परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड _____ छात्र का नाम _____

मूल्यांकनकर्ता _____ पंजीकरण _____

प्रयोग 10 स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा ग्रेटिंग का स्पेक्ट्रमी विश्ले षण

10.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

10.2 उपकरण

10.3 अध्ययन सामग्री

दी गई ग्रेटिंग का मानकीकरण

व्यतिकरण की कोटि

10.4 सावधानियां

10.5 प्रयोग

अभिलंब आपतन

अपवर्तन कोण

परिकलन

10.6 निष्कर्ष

10.1 प्रस्तावना

पिछले प्रयोग में आप किसी प्रिज्म के पदार्थ का, प्रकाश के विभिन्न रंगों के लिए अपवर्तनांक निकालनें के लिये स्पेक्ट्रोमीटर का उपयोग कर चुके हैं। इसमें आप प्रिज्म और दूरबीन को समायोजित करने तथा कोण को नापने की विधि भी सीख चुके हैं। इस प्रयोग में, आप पहले प्रयोग के अनुक्रम में जहां आपने त्रिपार्श्व का उपयोग किया था, ग्रेटिंग का प्रयोग करेंगे।

उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के पश्चात आप

- एक ग्रेटिंग का मानकीरण कर सकेंगे,
- विभिन्न रंगों के प्रकाश के तरंग दैर्घ्य को नापना सीख सकेंगे।

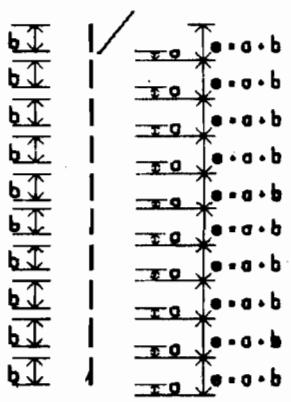
10.2 उपकरण

* विद्यार्थी वर्णक्रममापी
* पारगमन गेटिंग
* मरकरी लैम्प
* सोडियम लैम्प
* स्प्रिट तलदर्शी
* पढ़ने के लेंस

10.3 अध्ययन सामग्री

10.3.1 दी गई ग्रेटिंग का मानकीकरण

एक ग्रेटिंग में एक मीटर में स्थिति रेखाओं की संख्या निर्धारित करने को ग्रेटिंग का मानकीकरण कहते हैं । साधारणतया यह सूचना ग्रेटिंग पर लिखी हाती है । यह सूचना कभी-कभी एक इंच या एक सेंटीमीटर या एक मीटर में स्थित रेखाओं की संख्या द्वारा निरुपित की जाती है। यहां पर यह संख्या क्या दर्शाती हैं ? इसके लिए आपको यह जानना आवश्यक है कि ग्रेटिंग कैसे बनती है तथा उस पर पड़ने वाली प्रकाश किरणें उसमें से कैसे दिखती हैं ? एक पारदर्शीं समतल कांच पर हीरे की नोक सहायता से समानांन्तर रेखाएं इस प्रकार खींचते हैं कि दो क्रमागत रेखाओं के बीच की दूरी बहुत कम रहे। दो क्रमागत रेखाओं के बीच के पारदर्शीं भाग से प्रकाश किरणें गुजर जाती हैं किन्तु अपारदर्शीं भाग से ये आपतित किरणें गुजर नहीं पाती। क्रमागत अपारदर्शीं रे के बीच की दूरी इतनी कम होती है कि उसमें से गुजरने वाली प्रकाश किरणों का विवर्तन हो जाता है । सभी पारदर्शीं भागों से प्राप्त होने वाली विवर्तित प्रकाश करणों का व्यतिकरण हो जाता है, जिससे विभिन्न प्रकार की व्यतिकरण की कोटि प्राप्त होती है।



चित्र 10.1

पारदर्शीं भाग की चोडाई a है। अपारदर्शीं भाग की चौड़ाई b है, तब ग्रेटिंग अंश की चौड़ाई $e = a + b$ होगी (चित्र 10.1 देखें) । e के व्युतक्रम N ($N = 1/e$) को प्रति लंबाई रेखाओं की संख्या या प्रति लंबाई रेखा छिद्रों की संख्या कहते हैं। इस प्रकार N का मापदंड ज्ञात करने को ग्रेटिंग का मांनकीकरण कहते हैं। जब आप प्रकाश स्रोत को ग्रेटिंग द्वारा देखते हैं तो आप को ग्रेटिंग के किनारों पर रंगीन प्रकाश के धब्बे दिखाई देंगे । यह धब्बे छोटे-छोटे रेखा छिद्रों से विवर्तित प्रकाश किरणों के व्यतिकरण के कारण होते हैं ।

