उत्तर प्रदेश
राजर्षि टण्डन मुक्त विश्वविद्यालय

UGPHS-L2

भौतिकी प्रयोगशाला II

विद्युत और इलेक्ट्रोनिक्स परिपथों से सम्बंधित कुछ प्रयोग

प्रयोग 1

परिपथ जाल प्रमेयों का अध्ययन 7

प्रयोग 2

एक अर्धचालक पदार्थ से निर्मित तापी प्रतिरोधक का अंशाकन तथा
उसकी ऊर्जा अंतरालय निकालना 18

प्रयोग 3

विद्युत प्रदायों तथा फिल्टरों की रचना एवं अभिलक्षण 26

प्रयोग 4

संक्रियात्मक प्रवर्धक का संकलन व प्रतिलोमी प्रवर्धक के रुप का अध्ययन 36

प्रयोग 5

समाकलन और विभेदक के रुप में संक्रियात्मक प्रवर्धक परिपथ का अध्ययन 51

प्रयोग 6

संक्रियात्मक प्रवर्धक की मदद से चार्ज का अभिज्ञान तथा मापन 58

प्रकाशिकी से सम्बंधित कुछ प्रयोग

प्रयोग 7

लेन्सों के कुछ गुणों का अध्ययन 68

प्रयोग 8

प्रिज्म स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा स्पेक्ट्रम का विश्लेषण करना 7

प्रयोग 9

प्रकाश का व्यतिकरण -यंत्र का प्रयोग 8

प्रयोग 10

स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा ग्रेटिंग का स्पेक्ट्रमी विश्लेषण 9

प्रयोग 11

ध्रुवित प्रकाश का उत्पादन, अभिज्ञान तथा परावर्तन 10

प्रयोग 12

ध्रुवित प्रकाश में व्यतिकरण का अध्ययन करना 11

पदार्थों के ऊष्मा गतिक गुणधर्म से सम्बंधित कुछ प्रयोग

प्रयोग 13

ध्वनिक विधि द्वारा Cp/Cv को मापना 13

प्रयोग 14

शीतलन वक्रों को मापना और व्याख्या करना

प्रावस्था परिवर्तन का अध्ययन 14

पाठ्यक्रम अभिकल्प समिति

प्रो. रईस अहमद
भूतपूर्व उप सभापति
विश्वविद्यालय अनुदान आयोग
नई दिल्ली

डा.एन सुदरेशन
नेशनल कालेज
तिरुचिरापल्ली

प्रो. आर.एन.माथुर
विज्ञान विद्यापीठ
इं.गां.रा.मु.वि.

प्रो. जी.पी.श्रीवास्तव
इलेक्ट्रोनिक विज्ञान,दक्षिण परिसर
दिल्ली विश्वविद्यालय, नई दिल्ली

डा. डी.पी.खण्डेलवाल
महासचिव
भारतीय भौतिक अध्यापक संघ

स्वर्ण स्वरुप दूबे
विज्ञान विद्यापीठ
इं.गां.रा.मु.वि.

डा. मिस पी.जोली
मिरान्डा हाउस
दिल्ली

प्रो. नरेन्द्रनाथ
कुरुक्षेत्र विश्वविद्यालय
कुरुक्षेत्र

प्रो. एस.निगवेकर
पूना विश्वविद्यालय
गणेशखिंड, पूणे

प्रो. बी.एल.सर्राफ
राजस्थान विश्वविद्यालय
जयपुर

खण्ड लेखन दल

प्रो. आर.पी.रीज (संपादक)
भौतिक विभाग पी.जी
अमेरिकन कालिज,
मदुरैई

डा. दलीप एस. जोग
पूना विश्वविद्यालय, पूना

प्रो. आर.प्रसाद
भौतिक विभाग
अलिगढ़ मुस्लिम विश्वविद्यालय
अलीगढ़

डा.के.एन.त्रिपाठी
इलेक्ट्रॉनिक विज्ञान, दक्षिण परिसर
दिल्ली विश्वविद्यालय, नई दिल्ली

