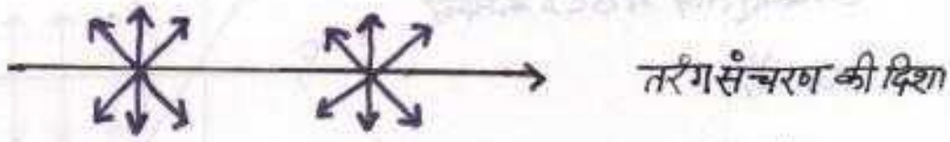
प्रकाश का ध्रुवण (Polarisation of Light)

व्यतिकरण तथा विवर्तन की घटनायें प्रकाश की तरंग प्रकृति की पुष्टि करती हैं, परन्तु इनसे प्रकाश की अनुप्रस्थ या अनुदैर्ध्य प्रकृति का पता नहीं चलता, केवल ध्रुवण की घटना एक ऐसी घटना है जो प्रकाश के अनुप्रस्थ प्रकृति की पुष्टि करती है, अनुप्रस्थ तरंगों में माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत कम्पन्न करते हैं,

सामान्य प्रकाश में वैद्युत क्षेत्र सदिश तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत सभी सम्भव दिशाओं में कम्पन्न करता है, परन्तु ऐसी युक्ति द्वारा वैद्युत क्षेत्र सदिश के कम्पनों को तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत किसी एक दिशा में सीमित कर दिया जाय, तो प्रकाश की यह घटना ध्रुवण कहलाती है,

अध्रुवित प्रकाश (Unpolarised Light)

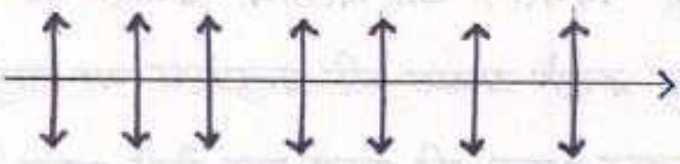
साधारण प्रकाश में वैद्युत वेक्टर के कम्पन्न तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत सभी दिशाओं में होते हैं, अतः साधारण प्रकाश को अध्रुवित प्रकाश कहा जाता है, इसे Star द्वारा निरूपित किया जाता है,



ध्रुवित प्रकाश (Polarised Light)

यदि किसी युक्ति द्वारा साधारण प्रकाश के वैद्युत वेक्टर के कम्पन्न तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत तल में केवल एक दिशा में सीमित कर दिया जाये तो प्राप्त प्रकाश ध्रुवित प्रकाश कहलाता है, इसे समतल ध्रुवित प्रकाश भी कहते हैं,

प्रकाश के समतल ध्रुवित पुंज में कम्पन्न एक सीधी रेखा के अनुदिश होते हैं, जब कम्पन्न कागज के तल के समान्तर होते हैं, तो वे तीर युक्त रेखाओं द्वारा निरूपित किये जाते हैं,



कागज के तल के समान्तर कम्पन्न

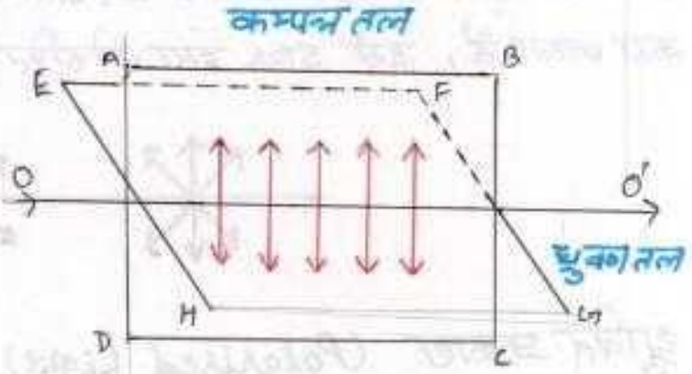
जब कम्पन्न कागज के तल के लम्बवत एक सीधी रेखा के अनुदिश होते हैं, तो वे बिन्दुओं द्वारा निरूपित किये जाते हैं,

कागज के तल के लम्बवत् कम्पन्न

कम्पन्न तल एवं ध्रुवण तल (Plane of Vibration & Plane of Polarisation)

