परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड _____ छात्र का नाम _____

मूल्यांकनकर्ता _____ पंजीकरण _____

प्रयोग 11 : ध्रुवित प्रकाश का उत्पादन, अभिज्ञान तथा परावर्तन

11.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

11.2 उपकरण

11.3 पठन सामग्री

लंब या अनुप्रस्थ तरंग का एक माडल

एक विशेष दशा

ध्रुवित प्रकाश को उत्पन्न करना

ध्रुवित प्रकाश का प्रेक्षण

पौलेराइड प्रेषण तल ज्ञात करना

ध्रुवक तथा विश्लेषक

ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने की एक और विधि

ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने की एक अतिरिक्त विधि

परावैद्युत परावर्तन का विस्तार से अध्ययन

11.4 सावधानियां

11.4 प्रयोग

पोलेरॉइड

परावर्तन द्वारा ध्रुवण

प्रकीर्णन द्वारा ध्रुवण

परावर्तन ध्रुवण के नियम

परिकलन

कैल्साइट क्रिस्टल की मदद से एक अन्य प्रयोग

11.6 निष्कर्ष

11.1 प्रस्तावना

प्रकाशिकी के अनुभवों, खास तौर से व्यतिकरण के प्रयोगों, से यह पता चलता है कि प्रकाश एक तरंग परिघटना है।

प्रश्न क्या आपने स्कूल में कुछ ऐसे प्रयोग किये हैं, जिनकी व्याख्या हम प्रकाश के व्यतिकरण के आधार पर कर सकते हैं ? आप को जो कुछ भी याद हो नीचे दिये गये स्थान में लिखें।

प्रश्न क्या आपको कुछ ऐसी प्राकृतिक परिघटनायें या प्रेक्षण याद हैं, जिनकी हम प्रकाश के व्यतिकरण के आधार पर व्याख्या कर सकते हैं । आप को जो कुछ भी याद हो, नीचे दिये गये स्थान में लिखें । (***संकेत*** : भीगी हुई सड़क पर पड़ी तेल की एक पतली सी परत)

विद्युत – चुंबकीय तरंग सिद्धांत (जिसके बारे में आप अपने वैद्युत व चुंबकीय परिघटनाओं के पाठ्यक्रम के अंतर्गत पढ़ चुके होंगे) के आधार पर विद्युत-चुंबकीय-तरंग में केवल वही राशि परिवर्ति हो सकती है, जो तरंगाग्र के तल में हो । इसलिये उसके सदिश अभिलक्षण होने चाहियें। अर्थात् उसे तरंग-संचरण दिश के लंब पर या अनुप्रस्थ होना चाहिये। प्रकाश, निश्चय ही विद्युत-चुंबकीय-तरंग का एक उदाहरण है।

प्रकाश के ये अनुप्रस्थ अभिलक्षण ही वो प्रायोगिक प्रभाव उत्पन्न करते हैं जिसे हम ''ध्रुवण'' कहते हैं।

इस प्रयोग द्वारा आप स्वयं यह जान पायेंगे कि क्या वास्तव में ऐसी ही है या नहीं । प्रयोग करने पर आप यह सिद्ध कर पायेंगे कि प्रयोगों द्वारा भी हम उसी निष्कर्ष पर पहुंचेंगे, जो कि प्रकाश के सिद्धांतों से निकलता है । यानि प्रकाश तरंगें, ध्रुवित तरंगें बन सकती हैं या नहीं। कुछ प्रयोग आप प्रयोगशाला में कर पायेंगे तथा कुछ प्रयोगों में हम राशियों का संख्यात्मक मान ज्ञात करेंगे । इन मात्रात्मक प्रयोगों के अलावा आप बहुत से अन्य अमात्रात्मक प्रयोग, अपने आस पास की वस्तुओं की सहायता से कर सकते हैं । असल में प्रकृति में ध्रुवण प्रभाव के कुछ ऐसे उदाहरण हैं जिन्हें आप बिना किसी उपकरण के या बहुत सरल, आसानी से उपलब्ध, उपकरणों द्वारा देख सकते हैं । इन प्रभावों को देखने के लिये, आप ऊपर आसमान पर देख सकते हैं या फिर विभिन्न सतहों से परावर्तित प्रकाश को देख सकते हैं।

आप ऐसे कितने प्रयोग सोच सकते हैं ?

अभी शायद आप ज्यादा प्रयोग न सोच पायें, परन्तु इस प्रयोग को करने के बाद दोबारा इस प्रश्न पर विचार करना।

उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप

- कुछ उदाहरण देते हुए, यह सत्यापित कर सकेंगे कि विद्युत चुंबकीय तरंग सिद्धांत का ध्रुवण प्रभावों के विषय में पूर्वानुमान बिल्कुल सही है ।
- कई तरीकों से दोनों रैखिक ध्रुवित तथा आंशिक ध्रुवित प्रकाश तरंगें उत्पन्न कर सकेंगे।
- उपरोक्त वाक्य में चर्चित ध्रुवणों को अभिज्ञात करने के तरीकों का निरुपण कर सकेंगें।
- आपतित कोण के फलन के रुप में ध्रुवित प्रकाश के कांच से परावर्तित होने के नियम ज्ञात कर सकेंगे।
- इन प्रायोगिक नियमों को विद्युत चुंबकीय तरंग सिद्धांत के पूर्वानुमानों से संबंद्ध कर सकेंगे।

