or minimum intensity depending on the path difference between the secondary waves originating from the corresponding points of the wave front. Draw OC and BL perpendicular to AR. Then, in $\triangle ABL$

$$\sin \theta = \frac{AL}{AB} = \frac{AL}{a}$$

$$AL = a \sin \theta \quad \text{-----(1)}$$

Where **a** is the width of the slit and **AL** is the path difference between the secondary waves originating from A and B.

$$\text{In general, } a \sin \theta_n = n\lambda \quad \sin \theta_n = \frac{n\lambda}{a} \quad (2)$$

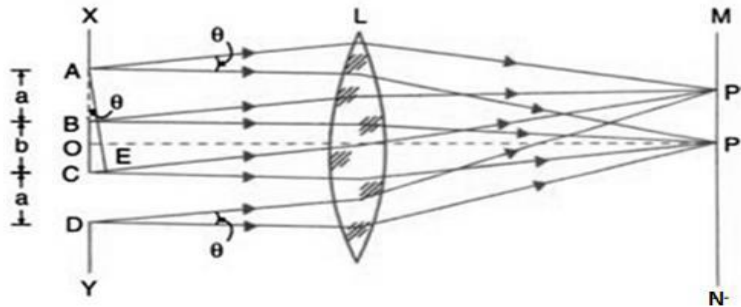
Where θ_n gives the direction of the n^{th} minimum. Here n is an integer. If, however, the path difference is odd multiples of $\lambda/2$, the directions of the secondary maxima can be obtained. In

$$\text{this case, } a \sin \theta_n = (2n + 1) \lambda/2 \quad \sin \theta_n = \frac{(2n+1)\lambda}{2a} \quad (3)$$

Where $n=1, 2, 3, \dots$

Thus, the diffraction pattern due to a single slit consists of a central bright maximum at P followed by secondary maxima and minima on both the sides. P corresponds to the position of the central bright maximum and the points on the screen for which the path difference between the points A and B is $\lambda, 2\lambda$ etc correspond to the position of secondary minima.

FRANUHOFFER DIFFRACTION AT DOUBLE SLIT



In figure, AB and CD are two rectangular slits parallel to one another and perpendicular to the plane of the paper. The width of each slit is a and the width of the opaque portion is b . L is a collecting lens and MN is a screen perpendicular to the plane of the paper. P is a point on the screen such that OP is perpendicular to the screen. Let a plane wave front be incident on the surface of XY. All the secondary waves traveling in a direction parallel to OP come to focus at P. Therefore, P corresponds to the position of the central bright maximum. In this case, the diffraction pattern has to be considered in two parts (i) the interference phenomenon due to the secondary waves emanating from the corresponding points of the two slits and (ii) the diffraction pattern due to the secondary waves from the two slits individually.

i) Interference maxima and minima

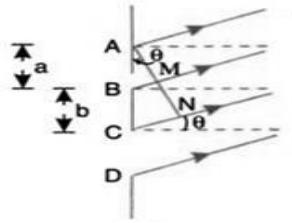


FIG-3

Consider the secondary waves traveling in a direction inclined at an angle θ with the initial direction. In the ΔACN (Fig-3), $\sin \theta = \frac{CN}{AC} = \frac{CN}{a+b}$

$$CN = (a + b) \sin \theta$$

If this path difference is equal to odd multiples of $\lambda/2$, θ gives the direction of minima due to interference of the secondary waves from the two slits.

$$CN = (a + b) \sin \theta_n = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad \text{-----(1)}$$

Putting $n=1,2,3$, etc, the values of $\theta_1, \theta_2, \theta_3$, etc, corresponding to the directions of minima can be obtained. From equation(1)

$$\sin \theta_n = \frac{(2n+1)\lambda}{2(a+b)} \quad \text{-----(2)}$$

On the other hand, if the secondary waves travel in a direction θ' such that the path difference is even multiples of $\lambda/2$, then θ' gives the direction of the maxima due to interference of light waves emanating from the two slits. $CN = (a + b) \sin \theta'_n = 2n \frac{\lambda}{2}$

$$\sin \theta'_n = \frac{n\lambda}{(a+b)} \quad \text{-----(3)}$$

Putting $n= 1, 2, 3$, etc, $\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3$, etc corresponding to the directions of the maxima can be obtained. From equation (2), $\sin \theta_1 = \frac{3\lambda}{2(a+b)}$, $\sin \theta_2 = \frac{5\lambda}{2(a+b)}$

$$\sin \theta_2 - \sin \theta_1 = \frac{\lambda}{(a+b)} \quad \text{-----(4)}$$

Thus, the angular separation between any two consecutive minima (or maxima) is equal to $\frac{\lambda}{(a+b)}$. The angular separation is inversely proportional to $(a+b)$, the distance between the two slits.

GRATING

A diffraction grating is a device consists of a very large number alternative narrow slits and opaque spaces.

When a wavefront is incident on a grating surface, light is transmitted through the slits and obstructed by the opaque portions. Such a grating is called a transmission grating.

THEORY OF PLANE TRANSMISSION GRATING

In Fig, XY is the grating surface and MN is the screen. Here AB is slit and BC is an opaque portion. The width of each slit is a and the opaque spacing between any two consecutive slits is b .

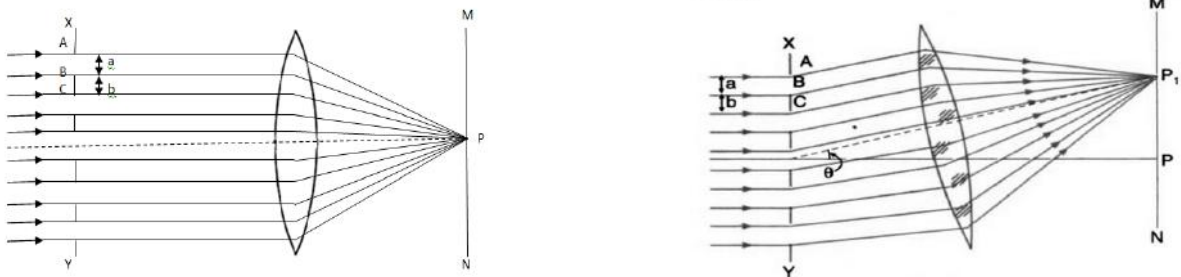
Let a plane wave front be incident on the grating surface. Then all the secondary waves travelling in the same direction as that of the incident light will come to focus at the point P on the screen. The screen is placed at the focal plane of the collecting lens. The point P where all the secondary waves reinforce one another corresponds to the position of the central bright maximum. Now, consider the secondary waves travelling in a direction inclined at an angle θ with the direction of the incident light (Fig.). These secondary waves come to focus at a point P_1 on the screen. The intensity at P_1 will depend on the path difference between the secondary waves originating from the corresponding points A and C of two neighbouring slits.

In Fig, $AB = a$ and $BC = b$. The path difference between the secondary waves starting from A and C is equal to $AC \sin \theta$, But $AC = AB + BC = a + b$, Path difference = $AC \sin \theta = (a + b) \sin \theta$

The point P_1 will be of maximum intensity if this path difference is equal to integral multiples of the wavelength of light. In this case, all the secondary waves originating from the corresponding points of the neighbouring slits reinforce one another and the angle θ gives the direction of maximum intensity.

$$\text{In general, } (a + b) \sin \theta_n = n\lambda \quad \text{-----(1)}$$

where θ_n is the direction of the n^{th} principal maximum. Putting $n=1, 2, 3$, etc, the angle $\theta_1, \theta_2, \theta_3$, etc., corresponding to the direction of the principal maxima can be obtained.



Let λ and $\lambda + d\lambda$ be two nearby wavelengths present in the incident light and θ and $\theta + d\theta$ be the angles of diffraction corresponding to these two wavelengths. Then, for the first order principal maxima

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

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

In equation (1), $n=1$ gives the direction of the first order image, $n=2$ gives the direction of the second order image and so on. When white light is used, the diffraction pattern on the screen consists of a white central bright maximum and on the both sides of this maximum a spectra corresponding to the different wavelength of light present in the incident beam will be observed in each order.

Secondary maxima and minima:

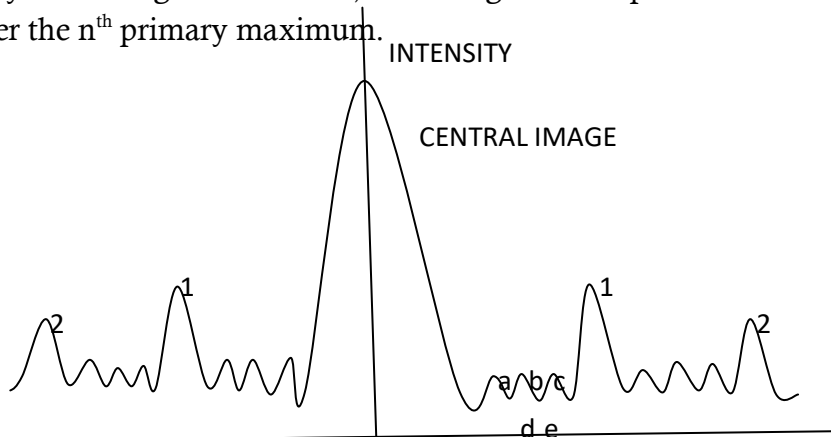
The angle of diffraction θ_n corresponding to the direction of the n^{th} principal maximum is given by the equation

$$(a + b) = \frac{2.54}{15000} \text{cm}$$

Now, let the angle of diffraction be increased by a small amount $d\theta$ such that the path difference between the secondary waves from the point A and C increases by λ/N (Fig).

Here N is the total number of lines on the grating surface. Then, the path difference between the secondary waves from the extreme points of the grating surface will be $(\lambda / N)N = \lambda$.

Assuming the whole wave front to be divided into two halves, the path difference between the corresponding points of the two halves will be $\lambda/2$ and all the secondary waves cancel one another's effect. Thus, $(\theta_n + d\theta)$ will give the direction of the first secondary minimum after the n^{th} primary maximum. Similarly if the path difference between the second waves from the points A and C is $2\theta/N$, $3\theta/N$ etc, for gradually increasing values of $d\theta$, these angles correspond to the direction of 2^{nd} , 3^{rd} etc secondary minima after the n^{th} primary maximum.



The intensity distribution on the screen is shown in Fig. P corresponds to the position of the central maxima and 1,2,etc, on the two sides of P represent the 1^{st} , 2^{nd} , etc principal maxima. a, b, etc are secondary maxima and d, e etc are the secondary minima.

DISPERSIVE POWER OF A GRATING

Dispersive power of a grating is defined as **the ratio of the difference in the angle of diffraction of any two neighbouring spectral lines to the difference in wavelength between the two spectral lines.**

It can also be defined as **the difference in the angle of diffraction per unit change in wavelength.** The diffraction of the n^{th} order principal maximum for a wavelength λ is given by the equation, $(a+b) \sin \theta = n\lambda$

Differentiating this equation with respect to θ and $d\theta$ and λ ($a+b$ is constant and n is constant in a given order)

$$(a+b) \cos\theta \, d\theta = n \, d\lambda$$

or $\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{n}{(a+b)\cos\theta}$ or $\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{nN'}{\cos\theta}$

In the above equation, $\frac{d\theta}{d\lambda}$ is the dispersive power, n is the order of the spectrum, N' is the number of lines per cm of the grating surface and θ is the angle of diffraction for the n th order principal maximum of wavelength.

RESOLVING POWER

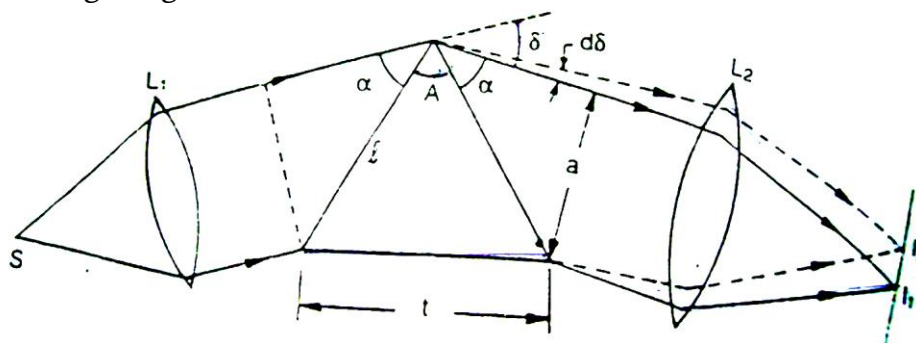
Resolving power is the ability of an imaging device to separate (i.e. to see as distinct) points of an object that are located at a small angular distance or it is the **power** of an optical instrument to separate far away objects, that are close together, into individual images.

RAYLEIGH CRITERION

To express the resolving power of an optical instrument as a numerical value, Lord Rayleigh proposed an arbitrary criterion. According to him, **two nearby images are said to be resolved if the position of the central maximum of one coincides with the first secondary minimum of the other and vice versa.** Rayleigh condition can also be stated as follows. **Two images are said to be just resolved if the radius of the central disc of either pattern is equal to the distance between the centres of the two patterns.**

RESOLVING POWER OF A PRISM

The term resolving power applied to the spectrographic devices (using a grating or a prism) signifies the ability of the instrument to form two separate spectral images of two neighbouring wavelengths, λ and $\lambda+d\lambda$ in the wavelength region λ .



In Fig, S is a source of light L_1 is a collimating lens and L_2 is the telescope objective. As two wavelength λ and $\lambda+d\lambda$ are very close, if the prism is set in minimum deviation position would hold good for both the wavelengths. The final image I_1 corresponds to the principal maximum for the wavelength λ and I_2 corresponds to the principal maximum for the wavelength $\lambda+d\lambda$. I_1 and I_2 are formed at the focal plane of the telescope objective L_2 . The face of the prism limits the incident beam to a rectangular section of width a . Hence, the Rayleigh criterion can be applied in the case of a rectangular aperture.