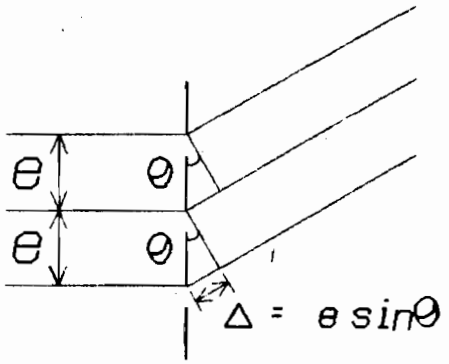
10.3.2 व्यतिकरण की कोटि

क्रमागत रेखाछिद्रों से प्राप्त प्रकाश किरणों में $e \times \sin\theta$ का पथांतर होता है। यदि $e \times \sin\theta$ (प्रकाश की तरंग दैर्घ्य) जहां θ विवर्तन कोण है, और M व्यतिकरण की कोटि है। सभी रेखाछिद्रों से मिलने वाले विवर्तित प्रकाश के व्यतिकरण के कारण रेखाछिद्र का प्रतिबिंब कोण की दिशा में बनता है। यदि $M = 1$ तब यह पहली कोटि का व्यतिकरण होगा और यदि $M = 2$ हो तब यह दूसरी कोटि होगी। ऊपर के समीकरण को इस प्रकार लिख सकते हैं,

$$\sin\theta = N \times m \times \text{तरंग दैर्घ्य}$$

जहां $N = \frac{1}{\theta}$ प्रति मीटर रेखाओं की संख्या

यदि हम ज्ञात तरंग दैर्ध्य वाले प्रकाश के लिए, θ का मान निकाल सकते हैं, तब स्पेक्ट्रम की कोटि के लिए यदि $M = 2$ या 2 । का मान रखे तों N का मान निकाल सकते हैं ।

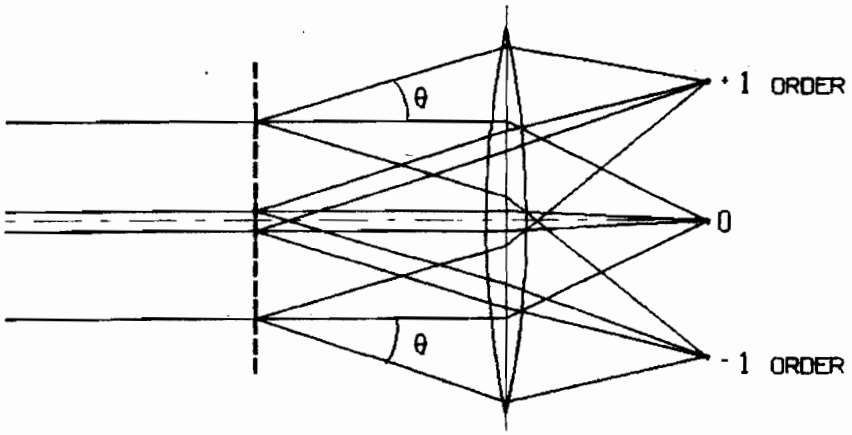


चित्र 10.2

विवर्तन कोण θ कामान ज्ञात करने के लिए, स्पेक्ट्रम की एक वर्णी रेखा के लिए का मान निकालते हैं । प्रयोगशाला में सोडियम लैम्प को स्पेक्ट्रम स्त्रोत के रुप में प्रयोग करते हैं। साधारणत: N को निकालने के लिए सोडियम लैम्प के दो तरंग दैर्ध्य 589 nm और 589.6 nm का प्रयोग करते हैं । मरकरी लैम्प से हरे प्रकाश, जिसकी तरंगदैर्ध्य 540.1 nm होता है, के लिए का मान निकाल कर N का मान निकाल सकते हैं । यदि प्रयोगशाला में दोनों, सोडियम और मरकरी, लैम्प उपलब्ध हो तो हम किसी भी एक लैम्प से N का मान निकाल सकते हैं ।

यह रोचक बात है कि N का मान और तरंग दैर्ध्य का मान, हम एक ही सूत्र से निकाल सकते हैं। N का मान निकालने के लिए हम तरंगदैर्ध्य का कोई एक मान, मान लेते हैं तथा तरंगदैर्ध्य का मान निकालने के लिए हम परिकलित N के मान का उपयोग करते हैं। दोनों स्थितियों में हम विवर्तन कोण θ का मान प्रयोग से निकालते हैं।