11.2 उपकरण

2 ध्रुवक/विश्लेषक नेत्रिकायें कोण स्केल वाली

1 विद्यार्थी स्पेक्ट्रोमीटर

1 स्पेक्ट्रोमीटर के लिये प्रिज्म

2 कैलसाइट पत्तियां

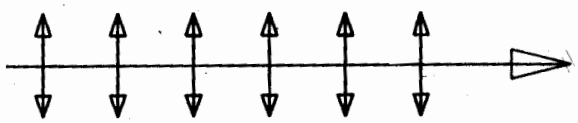
1 60 वाट का फिलामेंट वाला रुक्षित बल्ब तथा होल्डर

1 रंगीन फिल्टर

11.3 पठन सामग्री

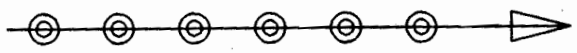
11.3.1 लंब या अनुप्रस्थ तरंगों का एक माडल

आइए हम एक ऐसी प्रकाश किरण पर विचार करें जो एक सीधी रेखा में किसी विशेष दिशा में बढ़ रही है, मान लो दायें से बायें। दोलित राशियां इस दिशा के लंब पर होगी, इसलिए हम यह मान सकते हैं कि वे इस पृष्ठ के तल में स्थित होंगी, जैसा कि चित्र 11.1 में छोटे वाण चिन्हों से दिखाया गया है।



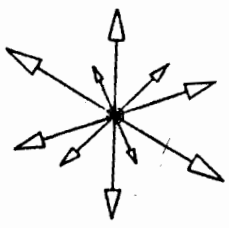
चित्र 11.1

परन्तु हम यह भी उतनी ही सरलता से मान सकते हैं कि वाण पृष्ठ के लंब पर हैं, उस स्थिति में वाणाग्र, बिंदुओं की तरह दिखाई देंगे, जेसा कि चित्र 11.2 में दिखाया गया है।



चित्र 11.2

हम यह भी मान सकते हैं कि दोनों प्रकार की दोलित राशियां हैं। यानि इस पृष्ठ के तल में तथा पृष्ठ के लंब पर या फिर किसी भी दिशा में दोलित राशियों को भी मान सकते हैं । परन्तु, यह याद रहे कि वाण चिन्ह् सदैव प्रकाश की दिशा के लंब पर होंगे। चित्र 11.3 में यह सब संभवतायें दिखाई गई हैं । इस चित्र में प्रकाश कि दिशा, पृष्ठ में से आप की आंख की तरफ आती हुई, मानी गई है ।



चित्र 11.3

वाणों का समकला होना आवश्यक नहीं है । अर्थात् जिस समय एक दिशा में दोलन अधिकतम है, उसी क्षण दूसरी दिशाओं में भी दोलन अधिकतम होना आवश्यक नहीं है । आप ने देखा कि कितनी विभिन्न प्रकार की संभवतायें हैं ।

11.3.2 एक विशेष दशा

इस प्रयोग में हम प्रकाश की केवल उन दोलित राशियों पर विचार करेंगे, जो एक ही तल में स्थित हैं व तरंग की दिशा भी इसी तल में है । चित्र 11.1 तथा चित्र 11.2 में दर्शाई गई स्थितियां इसी श्रेणी के उदाहरण हैं । इस प्रकार की प्रकाश किरण को रैखिक ध्रुवित तरंग कहते हैं । (कुछ किताबों में इसे तल ध्रुवित तरंग भी कहा जाता है ।) विद्युत-चुंबकीय तरंग सिद्धांत के अंतर्गत आपने पढ़ा है कि दोलन करने वाली राशियां विद्युत-क्षेत्र सदिश तथा चुंबकीय-क्षेत्र सदिश होती हैं । जिस प्रकाश में यह विशेष गुण नहीं होता, अपितु जिसमें दोलित राशियां प्रकाश की दिशा वाले यादृच्छिकत: स्थित तलों में, स्थित हों, उसे अध्रुवित प्रकाश कहते हैं ।

11.3.3 रैखिक ध्रुवित प्रकाश को उत्पन्न करना

सब से सरल विधि तो वह है जिसमें हम एक विशेष पदार्थ की सहायता से हम प्रकाश का वह सारा भाग फिल्टर कर देते हैं जिसका विद्युत सदिश समान तल में नहीं होता । अर्थात् केवल वही भाग रह जाता है जिसमें सभी का विद्युत सदिश एक ही तल में होता है (इसे ध्रुवण-तल भी कहते हैं) । शायद आप को लग रहा हो कि यह तो केवल जादू से ही संभव हो सकता है – परन्तु वास्तव में प्रकृति में कुछ ऐसे पदार्थ होते हैं जिनसे ऐसा हो सकता है । इसके कुछ उदाहरण हैं कैलसाइट तथा टूरमेंलीन जैसी धातुएं । एक विशेष प्लास्टिक पदार्थ में भी यह लक्षण होते हैं जिसे हम पोलेरॉइड कहते हैं । यह पदार्थ इस प्रकार काम करते हैं कि, यह विभिन्न वस्तुओं से प्राप्त दोलन का केवल वही भाग प्रेषित करते हैं जो एक ही तल में हों तथा शेष भाग को आवशोषित कर लेते हैं।

प्रश्न आपकी नेत्रिका में पोलेराइड की चादर धुसर क्यों दिखती है । अपना निम्न स्थान पर लिखें ।