In the case of diffraction at a rectangular aperture, the position of I_2 will correspond to the first minimum of the image I_1 for wavelength λ_1 provided.

$$a \cdot d\delta = \lambda \quad \text{Or} \quad d\delta = \frac{\lambda}{a} \quad \text{-----(1)}$$

Here δ is the angle of minimum deviation for wavelength λ .

From the Fig,

$$\alpha = \left[\left(\frac{\pi}{2} \right) - \left(\frac{A+\delta}{2} \right) \right]$$

$$\sin \alpha = \sin \left[\left(\frac{\pi}{2} \right) - \left(\frac{A + \delta}{2} \right) \right] = \cos \left(\frac{A + \delta}{2} \right)$$

But $\sin \alpha = \frac{a}{l}$; $\cos \left(\frac{A + \delta}{2} \right) = \frac{a}{l}$ ----- (2)

Also $\sin \frac{A}{2} = \frac{t}{2l}$ ----- (3)

In the case of prism, $\mu = \frac{\sin \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$
 $\sin \frac{A + \delta}{2} = \mu \sin \frac{A}{2}$ ----- (4)

Here μ and δ are dependent on wavelength of light λ .

Differentiating equation (4) with respect to λ , we get

$$\frac{1}{2} \cos \left(\frac{A + \delta}{2} \right) \frac{d\delta}{d\lambda} = \frac{d\mu}{d\lambda} \left(\sin \frac{A}{2} \right)$$
 ----- (5)

Substituting the values of $d\delta$ from equations (2) and (3), we obtain

$$\frac{1}{2} \left(\frac{a}{l} \right) \frac{d\delta}{d\lambda} = \frac{d\mu}{d\lambda} \left(\frac{t}{2l} \right)$$
 ----- (6)

Substituting the value of $d\delta$ equation (1) we get

$$\frac{\lambda}{d\lambda} = t \cdot \frac{d\mu}{d\lambda}$$
 ----- (7)

The expression $\frac{\lambda}{d\lambda}$ measure the resolving power of the prism. It is defined as the ratio of the wavelength λ to the smallest difference in wavelength $d\lambda$, between this line and a neighbouring line such that two lines appear just resolve, according to Rayleigh's criterion.

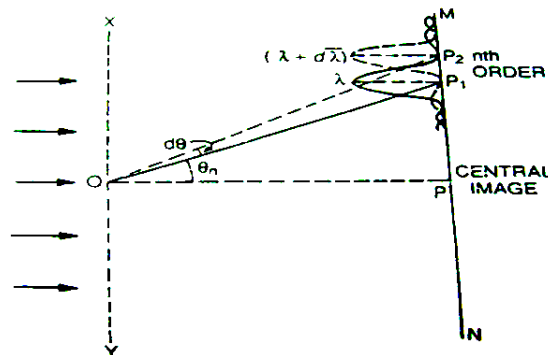
So, resolving power of a prism = $t \cdot \frac{d\mu}{d\lambda}$ ----- (8)

It means that the resolving power (i) is directly proportional to the length of the base of the prism and (ii) rate of change of refractive index with respect to wavelength for that particular material.

RESOLVING POWER OF A PLANE TRANSMISSION GRATING

The resolving power of a grating is defined as the ratio of the wavelength λ of any spectral line to the smallest difference in wavelength $d\lambda$, between this line and a neighboring line such that the two lines appear just resolved, according to Rayleigh's criterion.

So resolving power of a grating = $\frac{\lambda}{d\lambda}$



In Fig, XY is the grating surface and MN is the field of view of the telescope, P₁ is n^{th} primary maximum of a spectral line of wavelength λ at an angle of diffraction θ_n . P₂ is the n^{th} primary maximum of a second spectral line of wavelength $\lambda + d\lambda$ at a diffracting angle $\theta_n + d\theta$. P₁ and P₂ are the spectral

lines in the n^{th} order. These two spectral lines according to Rayleigh, will appear just resolved if the position of P_2 also corresponds to the first minimum of P_1 .

The direction of the n^{th} primary maximum for a wavelength λ is given by,

$$(a + b)\sin \theta_n = n \lambda \quad \text{-----(1)}$$

The direction of the n^{th} primary maximum for a wavelength $\lambda + d\lambda$ is given by,

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

These two lines will appear just resolved if the angle of diffraction $(\theta_n + d\theta)$ also corresponds to the direction of the first secondary minimum after the n^{th} primary maximum at P_1 (corresponding to the wavelength). This is possible if the extra path difference introduced is $\frac{\lambda}{N}$, where N is the total number of lines on the grating surface.

$$(a + b)\sin(\theta_n + d\theta) = n\lambda + \lambda/N \quad \text{-----(3)}$$

Equating the right hand sides of equations (2) and (3),

$$n(\lambda + d\lambda) = n\lambda + \lambda/N \quad \text{or } nd\lambda = \lambda/N \quad \text{or } \lambda/d\lambda = nN \quad \text{-----(4)}$$

The quantity $\lambda/d\lambda = nN$ measures the resolving power of a grating. Thus, the resolving power of a grating is independent of the grating constant. The resolving power is directly proportional to (i) the order of the spectrum and (ii) the total number of lines on the grating surface. For a given grating, the distance between the spectral lines is double in the second order spectrum than that in the first order spectrum. The dispersive power of a grating is given by, $\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{n}{(a+b)\cos\theta} = \frac{nN'}{\cos\theta}$; and the resolving power of a grating is given by, $\frac{\lambda}{d\lambda} = nN$, where n is the order of the spectrum and N is the total number of lines on the grating surface. N' is the number of lines per cm on the grating surface. Here θ gives the direction of the n^{th} principal maximum corresponding to a wavelength λ . From the above equation, it is clear that the dispersive power increases with increase in the number of lines per cm and the resolving power increases with increases in the total number of lines on the grating surface (i.e. width of the grating surface). **High dispersive power refers to wide separation of the spectral lines whereas high resolving power refers to the ability of the instrument to show nearby spectral lines as separate ones**

Comparison of Prism and Grating spectra:

- (1) With a grating, a number of different orders can be obtained on the two sides of the central maximum whereas with a prism only one spectrum is obtained.
- (2) The spectra obtained with a grating are comparatively purer than those with a prism.
- (3) Knowing the grating element $(a+b)$ and measuring the diffraction angle, the wavelength of any spectral line can be measured accurately. The angles of deviation are dependent on the refractive index of the material of the prism, which depends on the wavelength of light.
- (4) The intensities of the spectral lines with a grating are much less than with a prism.
- (5) The dispersive power of a grating is $\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{nN'}{\cos\theta}$ and this is constant for a particular order. Thus, the spectral lines are evenly distributed. Hence, the spectrum obtained with a grating is said to be rational. The dispersive power of a prism is $\frac{d\mu}{\mu-1}$ and this has higher value in the violet region than in the red region. Hence, there will be more spreading of the spectral lines towards the violet and the spectrum obtained with a prism is said to be irrational.

அலகு-III

விளிம்பு விளைவு

∴ப்ரநெல் விளிம்பு விளைவும், ப்ரான்டேறாபர் விளிம்பு விளைவும் (**Fresnel and Fraunhofer's diffraction**) விளிம்பு விளைவினை இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம் 1. ∴ப்ரநெல் விளிம்பு விளைவு 2. ∴ப்ரான்டேறாபர் விளிம்பு விளைவு

- (1) ∴ப்ரநெல் விளிம்பு விளைவு: இவ்வகையான விளிம்பு விளைவில் மூலமும், திரையும் விளிம்பு விளைவினை தோற்றுவிக்கும் தடை பொருளிலிருந்து வரம்பிற்கு உட்பட்ட தொலைவில் இருக்கவேண்டும். இந்த வகையில் கற்றைகளை இணையாக்கவோ அல்லது குவிப்பதற்கோ வில்லைகள் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. இதில் படு அலைமுகப்பு உருளை வடிவிலோ அல்லது கோளக வடிவிலோ இருக்கும்.
- (2) ∴ப்ரான்டேறாபர் விளிம்பு விளைவு: இவ்வகையான விளிம்பு விளைவில் மூலமும் திரையும் எண்ணிலாத் தொலைவில் அமையும். இவ்வகையில் குவிக்கும் வில்லைகள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எனவே தோன்றுகின்ற விளிம்பு விளைவு தெளிவாக இருக்கும். இந்த வகையில் தடை பொருளின் மீது விழும் படுஅலை முகப்பு சமதள அலைமுகப்பாகும்.

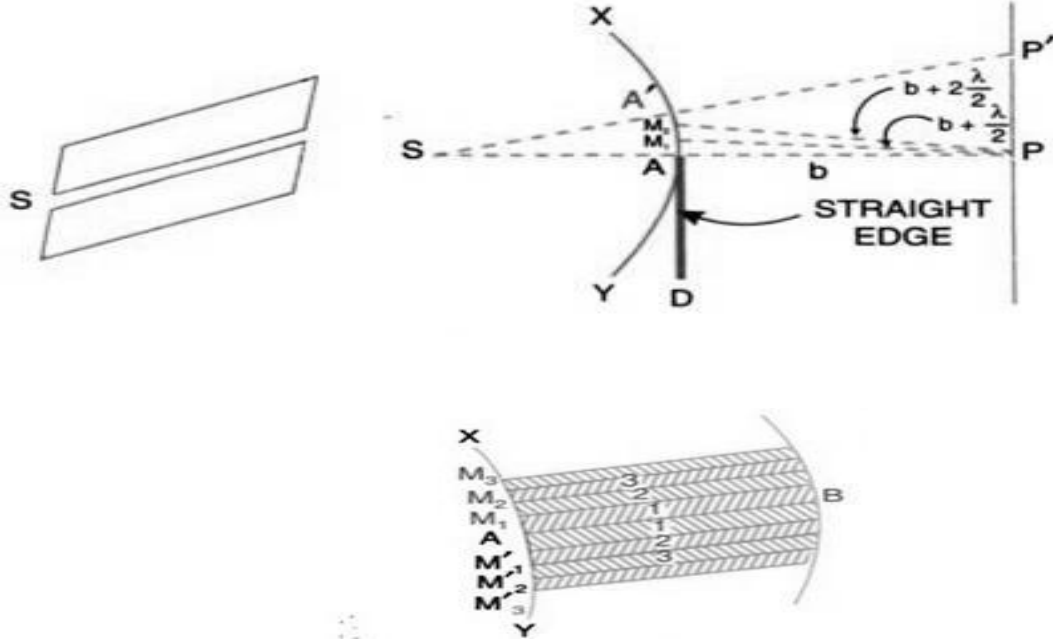
குறுக்கீட்டு வரிகளையும், விளிம்பு விளைவு பட்டைகளையும் ஒப்பிடுதல் (Comparison between interference fringes and diffraction bands)

- 1) குறுக்கீட்டு பட்டைகளானது இரு ஒரியல் மூலங்களிலிருந்து வரும் இரு அலைவுகள் குறுக்கிடுவதால் ஏற்படுகிறது. ஆனால் விளிம்பு விளைப்பட்டையானது ஒரு ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் அலைமுப்பின் பல குறுக்கிடுவதால் ஏற்படுகிறது.
- 2) சுத்தமான குறுக்கீட்டுப் பட்டையில் இருள் வரிகள் முழுமையான இருளாகவும், ஒளி வரிகள் முழுமையான பொலிவுடனும் அமையும். ஆனால் விளிம்பு விளைவுப் பட்டைகள் ஒன்றை நோக்க மற்றது இருளாகவும், பொலிவாகவும் தோன்றும்.
- 3) குறுக்கீட்டு பட்டைகளின் அகலம் சமமானது. ஆனால் விளிம்பு விளைவு பட்டைகள் சமமானதல்ல.
- 4) வெள்ளொளி பயன்படுத்தினாலும் ஒற்றை நிற ஒளி பயன்படுத்தினாலும் பெறுகின்ற விளிம்பு விளைவு பட்டைகள் ஒரே தன்மை கொண்டதாகும். ஆனால் வெள்ளொளி பயன்படுத்தும் போதுகிடைக்கின்ற குறுக்கீட்டு

(i) நேர் விளிம்பில் விளிம்பு விளைவு (Diffraction at Straight Edge)

S என்ற குறுகிய பிளவு காகிதத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக அமைத்து, ஒற்றை நிற

ஒளிகொண்டு பொலிவூட்டப்படுகிறது. AB என்ற நேர் முனைபிளவிற்கு இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. தடுப்பிற்கு மறுபக்கத்தில் காகித்த தளத்திற்குச் செங்குத்தாக ஒரு திரை வைக்கப்பட்டுள்ளது. SAC என்பது திரைக்குச் செங்குத்து, ஒளியானது நேர்கோட்டில் சென்றால் திரையில் C ற்கு கீழ் முழுமையும் இருளாகவும், C ற்கு மேல் சீரான பொலிவுடனும் இருக்க வேண்டும். ஆனால் C ற்கு மேல் கூர்ந்து நோக்கினால், மாறுபட்ட அகலங் கொண்ட இருள்பட்டைகளும், ஒளிப் பட்டைகளும் அமைந்திருப்பது தெரியும். மேலே செல்லச் செல்ல பட்டைகள் குறுகலாக சீரான பொலிவு ஏற்படுகிறது. இதே போன்று C ற்கு கீழ் பொலிவு படிப்படியாகக் குறைந்து, புள்ளியில் செறிவு காணவேண்டும். A என்பது C யினை நோக்க அலை முகமாகும். அலைமுகப்பினை வல அரை அலைவு நேர மண்டிலங்களாகப் பிரிக்கலாம். இவற்றின் கீழ்பகுதி நேர் விளிம்பு AB ஆல் தடுக்கப் பட்டுவிடுகிறது.