अमेरिकन कालिज के विभाग सदस्य
डा. जी.बालासुब्रमण्यम
प्रो. सी.एम.डेरिएम
प्रो. के.गनेनस्करन्
डा. जे.जे.प्रभाकरन
डा. जे.सोथूरमन
प्रो. वी.श्री निवासन्
प्रो. पी.एस.श्रीनिवासन्

संकाय सदस्य, विज्ञान विद्यापीठ
इं.गां.रा.मु.वि.
स्वर्ण स्वरुप दूबे
प्रो. आर.एन.माथुर

पाठयक्रम संयोजक : स्वर्ण स्वरुप दूबे

अनुवाद

रत्ना कपूर
भौतिकी विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

स्वर्ण स्वरुप दूबे
विज्ञान द्यिापीठ
इं.गां.रा.मु.वि.

सितम्बर 1993

© इन्दिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय, 1993

ISBN - 81-7263-450-I

सर्वाधिकार सुरक्षित। इस कार्य का कोई भी अंश इन्दिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की लिखित अनुमति लिए बिना मिमियोग्राफ अथवा किसी अन्य साधन से पुनः प्रस्तुत करने की अनुमति नहीं है।

इन्दिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय के पाठ्यक्रमों के विषय में और अधिक जानकारी विश्वविद्यालय के कार्यालय

UGPHS-L2/3

इन्दिरा गाँधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय के अनुमति से पुनः मुद्रित। उत्तर प्रदेश राजर्षि टण्डन मुक्त विश्वविद्यालय इलाहाबाद की ओर से डॉ. आर.के.पाण्डेय कुल सचिव, द्वारा मुद्रित एवं प्रकाशित, 2016
मुद्रक - चन्द्रकला यूनिवर्सल प्रा0लि0ण 42/7 जवाहर लाल नेहरू रोड, इलाहाबाद

प्रस्तावना

PHE—03 (L) पाठ्यक्रम में आपने भौतिकी प्रयोगशाला पाठ्यक्रम के उद्देश्यों के विषय में तथा विभिन्न प्रयोगों के विषय में पढ़ा है जैसे पूर्व निर्धारित प्रयोग व अन्वेषण दक्षता के प्रयोग । PHE—03 (L) पाठयक्रकम में दो खंड है। इसके पहले खंड में हमने तरंगों तथा दोलन की परिघटनाओं पर आधारित प्रयोगों की चर्चा की है तथा दूसरे खंड में हमने पदार्थो के वैद्युतीय तथा यांत्रिकीय गुणों पर आधारित प्रयोगों के विषय में चर्चा की है।

PHE—08 (L) पाठ्यक्रम के मुख्य उद्देश्य यह हैं कि आप यंत्रों का इस्तेमाल करने के मूल क्षमता जान सकें तथा उन्हें इस्तेमाल करने का अनुभव पा सकें। साथ ही यदि किसी प्रयोग का उपकरण खराब हो जाता है या काम नहीं करता तो उसकी खराबी का पता लगाने की क्षमता हासिल कर सकें। यहां पर आप निष्पक्ष प्रेक्षण करेंगे तथा अर्जित आंकडों या पाठयांकों का विश्लेषण करेंगे। जिससे समस्याओं को हल करने के लिए वैज्ञानिक अभिवृत्ति का विकास होगा।

पाठ्यक्रम PHE—08 (L) के प्रयोग मुख्यत: तीन भागों में विभाजित हैं। पहले भाग में वैद्युत परिपथों तथा इलेक्ट्रॉनिकी पर आधारित छ: प्रयोग हैं। पहले प्रयोग में आप, परिपथों का विश्लेषण करने के लिए बहुत उपयोगी हैं। प्रयोग दो में आप दिए गए थर्मिस्टर का अशांकन करेंगे तथा थर्मिस्टर के पदार्थ का ऊर्जा अंतराल ज्ञात करेंगे। प्रयोग तीन में आप विद्युत प्रदाय की रचना करेंगे तथा विद्युत प्रदाय व फ़िल्टरों का अभिलक्षण करेंगे। प्रयोग चार से छ: में आप संक्रियात्मक प्रवर्धक का अभिलक्षण करेंगे तथा इसका आवेश ससूचक के लिए उपयोग, के विषय में पढ़ेंगे।