चित्र 10.3 दर्शाता है कि कैसे की प्रकाश किरण का एक रंग प्रत्येक रेखाछिद्र द्वारा विवर्तन होता है । प्रत्येक रेखाछिद्र से कुछ प्रकाश प्रत्येक क्रम में पहुचता है।



चित्र 10.3

10.4 सावधानियां

* केन्द्रीय गोल टेबुल (जिसको प्रिज्म टेबुल भी कहते है), पर ग्रेटिंग को क्षैतिज स्थिति में क्लिप के बीच स्थिर कीजिए।
* प्रिज्म वाले प्रयोग में पाठ्यांक लेते समय किये गए सभी समायोजन कर लेने चाहिए ।
* पाठ्यांक लेते समय दूरबीन को ठीक प्रकार से स्थिर कीजिए।
* वर्नियर I और वर्नियर II के पाठ्यांक को सावधानीपूर्वक देखकर तालिकावद्ध कालॅम में लिखना चाहिए ।

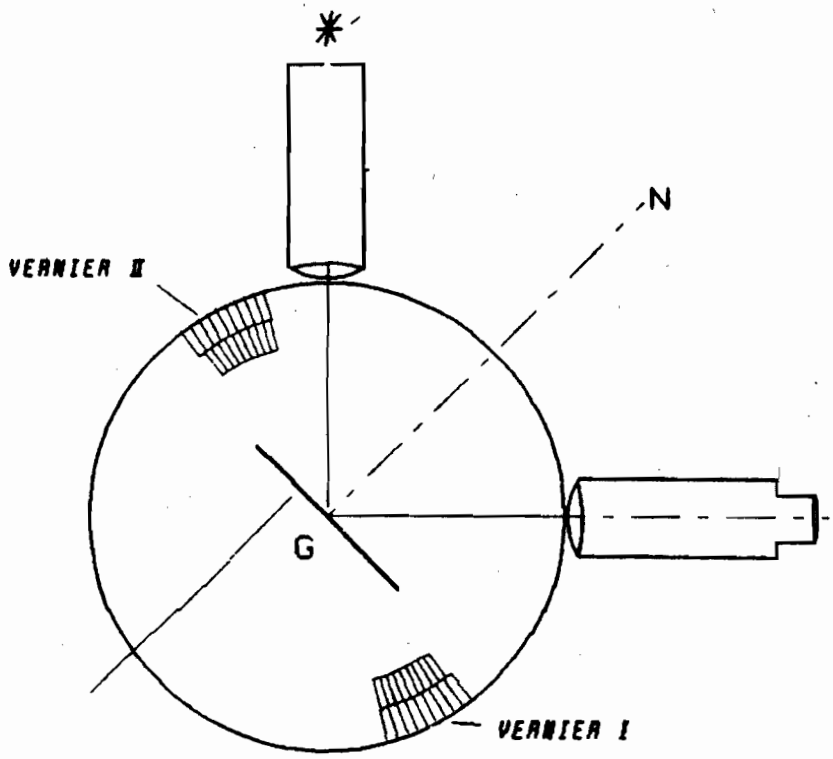
10.5 प्रयोग

10.5.1 अभिलम्ब आपतन

प्रकाश के अभिलम्ब आपतन के लिए सामान्य संचरण ग्रेटिंग को स्थापित करना।

समांतरित्र से ग्रेटिंग पर आपतित प्रकाश एक समतल तरंग है, और क्रमगत रेखाछिद्रों से प्राप्त प्रकाश तरंगों के बीच किसी प्रकार का कला अंतर नहीं होता। यदि आप ने पहले प्रयोग 8, प्रिज्म व स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा स्पेक्ट्रमी विश्ले षण नहीं किया हुआ है, तो इसे पढ़िए और स्पेक्ट्रोमीटर समायोजित कीजिए। वर्णक्रममापी को हर तरह से समायोजित करने के बाद दूरबीन को इस प्रकार रखिए कि समांतरित्र से प्रकाश सीधा आए । दोनों वर्नियर के पाठ्यांकों को लिखिए।