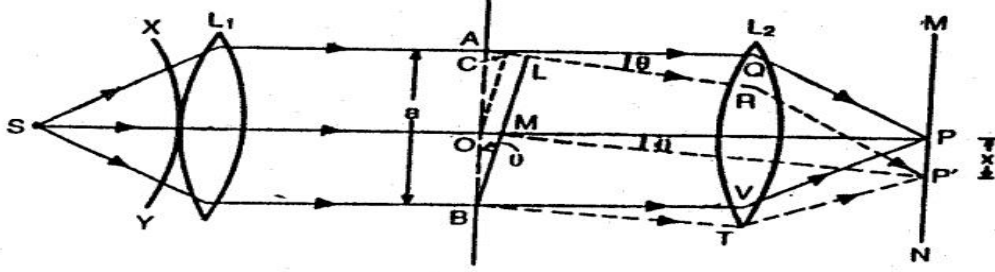
C ற்கு கீழ் இதற்கு அருகாமையில் அமைந்துள்ள C₁ என்ற புள்ளியைக் கருதுவோம். C₁ஐ நோக்க A₁ அலைமுகமாகும். இப்போது AA₁ என்ற பகுதியில் முதல் அலை அலைவு நேர மண்டலத்தின் மேற்பகுதி அடங்கியிருப்பதாகக் கொள்வோம். ஆகவே நேர் விளிம்பானது அரை அலைவு நேர மண்டலத்தின் கீழ்பகுதி முழுவதையும் மேற்பகுதியில் முதல் மண்டலத்தையும் தடுப்பதாகக் கொள்வோம். ஆகவே C₁ ல் ஏற்படும் இடப்பெயர்ச்சி $-d_2/4$ ஆகும். எனவே செறிவு $d_2^2/16$ ற்கு நேர்விகிதத்தில் அமையும். C₁ என்ற புள்ளி கீழே செல்லச் செல்ல,

மேற்பகுதியில் இரண்டாம், மூன்றாம் மண்மலங்கள் வெட்டப்படுகின்றன. எனவே செறிவானது குறைந்து, பின்பு இருளாகிவிடுகிறது. மண்டலங்களாகப் பிரிக்கப்படுகிறது.

∴ ப்ரான்ஹேறாபர் விளிம்புவிளைவு (Fraunhofer Diffraction)

(i) ஒற்றை பிளவு (Single Slit)

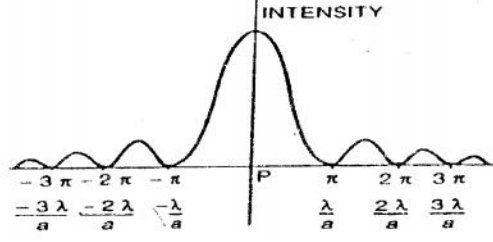
AB என்பது அகலம் “a” கொண்ட பிளவாகும். இந்த பிளவு காகிதத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. பிளவின் மீது ஒரு சமதள அலைமுகப்பு விழுகிறது. அலை முகப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளிகளும் இரண்டாம் நிலை (secondary) ஒளி மூலமாகச் செயற்பட்டு இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகளைத் (secondary wavelets) தோற்றுவிக்கின்றன. இவற்றில் பெரும்பகுதி புள்ளிக்கொண்டால் காட்டப்பட்டுள்ள AN திசைக்கு இணையாகச் செல்கிறது. இவை ஒரு வில்லையாக P என்ற புள்ளியில் குவிக்கப்படுகிறது. P னை அடைகின்ற உல்லா அலைமுகப்புகளும் சமக் கட்டத்தில் இருப்பதால், இப்புள்ளி பெருமச் செறிவு கொண்டிருக்கும். தோன்றுகின்ற இரண்டாம்நிலை அலைக் குட்டிகளில் ஒரு பகுதி பிளவின் விளிம்பில் வளைந்து, பல திசைகளிலும் செல்கின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் செல்கின்ற கற்றைகளை ஒரு வில்லையை பயன்படுத்தி ஒரு புள்ளியில் குவிக்கலாம். படுகதிர் திசைக்கு θ கோணம் சாய்வாகச் செல்லும் கற்றைகளை கருதுவோம். இவற்றை ஒரு வில்லை பயன்படுத்தி θ_1 என்ற புள்ளியில் குவிக்கப்படுகிறது. θ_1 புள்ளியை அடைகின்ற கற்றைகள் எல்லாம் ஒரே கட்டத்தில் அமையாது. கட்ட வேறுபாடு கொண்டிருக்கும். பாதை வேறுபாட்டினைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.



கற்றைகள் BD க்கு பின்பு P_1 ஐ அடையும் வரை சமமான பாதையில் செல்கின்றது. எனவே A, B ஆகியவற்றிலிருந்து புறப்படும் இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகளைக் கருதும்போது. அவற்றிற்கிடையே உள்ள பாதைவேறுபாடு. AD ஆகும் ஆனால்

$$AD = AB \cdot \sin\theta$$

பிளவின் அகலம் “a” எனக்கொண்டால், பாதைவேறுபாடு $AD = a \cdot \sin\theta$ பாதைவேறுபாடு $a \sin\theta = \lambda$ எனக் கொண்டால், இது அழித்தல் குறுக்கீடு எனக் காட்டலாம். C என்பது பிளவின் மையப்புள்ளி எனின் பிளவினை AB, BC என இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். A, B ஆகியவற்றிற்கிடையே உள்ள பாதை வேறுபாடு $\lambda/2$ ஆகும்.



இதே போன்று AC பகுதியில் உள்ள ஒவ்வொரு புள்ளிகட்கும் ஒத்த புள்ளிகள் BC பகுதியில் அமைந்திருக்கும். இவ்விரு ஒத்த புள்ளிகட்கிடையே உள்ள பாதைவேறுபாடு $\lambda/2$ இதனால் அழித்தல் குறுக்கீடு தோன்றுகிறது. ஆகவே P₁ன் செறிவு சிறுமமாக இருக்கும்.

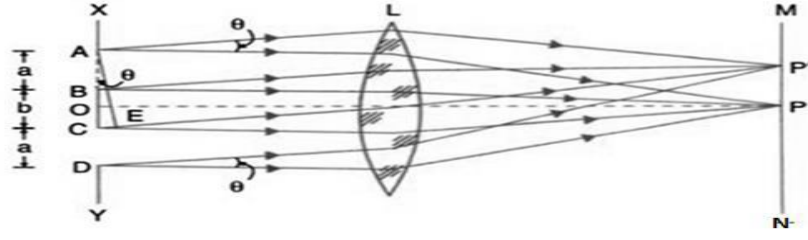
$$a \sin \theta = n\lambda \quad n=1,2,3,\dots$$

இதேபோன்ற P ற்கு அடுத்த பக்கத்திலும் சிறுமங்கள் தோன்றுகின்றன. அடுத்தடுத்த சிறுமங்கட்கிடையே ஒரு பெருமம் தோன்றுகிறது. இவற்றின் துணைப்பெருமம் (secondary maxima) என்பர்.பாதை வேறுபாடு அரை அலைநீளத்தின் ஒற்றை படை எண் பெருக்கற்பலனாக இருந்தால், இந்தத் திசையில் துணைப் பெருமங்கள் தோன்றுகின்றன. பொதுவாக பெருமச் செறிவிற்கான நிபந்தனை $a \sin \theta = (2n+1)\lambda/2$ இங்கு $n=0,1,2,\dots$

இவ்வாறு ஒற்றைப் பிளவால் தோன்றுகின்ற விளிம்பு விளைவுப் பாங்கு மையத்தில் பொலிவு மிருந்த மையத் பெருமத்தையும், இதன் இரு பக்கங்களிலும் துணைப் பெருமங்களையும், சிறுமங்களையும் மாறி மாறி கொண்டிருக்கும் ஒற்றை விளிம்பில் தோன்றும் ஃப்ரான் ஹோபர் விளிம்பு விளைவு பாங்கின் செறிவு படம் 3.16 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

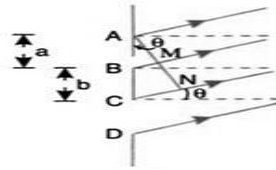
(ii) இரட்டைப் பிளவு (Double slit)

AB, CD என்பவை அகலம் a கொண்ட இரு சிறிய பிளவுகள். இவ்விரு பிளவுகளும் அகலம் b கொண்ட ஒளிபுகாப் பகுதியால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த இரட்டைப் பிளவில் ஒரு சமதள அலைமுகப்பு விழுவதாக்க கொள்வோம். அலைமுகப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளிகளும் இரண்டாம்நிலை ஒளி மூலமாகச் செயற்பட்டு, இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. படுகதிர் திசைக்கு இணையாகத் தோன்றுகின்ற எல்லா இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகள் P ல் குவிக்கப்படுகிறது. P என்ற புள்ளி மையப் பொலிவு பெருமமாகும். இந்தப் புள்ளியில் ஏற்படுகின்ற இடப்பெயர்ச்சி, ஒற்றைப் பிளவால் ஏற்படுகின்ற இடப்பெயர்ச்சி போன்று இரு மடங்காகும். எனவே P ல் உள்ள செறிவு ஒற்றைப் பிளவால் ஏற்படுவதைப் போன்று நான்கு மடங்காகும்.



முதல் சிறுமம் தோன்றக்கூடிய திசைக்கு $a \sin \theta = 3\lambda/2$ எனத் தெரியும். அடுத்த பெருமத்திற்கான திசை $a \sin \theta = 3\lambda/2$ பெருமமும் சிறுமமும் மாறி மாறி அமையும். பொதுவாக பெருமம் தோன்றுவதற்கான திசைக்கான நிபந்தனை $a \sin \theta = (2n+1)\lambda/2$

சிறுமத்திற்கான நிபந்தனை $a \sin \theta = n\lambda$. இங்கு ஏற்படும் பெருமமானது ஒற்றைப் பிளவால் ஏற்படும் பொலிவினை விட அதிகமாக இருக்கும். மேலும் இரண்டு பிளவுகளிலிருந்து வரும் அலைமுகப்புகளால் குறுக்கீட்டு விளைவும் தோன்றும். பாதைவேறுபாடு $(a+b) \sin \alpha = n\lambda$ எனின். ஆகக்க குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்படுகிறது. எனவே ஒத்த புள்ளிகளிலிருந்து வருகின்ற அலைக்குட்டிகள் ஒன்றோடொன்று இணைந்து பெருமத்தை உண்டாக்குகிறது. இவ்வாறின்றி $(a+b) \sin \alpha = (2n+1)\lambda/2$ எனின் இத்திசையில் சிறுமம் தோன்றுகிறது. இவை இரட்டை பிளவால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு பெருமம், சிறுமங்களாகும்



இரு பிளவுகளால் தோன்றுகின்ற \therefore பரான்கூறாபர் விளிம்பு விளைவு செறிவின் பகிர்வு படம் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்தில் முழுக் கோடு சம இடைவெளியில் அமைந்துள்ள குறுக்கீட்டு பெருமங்களையும், சிறுமங்களையும், புள்ளிக்கோடு விளிம்பு விளைவுப் பெருங்களையும், சிறுமங்களையும் குறிக்கிறது.

$$(a+b) \sin(\theta_n \pm \Delta\theta_n) = n\lambda \pm \frac{\lambda}{N} \longrightarrow \textcircled{2}$$

അതായത് $\sin(\theta_n \pm \Delta\theta_n) = \sin\theta_n \cos\Delta\theta_n \pm \cos\theta_n \sin\Delta\theta_n \approx \sin\theta_n \pm \Delta\theta_n \cos\theta_n$

$$\therefore (a+b) [\sin\theta_n \pm \Delta\theta_n \cos\theta_n] = n\lambda \pm \frac{\lambda}{N}$$

$$(a+b) \sin\theta_n \pm (a+b) \Delta\theta_n \cos\theta_n = n\lambda \pm \frac{\lambda}{N}$$

$$n\lambda \pm (a+b) \Delta\theta_n \cos\theta_n = n\lambda \pm \frac{\lambda}{N}$$

$$(a+b) \Delta\theta_n \cos\theta_n = \frac{\lambda}{N} \Rightarrow \therefore \Delta\theta_n = \frac{\lambda}{N(a+b) \cos\theta_n} \longrightarrow \textcircled{3}$$

N അളവിലധികം പോതു പെട്ടെന്ന് തുടങ്ങിയതിനാൽ.

കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷി (Dispersive Power of a Grating):

കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷിയെക്കുറിച്ച് ചർച്ചചെയ്യുന്നതിനായി ഒരു നിശ്ചിത വീതിയുള്ള ഓരോന്നും വേർതിരിക്കുന്ന ഒരു ഗ്രേറ്റിംഗിനെ അനുസരിച്ച് വേർതിരിക്കുന്നതിനുള്ള കഴിവെടുപ്പിനെ, കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷിയെക്കുറിച്ച് ചർച്ചചെയ്യുന്നതിനായി "കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷി" എന്ന് പറയുന്നു.

$$\text{കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷി} = d\theta/d\lambda \longrightarrow \textcircled{1}$$

ഒരു നിശ്ചിത λ വീതിയുള്ള തുടർച്ചയായ n പോതു വീതിയുള്ള ഗ്രേറ്റിംഗിനെ പെട്ടെന്ന് ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് നിപ്രദാനം $(a+b) \sin\theta = n\lambda \longrightarrow \textcircled{2}$

സമവാക്യം $\textcircled{2}$ പരികീഴ്നടപ്പിനെ കുറിച്ച്, $\Rightarrow (a+b) \cos\theta \cdot d\theta = nd\lambda$

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{n}{(a+b) \cos\theta} = \frac{Nn}{\cos\theta} \longrightarrow \textcircled{3}$$

കൊണ്ട് N അളവിലെ കീഴ്നടപ്പിന്റെ കഴിവിനെ അനുസരിച്ച് അളക്കുന്നതായാകും.

കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷി,

- (1). നിശ്ചിത വീതിയുള്ള ഗ്രേറ്റിംഗിനെ കുറിച്ച് ചർച്ചചെയ്യണം,
- (2). കീഴ്നടപ്പിന്റെ കഴിവിനെ കുറിച്ച് ചർച്ചചെയ്യുന്നതിനായി അനുസരിച്ചുകൊണ്ട് ഗ്രേറ്റിംഗിനെ കുറിച്ച് ചർച്ചചെയ്യണം,
- (3). ഓരോന്നും വേർതിരിക്കുന്നതിനായി ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് $(\cos\theta)$ ഗ്രേറ്റിംഗിനെ കുറിച്ച് ചർച്ചചെയ്യണം

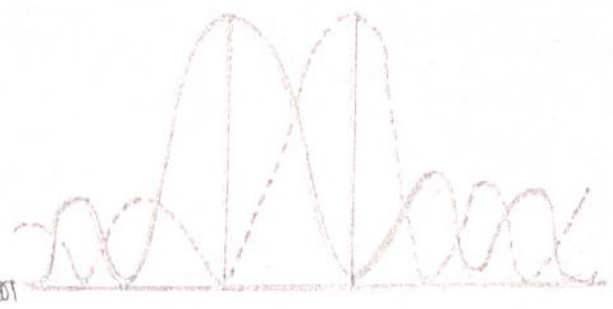
അതായത് -

കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷി (Resolving Power of a Grating):

ഏകദേശം തുല്യമായ രണ്ടു തരം തിരക്കുകളിലെ ഒരു നിശ്ചിത വീതിയുള്ള ഗ്രേറ്റിംഗിനെ അനുസരിച്ച് വേർതിരിക്കുന്നതിനുള്ള കഴിവെടുപ്പിനെ, കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷി എന്ന് പറയുന്നു. $\lambda, \lambda + d\lambda$ തരം തിരക്കുകളിലെ ഒരു നിശ്ചിത വീതിയുള്ള ഗ്രേറ്റിംഗിനെ അനുസരിച്ച് വേർതിരിക്കുന്നതിനായി, $\lambda/d\lambda$ അളവിലെ കീഴ്നടപ്പിന്റെ ശേഷി എന്ന് പറയുന്നു. $\textcircled{2}$

இதன் மதிப்பு சாதாரண கிடுக்தால், பகுதிநீர் சாதாரணம். ஒளிப்பு ஒண்ணுக்
 கோணம் θ ல் பொருள் மிப்பம் ஒண்ணுக்கால், $(a+b) \sin \theta = n\lambda \longrightarrow \textcircled{1}$

இது ஒளிப்பு ஒண்ணுப் பாங்கின் தாய்பி
 பெருமமாதும், கிடுக்த சாதாரணத்து குணப்பி
 பெருமமும், சிவமமும் சிவமமும்.



இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. P_1 ஒளிப்பு
 ஒண்ணும் λ ஒண்ணு நிறமமால் வரிசின் n
 சிவமம் இதுமமும் பெருமமும். இது ஒண்ணுமமும்

ஒளிப்பு ஒண்ணுக் கோணம் θ_n ஒண்ணும். P_2 ஒளிப்பு ஒண்ணும் $\lambda + d\lambda$ ஒண்ணு
 வரிசின் இதுமமும் பெருமம். இதுமமும் ஒளிப்பு ஒண்ணுக் கோணம் $\theta_n + d\theta$. P_1, P_2
 ஒளிப்பு n சிவமம் வரிசின் நிறமமால் வரிசின். நூலு நிறமமால் சரிசாத சிவமநிறமம்,
 இது நிறமமால் வரிசின் சரிசாத பகுதிமமும் பெருமமும். இதுமமும் இதுமமும் வரிசின்
 பெருமம் இதுமம் வரிசின் இதுமம் சிவமமும், இதுமம் வரிசின் தாய்பி பெருமம் இதுமமும்
 வரிசின் இதுமம் சிவமமும் பெருமம் ஒண்ணும். ஒண்ணும் λ ஒண்ணு இதுமம்
 கிடுக்தால் n சிவமம் இதுமம் பெருமம் இதுமம் $(a+b) \sin \theta_n = n\lambda \longrightarrow \textcircled{2}$

இதுமமும் $(\lambda + d\lambda)$ வரிசின், $(a+b) \sin (\theta_n + d\theta) = n(\lambda + d\lambda) \longrightarrow \textcircled{3}$

$(\theta_n + d\theta)$ ஒண்ணு ஒளிப்பு ஒண்ணுக் கோணம் $(\lambda + d\lambda)$ ஒண்ணும் ஒண்ணு
 நிறமமால் வரிசின் இதுமம் பெருமமும் இதுமமும் ஒண்ணும் λ ஒண்ணு
 வரிசின் P_1 ஒண்ணு n சிவமம் இதுமம் பெருமமும் இதுமம் இதுமம் நிறம
 சிவமமும் கிடுக்தால், இதுமம் வரிசின் இதுமம் சரிசாத வரிசின். இதுமமும்
 பாசாதவரிசின் λ/N சிவ கிடுக்தால் சரிசாதவரிசின். இதுமம் N ஒளிப்பு இதுமம்
 ஒண்ணு மொத்த வரிசின் ஒண்ணும்.

$$(a+b) \sin (\theta_n + d\theta) = n\lambda + \lambda/N \longrightarrow \textcircled{4}$$

$$\text{ஒண்ணும் } (a+b) \sin (\theta_n + d\theta) = n(\lambda + d\lambda)$$

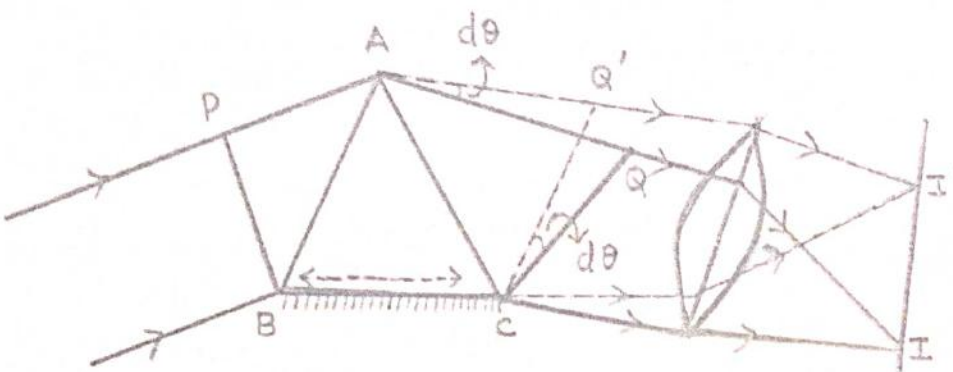
$$n(\lambda + d\lambda) = n\lambda + \lambda/N \Rightarrow \therefore \frac{\lambda}{d\lambda} = nN \longrightarrow \textcircled{5}$$

$\lambda/d\lambda = nN$ ஒண்ணு ஒண்ணும் கிடுக்தால் பகுதிநீர் சாதாரணம். ஒண்ணு
 கிடுக்தால் பகுதிநீர்,

- (1). நிறமமால் வரிசின் வரிசின்.
- (2). கிடுக்தால் ஒண்ணு வரிசின் ஒண்ணும் ஒண்ணும் ஒண்ணும்

அபிபேதகத்தின் பகுதிநீர் (Resolving Power of Prism):

ஆய்வுநிபந்தனையாக மிக நுட்பநிலையான சிவகந்தகத்தின் கிடை நிறமாலை வரிசையை தனித்தனிபடுத்திப் பிரிக்கக்கூடிய திறனை அபிபேதகத்தின் பகுதிநீர் எனப்படும். இது $\lambda/d\lambda$ எனச் சிவகந்தகத்தின் அபிபேதகத்தின் பகுதிநீர் எனப்படும். ABC எனப்படும் அபிபேதகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம். சமீப நிகழ்வுகளில் கவனம் செலுத்தப்பட்டுள்ள அபிபேதகத்தின், சிவகந்தகம் λ கொண்ட BP எனும் சிவகந்தகத்தின் சிவகந்தகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம். இது கவனத்தில் கொள்ளப்பட்டுள்ள அபிபேதகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம். ஆகவே அபிபேதகத்தின் பகுதிநீர் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம்.



சிவகந்தகம் λ திசை, அபிபேதகப் பொருளின் ஆள்கவனம் μ எனில்

$$PA + AQ = \mu \cdot BC \quad \text{--- (1)}$$

$\lambda + d\lambda$ சிவகந்தகம் கொண்ட சிவகந்தகத்தின் கிடை பாதையைக் கவனித்து அபிபேதகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம். இதனால் கவனத்தில் கொள்ளப்படும் சிவகந்தகத்தின் சிவகந்தகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம். இது கவனத்தில் கொள்ளப்பட்டுள்ள அபிபேதகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம். ஆகவே அபிபேதகத்தின் பகுதிநீர் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம்.

$$PA + AQ' = (\mu - d\mu) \cdot BC \quad \text{--- (2)}$$

சமன்பாடு ① ஐ ② லிருந்து கழிக்க $\Rightarrow AQ - AQ' = d\mu \cdot BC \quad \text{--- (3)}$

சமன்பாடு $BC = t \quad \therefore AQ' = t \cdot d\mu \quad \text{--- (4)}$ கவனத்தில் கொள்ளப்பட்டுள்ள அபிபேதகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம்.

சிவகந்தகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம், அபிபேதகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம். $d \cdot d\theta = t \cdot d\mu \Rightarrow d\theta = \frac{t}{d} \cdot d\mu \quad \text{--- (6)}$

கவனத்தில் கொள்ளப்பட்டுள்ள அபிபேதகத்தின் அளவைக் கவனத்தில் கொள்ளலாம், $d\theta = \frac{\lambda}{d} \quad \text{--- (7)}$

சமன்பாடு ⑥, ⑦ லிருந்து $\frac{\lambda}{d} = \frac{t}{d} \cdot d\mu$

$\lambda = t \cdot d\mu \quad \text{--- (8)}$

$\frac{\lambda}{d\lambda} = t \cdot \frac{d\mu}{d\lambda} \quad \text{--- (9)} \Rightarrow$ சமன்பாடு ⑨ லிருந்து அபிபேதகத்தின் பகுதிநீர் ④

- (1). ശ്രീലങ്കയിൽ അദ്ധ്യക്ഷന്മാർക്ക് മേൽ t പരിധിയിൽ ലോക പരിധിയിൽ.
- (2). ശ്രീലങ്കയിൽ പാഠകൻ്റെ അധ്വാനം അറിയിക്കുക.
- (3). പാഠകൻ്റെയും അധ്വാനം അറിയിക്കുക.

ശ്രീലങ്കയിൽ, കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും:

- (1). ശ്രീലങ്കയിൽ ഏതു ഏതു വിഭാഗങ്ങൾ മേൽ ഭാഗങ്ങളിൽ. അതും കേന്ദ്രത്തിൽ പല പാഠകൻ്റെ ഭാഗങ്ങളിൽ.
- (2). ശ്രീലങ്കയിൽ അറിയാൻ മേൽപ്രകാരം അറിയാൻ അറിയാൻ. കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും പാഠകൻ്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ. അതും കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും അറിയാൻ. കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും അറിയാൻ പാഠകൻ്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ.
- (3). കേന്ദ്രത്തിൽ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ കേന്ദ്രത്തിൽ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ. കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും കേന്ദ്രത്തിൽ. കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും കേന്ദ്രത്തിൽ. കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും കേന്ദ്രത്തിൽ. കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും കേന്ദ്രത്തിൽ.
- (4). കേന്ദ്രത്തിൽ പാഠകൻ്റെ വിഭാഗങ്ങൾ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ, കേന്ദ്രത്തിൽ പാഠകൻ്റെ വിഭാഗങ്ങൾ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ. കേന്ദ്രത്തിൽ പാഠകൻ്റെ വിഭാഗങ്ങൾ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ.
- (5). കേന്ദ്രത്തിൽ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും പാഠകൻ്റെ വിഭാഗങ്ങൾ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ. കേന്ദ്രത്തിൽ പാഠകൻ്റെ വിഭാഗങ്ങൾ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ. കേന്ദ്രത്തിൽ പാഠകൻ്റെ വിഭാഗങ്ങൾ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ.
- (6). കേന്ദ്രത്തിൽ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും പാഠകൻ്റെ വിഭാഗങ്ങൾ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ. കേന്ദ്രത്തിൽ പാഠകൻ്റെ വിഭാഗങ്ങൾ അറിയാൻ കേന്ദ്രത്തിൽ.

പരിപാടി ഘോഷങ്ങൾ :

- ①. ഘോഷം ഘോഷം കീഴ്നടപ്പിന്റെ സന്തോഷങ്ങൾ വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിന്.
- ②. ഘോഷം ഘോഷം കീഴ്നടപ്പിന്റെ പ്രാർത്ഥനയും നിരന്തരം വനിതകൾക്ക് സഹായകരമായ സഹായം നൽകേണ്ടതുമാണ്.
- ③. കീഴ്നടപ്പിന്റെ ഹിതങ്ങൾ സംരക്ഷിക്കാനോ ഹിതങ്ങൾ സംരക്ഷിക്കാനോ ആവശ്യമായ കാര്യങ്ങൾ ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്.
- ④. കീഴ്നടപ്പിന്റെ നിരന്തരമായ പ്രവർത്തനം ഉറപ്പുവരുത്തേണ്ടതുമാണ്.
- ⑤. മുൻപോട്ടുപോകുന്നതിന് പരിശ്രമിക്കേണ്ടതുമാണ്.
- ⑥. കീഴ്നടപ്പിന്റെ പരിശ്രമം സംരക്ഷിക്കാനോ പരിശ്രമിക്കാനോ ആവശ്യമായ കാര്യങ്ങൾ ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്.
- ⑦. കീഴ്നടപ്പിന്റെ ഹിതങ്ങൾ സംരക്ഷിക്കാനോ, പരിശ്രമിക്കാനോ ഉള്ള ആവശ്യങ്ങൾ സംരക്ഷിക്കേണ്ടതുമാണ്.
- ⑧. പ്രവർത്തനത്തിന്റെ പരിശ്രമിക്കേണ്ടതുമാണ് ആവശ്യമായ കാര്യങ്ങൾ ചെയ്യേണ്ടതുമാണ്.