दूसरे भाग में छ: प्रयोग है। इस भाग के सभी प्रयोग प्रकाशिकी पर आधारित हैं। इस भाग के प्रथम प्रयोग (प्रयोग—7) में आप लेन्सों के गुणों के विषय में पढ़ेंगे तथा कुछ प्रमुख सूत्रों को सत्यापित करेंगे। प्रयोग - 8 में आप प्रिज्म व स्पेक्ट्रोमीटर की मदद से स्पेक्ट्रमी विश्लेषण करेंगे। पाठ्यक्रम PHE—02 के खंड 2 में आप व्यतिकरण की परिघटना के विषय में पढ़ चुकें हैं । प्रयोग - 9 में आप इस परिधटना का यंग के प्रयोग द्वारा अध्ययन करेंगे। प्रयोग 10 में आप प्रयोग 8 को प्रिज्म की जगह ग्रेटिंग का इस्तेमाल करते हुए दोहरायेंगे। प्रयोग 11 व 12 प्रकाश के ध्रुवुण पर आधारित है। इन दो प्रयोगों में आप ध्रुवित प्रकाश की उत्पत्ति, संसूचन परावर्तन तथा व्यतिकरण के विषय में पढ़ेंगे।

तीसरे भाग के प्रयोग, पदार्थो के ऊष्मागतिक गुणों पर आधारित हैं। इस भाग में केवल दो प्रयोग है। इस भाग के पहले प्रयोग में आप ध्वनिक विधि से ऐक गैस की ऊष्माधारिता का मापन करेंगे। प्रयोग 14 में आप शीतलन वक्र की सहायता से अवस्था परिवर्तन के प्रयोग करेंगे।

अध्ययन गाइड

यदि प्रयोगशाला में प्रयोग करते हुए, कोई यंत्र काम न करे या प्रयोग करने में आपको कोई बाधा आये तो वहां पर उपस्थित परामर्शदाता से संपर्क करें।

आपको यह सलाह दी जाती है कि आप स्वतंत्रता से काम करें तथा एक दिन में एक प्रयोग पूरा कर लें। आपके प्रयोगशाला कार्य की प्रतिदिन परामर्शदाता द्वारा जांच की जायेगी।

हमें आशा है कि आप प्रयोगशाला पाठयक्रम के प्रयोग रुचिपूर्वक करेंगे तथा इन्हें करते हुए आप को अच्छा लगेगा। इन प्रयोगों को करने के दौरॉन सीखे गए मूल सिद्धांतों को आप आम इस्तेमाल में आने वाले यंत्रों व उपकरणों की रचना व मरम्मत के लिए प्रयोग कर सकेंगे।

वैज्ञानिक दृष्टिकोण में मुख्यत: पांच पद होते हैं। पहला पद यह है समस्या का चयन करना, दूसरा पद है परिकल्पना बनाना, तीसरा पद है इस परिकल्पना का परीक्षण करना, चौथा पद है, इस परिकल्पना की सत्यता को स्थापित करने के लिए, एक प्रयोग करना तथा पांचवा व आखिरी पद है प्रयोग करने के पश्चात् प्राप्त परिणामों के आधार पर निष्कर्ष निकालना।