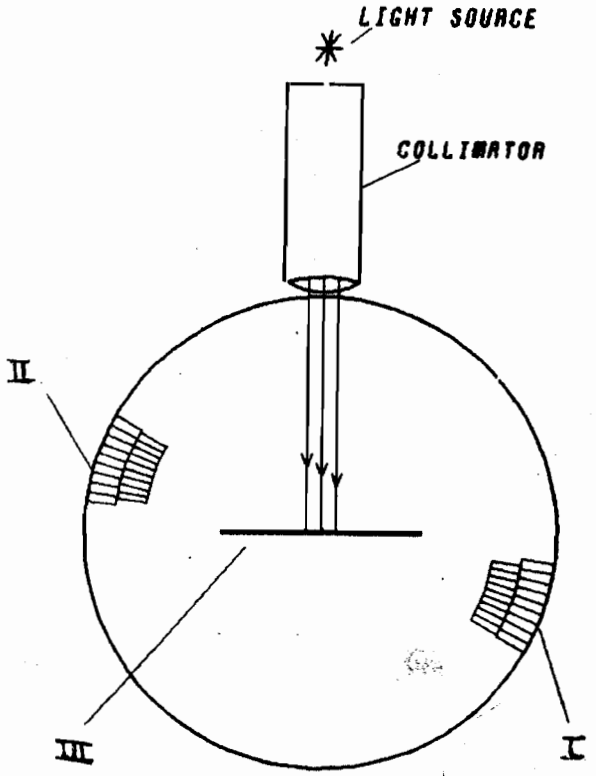
दूरबीन को ढीला करके 90° पर घुमाकर कसिए। इस प्रकार दूरबीन और समांतरित्र एक दूसरे से लम्बवत् हो जायेंगे।



चित्र 10.4

अब प्रिज्म टेबुल को इस प्रकार घुमाइये कि ग्रेटिंग के समतल पृष्ठ से रेखाछिद्र परावर्तित प्रतिबिंब स्थिर दूरबीन के क्रास तार बन जाए । इस सन्निपत को प्राप्त करने के लिए केवल प्रिज्म टेबूल को ही घुमाते हैं, दूरबीन को नहीं । यह स्थिति चित्र 10.4 में दिखाई गई है ।

समांतरित्र और ग्रेटिंग के अभिलंब GN के बीच का कोण 45° है। यदि ग्रेटिंग को ठीक 45° पर समांतरित्र की तरफ घुमाते हैं तब समांतरित्र से समानांतर प्रकाश ग्रेटिंग के पृष्ठ पर अभिलम्बित आपतित होगा । ठीक 45° पर ग्रेटिंग को कैसे घूमाते हैं चूंकि केवल प्रिज्म टेबुल घुमाने से हम घुमाव कोण को नहीं निकाल सकते, त्रिपार्श्व टेबुल को वर्नियरों सहित 45° पर घूमाते हैं । इस प्रकार ग्रेटिंग अभिलम्ब आपतन पर स्थिर है जैसा कि चित्र 10.5 में दिखाया गया है ।



चित्र 10.5

10.5.2 अपवर्तन कोण

मरकरी लैम्प से प्राप्त होने वाला आपतित प्रकाश बहुत सी एक वर्णी प्रकाश किरणों से बना होता है। ग्रेट्रिंग पर आपतन के बाद, विवर्तन के कारण, ये विभिन्न किरणें आपतन दिशा से विचलित हो जाती है।

दूरबीन को एक तरफ घुमाने पर, आप नीले, नीले हरे, हरे और पीले रंग में रेखाछिद्र के प्रतिबिंब को देख सकते हों। इसी क्रम में विवर्तन के बड़े कोणों के लिए आप रेखाछिद्र के प्रतिबिंब को दोबारा देखते हो इनको पहले और दूसरे वर्ण का स्पेक्ट्रम कहते हैं। सीधे किरणपुंज की दूसरी तरफ भी इसको देख सकते हैं । सीधे किरणपुंज से कोई विवर्तन नहीं होता है । प्रकाश स्रोत में स्थि सभी तरंग दैर्घ्य वाली प्रकाश किरणें रेखाछिद्र से एक साथ निकलती है इसलिए रेखाछिद्र से प्राप्त सीधे प्रकाश का रंग वही होता है जो स्रोत के प्रकाश का रंग होता है।

दूरबीन के क्रास तार को रेखाछिद्र के प्रतिबिंब के साथ सन्निपत करें। तब बर्नियर I और बर्नियर II के पाठ्यांको को नोट कर लें। इसी प्रकार नीली, नीली हरी, हरे और पीले रंग की किरणों के पाठयांको