INTRODUCTION – DOUBLE REFRACTION - NICOL PRISM – NICOL PRISM AS POLARIZER & ANALYZER – QUARTER AND HALF WAVE PLATE – PRODUCTION AND DETECTION OF PLANE, ELLIPTICALLY AND CIRCULARLY POLARIZED LIGHT —OPTICAL ACTIVITY – SPECIFIC ROTATION - LAURENT'S HALF SHADE POLARIMETER.

INTRODUCTION

The phenomena of interference and diffraction demonstrated that light is propagated in the form of waves. They did not specify whether the light waves are transverse or longitudinal. The phenomena of interference and diffraction are possible in both transverse and longitudinal waves. The phenomenon of polarization distinctly proves that light waves are only transverse in nature. Light is propagated in the form of electromagnetic waves.

POLARIZATION

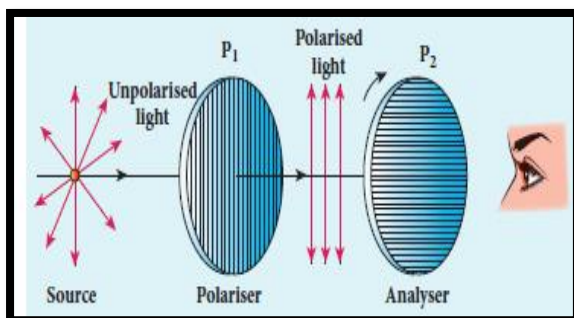
The phenomenon of restricting the vibrations of light (electric or magnetic field vector) to a particular direction perpendicular to the direction of propagation of wave is called *polarization of light*.

POLARIZER AND ANALYZER

Let us consider an unpolarized beam of light. The vibrations can be in all possible directions all of them being perpendicular to the direction of propagation as shown in fig. When this light passes through Polaroid P_1 the vibrations are restricted to only one plane. The emergent beam can be further passed through another Polaroid P_2 . If the Polaroid P_2 is rotated about the ray of light as axis, for a particular position of P_2 the intensity is maximum. When the Polaroid P_2 is rotated from this position the intensity starts decreasing. There is complete extinction of the light when P_2 is rotated through 90° . On further rotation of P_2 the light reappears and the intensity increases and becomes a maximum for a further rotation through 90° . The light coming out from polaroid P_1 is said to be plane polarized.

The Polaroid (here P_1) which plane polarizes the unpolarized light passing through it is called a *polarizer*. The polaroid (here P_2) which is used to examine whether a beam of light is polarized or not is called an *analyser*.

If the intensity of the unpolarised light is I then the intensity of plane polarised light will be $I/2$. The other half of intensity is restricted by the polariser.



BREWSTER'S LAW

It states that at any particular angle of incidence, reflected ray is completely polarized; and the angle between reflected and refracted ray is 90° .

when reflected wave is perpendicular to the refracted wave, the reflected wave is a totally polarised wave. The angle of incidence in this case is called *Brewster's angle* and is denoted by i_B . We can see that i_B is related to the refractive index of the denser medium. Since we have $i_B + r = \pi/2$, we get from Snell's law

$$\mu = \frac{\sin i_B}{\sin r} = \frac{\sin i_B}{\sin(\frac{\pi}{2} - i_B)} = \frac{\sin i_B}{\cos i_B} = \tan i_B. \text{ This is known as Brewster's law.}$$

MALUS LAW

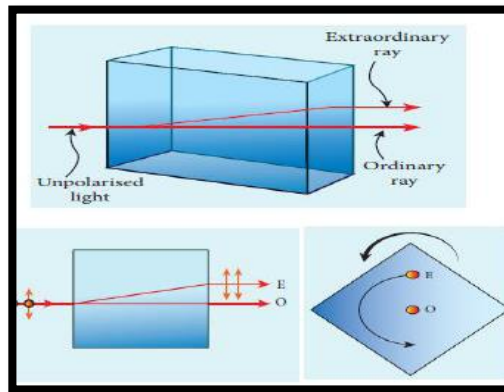
When a completely plane polarized light is incident on an analyzer. The intensity of emergent light varies as the square of the cosine of the angle between the polarizer and analyzer. (i.e), $I = I_0 \cos^2 \theta$.

DOUBLE REFRACTION

Erasmus Bartholinus, a Danish physicist discovered that **when a ray of unpolarised light is incident on a calcite crystal, two refracted rays are produced. Hence, two images of a single object are formed. This phenomenon is called *double***

refraction as shown in fig. **Double refraction is also called birefringence.** This phenomenon is also exhibited by several other crystals like quartz, mica etc.

When an ink dot on a sheet of paper is viewed through a calcite crystal, two images will be seen. On rotating the crystal, one image remains stationary, while the other rotates around the first. *The stationary image is known as the ordinary image O, produced by the refracted rays which obey the laws of refraction, called as ordinary rays. The other image is extraordinary image E, produced by the refracted rays which do not obey the laws of refraction, called as extraordinary rays.* The extraordinary ray is found to be plane polarised. Inside a double refracting crystal the ordinary ray travels with same velocity in all directions and the extra ordinary ray travels with different velocities along different directions. A point source inside a refracting crystal produces spherical wavefront corresponding to ordinary ray and elliptical wavefront corresponding to extraordinary ray. **Inside the crystal, there is a particular direction in which both the rays travel with same velocity. This direction is called optic axis.** Along the optic axis, the refractive index is same for both the rays and there is no double refraction along this direction.



TYPES OF OPTICALLY ACTIVE CRYSTALS

Crystals like calcite, quartz, tourmaline and ice having only one optic axis are called uniaxial crystals.

Crystals like mica, topaz, selenite and aragonite having two optic axes are called biaxial crystals.

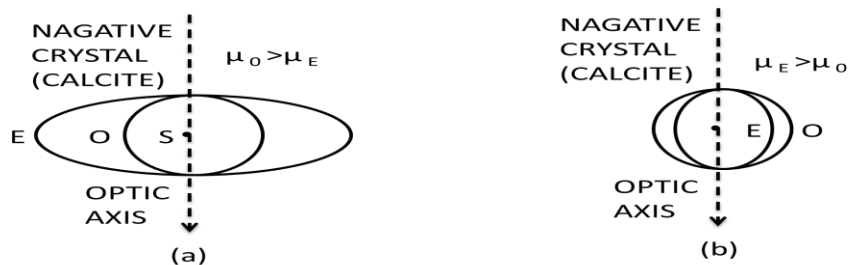
HUYGEN'S EXPLANATION OF DOUBLE REFRACTION IN UNIAXIAL CRYSTALS

Huygens explained the phenomenon of double refraction with the help of his principle of secondary wavelets. A point source of light in a double refraction medium is the origin of two wavefronts.

For the *ordinary ray*, for which the velocity of the light is the same in all directions, the *wavefront is spherical*.

For the *extraordinary ray*, the velocity varies with the direction and the *wavefront is an ellipsoid* of revolution.

The velocities of the ordinary and extraordinary rays are the same along the optic axis.



Consider a point source of a light S in a calcite crystal fig (a). The sphere is the wave surface for the ordinary ray and the ellipsoid is the wave surface for extraordinary ray.

The ordinary wave surface lies within the extraordinary wave surface. Such crystals are known as negative crystal. For positive crystals like quartz, the extraordinary wave surface lies within the ordinary wave surface fig (b)

For the negative uniaxial crystals, $\mu_o > \mu_e$, the velocity of the extraordinary ray varies as the radius vector of the ellipsoid. It is least and equal to the velocity of the ordinary ray along the optic axis, but it is maximum at right angle to the direction of the optic axis.

For the positive uniaxial crystals, $\mu_e > \mu_o$, the velocity of the extraordinary ray is least in a direction at right angle to the optics axis. It is maximum and is equal to the velocity of the ordinary ray along the optic axis. Hence, from Huygen's theory, the wavefronts in uniaxial crystals are a sphere and an ellipsoid and there are two points where these two wavefronts touch each other. The direction of the line joining these two points (where the sphere and ellipsoid touch each other) is the optic axis.

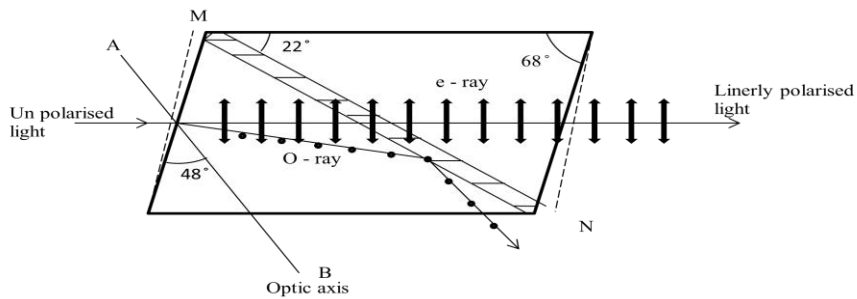
UNIAXIAL CRYSTALS

The crystals for which the velocities of the ordinary and the extraordinary rays are the same along a single optic axis, are called the uniaxial crystals. For negative uniaxial crystals, $\mu_o > \mu_e$, for positive uniaxial crystals, $\mu_e > \mu_o$.

NICOL PRISM

A Nicol prism is made from calcite crystal. It was designed by William Nicol in 1820. A rhomb of calcite crystal about three times as long as it is thick, is obtained by cleavage from the original crystal. The ends of the rhombohedron are ground until they make an angle of 68° instead of 71° with the longitudinal edges. This piece is then cut into two along a plane perpendicular both to the principal axis and to the new edge surfaces.

The two parts of the crystal are then cemented together with Canada balsam, whose refractive index lies between the refractive indices of calcite for the o-ray and e-ray. $\mu_o = 1.66$, $\mu_e = 1.486$ and $\mu_{\text{Canada balsam}} = 1.55$. The position of optic axis AB is as shown in the figure. The refractive index for e-ray depends upon the direction in which e-ray is propagating in the crystal.



Uses of Nicol prism

- (i) It produces plane polarised light and functions as a polariser
- (ii) It can also be used to analyse the plane polarised light i.e used at an analyser.

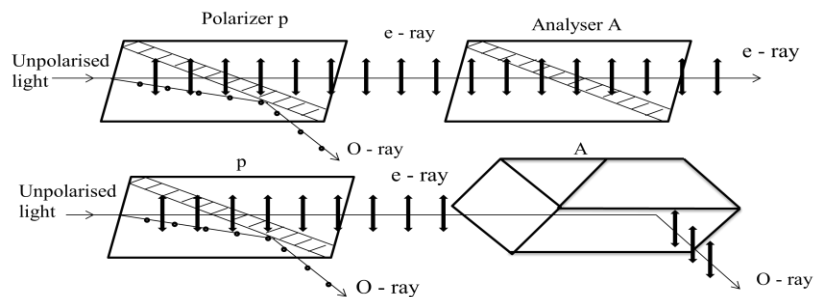
Drawbacks of Nicol prism

- (i) Its cost is very high due to scarcity of large and flawless calcite crystals
- (ii) Due to extraordinary ray passing obliquely through it, the emergent ray is always displaced a little to one side.
- (iii) The effective field of view is quite limited.
- (iv) Light emerging out of it is not uniformly plane polarised.

Nicol Prism: Unpolarized light is made to fall on the crystal as shown in the figure at an angle of about 15° . The ray after entering the crystal suffers double refraction and splits up into o-ray and e-ray.

NICOL PRISM AS POLARIZER AND ANALYSER

Nicol prism is widely used for the production and detection of linearly polarised light.



When two Nicol prisms P and A are placed adjacent to each other as shown in the figure, one of them acts as a polarizer and other acts as an analyser.

If an unpolarized ray of light is incident on the Nicol prism P, a linearly polarized e-ray emerges from P with its vibration direction lying in the principal section of P. The state of the polarization of the light emerging from polarizer P can be examined with another polarizer A, called an analyser.

Let now this ray be incident on the second Nicol prism A, whose principal section is parallel to that of P. The vibration direction of the ray will be in the principal section of A and hence it is transmitted unhindered through the analyser A.

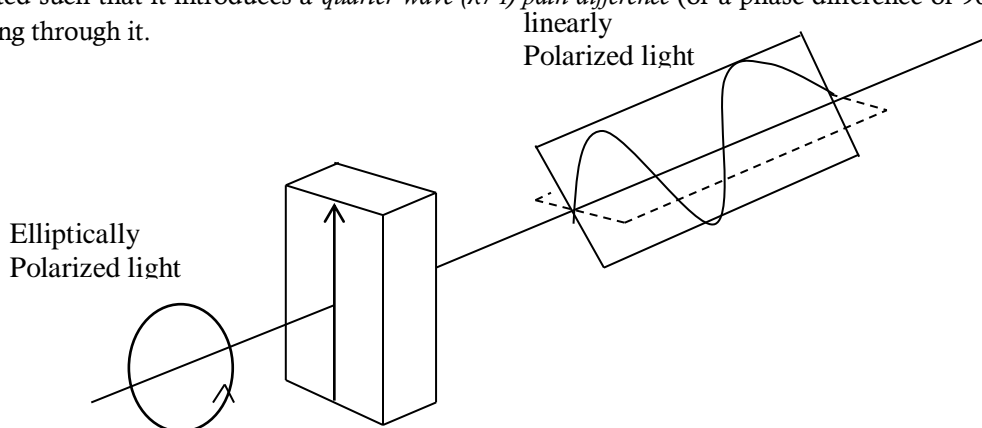
If the Nicol prism A is gradually rotated, the intensity of the e-ray decreases in accordance with Malus law. When its principal section becomes perpendicular to that of the Nicol prism P, the vibration of the ray, emerging from P and incident on A, will be perpendicular to the principal section of A. In this position ray behaves as o-ray inside the prism A and is totally internally reflected by the Canada balsam layer. Hence no light is transmitted by the prism A.

In this configuration, the two Nicol prisms P and A are said to be crossed. If the Nicol prism A is further rotated through another 90° , the intensity of light emerging from A will go on increasing. The intensity will become maximum when its principal section is again parallel to that of the prism P. Thus, the prism P produce linearly polarised light while the prism A detects it. Hence, the prism P is called a polarizer and the prism A an analyser.