"समतल ध्रुवित प्रकाश में वह तल जिसमें प्रकाश के वैद्युत वैक्टर के कम्पनों की दिशा तथा प्रकाश तरंग के संचरण की दिशा दोनों ही निहित होते हैं, कम्पन्न तल कहलाता है,"

तरंग संचरण की दिशा OO' के लम्बवत् तल ABCD कम्पन्न तल है,



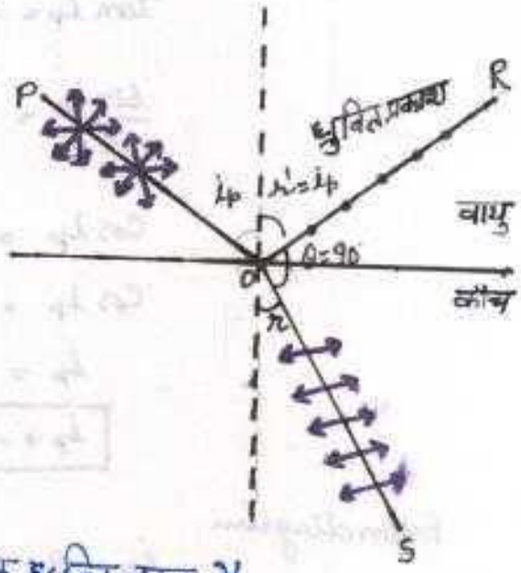
"वह तल जो कम्पन्न तल के लम्बवत हो तथा जिसमें प्रकाश तरंग संचरण की दिशा निहित हो ध्रुवण तल कहलाता है", इस तल में प्रकाश के कोई कम्पन्न नहीं होते,

Diagram में तल EFGH ध्रुवण तल है,

समतल ध्रुवित प्रकाश प्राप्त करने की विधियाँ

(1) परावर्तन द्वारा ध्रुवण (Polarisation by Reflection)

जब अध्रुवित प्रकाश किसी पारदर्शी माध्यम (जैसे काँच) पर पड़ता है, तो परावर्तित व अपवर्तित दोनों प्रकाश पुंज सामान्यतया आंशिक ध्रुवित होते हैं, तथा परावर्तित प्रकाश में ध्रुवित प्रकाश की मात्रा आपतन कोण पर निर्भर करती है, आपतन कोण के एक विशेष मान के लिये परावर्तित प्रकाश पूर्णतः समतल ध्रुवित हो जाता है, जबकि अपवर्तित प्रकाश आंशिक ध्रुवित रहता है, इस विशेष आपतन कोण को (i_b) ध्रुवण कोण या ब्रूस्टर कोण कहते हैं, इसे i_b द्वारा प्रदर्शित करते हैं,



ब्रूस्टर का नियम (Brewster's Law)

यदि प्रथम माध्यम के सापेक्ष पारदर्शी माध्यम का अपवर्तनांक n हो तथा ध्रुवण कोण i_b हो तो ब्रूस्टर के अनुसार

$$\boxed{n = \tan i_b} \quad - - - - \quad (1)$$

"अर्थात् किसी पारदर्शी माध्यम का अपवर्तनांक उस माध्यम के लिये ध्रुवण कोण के tangent के बराबर होता है,"

नोट→ काँच के लिये ध्रुवण कोण 57° तथा जल के लिये 53° होता है,

ध्रुवण कोण पर परावर्तित तथा अपवर्तित किरणें परस्पर लम्बवत होती हैं:-

माना ध्रुवण कोण i_b, परावर्तन कोण r' तथा अपवर्तन कोण r है,

$\because i_b = r'$ ($\because$ आपतन कोण = परावर्तन कोण)

स्नैल के नियम से $n = \frac{\sin i_b}{\sin r} \quad - \cdots \quad (1)$

ब्रूस्टर के नियम से

$$n = \tan i_p \quad - - - - \quad (ii)$$

समी (i) तथा (ii) से

$$\tan i_p = \frac{\sin i_p}{\sin r}$$

$$\frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \frac{\sin i_p}{\sin r}$$