रैखिक ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने का दूसरा तरीका इस प्रकार है । इसमें अध्रुवित प्रकाश को, कांच या रंदी हुई लकड़ी जैसे परावैद्युत पदार्थो की सतह से परावर्तित किया जाता है । यह ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने का एक बहुत आसान तरीका है । परन्तु आपको यह मालूम होना चाहिये कि इसका प्रेक्षण किस प्रकार किया जा सकता है।

11.3.4 ध्रुवित प्रकाश का प्रेक्षण

दुर्भाग्यवश, हमारी आंखे ध्रुवित प्रकाश के लिये सार्थकतापूर्वक सुग्राही नहीं है अर्थात् हमें, ध्रुवित प्रकाश का प्रेक्षण करने के लिये, इस समस्या के निदान के लिये किसी और वस्तु की मदद की जरुरत है। इसका हल बहुत ही सरल है। आप ध्रुवित प्रकाश का प्रेक्षण उसी वस्तु की मदद से करेंगे जिससे आप उसे उत्पन्न करते हैं। इसका सबसे आसान तरीका यह है कि प्रकाश को पोलेरॉइड की परत से ही देखा जाये।

प्रश्न इस प्रकार की चादर के ध्रुवण गुणधर्म क्या हैं ?

यदि सचमुच ही यह चादर एक तल में दोलायमान प्रकाश को ही प्रेषित करती है तो निम्नलिखित सूचि सही होनी चाहिये।

पोलेरॉइड पर आपतित प्रकाश	पोलेरॉइड से प्रेषित प्रकाश
विद्युत क्षेत्र सदिश का दोलन,पोलेरौइड की प्रेषण दिशा के समांतर होता है।	संपूर्ण प्रकाश प्रेषित हो जाता है ।
पिछली स्थिति की तरह ही, परन्तु यहा दोलन, पोलेराइड प्रेषण दिशा के लंब पर होता है।	प्रकाश प्रेषित नहीं होता अर्थात् पूर्ण अंधकार रहता है।

प्रश्न उपरोक्त स्थितयों को ध्यान में रखते हुए एक उपयुक्त रुपरेखा बनाइये।

____

____

____

____

प्रश्न सूचि में दी गई दो स्थितियों के बीच की स्थितियों में क्या होगा ? अपना अनुमान नीचे दिये गये रिक्त स्थान में लिखें।

____

____

____

____

हम यह अनुमान लगा सकते हैं कि रैखिक ध्रुवित प्रकाश का वह घटक जो प्रेषण दिशा के समांतर होगा केवल वो ही प्रेषित होगा, जब के लंब दिशा वाला घटक प्रेषित नहीं होगा । याद करें कि 'घटक' शब्द का इस्तेमाल आपने पहले कहां किया है ? आपको याद होगा कि इस शब्द का इस्तेमाल आपने यांत्रिक समस्याओं में विभिन्न दिशाओं में वेग वियोजन करने के लिये किया था । जिस प्रकार आपने वेग सदिश को वियोजित किया था ठीक उसी प्रकार आप विद्युत सदिश को भी वियोजित कर सकते हैं । साधारणत: इसे हम पोलराइड प्रेषण दिशा के समांतर या लंब पर वियोजित कर सकते हैं। यहां पर उसी नियम का प्रयोग किया जाता है: पोलेराइड से प्रेषित रैखिक ध्रुवित तरंग घटक, दोलन समतल तथा पोलेरॉइड प्रेषण तल के बीच के कोण के कोसाइन के समानुपाती होता है।

$$\text{प्रेषित आयाम} = \text{आपतित आयाम} \times \cos\theta$$

इस प्रकार आप रैखिक ध्रुवित तरंग का दोलन समतल ज्ञात कर सकते हैं । यदि आप पौलेरॉइड को तब तक घुमायें जब तक कि उसमें से कोई भी तरंग प्रेषित न हो तो उस स्थिति में तरंग का दोलन समतल पोलेराइड प्रेषण तल के लंब (90^0) पर होगा।

11.3.5 पोलेरॉइड प्रेषण तल ज्ञात करना

पिछले भाग में आपने एक समस्या पर ध्यान दिया होगा । पोलेरॉइड की प्रेषण दिशा किस प्रकार ज्ञात की जाती है ?

इस प्रश्न का उत्तर यह है कि किसी ऐसी तरंग का प्रेक्षण कीजिये जिसके ध्रुवण के विषय में आप मूल भौतिक विवेचन के आधार पर जानकारी रखते हों । सामान्यतया हम, इसके लिये, परावैद्युत सतह से पृष्णसर्पी कोण पर परावर्तित प्रकाश का उपयोग करते हैं। सिद्धांत के नियम के अनुसार इस कोण पर लगभग पूरा प्रकाश ध्रुवित होगा । तथा दोलन परावैद्युत सतह के समांतर होगा।

इस प्रयोग को आप स्वयं करके देखेंगे। यह समझाने में उतना सरल नहीं है जितना कि करने में है।

11.3.6 ध्रुवक तथा विश्लेषक

पिछले भाग से आपको ज्ञात हुआ कि कभी कभी ऐसा लगता है जैसे ध्रुवित प्रकाश पोलेरॉइड से उत्पन्न हो रहा है । तब उसे ध्रुवक कहते हैं ।