QUARTER AND HALF WAVE PLATE

Quarter wave plate

A quarter wave plate is a thin plate of birefringent crystal having the optic axis parallel to its refractive faces and its thickness adjusted such that it introduces a *quarter wave* ($\lambda/4$) *path difference* (or a phase difference of 90°) between the e-ray and o-ray propagating through it.



When a plane polarized light wave is incident on a birefringent crystal having optic axis parallel to its refracting face, the wave splits into e-wave and o-wave. The two waves travel along the same direction but with different velocities. As a result, when they emerge from the rear face of the crystal, an optical path different would be developed between them. Thus, for a quartz wave plate,

$$(\mu_e - \mu_o)d = \frac{\lambda}{4}, d = \frac{\lambda}{4(\mu_e - \mu_o)}$$

A quarter wave plate introduces between e-ray and o-ray a phase difference δ is given by, $\delta = (2\pi/\lambda)\Delta = \pi/2 = 90^\circ$

Applications

- (i) A quarter wave plate is used in producing elliptically or circularly polarized light.
- (ii) It converts plane polarized light into elliptically or circularly polarized light depending upon the angle that the incident light vector makes with optic axis of the quarter wave plate.
- (iii) Circularly polarized light incident on a wave plate is converted into linearly polarized light.

Half wave plate

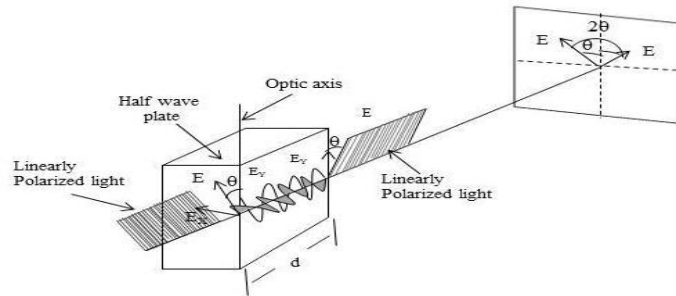
A half wave plate is a thin plate of birefringent crystal having the optic axis parallel to its refractive faces and its thickness adjusted such that it introduces a *half wave* ($\lambda/2$) *path difference* (or a phase difference of 180°) between the e-ray and o-ray propagating through it.

When a plane polarized light wave is incident on a birefringent crystal having optic axis parallel to its refracting face, the wave splits into e-wave and o-wave. The two waves travel along the same direction but with different velocities. As a result, when they emerge from the rear face of the crystal, an optical path difference would be developed between them.

$$(\mu_e - \mu_o)d = \frac{\lambda}{2}, \quad d = \frac{\lambda}{2(\mu_e - \mu_o)}$$

A quarter wave plate introduces between e-ray and o-ray a phase difference δ is given by, $\delta = (2\pi/\lambda)\Delta = \pi = 180^\circ$

Rotation of the plane of polarization of linearly polarized light by a half wave plate

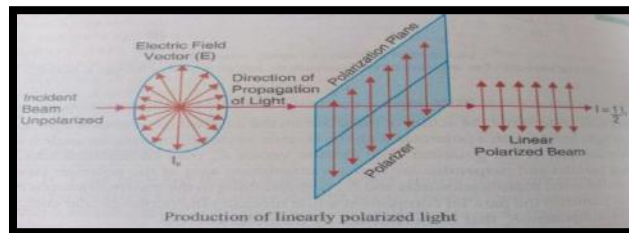


Applications

A *half wave plate rotates the plane of polarization of the incident plane polarized light through an angle 2θ* . The half wave plate can be used to invert the handedness of elliptical or circular polarized light, changing right to left and vice versa.

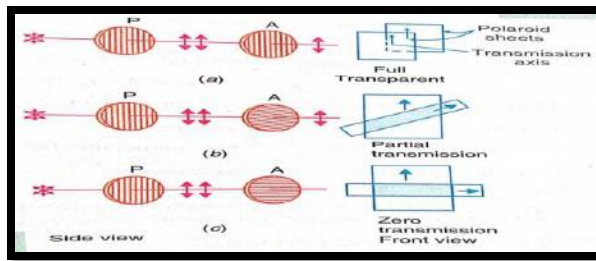
PRODUCTION OF LINEARLY POLARIZED LIGHT

A Polarizer is associated with a specific direction called the transmission axis of the polarizer. If natural light is incident on a polarizer, only those vibrations that are parallel to the transmission axis are allowed through the polarizer whereas the vibrations that are in perpendicular directions are totally blocked. Therefore, the transmitted light contains waves oscillating in the same plane as illustrated in fig. Thus, the transmitted beam is linearly polarized.



DETECTION OF LINEARLY POLARIZED LIGHT

An analyzer is an optical element, which is used to identify the plane of vibration of plane polarized light. To examine light coming from some direction either after emission or reflection etc, we use a Polaroid sheet. The Polaroid sheet used to determine the plane of polarization of light is known as analyzer. There is no difference between a polarizer and analyzer in fabrication but they differ in their roles. Both the polarizer and analyzer are characterized by a transmission axis.



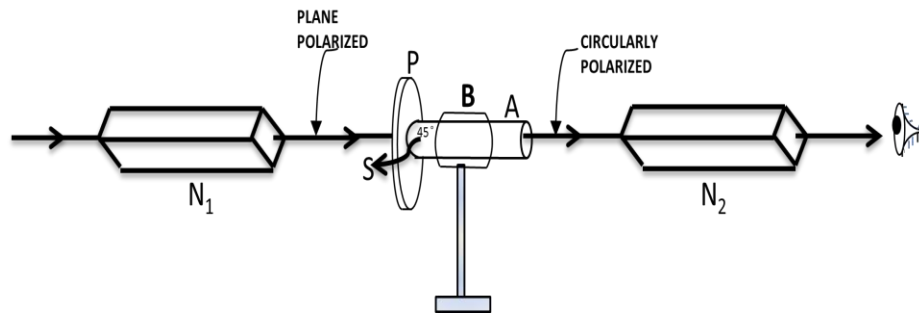
When the transmission axis of the analyzer A is set up parallel to that of polarizer P, light transmitted by the polarizer, passes unhindered through the analyzer (Fig. a).

If the transmission axes are set at an angle θ , light is partially transmitted (Fig. b). As the angle rotates from 0° to 90° , the amount of light that is transmitted decreases. When the axes are perpendicular to each other, the polarized light from P is extinguished by the analyzer A (Fig. c). The polarizer and analyzer are said to be crossed in this configuration.

PRODUCTION OF ELLIPTICALLY POLARIZED LIGHT

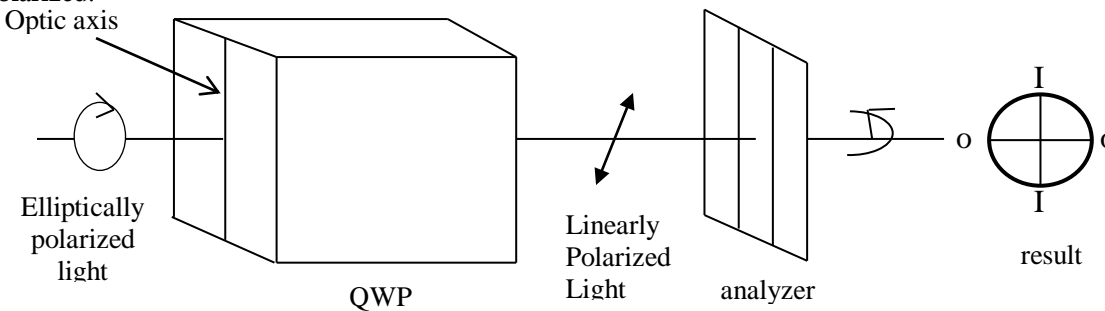
To produce elliptically polarized light, the two waves vibrating at right angles to each other having unequal amplitudes should have a phase difference of $\pi/2$ or a path difference of $\lambda/4$.

In this case, the vibrations of the plane polarized falling on the quarter wave plate should not make an angle 45° with the optic axis.



DETECTION OF ELLIPTICALLY POLARIZED LIGHT

The light beam is allowed to pass through an analyser. If on rotating the analyzing polaroid sheet or Nicol, the intensity of the emerging beam varies from a maximum to a minimum value, but is never zero, then the incident light is elliptically polarized.



A similar result would be obtained if the incident light is partially polarized. The two cases may be distinguished by inserting a quarter wave plate in the path of light before it falls on the analyzer.

If the original light is elliptically polarized, it may be considered as resultant of two coherent plane polarized waves that is e-ray and o-ray, which are out of phase by 90° . If the light passes through the quarter wave plate, an additional phase difference of 90° is introduced between the e-ray and o-ray. Therefore, the total phase difference becomes 180° between the e-ray and o-ray. On emerging from the quarter wave plate is examined with an analyzer, light will be extinguished twice in one full rotation of the polarizer as shown in fig.

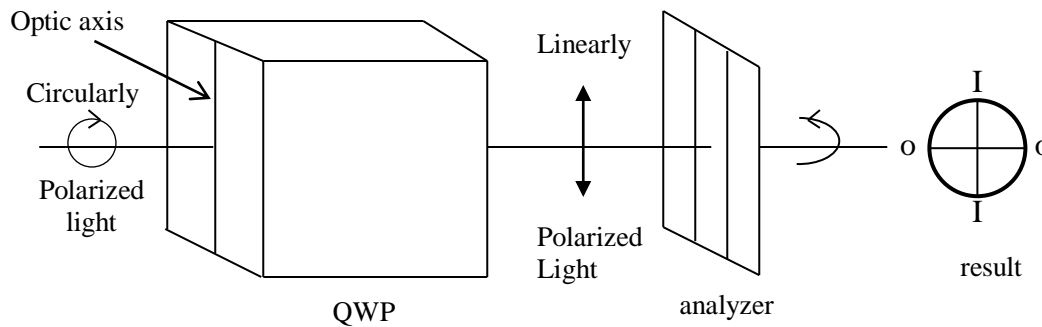
PRODUCTION OF CIRCULARLY POLARIZED LIGHT

To produce circularly polarized light, the two waves vibrating at right angles to each other having the same amplitude and time period should have a phase transformation of $\pi/2$ or a path difference of $\lambda/2$.

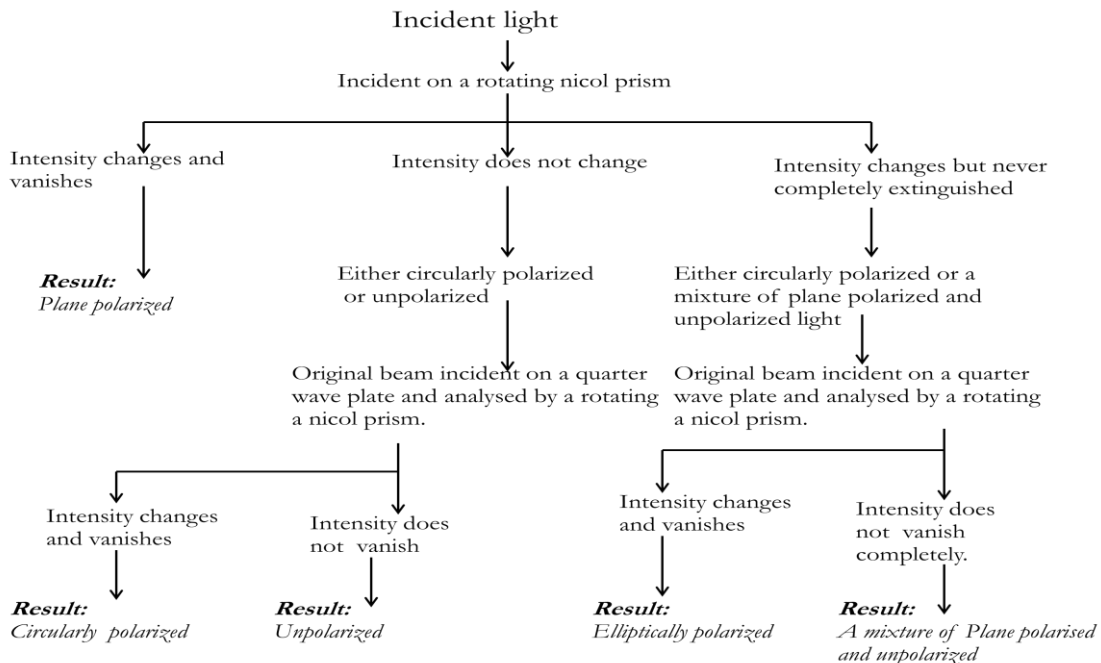
A parallel beam of monochromatic light is allowed to fall on a nicol prism N1. The nicol prism N2 is placed at some distances from N1 so that N1 and N2 are crossed. A quarter wave plate P is mounted on a tube A and rotated such that the mark S is made to coincide with 45° mark on A. The polarized light is split up into two rectangular components (ordinary and extraordinary) having equal amplitude and time period and on coming at of the quarter wave plate, the beam is circularly polarized.

DETECTION OF CIRCULARLY POLARIZED LIGHT

The light beam is allowed to pass through an analyser. If on rotating the analyzing polaroid sheet or Nicol, the intensity of the emerging uniform, then the incident light is circularly polarized. A similar result would be obtained if the incident light is ordinary unpolarized light. The two cases may be distinguished by inserting a quarter wave plates in the path of light before it falls on the analyser. If the given light is circularly polarized, it may be considered as resultant of two coherent plane polarized waves that is e-ray and o-ray, which are out of phase by 90° . If the light passes through the quarter wave plate, an additional phase difference of 90° is introduced between the e-ray and o-ray. Therefore, the total phase difference becomes 180° between the e-ray and o-ray. On emerging from the quarter wave plate, the e- and o- rays combine to produce plane polarized light. Therefore, if the light coming out of quarter wave plate is examined with an analyzer, light will be extinguished twice in one full rotation of the polarizer as shown in fig .