प्रयोगशाला में आने से पूर्व विभिन्न प्रयोगों को करने की विधियों के विषय में दी गई लिखित सामग्री को आप को ठीक से अवश्य पढ़ लेना चाहिए। किसी भी प्रयोग को सफलतापूर्वक करने के लिए, आप को प्रयोग में आने वाले यंत्रों को ठीक प्रयोग से इस्तेमाल करना आना चाहिए तथा प्रयोग करके प्राप्त हुए आंकड़ों का विश्लेषण करना आना चाहिए। आप से यह अपेक्षा की जाती है कि आप सभी प्रेक्षणों को रिकार्ड करें तथा उससे अपना निष्कर्ष निकालेंगे। सभी प्रयोगों में हमने कुछ बोध प्रश्न दिए हैं। आप इन सभी प्रश्नों का ठीक उत्तर तभी दे सकते हैं जब आपको इन प्रयोगों के सिद्धांत पूर्णत: समझ में आ गये हों।

"आप इस प्रयोगशाला में, प्रत्येक प्रयोग पर छ: घंटे का समय लगायेंगे। लगभग चार घंटे आपके पास परिकलन तथा विश्लेषण के लिए होंगे।

हमें उम्मीद है कि आप प्रयोगशाला में रुचिपूर्वक काम करेंगे तथा उसका पूरा लाभ उठायेंगे।

1 .हम इं.गां.रा.मु.वि. के प्रादेशिक निर्देशक डा.श्रीराम श्रीनिवासन् के इस कार्य की योजना, वाद विवाद, प्रायोगिक कार्य में योगदान का आभार प्रकट करते हैं।

2. हम मदूरै कालेज के सी. अय्यादूराई, एद्वमधुवीरन मि. स्वोमी नारायन और श्रीमती वाली का इस कार्यशाला में सहयोग के लिए धन्यवाद प्रकट करते हैं।

3. हम श्री लक्ष्मण सिंह शर्मा, सचिवालय सहायक का सभी प्रयोगों के शब्द संशाधन के लिए आभारी हैं।

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण संख्या ______________________

प्रयोग 1 : परिपथ जाल प्रमेयों का अध्ययन

1.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
1.2 उपकरण
1.3 अध्ययन सामग्री
परिपथ जाल
अध्यारोपण प्रमेय
पारस्परिक प्रमेय
थेवेनीन प्रमेय
1.4 पूर्वाविधान (सावधानियां)
1.5 प्रयोग
अधिकत्तम शक्ति प्रमेय की सत्यापिता
अध्यारोपण प्रमेय का अनुप्रयोग
पारस्परिकता प्रमेय की सत्यापिता
थेवेनीन प्रमेय का अनुप्रयोग
1.6 निष्कर्ष

1.1 प्रस्तावना

जिस प्रकार मनुष्य के शरीर में रीढ़ की हड्डी का बहुत ही महत्वपूर्ण योगदान है उसी प्रकार से विद्युत परिघटनाओं में विद्युत परिपथ का बहुत महत्वपूर्ण स्थान है। विद्युत परिपथ हमारे शरीर में रीढ़ की हड्डी की तरह महत्वपूर्ण है और इस पर प्राय: सभी वैद्युत परिघटनाओं में विद्युत परिपथ का अध्ययन पर आधारित है। इन परिपथों को, सक्रिय युक्तियों, जैसे निर्वात नलिकायें, ट्रांजिस्टर, इत्यादि अथवा निष्क्रिय अवयवों, जैसे प्रतिरोधक, संधारित्र या प्रेरक के द्वारा निर्मित किया जाता है । परिपथों तथा इनके अनुप्रयोग को गहराई से समझने व जानने के लिये हमें परिपथ की धाराओं, वोल्टताओं, शक्ति और आवृति अनुक्रिया का विश्लेषण करना होगा। यदि परिपथ सरल हो तो हम केवल ओम के नियम का प्रयोग करके इसका विश्लेषण कर सकते हैं। परन्तु अधिकांश परिपथ जटिल होते हैं तथा उनका विश्लेषण करना कठिन हो जाता है । अत: इन परिपथों को सरल बनाने के लिये व इनका विश्लेषण आसान करने के लिये हमें कुछ नियमित तरीके ढुंढने पड़ेंगे । इस प्रयोग में हमने जटिल परिपथों का सरलता से विश्लेषण करने के लिये बनाये गए कुछ प्रमेयों का अध्ययन करेंगे। इन प्रमेयों को हम परिपथ जाल प्रमेय कहा जाता है ।