कभी कभी यही पोलेरॉइड, यह पता लगाने के लिये इस्तेमाल किया जाता है कि ध्रुवित प्रकाश मिल रहा है या नहीं, तब उसे 'विश्लेषक' कहते हैं ।

इन दो नये शब्दों के वि षय में हम निम्न कह सकते हैं:

* जब एक ध्रुवक तथा विश्लेषक समांतर होते हैं तो युग्म में से अधिकतम प्रकाश प्रेषित होता है । जब एक ध्रुवक तथा विश्लेषक लंब पर होते हैं तो प्रकाश का प्रेक्षण बिल्कुल भी नहीं होता।

* जब ध्रुवक दिशा तथा विश्लेषक दिशा के बीच का कोण थीटा θ होता है तब प्रेषित प्रकाश का आयाम कौस θ के समानुपाती होता है । इसे हम मैलस का नियम कहते हैं।

प्रश्न आपतित प्रकाश आयाम के आधे भाग का प्रेषण करने के लिये ध्रुवक तथा विश्लेषक के बीच के कोण का मान क्या होना चाहिये ?

उत्तर _____

_____

_____

_____

इस बात पर ध्यान दें कि हमारी आंख (या प्रकाश का और कोई भी संसूचक) प्रकाश के आयाम को नहीं बल्कि प्रकाश की तीव्रता (जो कि आयाम का वर्गफल होता है) के प्रति अनुक्रिया दिखाता है। अत: तीव्रता के लिये मैलस का नियम इस प्रकार होगा :

$$\text{प्रेषित तीव्रता} = \text{आपतित तीव्रता} \times \cos\theta$$

प्रश्न आपतित प्रकाश तीव्रता के आधे भाग को प्रेषित करने के लिये ध्रुवक तथा विश्लेषक के बीच के कोण का क्या मान होना चाहिए ?

उत्तर _____

_____

_____

_____

11.3.7 ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने की एक और विधि

कुछ क्रिस्टलों तथा अन्य पदार्थो में एक विशेष गुण होता है, जिसे ''ध्रुवण घूर्णकता'' कहते हैं। यह पदार्थ दो एक दूसरे के लंब वाले ध्रुवणों का विभिन्न प्रकार से विवेचन करते हैं। कैलसाइट कैलशियम कार्बोनेट इस प्रकार के पदाथों का एक उदाहरण है। (यह भारत सहित बहुत सारे देशों में आसानी से उपलब्ध है) कैसलाइट आम तौर पर क्रिस्टलीय अवस्था में पाया जाता है। यह साफ तथा बिना रंग के अर्थात् रंगहीन होता है। इस प्रकार के क्रिस्टलों के क्रिस्टल समतल साफ, सपाट तथा पूरी तरह विकसित होते हैं।

इस प्रकार के क्रिस्टल को यदि आप किताब के पृष्ठ पर रखें तो उस पर जो कुछ भी लिखा हो उसके हमें दो प्रतिबिंब दिखाई देंगे। आप यह प्रयोग कर के देखेंगे । दो प्रतिबिंब क्यों नजर आते हैं ? इस पर आप विचार करके बाद में बताइयेगा किन्तु इस समय हम इतना बता सकते हैं कि यह ध्रुवण के साथ कुछ संबंध रखता है।

ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने की एक अतिरिक्त विधि

इस तरीके से आप ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न तो नही कर सकते अपितु अणुओं से प्रकीर्णित प्रकाश के प्रभाव का प्रेक्षण कर सकते हैं। ध्रुवक विश्ले षक की मदद से नीले आसमान पर देखने की कोशिश करें (यह आप बाद में प्रयोग करते समय कर के देख सकते हैं या यदि आप चाहें तो अपने विश्ले षक का इस्तेमाल करके भी देख सकते हैं) आप को नीले आसमान के प्रकाश के ध्रुवण से उत्पन्न होने वाले कई महत्वपूर्ण तथा रोचक प्रभाव दिखाई देंगे । अभी धैर्यशील रहे, इन्हें हम बाद में देखेंगे।

संकेत : यह प्रभाव, तब ज्यादा साफ दिखाई देते हैं यदि इन्हें सीधी सूर्य किरणों के लंब की (अर्थात 90^{o} के कोण पर दिशा से सुबह सुबह या शाम को देखा जाये ।

11.3.9 परावैद्युत परावर्तन का विस्तार से अध्ययन

आपने परावैद्युत सतह से परावर्तन के ध्रुवण प्रभाव के वि षय में कई बार पढ़ा है।

प्रश्न आप एक परावैद्युत पदार्थ के गुण बताते हुए किस प्रकार उसका वर्णन करेंगे ? आपने वैद्युतिकी के अध्ययन का स्मरण करके इसका उत्तर दीजिये ?