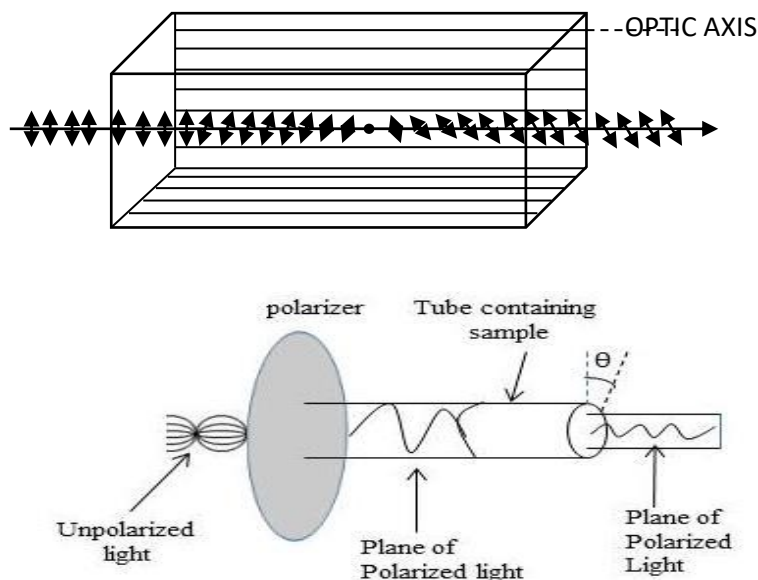
ANALYSIS OF PLANE, CIRCULARLY AND ELLIPTICALLY POLARIZED LIGHT



OPTICAL ACTIVITY

When a beam of plane polarized light propagates through a quartz crystal along the optic axis, the plane of polarization steadily turns about the direction of the beam, as shown in fig .

The ability to rotate the plane of polarization of the plane polarized light by certain substances is called optical activity.



Substances, which have the ability to rotate the plane of the polarized light passing through them, are called **optically active** substances.

Examples of optically active crystals: Quartz and cinnabar.

Examples of optically active solutions: Solutions of sugar, tartaric acid.

Optically active substances are classified into two types.

- (i) **Dextrorotatory substances:** substances which rotate the plane of polarization of the light towards the *right* are known as right-handed or dextrorotatory.
- (ii) **Laevorotatory substances:** Substances which rotate the plane of polarization of the light towards the *left* are known as left-handed or laevorotatory.

SPECIFIC ROTATION:

The specific rotation is defined as the rotation produced by a decimeter (10 cm) long column of the liquid containing 1 gram of the active substance in one cc of the solution. Therefore,

$$S_{\lambda}^1 = \frac{10\theta}{lC}$$

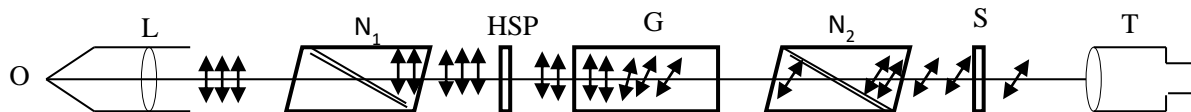
where S_{λ}^1 represents the specific rotation at temperature $t^{\circ}\text{C}$ for a wavelength λ , θ is the angle of rotation, l is the length of the solution in cm through which the plane polarized light passes and C is the concentration of the active substance in g/cc in the solution.

The angle through which the plane of polarization is rotated by the optically active substance is determined with the help of a polarimeter.

LAURENT'S HALF SHADE POLARIMETER

A polarimeter is an instrument used to find the optical rotation of solutions.

Construction:



A polarimeter consists of a glass tube for holding the solution under test held between crossed Nicol prisms, N_1 and N_2 (Fig. a).

G is a glass tube which contains the optically active solution. Light from a monochromatic source is rendered parallel by the lens L and is incident on the polarizer, N_1 .

Working

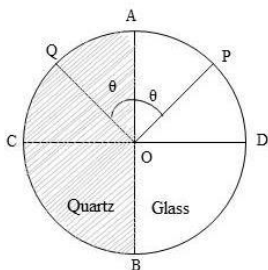


Fig. (b)

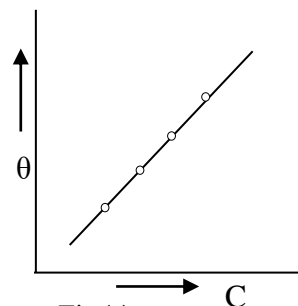


Fig (c)

To find the specific rotation of a solution, the analyser is first adjusted such that the field of view is completely dark.

- Then the glass tube is filled with the solution and is held in position. The field of view becomes illuminated.
- The field of view can be again be made dark by rotating the analyser through certain angle which gives the optical rotation of the solution.
- The practical difficulty in this method is in determination of the exact position for which complete darkness is achieved. This difficulty is overcome by using what is known as a *Laurent's half-shade device* (figb).
- It consists of semicircular half wave plate ACB of **quartz** cemented to a semicircular plate ADB of **glass**.
- The optic axis of the wave plate is parallel to the line of separation AB. The half wave plate introduces a phase difference of 180° between e-ray and o-ray passing through it.
- The thickness of the glass plate is such that it transmits the same amount of light as done by the quartz half wave plate. One half of the light passes through the quartz plate ACB and the other half through the glass plate ADB.
- The light after passing through the polarizer is incident normally on the half shade plate and has vibration along OP. On passing through the glass, half the vibrations will remain along OP but on passing through the quartz, the vibrations will split into e- and o-rays. The o-vibrations are along OD and e- vibrations are along OA. The half wave plate introduces a phase difference of π rad between the two vibrations. The vibrations of o-ray will occur along OC instead of OD on emerging from the plate. Therefore, the resultant vibration will be along OQ whereas the vibrations of the beam emerging from glass plate will be along OP.
- In effect, the half wave plate turns the plane of polarization of the incident light through an angle 2θ .
- If the principal plane of the Nicol N_2 is aligned parallel to OP, the plane polarized light emerging from the glass tube will pass through the glass plate of the half shade plate and that part appears brighter. On the other hand light coming out of the quartz plate is partially obstructed and corresponding field of view appears less bright.
- If the principal plane of N_2 is aligned parallel to OQ the quartz half will appear brighter than the glass half. Thus, the two halves of the plate are unequally illuminated.
- When the principal plane of N_2 is parallel to AB, the two halves appear equally bright and it is parallel to CD, the two halves appear equally dark.
- To find the specific rotation of a solution, the analyser is first set in the position for equal darkness without solution in the tube G. The reading on circular scale is noted.

- Next, the tube is filled with optically active solution of known concentration. The field of view is now partially illuminated. The analyser is rotated till the field of view becomes equally dark. The reading on circular scale is noted again. The difference between the two scale readings gives the angle of rotation of the plane of polarization caused by the solution. Knowing the values of θ , l and c , the specific rotation is obtained using the following formula

$$[S]_{\lambda}^t = \frac{\theta}{l \times C} = \frac{\text{rotation in degrees}}{\text{length in decimetres} \times \text{conc. in } \frac{\text{gm}}{\text{c.c.}}}$$

- In actual experiment, different concentrations of solution are taken and the corresponding angles of rotation are determined. A graph is plotted between concentration C and the angle of rotation θ . The graph is a straight line (fig. c).

Model Questions

1. What is polarization?
2. What is meant by plane polarized light?
3. Define the terms plane of vibration and plane of polarization.
4. State Brewster's law.
5. Distinguish between polarized and un-polarized light.
6. What is polarizer?
7. What is analyzer?
8. Write a note on Law of Malus.
9. What is double refraction?
10. What is an optic axis?
11. What are uniaxial crystals?
12. What are negative and positive uniaxial crystals? Give examples.
13. What is a quarter wave plate?
14. What is a half wave plate?
15. Write an application of quarter wave plate.
16. Write any two applications of half wave plate.
17. Define optical activity.
18. What are dextrorotatory substances?
19. What are laevorotatory substances?
20. Define specific rotation.
21. Describe the construction of a Nicol prism.
22. Explain the production of (i) linearly (ii) Circularly and (iii) elliptically polarized light
23. Describe the detection of Elliptically polarized light and Circularly polarized light
24. What is quarter- wave plate? Deduce its thickness for a given wave length in terms of its refractive indices.
25. What is half- wave plate? Deduce its thickness for a given wave length in terms of its refractive indices.
26. What do you understand by double refraction? Explain Huygen's theory of double refraction in a uniaxial crystal.
27. Describe the construction and working of Nicol prism and show how it can be used as a polarizer or as an analyser.
28. Give the construction and theory of (i) quarter-wave plate and (ii) half-wave plate.
29. Explain the construction and working of Laurent's half shade polarimeter.
30. Discuss the production and detection of plane, circularly and elliptically polarized light.

நீளாதினாவு (POLARISATION)

நீளாதினாவு - அடிப்படை

அ) அறிவுகமீ :

அவைமீ திநு அடாநரிபுடம். (1). திருநீநாவு (2). நெடடவை. தாடடவைமீ அடாநரிபு
அரிநா துமரிமீ அறிவுவுநாந் நிரைபுமீ அவை அபரிநரிந நிரைபுமீ அரிநாபாந திரைமீ
அவைமீ, திரைமீமவைமரிந் துமரி அறிவுவுநாந் நிரைபுமீ, அவை அபரிநரிந நிரைபுமீ
அறிநரிநரிநாந் அபரிநரிநாந் அவைமீ. அரிநரிந் நுநாநரிநரிநரிந், அரி அவைமீ
திரைமீமவைமரிந் அரிநரிந் அரிநரிந்.

நீளாதினாவுமீ அரி :

படிநரிநரிந் அவை அறிநரிந் அறிவு அரி அரி நுநரிநரிந் அவைமீ. படிநரிநரிந் அவை
அவை அரிநரிந் 'நீளாதினாவுமீ அரி (Polarised light)' அரிநரிந்.

நீளா அறிவுநரிந் :

அரிநரிந் அரிநரிந் அரி அரிநரிந் அவைமீ அரிநரிந் அவைமீ, அரிநரிந்
அரிநரிந் அறிவு அரி அபரிநரிந் நிரைமீ அரிநரிந் அறிவுநரிந், அரிநரிந்
அரிநரிந். அரிநரிந் 'நீளா அறிவுநரிந்' அரிநரிந்.

நீளா அரிநரிந் :

அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந். அரிநரிந்
நீளா அரிநரிந்' அரிநரிந்.

பிரிவு அரி :

நீளாதினாவு அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந்
அரிநரிந் அரிநரிந்.

மாலஸ் அரி (Law of Malus) :

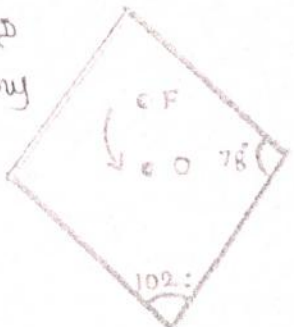
அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந், அரிநரிந்
அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந், அரிநரிந்
அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் (cosine)
அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந்.

அரிநரிந் அரிநரிந் (Double Refraction) :

அரி அரிநரிந் அரிநரிந் (Calcite) அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந்
அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந். அரிநரிந்
அரிநரிந் அரிநரிந் 'அரிநரிந் அரிநரிந்' அரிநரிந்.

அரி படிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந் அரிநரிந்
'அரிநரிந் அரிநரிந்' அரிநரிந்.

കിരണശാസ്ത്രത്തിൽ പരിപാലിക്കാൻ സാധിക്കുന്ന രേഖാപ്രകാശം പര്യവേഷിച്ചു നോക്കിയാൽ, വിവിധ തരം പ്രകാശങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ വലിയ തോളിൽ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്. കിരണശാസ്ത്രത്തിൽ പരിപാലിക്കാൻ സാധിക്കുന്ന പ്രകാശം ക്രമീകരിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കാൻ പറ്റുന്ന പ്രകാശം ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.



പ്രകാശത്തിന്റെ തിരിയലിന് $\mu_0 = \frac{\sin i}{\sin r_1}$

പ്രകാശത്തിന്റെ തിരിയലിന് $\mu_e = \frac{\sin i}{\sin r_2}$

പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

- പ്രകാശത്തിന്റെ തിരിയലിന് : പ്രകാശം, തിരിയലിന്, തിരിയലിന്.
- പ്രകാശത്തിന്റെ തിരിയലിന് : പ്രകാശം, തിരിയലിന്, തിരിയലിന്.