$$\cos i_p = \sin r$$

$$\cos i_p = \cos(90 - r)$$

$$i_p = 90 - r$$

$$\boxed{i_p + r = 90} \quad - - - \quad (iii)$$

From diagram

$$i_p + \theta + r = 180$$

$$\theta = 180 - (i_p + r)$$

$$\theta = 180 - 90$$

$$\theta = 90^\circ \quad - - - \quad (iv)$$

अर्थात् ध्रुवण कोण आपतन पर परावर्तित तथा अपवर्तित किरणें परस्पर लम्बवत् होती है।

ब्रूस्टर के नियम की गणितीय उत्पत्ति :-

यदि ध्रुवण कोण (i_p) पर आपतित प्रकाश किरण के लिये अपवर्तन कोण r हो तो

$$\because \quad i_p + r = 90$$

$$\Rightarrow \quad r = (90 - i_p)$$

स्नैल के नियम से

$$n = \frac{\sin i_p}{\sin r}$$

$$= \frac{\sin i_p}{\sin(90 - i_p)}$$

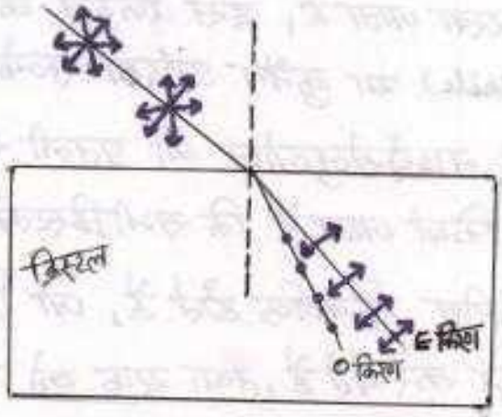
$$= \frac{\sin i_p}{\cos i_p}$$

$$\boxed{n = \tan i_p}$$

द्विअपवर्तन द्वारा प्रकाश का ध्रुवण (Polarisation of Light by Double Refraction)

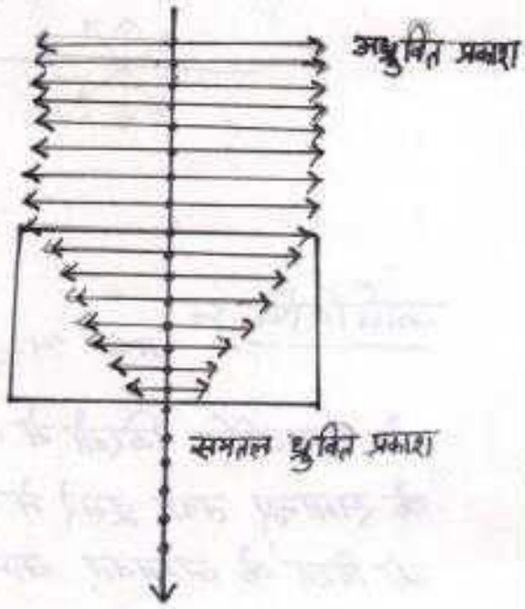
कुछ क्रिस्टल जैसे क्वार्टज, टूरमैलीन ऐसे होते हैं कि जब उन पर कोई प्रकाश किरण आपतित होती है, तो वह क्रिस्टल के भीतर दो अपवर्तित किरणों में विभक्त हो जाती है। यह घटना द्विअपवर्तन कहलाती है, एक अपवर्तित किरण जो अपवर्तन के नियम का पालन करती है, साधारण किरण (ordinary ray या O-ray) कहलाती है, दूसरी अपवर्तित किरण इन नियमों का पालन नहीं करती, अतः वे असाधारण किरण (extraordinary-ray या E-ray) कहलाती हैं, ये दोनों किरणें परस्पर लम्बवत् तलों में समतल ध्रुवित होती हैं, इस प्रकार द्विअपवर्तन द्वारा हमें ध्रुवित प्रकाश प्राप्त होता है,

व्यवहार में दो (ध्रुवित) अपवर्तित किरणों में से एक को किसी विधि से अलग किया जाता है, जिससे कि क्रिस्टल में से ध्रुवित प्रकाश निर्गत हो सके,



द्विवर्णता द्वारा ध्रुवण (Polarisation by Diachroism)

जब अध्रुवित प्रकाश की एक किरण को 1mm मोटे टूरमैलीन क्रिस्टल पर डालते हैं तो वह दो समतल ध्रुवित किरणों में विभक्त हो जाता है, इसमें एक किरण के कम्पन क्रिस्टल की प्रकाशिक अक्ष के समान्तर तथा दूसरी किरण के कम्पन प्रकाशिक अक्ष के लम्बवत होते हैं, इसमें से प्रकाशिक अक्ष के लम्बवत कम्पन करने वाली किरण लगभग अवशोषित हो जाती है, जब प्रकाशिक अक्ष के समान्तर कम्पन करने वाली