उत्तर _____

_____

_____

_____

अब हम उन मात्रात्मक नियमों के वि षय में जानेंगे जिन पर इस प्रकार का परावर्तन निर्भर करता है । हम व्युत्पत्ति तो नहीं करेंगे, अपितु हम विद्युत चुंबकीय सिद्धांत के परिणामों का प्रयोग अवश्य कर सकते हैं । इस प्रयोग के द्वारा हम यह ज्ञात करेंगे कि प्रकृति, सिद्धांतों के कितनी करीब है। पहले हम एक चित्र समायोजित करते हैं।

किसी भी समतल पर आपतित तरंगाग्र उसके आपतन तल को निश्चित करता है । यह आपतित किरण (तरंगाग्र का दिशा सदिश) तथा सतह की दिशा में इस सदिश के घटक द्वारा निर्धारित किया जाता है । हम एक विशे ष स्थिति पर विचार करेंगे जहां तरंगाग्र रैखिकत: ध्रुवित है ।

इस ध्रुवण के दो घटक होते हैं । एक आपतन तल के लंब पर होता है जर्मन में इसे सैनक्रेचट कहते हैं इस घटक से संबंधित राशियों में पादाक्षर लगता है । दूसरा घटक आपतन तल के समांतर होता है व इस घटक से संबंधित राशियों में पादाक्षर लगाया जाता है ।

परंपरागत, आपतित परावर्तित तथा अपवर्तित तरंगाग्रों से संबंधित राशियों को निम्नरुप से संकेतित किया जाता है :

E : आपतित राशियों की ओर संकेत करता है

R : परावर्तित राशियों की ओर संकेत करता है

E' : अपवर्तित राशियों की ओर संकेत करता है

परावैद्युत पदार्थो से परावर्तन के नियमों के आधार पर हम आपतित E तरंग के लिए R तथा E' मानों का परिकलन आसानी से कर सकते हैं । परावर्तन के नियम निम्नलिखित हैं :

$$\frac{R_s}{E_s} = (-)\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$$

$$\frac{R_p}{E_p} = \frac{\tan(i-r)}{\tan(i+r)}$$

$$\frac{E'_s}{E_s} = \frac{2 \times \sin(r) \times \cos(i)}{\sin(i+r)}$$

$$\frac{E'_p}{E_p} = \frac{2 \times \sin(r) \times \cos(i)}{\sin(i+r) \times \cos(i-r)}$$

जहां i = आपतन कोण r = परावर्तन कोण

प्रश्न यदि आपको आपतन कोण ज्ञात हो तो आप परावर्तन कोण का कैसे पता लगायेंगे ?

उत्तर _____

_____

_____

_____

एक विशेष स्थिति वो है जब आपतित ध्रुवण का तल, आपतन तल से 45^o के कोण पर होता है । इसका अर्थ यह है कि E_s तथा E_p घटक बराबर हैं

तब $$\frac{\left(R_p/E_p\right)}{\left(R_s/E_s\right)} = \frac{R_p}{R_s} = \tan\theta$$

इसलिये $$\frac{R_p}{R_s} = \tan\theta = \frac{\cos(i+r)}{\cos(i-r)}$$ (यहां माडयूलस मान लिये गये हैं)

यहां θ_1 परावर्तित ध्रुवण तल तथा P- ध्रुवण तल के बीच का कोण है। इस प्रयोग में आप इस विशेष स्थिति को उत्पन्न करने की कोशिश करेंगे । आप देखेंगे कि आप किस प्रकार अपने परिणामों की उपरोक्त संबंधों से तुलना कर सकते हैं । इस प्रकार आप जानेंगे कि ध्रुवण नियम, असल में प्राचलन पद्धति में प्रयोग किया जाता है।

निर्देशन

फन्डामैन्टलस ऑफ ऑपटिक्स मैक-ग्रा-हिल (कोई भी संस्मरण) - जैनकिन्स तथा वाइट

जॉमेट्रिकल व फीजीकल ऑपटीक्स लौगमैन (कोई भी संस्मरण) - आर.एस. लॉगहर्ट

एन इनट्रोडेक्शन टू मार्डन ऑपटिक्स टाटा मैक ग्रॉ हिल 1971 - ए.जे. घटक अध्याय तीन

11.4 सावधानिया (पूर्वावधान)

* आम तौर पर प्रकाशिकी का कोई भी प्रयोग करते समय, सभी सतहें साफ होनी चाहियें । इसके लिये आप मुलायम कपड़े तथा साफ पानी का इस्तेमाल कर सकते हैं । प्रयोग शुरु करने से पहले, प्रत्येक सतह का निरीक्षण करें :

  पोलेरॉइड विश्ले षक / ध्रुवक
  प्रिज्म
  दूरदर्शी लैन्स
  समांतरित्र लैंस

अधिकतर आप देखेंगे कि जिस व्याक्ति ने आप से पहले प्रयोग किया है, उसकी अंगुलियों के निशान होंगे ।

एक पानी में भीगे हुये साफ कपड़े से प्रत्येक सतह को पोंछे, जिससे कि अंगुलियों के निशान मिट जायें, ठीक उसी प्रकार जिस प्रकार आप चश्मा साफ करते हैं । सभी सतहों को साफ रखें।

* भाग11.5.4 में दिये गये समायोजन के तरीके को सावधानी से, जिस क्रम से वहां लिखा गया है, अनुसरण करें । यदि आपको अनुपेक्षित परिणाम प्राप्त हों तो, जिस पद में ऐसा हुआ हो वहीं

से दोबारा पूरे क्रम को दोहरायें तथा गलती का पता लगायें।

* प्रकाशिकी के प्रयोग बहुत रोचक व मनोरंजक होते हैं, किन्तु आप इन्हें ध्यानपूर्वक कीजिये । जो भी आपको प्रयोग करते समय दिखाई दे उसके लिए अपनी आंख तथा दिमाग को खुला रखिये। न कि वह देखने की कोशिश करें, जो किताब में लिखा है कि आपको ऐसा दिखना चाहिये।