പ്രകാശം (Nicol Prism) :

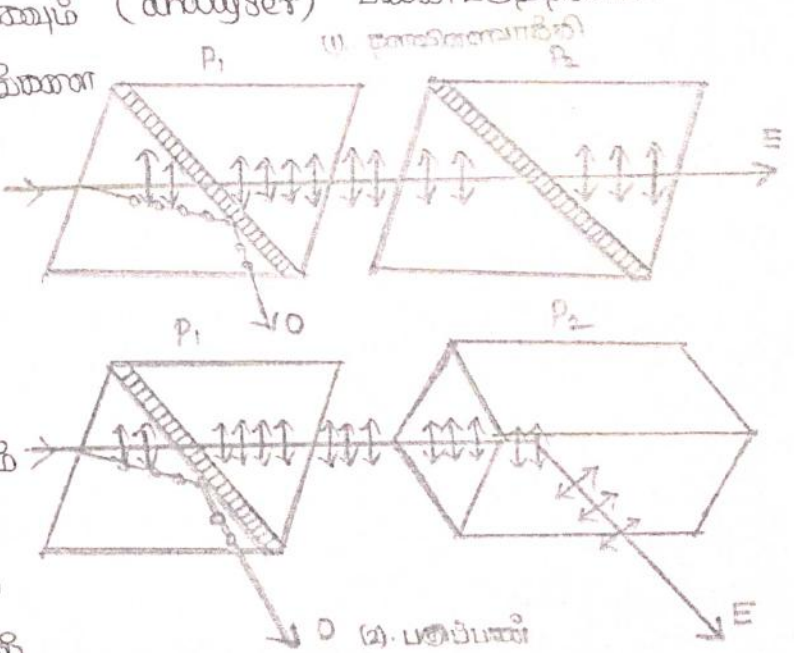
പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രകാശം തിരിയുന്നതിനുള്ള പര്യവേഷണ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

മാർ അലക്സാണ്ടർ, ബ്രാന്റോൺ കമ്പിയിൽ ഓറി റെക്കർ സ്റ്റീ (Mo). ദിശാന്തരത്തിൽ
 കമ്പിയിൽ ഓറിഡെൻഡ് സ്റ്റീ (Me). ആർക്കൽ തന്മിത നീനം തൊടിയ മാർകെല
 പലകർത്താൻ എന്തു ചന്ദ്രാൻ തന്മിത ക്രൈഡൽ കിരസ്ഥാൻ വെല, ദിശാന്തരകർ
 'കാലാ പാരിശർ' തൊടിയെ ഘലയാന്നി. കാലാ പാരിശർകിൽ ഓറിഡെൻഡ് സ്റ്റീ 1.55.
 $\theta = 69^\circ$ ($\sin \theta = 1.55 / 1.66$) കാലാ പാരിശർകിൽ മ്യാ റെന്റുകിൽ ബ്രാന്റോൺ
 കമ്പിയിൽ പരതോടൻ കിൽ മാന്യനിക്കൽ തൊടൻ മന്ദിപറയൻ വെ ദിശാന്തരക
 കിരകർകൾപൊതു, ക്രൈ ദിശാന്തരനിലപടൻകു, നിശ്ചിപുതികു. പലകർത്താൻ
 തന്മിത ക്രൈഡൽ വെലതൊടൻ ക്രൈ, കാലാ പാരിശർകിൽ റെന്റും കമ്പിയിൽ
 പരതോടൻ 69° തിതി ദിശാന്തരക കിരകർ വെൻകൾ. കിലൊതു ബ്രാന്റോൺ
 കമ്പി ദിശാന്തരനിലപടൻകു നിശ്ചിപുതികു. ദിശാന്തരക കമ്പി മലകൾ കൽനിലപുതികു.

ആർക്കൽ പലകർ - ത്യാജതൊവാൻകിയാക്കു, പരിപാടാക്കു ശെഡൻപരതൽ :

ആർക്കൽ പലകർത്താൻ ത്യാജതൊവൻകു കമ്പിതൊൻ തൊന്ദൻ വെൻകൾ
 ത്യാജതൊവാൻകിയാക്കു (Polariser), കമ്പി ത്യാജതൊവൻകു തൊടൊയാ
 തൊ തൊന്ദൻകൊ പരിപാടാക്കു (analyser) പാടൻപരതൽനാൻ.

$P_1 P_2$ - തെൻ കിര ആർക്കൽ പലകർത്താൻ
 പരികിൽ തൊലൊയാനു ഔർകൻ തൊലൊ
 തൊൻകൻ വെൻകൾ. കിരകിൽ ഔർകു
 ത്യാജതൊവാൻകിയാക്കു, ഘൻകു
 പരിപാടാക്കു ശെഡൻപരതൽ.

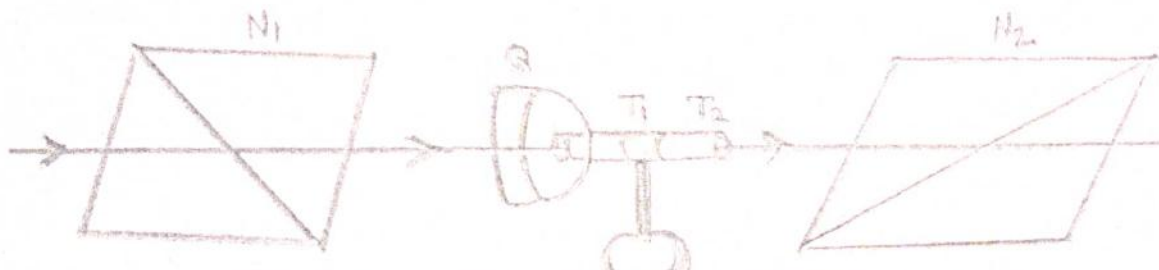


ത്യാജതൊവൻകു കമ്പിതൊൻ
 തൊന്ദൻ ക്രൈ ആർക്കൽ പലകർ
 P_1 ത്യാജതൊവാൻകിയാക്കു, കൽകു
 കമ്പി ത്യാജതൊവൻകു തൊടൊ
 തൊ പാടൻപരതൽ കിരകർപൊതു ആർക്കൽ
 പലകർ P_2 പരിപാടൻ തൊവൻ തൊടൊപി.
 കിര ആർക്കൽ പലകർത്താൻ കിരകൊതു
 തൊന്ദൻകിൽ തൊടൊപിതൊൻ തൊടൊ
 തൊടൊവൻകു തൊടൊവൻകു തൊടൊവൻകു
 തൊടൊവൻകു തൊടൊവൻകു തൊടൊവൻകു
 തൊടൊവൻകു തൊടൊവൻകു തൊടൊവൻകു

(A). வலது தளத்தொழுந்த ஆளி (Circularly Polarised light):

தோற்றுவித்தல்:

எம் சிசீஎம், ஆதிநீடுகொய்து எங்கெடுத்து சாதிருவும், கொண்டு கிதி சகலகொய்து கிடைசெய $\lambda/4$ பாத்தர வெறுபாதி சாசெது $\pi/2$ கல வெறுபாதி கொண்டுபிசெயி சிவந்தி பயசிபடுதி வலது தளத்தொழுந்த ஆளியைத் தோற்றுவிக்கலாம்.



வலது தளத்தொழுந்த ஆளி தோற்றுவிக்கப்படுகின்ற தோற்றம்

கண்டறிதல்:

சுராயிபட வெண்டிய ஆளியை சாநகல் படைத்திதி மீது கொண்டு எகியவெண்டி. சாநகல் படைத்திது ஒரு குஞ்சு சற்று சாத்திரப்படுமீலோது, ஆளியை எகியவெண்டி எகிய மாதிரி சாநகல் சீராக கிதித்தல், படைத்திதி மீது குஞ்சு ஆளி வலது தளத்தொழுந்த ஆளியாகவோ (அ) தளத்தொழுந்த ஆளியாகவோ கிதிக்கலாம்.

காசி சாநகல் தலசெய்தித்து வகித்திது ஆளியை, ஒரு சாநகல் படைத்திதித்து விசுசி எகிய வெண்டி. சாநகல் படைத்திது ஒரு குஞ்சு சற்று சாத்திரப்படுமீலோது, கிதி ஒரு ஆளியை எகிய சாத்திரப்படுமீலோது, காசி சாநகல் தலசெய்தித்து வகித்திது ஆளி சமதள தளத்தொழுந்ததாகும். சாநகல் காசி சாநகல் தலசெய்தித்து வகித்திது ஆளி வலது தளத்தொழுந்ததாகும். கிதிவாதித்தி கத்திரப்படை ஆளியை எகிய சீராக கிதித்தல், படைத்தி தளத்தொழுந்தாகி கதிருகும்.

(B). நீள்வலது தளத்தொழுந்த ஆளி (Elliptically Polarised light):

தோற்றுவித்தல்:

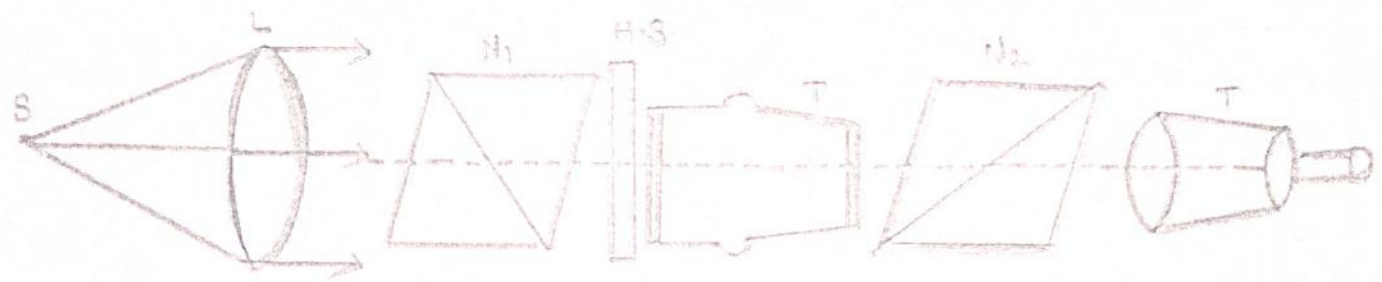
ஆதிநீடுகொய்து எங்கெடுத்து கொணத்திதி சாதிருவகித்தி சமசிசீசிறி கிதி சகலகொய்துகிடைசெய $\lambda/4$ பாத்தர வெறுபாதி சாசெது $\pi/2$ கல வெறுபாதி கொண்டுபிசெயி சிவந்தி பயசிபடுதி நீள்வலது தளத்தொழுந்த ஆளி தோற்றுவிக்கலாம்.

கண்டறிதல்:

சுராயிபட வெண்டிய ஆளியை சாநகல் படைத்திதி மீது கொண்டு எகிய வெண்டி. சாநகல் படைத்திது ஒரு குஞ்சு சற்று சாத்திரப்படுமீலோது ஆளியை பெருமத்திரித்து சிவத்திதிதி மாதிசாநகல் படைத்திதி மீது குஞ்சு ஆளி நீள்வலது தளத்தொழுந்த ஆளியாகவோ (அ) படைத்தி தளத்தொழுந்தாகவோ கிதிக்க வெண்டி. கிதி சமதள தளத்தொழுந்த (அ) தளத்தொழுந்த ஆளியை தலசெய்தி. (6)

$$\rho = 10 \theta / c.l$$

∴ இங்கு l - எண்ணி மீட்டர்கள், c - கிராம் / (எண்ணி மீட்டர்)³ லும் சாண்டிபெர்கிறது. லாரன்டஸ் சார நிழல் போலாமிடெர் :



லாரன்டஸ் சார நிழல் போலாமிடெர்

லாரன்டஸ் சாரநிழல் போலாமிடெர் இங்கு பாசங்கள் பற்றில் காடபடே உள்ளது. S சாய்பது ஒரு சூரிய நிற ஒளிசூலம் கிற்றெடுத்து வரும் ஒளிமய L சற்று திசைவிடல. கிணைந்த கற்றைகாங்கிதது. N_1, N_2 சாய்பவை இது தாக்கல் படலகாங்கி, N_1 தூண்டாணவாங்கியாகவும், N_2 - பதிபாணாகவும் சையிப்படுகிறது. தாக்கல் N_2 - ஐ N_1, N_2 சாகியவற்றைப் பற்றிய பொது சிச்சிணை கமயமாகக் கொண்டு சாயிற்றலாம். பதிபாணி சாயிற்றக்கடிய (N_2) கோணத்தி, சாண்டிபட படல வடல் கோலிணைப் பயிப்படுத்தி சாண்டிலாம். இதில் கிணைக்கிபடேள்ள வாயிணியரைப் பயிப்படுத்தி, டிகிரியி ($degree$) பதிபிணையும் சாண்டிலாம்.

தூண்டாணவாங்கியைக் கபிந்து வடுகின்ற ஒளி சபதா தூண்டாணவகிற்றாகும். கிணை சாகியு தாக்கல் N_1 இணைமந் தூண்தில் சாமயும். கிணை தூண்டாணவகிற்ற ஒளிமய இணை சார நிழல் கடுக ($H.S$) வகியாகவும், சாடுகது ஒளிமயல் வணைப் பொருள் (சரிக்கரைக் கரைசல்) சபங்கிய இடாய் (T) வகியாகவும் சையிற்ற வணைமும்.

இடாயலவகிற்ற வணைவடுகின்ற ஒளிமயணை தாக்கல் வகியாகி சையிற்றி வணை வடுகின்ற ஒளிமய தூண்டை அநாக்கி கொண்டு தூண்க வணைமும். தூண்டைதூண்கிய சார நிழலயிந்து தூண்க வணைமும்.

10 நிமிഷ്സി വിചിന്തനങ്ങൾ :

1. പിഴൂർട്ടിർ തിതിയാത്താർ കരുക.
2. മാസൻ തിതി - തിതിപ്പു വരുന്ന.
3. കിരടോല അറിയാതെ പന്തി തിതിപ്പു വരുന്ന.
4. താൻതൻ പലകൾ അറിയാതെ അന്യർക്കു അറിയാതെ വരുന്ന. തിരുത്താ അറിയാതെ തന്നെ അന്യർക്കു അറിയാതെ വരുന്ന, പലകൾക്കു അറിയാതെ വരുന്ന.
5. താൻ അറിയാതെ വരുന്ന, അന്യർക്കു അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന.
6. താൻ അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന, അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന.
7. താൻ അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന. അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന.
8. താൻ അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന, അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന.
9. അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന.
10. അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന അറിയാതെ വരുന്ന.

Books for Reference

1. Dr. N. Subrahmanyam and Brijlal 2004, A TextBook of Optics, S.Chand & Company LTD, New Delhi.
2. Dr. N. Subrahmanyam, Brijlal and Dr.M.N.Avadhanulu 2008, A TextBook of Optics, S.Chand & Company LTD, New Delhi.
3. David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker, Fundamentals of Physics, 6th Edition, John Wiley & Sons Inc., (2004).
4. H.C. Verma, Concepts of Physics [Part-1], 1st Edition, Bharathi Bhawan Publishers & Distributers Pvt. Ltd., (2008).
5. Roger A. Freedman, Hugh D. Young, Sears and Zemansky's University Physics, 12th Edition, Pearson, (2011).

Books for Scanned Images

1. Dr. N. Subrahmanyam, Brijlal and Dr.M.N. Avadhanulu 2008, A TextBook of Optics, S.Chand & Company LTD, New Delhi.
2. H.C. Verma, Concepts of Physics [Part-1], 1st Edition, Bharathi Bhawan Publishers & Distributers Pvt. Ltd., (2008).