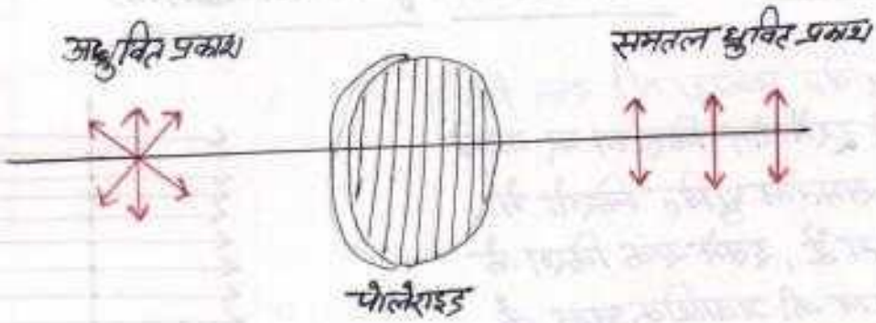


किरण निर्गत हो जाती है, इस प्रकार निर्गत प्रकाश समतल ध्रुवित होता है, टूरमैलीन क्रिस्टल के इस गुण को द्विवर्णता कहते हैं, इस समतल ध्रुवित प्रकाश का रंग पीला-हरा होता है, पोलराइड्स की रचना इसी सिद्धान्त पर आधारित है,

पोलैराइड (Polaroid) पोलैराइड की रचना द्विवर्णता के सिद्धान्त पर आधारित है तथा ये समतल ध्रुवित प्रकाश को उत्पन्न करने की सस्ती सरल व्यवहारिक युक्ति है,

रचना :-

यह एक बड़े आकार की फिल्म होती है, जिसे दो काँच की प्लेटों के बीच रखा जाता है, इस फिल्म का निर्माण कार्बनिक यौगिक हरपैथाइट (Herpathite) या कुनैन आइडो सल्फेट (Quinine-Iodosulphate) के अतिसूक्ष्म क्रिस्टलों, नाइट्रोसेलुलोज की पतली चादर पर विशेष विधि द्वारा इस प्रकार फैलाकर किया जाता है कि सभी क्रिस्टलों की प्रकाशिक केन्द्र समान्तर रहें, ये क्रिस्टल तीव्र द्विवर्णक होते हैं, जो द्विअपवर्तित किरणों में से एक को पूर्णतः अवशोषित कर देते हैं, तथा एक को ध्रुवित प्रकाश के रूप में निर्गत कर देते हैं,

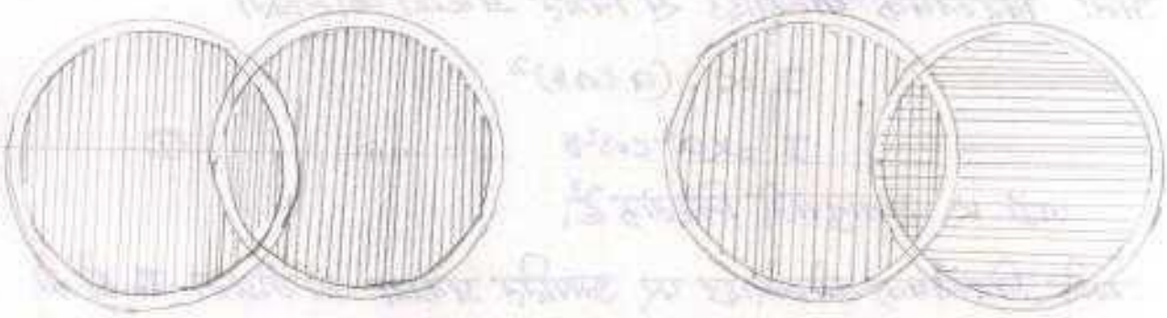


कार्य विधि :- जब अध्रुवित प्रकाश पोलैराइड फिल्म पर पड़ता है, तो यह दो अपवर्तित किरणों में बँट जाता है, एक में कम्पन पोलैराइड के प्रकाशिक अक्ष के समान्तर तथा दूसरे में लम्बवत् होते हैं, द्विवर्णता के गुण के कारण ध्रुवण की दिशा के लम्बवत् कम्पन पोलैराइड फिल्म द्वारा अवशोषित कर लिये जाते हैं,