उद्देश्य

यह प्रयोग कर लेने के पश्चात् आप,

- अधिकतम शक्ति, अध्यारोपण, पारस्परिकता व थेवेनीन प्रमेयों को सत्यापित कर सकेंगे ।
- उपरोक्त प्रमेयों का विभिन्न परिपथ जालों पर अनुप्रयोग कर सकेंगें ।

1.2 उपकरण

दो ट्रांजिस्टरित विद्युत प्रदाय (0-15 V) प्रतिरोधक (100-1000 Ω), बहुलमापी, संयोजी तारें आदि।

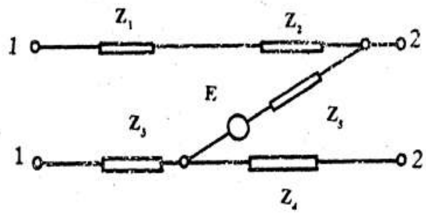
1.3 अध्ययन सामग्री

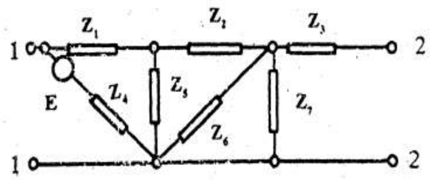
इस प्रयोग को आरंभ करने से पहले शायद आप परिपथ जाल तथा इससे संबंधित, उद्देश्यों में दिये गये, प्रमेयों के विषय में कुछ और जानना चाहेंगें ।

1.3.1 परिपथ (जाल)

एक वैद्युत परिपथ जाल, विभिन्न विद्युत परिपथ अवयवों, जैसे प्रेरक, प्रतिरोधक, संधारित्र, जनित्र या शाखाओं, का परस्पर संबंध होता है। जबकि किसी भी एक शाखा में R, L, C या दूसरी प्रकार के रैखिक अल्पांश हो सकते हैं। एक रैखिक अल्पांश वह होता है जिसमें बहने वाली धारा उसकी वोल्टता के समानुपातिक हो। ऐसा रैखिक परिपथ जाल, जिसमें दो विभिन्न टर्मिनल युग्म हों, चार टर्मिनल वाला परिपथ (1, 1 : 2, 2) कहा जाता हे, जैसा कि चित्र 1.1.a में दर्शाया गया है । यदि 1,1 टर्मिनलों में से कोई एक टर्मिनल 2, 2 युग्म के साथ जुड़ा हो तो उसे तीन टर्मिनल वाला परिपथ जाल कहते हैं, जैसा कि चित्र 1.1. b में दर्शाया गया है। यदि 2, 2 टर्मिनल लधुपथित हों तो वह दो टर्मिनल वाल परिपथ जाल बन जाता है ।

परिपथ जाल निम्नलिखित प्रकार के हो सकते हैं :-





चित्र 1.1.a चार टर्मिनल वाला परिपथ

चित्र 1.1.b तीन टर्मिनल वाला परिपथ जाल

* स्रोतहीन जाल : ऐसा परिपथ जाल जिसमें कोई शक्ति स्रोत जैसे बैटरी या सेल आदि विद्यमान न हों, **स्रोतहीन जाल** कहा जाता हैं।

* सक्रिय जाल : ऐसा परिपथ जाल जिसमें अन्य अवयवों के साथ जनित्र या शक्तिस्रोत भी हों, **सक्रिय जाल** कहा जाता हैं।