को भी तालिका में नोट कर ले। एक तरफ के सभी पाठ्यांको को तालिकाबद्ध कर लेने के बाद सीधी किरण के पाठयांक को नोट कर लें। दूरबीन को 90^{o} पर घुमाने से पहले ही आप सीधी किरण के पाठयांक को लिख चुके हैं । तब इस पाठ्यांक को दोबारा लेने की क्या आवश्यकता है। हां है, जब आप प्रिज्म टेबुल को बर्नियर के साथ 45^{o} पर घुमाते हों तो सीधी किरण का पाठयांक बदल जाता है इस प्रकार एक बार दुबारा सीधी किरण के पाठ को नोट कर ले। सीधी किरण के पाठ्यांक और अन्य रंगों की विचलित प्रकाश किरणों के पाठयोंकों केबीच के अंतर से हमें विभिन्न रंगों की प्रकाश किरणों के विवर्तन कोण का मान प्राप्त होता है।

तालिका

पहला पार्श्व वर्नियर		दूसरा पार्शव वर्नियर		विवर्तनका कोण				तरंग दैर्ध्य (nm) सीधा किरणपुंज
I	II	I	II	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	

प्रति मीटर में रेखाओं की संख्या

तालिका

तरंग दैर्ध्य

पहला पार्श्व वर्नियर		दूसरा पार्शव वर्नियर		विवर्तनका कोण				तरंग दैर्ध्य (nm) सीधा किरणपुंज
I	II	I	II	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	

10.5.3 परिकलन

सामान्यत: ग्रेटिंग कई क्रमों का दृश्य स्पेक्ट्रम बनाता है। प्राय: $m = 1$ और $m = 2$ स्पेक्ट्रम के ये दो क्रम होते हैं। ये सीधे प्रतिबिम्ब के दोनों और दिखाई देते हैं। $m = 2$ के लिये नी विवर्तन का कोण पढ़े और तालिकाबद्ध करें।

θ और N' को मालूम करके हम इस सूत्र $\sin\theta = N \times m$ तरंगदैर्ध्य से तरंगदैर्ध्य का मान निकालते हैं । पहले क्रम के लिए लिखते हैं और दूसरे क्रम के लिए $m = 1$ लिखते हैं । परिणाम को तालिका बद्ध कर के मानक मूल्य से तुलना कीजिये।

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दें

* ग्रेटिंग प्रयोग में आप मानक ग्रेटिंग जिसमे 7000 रेखायें प्रति सेंमी का उपयोग करते हैं। माना लिया कि आप के पास केवल 700 रेखायें / सेंमी. की एक ग्रेटिंग है । बताइए कि इसमें से स्पेक्ट्रम कैसा दिखाई देगा ।

* यदि गलती से आपसे ग्रेटिंग टूट जाए और केवल एक सें.मी. चोड़ा टूकड़ा शेष रह जाए, तब
  - क्या आप अब भी विवर्तन प्रतिमान देख सकते हैं।
  - यदि हां तो बड़े आकार की ग्रेटिंग में इससे किस प्रकार का अंतर होगा।

* स्पेक्ट्रोमीटर का चित्र बनाइए और इसके भागों को पहचानिए।

* स्पेक्ट्रोमीटर की सहायता से रंगीन रेखाओं को प्रिज्म और ग्रेटिंग दोनों में देखजा सकता है। सीधे प्रकाश की तुलना में प्रत्येक रंग के प्रकाश की किरणों की के विचलन कोण का आपने प्रेक्षण किया हैं। इन दोनों प्रकार के स्पेक्ट्रमों में आप क्या अंतर देख पाते हैं ? अधिक से अधिक जितने अंतर आप बता सकते हैं, उनकी सूची बनाइए।

* आप जब ग्रेटिंग के साथ प्रयोग कर रहे हों तब एक शरारती विद्यार्थी ग्रेटिंग के समतल में थोड़ा सा सरका देता है। क्या यह पाठ्यांक को प्रभावित करेगा ? समझाइए।

10.6 निष्कर्ष

आपने संचरण ग्रेटिंग और स्पेक्ट्रोमीटर के द्वारा विभिन्न रंगों की प्रकाश किरणों के तरंगदैर्घ्यों का मान ज्ञात किया है। सीधे प्रकाश के दोनों तरफ आप ने पहले और दूसरे क्रम के स्पेक्ट्रम को देखा है और आप अपने परिणाम की मानक मूल्य से तुलना करते हैं।