इस प्रकार करने से आप बहुत कुछ सीख सकेंगे ।

11.5 प्रयोग

11.5.1 पोलेरॉइड

एक ऐसी नली लें जिस पर पोलेराइड लगा हुआ हो । इसमें से प्रकाश के स्रोत (यानि टयूबलाइट) को देखें । पोलेराइड के बिना तथा पोलेराइड सहित देखने पर द्युति के अंतर पर ध्यान दें। पोलेराइड को घुमायें तथा घुमाने पर पोलेराइड में से दिखने वाले प्रकाश में आये परिवर्तन को नोट करें।

स्रोत : टयूब लाइट

प्रेक्षित द्युति

पोलेराइड सहित :
पोलेराइड रहित :
पोलेराइड घुमाने पर :

रिक्त स्थानों को, प्रेक्षण के अनुसार भरे, ''सबसे अधिक द्युतिमान'', ''कम द्युतिमान'', ''बहुत कम द्युतिमान'' परिवर्तनशील द्युति, इत्यादि।

दो पोलेराइडों को क्रमशः एक के पीछे एक लगा कर उनमें से टयूब लाइट को देखें । दूसरे पोलेराइड विश्ले षक को घुमायें। अपने प्रेक्षणों को रिकार्ड करें ।

स्रोत : टयूब लाइट

दूसरा पोलेराइड घुमाने पर :

किसी ऐसी विशेष दिशाओं को देखने कि कोशिश करें जो सबसे अधिक या बहुत कम द्युतिमान हों।

विश्लेषक को इस प्रकार समायोजित करें कि उसमें से सबसे अधिक द्युतिमान प्रकाश दिखाई दे । अब विश्लेषक को निकाल दें व केवल धुवक में से देखें । दोनों स्थितियों में देखी गयी प्रकाश की द्युति की तुलना कीजिये।

उपरोक्त प्रेक्षण का विश्लेषण कीजिये :

विश्लेषक को न्यूनतम द्युति की दिशा में समायोजित कर के उसमें से प्रकाश को देखें । अब विश्ले षक को निकाल कर केवल धुवक में से देखें । दोनों स्थितियों में अपने प्रेक्षण की तुलना कीजिये।

उपरोक्त प्रेक्षण की व्याख्या कीजिये।

11.5.2 परावर्तन से ध्रुवण

मेज की सतह से या खिडकी के शीशे से परावर्तित होने वाले टयूबलाइट या अन्य प्रकाश को देखें । परावर्ती सतह में असली स्रोत को देखें । अब इस परावर्तित प्रकाश को पोलेराइड के विश्लेषकों से देखें तथा विश्लेषक को घुमाने पर दिखने वाली द्युति की व्याख्या करें

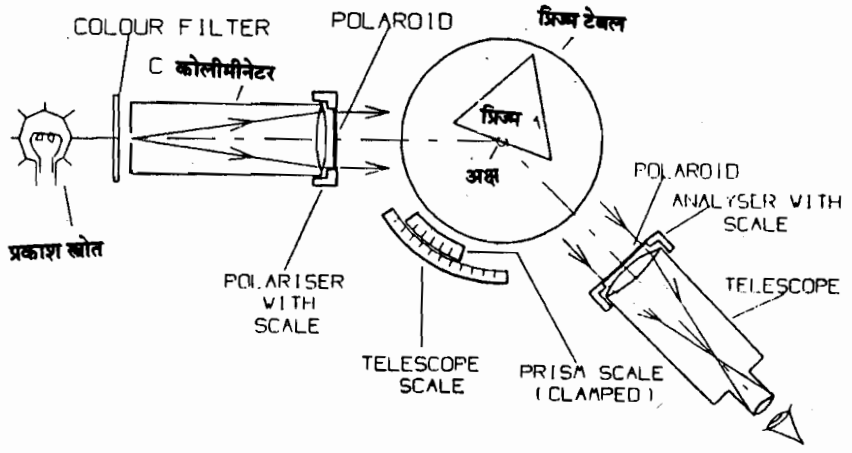
विश्लेषक पोलेराइड की परिवर्तित घुमी हुई स्थिति		**द्युति**
सतह के लंब पर	:	———
सतह के समांतर	:	———
बीच की स्थिति	:	———

11.5.3 प्रकीर्णन से ध्रुवण

पोलेराइड में से नीले आकाश को देखें । यह प्रयोग सुबह सुबह या शाम को करें (यानि दोपहर को न करें)। इस प्रकार खड़े हों कि सूर्य आपकी दाहिनी या बाहिनी दिशा में हो । अपने सामने के तथा ऊपर के आकाश को देखें । विश्लेषक को घुमायें तथा पोलेराइड को घुमाते हुये, विभिन्न स्थितियों पर प्रेक्षित द्युति के आकड़ों का वर्णन तथा व्याख्या कीजिये।

11.5.4 परावर्तन घुर्णन के नियम

आप, परावैद्युत सतह से परावर्तित होने वाले प्रकाश के ध्रुवण के नियमों को ज्ञात करेंगे । उपभाग 11.3.9 की विशेष स्थिति के लिये ज्ञात करेंगे । चित्र 11.4 के अनुसार, स्पेक्ट्रोग्राफ पर एक प्रिज्म को स्थापित करें।