* परिपथ के किन्हीं दो विशिष्ट बिंदुओं के बीच के पथ को **शाखा** कहते हैं ।

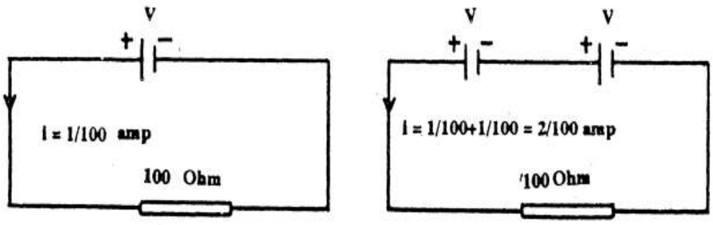
* किसी परिपथ में, कुछ शाखाओं के समुच्चय से, यदि एक ऐसा संवृत पथ बन रहा हो कि, समुच्चय की किसी भी एक शाखा के लोप होने पर शेष शाखाओं द्वारा संवृत पथ न बने, तो उसे **पाश (Mesh)** कहते हैं ।

* परिपथ की किसी एक शाखा का टर्मिनल या दो अथवा दो से अधिक शाखाओं के निष्ठ टर्मिनल को **नोड़** या **संगम स्थान** कहते हैं ।

अब हम सारांश में यह कह सकते हैं कि किसी भी परिपथ में सक्रिय या निष्क्रिय अवयव, शाखाएं, नोड, अथवा पाश हो सकते हैं। हमारा संधान इस प्रकार के किसी भी परिपथ के लूप (Loop) की धारा अथवा किसी भी अवयव की बीच वोल्टता ज्ञात करने के लिये उपयुक्त परिपथ जाल प्रमेयों के प्रयोग से उसका विश्लैष्ण करना है । सर्वप्रथम हम कुछ प्रमुख परिपथ जाल प्रमेयों का अध्ययन करेंगे व उन्हें समझेंगे । तत्पश्चात हम व्यवहारिक परिपथ जालों में इनके अनुप्रयोग के विषय में पढ़ेंगे ।

1.3.2 अध्यारोपण प्रमेय

आइये हम निम्न परिपथों पर विचार करें :-



चित्र 1.2

100 ओम के प्रतिरोधक पर १ वोल्ट की बैटरी का अनुप्रयोग करने पर 1/100 ऐम्पियर धारा मिलती है । यदि दो १ वोल्ट की बैटरियों को उसी १०० ओम के प्रतिरोधक से श्रेणी संबंधन कर दिया जाये तो प्रत्येक बैटरी से 1/100 एम्पियर धारा प्राप्त होगी । दोनों को मिला कर कुल 2/100 एम्पियर धारा प्राप्त होगी । अत: कुल धारा, व्यष्टिगत बैटरियों से प्राप्त होने वाली धारा का योग होगी । इस प्रकथन को व्यापकीकृत करने पर इसे अध्यारोपण प्रमेय कहा जाता है। इसे हम निम्न प्रकार से भी कह सकते हैं :-

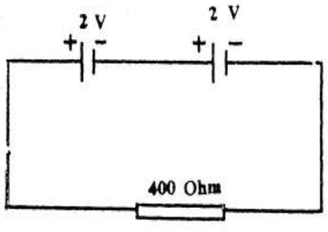
एक रैखिक परिपथ जाल की एक नियमित शाखा में, प्रत्येक विद्युत वाहक बल से प्राप्त होने वाली धारा अन्य विद्युत वाहक बलों की अनुक्रिया से स्वतंत्र होती है तथा किसी भी शाखा में परिणामी कुल धारा, विद्युत वाहक बलों से प्राप्त होने वाली धाराओं के कुल योगदान का बीजीय योग होती है ।

इस प्रयोग को करने पर आप यह प्रमेय सत्यापित कर सकेंगे।

बोध प्रश्न

निम्न परिपथ में व्यष्टिगत स्रोतों द्वारा प्रतिरोधक में प्राप्त होने वाली धारा का परिकलन कीजिये । जब दोनों स्रोत परिपथ में उपस्थित हों तो उस स्थिति में प्राप्त होने वाली धारा का परिकलन कीजिये ।