जबकि ध्रुवण दिशा के समान्तर कम्पन्न पारगमित हो जाते हैं, इस प्रकार पोलेराइड से निर्गत प्रकाश समतल ध्रुवित होता है, जिसमें कम्पन्न पोलेराइड की ध्रुवण दिशा के समान्तर होते हैं,

जब दो पोलराइड आपस में समान्तर होते हैं, तो प्रथम पोलेराइड द्वारा संचरित प्रकाश, दूसरे पोलेराइड द्वारा संचरित हो जाता है, जब द्वितीय पोलेराइड को 90° से घुमाकर क्रासित स्थिति में लाते हैं तो उनमें से प्रकाश संचरित नही होता, इस स्थिति में दोनो पोलेराइडो की ध्रुवण दिशाऐं परस्पर लम्बवत होती हैं, इस दशा में पोलेराइड क्रासित पोलेराइड कहलाते हैं,

समान्तर पोलेराइड



क्रासित पोलेराइड

मैलस का नियम :- (Law of Malus) :→ इस नियम के अनुसार, " जब किसी ध्रुवक से आने वाला पूर्णतः समतल ध्रुवित प्रकाश किसी विश्लेषक पर गिरता है तो विश्लेषक से निर्गत प्रकाश की तीव्रता, विश्लेषक की ध्रुवण दिशा तथा विश्लेषक पर आपतित प्रकाश के वैद्युत वैक्टर के बीच के कोण के cos के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होती है,

यदि विश्लेषक पर गिरने वाला समतल ध्रुवित प्रकाश की तीव्रता I_0 हो तथा विश्लेषक की ध्रुवण दिशा (या संचरण अक्ष की दिशा) के बीच कोण θ हो, तो विश्लेषक से निर्गत प्रकाश की तीव्रता (I)

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

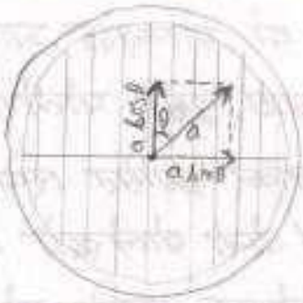
निगमन :- माना किसी विश्लेषक पोलेराइड पर गिरने वाले समतल ध्रुवित प्रकाश

के वैद्युत वैक्टर के कम्पन का आयाम a है, तथा इसकी दिशा व विश्लेषक पोलेराइड की ध्रुवण दिशा के बीच कोण θ है,

आयाम a को दो अवयवो में विभाजित करने पर -

(i) विश्लेषक पोलेराइड की ध्रुवण दिशा के समान्तर अवयव $a\cos\theta$

(ii) विश्लेषक पोलेराइड की ध्रुवण दिशा के लम्बवत् अवयव $a\sin\theta$



इसमे से केवल अवयव $a\cos\theta$ ही पोलेराइड से गुजर सकता है,

अतः विश्लेषक पोलेराइड से निर्गत प्रकाश की तीव्रता

$$I \propto (a\cos\theta)^2$$

$$I = Ka^2\cos^2\theta \quad - - - \quad (i)$$

जहाँ K समानुपाती नियतांक है,

यदि विश्लेषक पोलेराइड पर आपतित प्रकाश की तीव्रता I_0 हो तो

$$I_0 = Ka^2 \quad - - - \quad (ii)$$

समी० (i) तथा (ii) से

$$\boxed{I = I_0\cos^2\theta} \quad - - - \quad (iii)$$

यही मैलस का नियम है,

विशेष स्थितियाँ :-

(I) जब ध्रुवक व विश्लेषक समान्तर हों अर्थात $\theta = 0$

$$I = I_0$$ i.e. आपतित प्रकाश की तीव्रता में कोई परिवर्तन नहीं होगा

(II) जब ध्रुवक व विश्लेषक परस्पर लम्बवत् हों, अर्थात $\theta = 90^\circ$

$$I = 0$$

इस दशा में निर्गत प्रकाश की तीव्रता शून्य होगी,

By- B.C. Sharma
Lect (Phy)
G.I.C. Sheikhumari