चित्र 11.4

निम्नलिखित समायोजन करने होंगे :-

1 यह जांच लें कि नेत्रिका, क्रास-तार पर ठीक से फोकस की गई है । इस समंजन के लिये आप नेत्रिका अंदर की तरफ धकेल सकते हैं या बाहर निकाल सकते हैं । टेलिस्कोप को किसी बहुत दूर की वस्तु पर फोकस करें। (इस समायोजन को फिर बिल्कुल न छोड़ें।)

2 टेलीस्कोप के द्वारा समांतरित्र को देखें । समांतरित्र (रेखाछिद्र की चौड़ाई तथा फोकस) का इस प्रकार समंजन करें कि उसमें से रेखा छिद्र का साफ किनारों वाला चौड़ा प्रतिबिंब दिखाई दे। इसके बाद इस समायोजन को न छोड़े।

3 प्रिज्म मंच को इस प्रकार समायोजित करें कि उसका एक पालिश वाला पार्श्व, टेलिस्कोप के लंब पर हो । यह आप प्रिज्म के पालिश वाले पार्श्व में से रेखाछिद्र को देखते हुये, समतलन पेचों की मदद से कर सकते हैं।

4 प्रिज्म को हटा दें । टेलिस्कोप में से रेखाछिद्र को देखें। क्रास तार को रेखाछिद्र के किनारे पर लायें । अब प्रिज्म मंच को इस प्रकार समायोजित करें कि वह 180^{O} तक पढ़ सके तथा अब उसे कस दें । और बाद में प्रयोग के अंत तक ढीला न करें ।

5 पोलेराइड विश्लेषक को टेलिस्कोप के लेन्स पर लगायें। प्रिज्म को प्रिज्म मंच पर इस प्रकार रखें कि मंच का अक्ष प्रिज्म के पार्श्व में हो । टेलीस्कोप को 115^{O} पर समंजित करें।

6 प्रिज्म मंच को घुमायें (परन्तु उसके स्केल को स्थिर रखें, ऐसा करने के लिये मंच की रॉड पर लगे छोटे पेच का इस्तेमाल करें) जब तक कि उसमें परावर्तित रेखाछिद्र दिखाई देने लगे। (ऐसा ध्रुवण कोण के करीब की स्थिति में होगा।)

7 विश्लेषक पोलेरॉइड को तब तक घुमायें जब तक कि उसमें द्युति न्यूनतम हो जाये । पोलेरॉइड को पकड़ कर उसके साथ लगे स्केल को शून्य पर कर दें या पोलेरॉइड की स्थिति को नोट कर लें । तालिका में शून्य विश्लेषक अंक वाले खाने में इसे लिख दें । यह लंब ध्रुवण की दिशा है।

8 प्रिज्म को हटा दें । रेखाछिद्र पर सीधे देखें (180^{O} डिग्री स्केल पर) विश्लेषक को 45^{O} पर घुमायें । ध्रुवक को समांतरित्र के लेन्स पर लगा दें । ध्रुवक को इस प्रकार घुमायें कि उसमें न्यूनतम द्युति दिखाई दे । इस स्थिति में आपतित प्रकाश 45^{O} पर होना चाहिये, जिसकी हमें आवश्यकता है ।

9 प्रिज्म को वापस रख दें । टेलिस्कोप को 50^{O} पर समंजित करें । आपतित कोण लगभग 25^{O} होगा। जैसा कि आपने पद 6 में किया है, प्रिज्म मंच को इस तरह घुमायें कि रेखाछिद्र का प्रतिबिंब टेलिस्कोप में दिखाई देने लगे।

10 विश्लेषक को न्यूनतम द्युति की स्थिति में घुमायें । विश्लेषक के स्केल के पाठयांक को नीचे दी गई तालिका में नोट करें न्यूनतम द्युति वाली स्थिति का दो बार फिर से समंजन करें तथा पाठयांकों को तालिका में दर्ज करें ।

11 पद 9 को दोहरायें – इस बार आयतन कोण 25^{O} से 80^{O} के बीच में 5^{O} के अंतराल से परिवर्तित करें तथा प्रत्येक बार विश्लेषक कोण को नोट करें।

शून्य विश्लेषक पाठ्यांक :

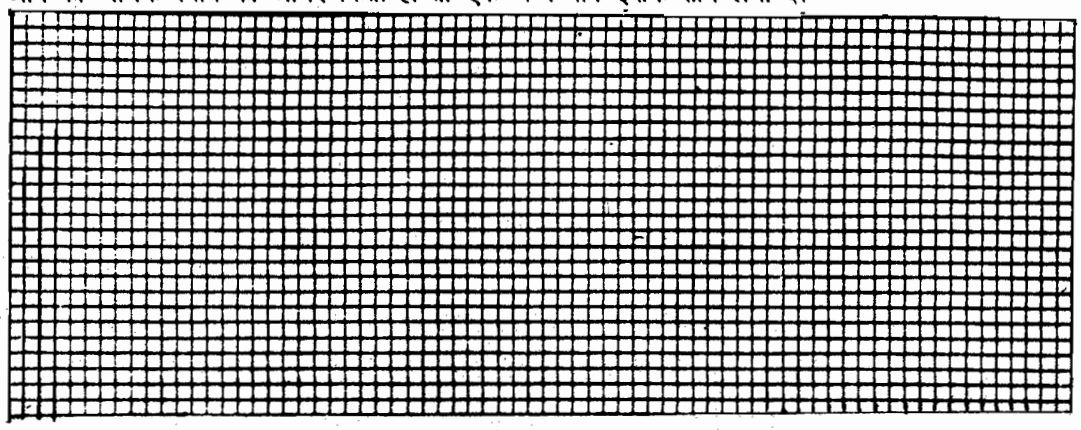
आपतन कोण	विश्लेषक पाठयांक			1,2,तथा 3 का औसत	औसत विश्लेषक कोण ** R_p/R_s	Tan
	पहली बार	दूसरी बार	तीसरी बार			
25						
30						
35						
40						
45						
50						