बाद में अपने परिणाम को प्रयोग द्वारा सत्यापित कीजिये।



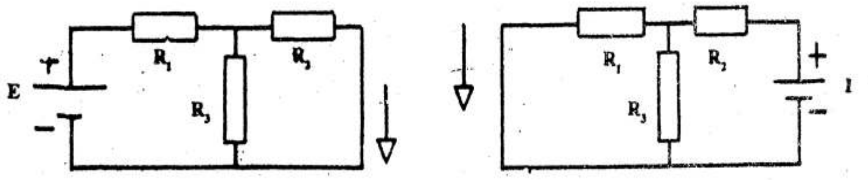
चित्र : 1.3

उत्तर : केवल V_1 की उपस्थिति में प्रत्याशित धारा .... होगी । केवल V_2 की उपस्थिति में प्रत्याशित धारा .... होगी । दोनों V_1 तथा V_2 की उपस्थिति में प्रत्याशित धारा ...... होगी ।

1.3.3 पारस्परिकता प्रमेय

पारस्परिकता प्रमेय के अनुसार, यदि किसी वैद्युत परिपथ की एक शाखा में एक विद्युत वाहक बल E उपस्थित हो, जिससे किसी अन्य शाखा में धारा I प्राप्त हो, तो इस विद्युत वाहक बल E को दूसरी शाखा जिसमें धारा I प्राप्त हुई थी में स्थानान्तरित करने पर हमें पहली शाखा में धारा I प्राप्त होगी ।

इसको स्पष्टरुप से समझने के लिये, उदाहरणस्वरुप हम निम्न परिपथ पर विचार करते हैं :-

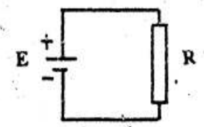


चित्र 1.4

पारस्परिकता प्रमेय यह यकीन दिलाता है कि $I_1 = I_2$ क्योंकि दोनों परिपथों में विद्युत वाहक बल E बराबर है ।

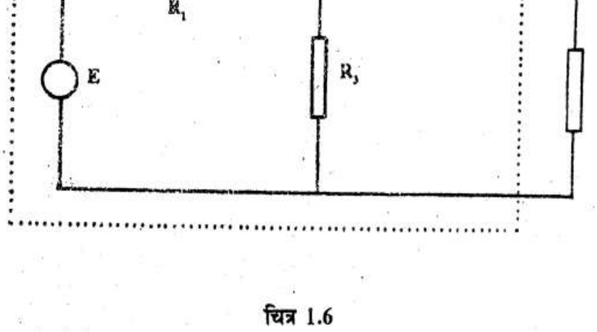
1.3.4 थेवेनीन प्रमेय

आइये हम चित्र 1.5 में दिये गये सरल परिपथ पर विचार करें।



चित्र 1.5

यदि आप लोड़ प्रतिरोधक R में प्राप्त होने वाली धारा ज्ञात करना चाहते हैं तो आप ओम नियम का अनुप्रयोग कर सकते हैं। आपको मिलेगा $I = E/R$ । परन्तु यदि परिपथ (असंतत रेखाओं द्वारा प्रदर्शित) जटिल हो जैसा कि चित्र 1.6 में दर्शाया गया है तो लोड़ प्रतिरोधक R_L में प्राप्त होने वाली धारा या वोल्टता को, ओम नियम का प्रयोग करते हुए, ज्ञात करना कठिन हो जाता है ।



चित्र 1.6

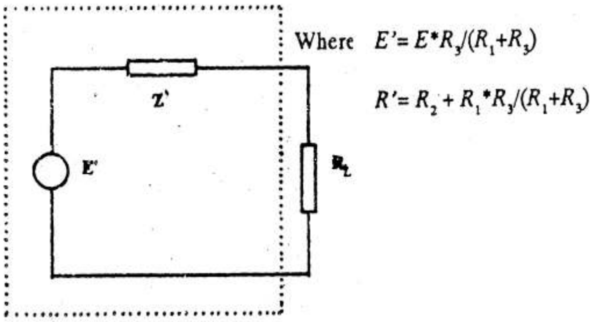
ऐसे परिपथों का विश्लेषण करने के लिए थेवेनीन प्रमेय का प्रयोग करते हैं ।