आपतन कोण	विश्लेषक पाठयांक			1,2,तथा 3 का औसत	औसत विश्लेषक कोण ** R_p/R_s	Tan
	पहली बार	दूसरी बार	तीसरी बार			
55						
60						
65						
70						
75						
80						

* * औसत विश्लेषक कोण = औसत विश्लेषक पाठयांक - शून्य पाठयांक (पद 7) औसत में प्रतिशत त्रुटि का अनुमान लगाइये ।

11.5.5 परिकलन

ऊपर लिखे हुये प्रत्येक आपतन कोण के लिये R_p/R_s का परिकलन कीजिये । इसे लिखने के लिये ऊपर वाली तालिका में एक खाना और बना लें । अब औसत विश्लेषक कोण का tan निकालिये इसे लिखने के लिये भी ऊपर लिखी हुई तालिका में एक खाना और बना लें । आखिर वाले दोनों खानों की तुलना कीजिये । इसके लिये आप प्रत्येक का आयतन कोण के साथ ग्राफ बना सकते हैं या उनके अनुपात का परिकलन कर सकते हैं या तुलना का कोई दूसरा तरीका इस्तेमाल कर सकते हैं । यदि आप को अधिक स्थान की आवश्यकता हो तो एक अन्य ग्राफ इसके साथ लगा दें।



ग्राफ

आपने जो तुलना की है, उस पर टिप्पणी कीजिये । आपको क्या लगता है कि क्या आपके परिणाम (प्रयोग द्वारा), सैद्धांतिक परिकलन से मेल खाते हैं या नहीं, टिप्पणी कीजिये।

_____

_____

_____

_____

1 1.5.6. कैलसाइट क्रिस्टल के इस्तेमाल से एक अन्य प्रयोग

क्रिस्टल को लें, उसे एक पृष्ठ पर रख कर, उसके किनारों का खाका बना लें । इन किनारों की रेखाओं को लंबा कर के, उन दो कोणों को मापें जो क्रिस्टल की शक्ल निर्धारित करते हैं।

अधिक कोण =

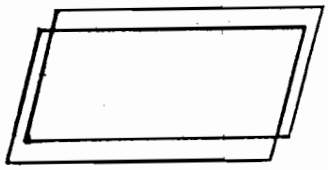
न्यून कोण =

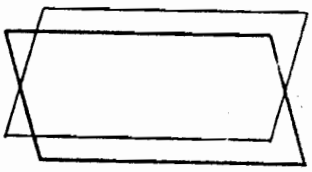
क्रिस्टल को, सफेद कागज पर लगे काले बिंदु पर रखें । जो बिंदु आप को नजर आये उन्हें नीचे दी गई रुपरेखा में बनायें।

पोलेरॉइड विश्लेषक का इस्तेमाल करते हुये, नीचे दिये गये चित्र में प्रत्येक बिंदु की दिशा को अंकित कीजिये।

अब क्रिस्टल को मेज के लंब की दिशा वाले अक्ष के गिर्द, घुमायें । नीचे दिये गये चित्र में अंकित कीजिये कि, क्रिस्टल को घुमाने पर बिंदु किस प्रकार घूमाते हैं ।

अब पहले वाले क्रिस्टल के ऊपर उसी दिशा में एक और क्रिस्टल रख दें । यदि क्रिस्टलों के युग्म को एक साथ घुमाया जाये तो, बिंदुओं की स्थिति में क्या परिवर्तन आता है ? उनकी प्रकट गति को नीचे दिये गये चित्र में अंकित करें । अब दूसरे क्रिस्टल को 180^{o} से घुमा दें ताकि अब दोनों क्रिस्टलों की दिशा एक दूसरे के विपरीत हो जाये । अब आप को क्या दिखाई देता है ?





सब स्थितियों में अपने पोलेराइड को विश्लेषक के रुप में इस्तेमाल करते हुये, ध्रुवण की जांच करके रिकार्ड करें । अपने इन प्रेक्षणों की व्याख्या कीजिये ।

11.6 निष्कर्ष

यहां आप यह अनुमान लगा सकते हैं कि क्या आपने भाग 11.1 में दिये गये उद्देश्यों की पूर्ती कर ली है । नीचे दिये गये प्रश्नों का संक्षेप में उत्तर दीजिये ।

* क्या इनमें से कोई प्रयोग ध्रुवित प्रकाश के सिद्धांत की सार्थकता सिद्ध करता है ? यदि हां, तो कौन सा प्रयोग ?

* रैखिक ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न् करने का कम से कम एक तरीका तथा आंशिक ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने का एक तरीका लिखें।

* कांच से विभिन्न कोणों पर परावर्तित होने वाले ध्रुवित प्रकाश के विषय में ज्ञात एक नियम की व्याख्या कीजिये । भाग 11.5 में प्राप्त उपयोगी परिणामों की सहायता से ।

* आपके विचार में, यह नियम, विद्युत चुंबकीय सिद्धांत के परिणामों से कितनी भलिभांति मेल खाता है ?