इस प्रमेय के अनुसार, कोई भी शक्ति स्रोतों तथा प्रतिबाधाओं से बना हुआ दो टर्मिनल वाला रैखिक परिपथ जाल, किसी अन्य वोल्टता स्रोत E' व प्रतिबाधा R' के श्रेणी संबंधन से बने तुल्य परिपथ जाल द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सकता है E' का मान परिपथ जाल के दोनों टर्मिनलों के बीच खुले परिपथ की अवस्था में प्राप्त होने वाले वोल्टता के मान के बराबर होगा तथा R' का मान, दोनों टर्मिनलों के बीच के शक्ति स्रोतों (न कि उनकी प्रतिबाधाओं को) को विलुप्त करने पर प्राप्त होने वाले प्रतिबाधा के मान के बराबर होगा ।

ऊपर दर्शाये हुए परिपथ का थेवेनीन तुल्य परिपथ निम्न चित्र में दर्शाया गया है ।

जंहा $$E' = \frac{E \times R_3}{R_1 + R_3}$$

$$R' = R_2 + \frac{R_1 \times R_3}{R_1 + R_3}$$



चित्र 1.7

इस प्रयोग में हम परिपथ विश्ले षण के लिए थेवेनीन का अनुप्रयोग करेंगे ।

1.4 पूर्वावधान (सावधानियां)

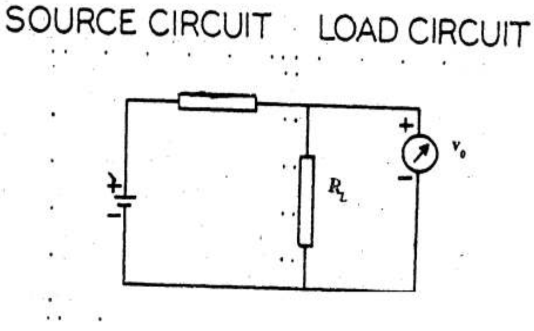
* विद्युत प्रदाय को प्रयोग में लाने से पूर्व बहुलमापी द्वारा नाप के यह निश्चित कर लें कि, आप को उससे आवश्यक वोल्टता श्रेणी प्राप्त हो रही है ।
* प्रतिरोधकों को प्रयोग में लाने से पूर्व बहुलमापी द्वारा नाप कर उनके मानों को निश्चित रुप से ज्ञात कर लें ।
* ऐमीटर (Ammeter) तथा वोल्टमापी (Votmeter) को प्रयोग में लाने से पूर्व उनके शून्य संमजन को जांच लें।

.5 प्रयोग

.5.1 अधिकतम शक्ति स्थानांतरण प्रमेय की सत्यापिता

पकरण :

विद्युत प्रदाय 10 वोल्ट डी.सी, बहुलमापी (muitimeter) प्रतिरोधक, 100 ओम, 200 ओम, 300 ओम, 400 ओम, 500 ओम, 600 ओम, 800 ओम, 1000 ओम (अंकित मान) ।



चित्र 1.8

कार्यविधि :

चित्र 1.8 के अनुसार परिपथ बना लें । अब आप R = 500 ओम तथा R_L = 100 ओम रख लें लोड़ प्रतिरोधक (R_L) में हुये वोल्टता पात को नापने के लिए, लोड़ में एक वोल्टमापी को जाड़ दें । निर्गम परिवर्ती घुंड़ी की सहायता से विद्युत प्रदाय (Power supply) की निर्गम वोल्टता को 10 V रखें। लोड़ प्रतिरोधक की वोल्टता को प्रेक्षण सूची - I में नोट कीजिए । अब इस लोड़ प्रतिरोधक को दूसरे भिन्न मान वाले प्रतिरोधक से प्रतिस्थापित करें तथा उसकी वोल्टता का मान ज्ञात करें । नापने से पहले, V_1 = 10 वोल्ट समायोजित कर लें तथा R_L की वोल्टता को नोट करें । यह प्रयोग (आठ) भिन्न मान वाले प्रतिरोधकों से पुन: करें । प्रत्येक अवस्था में नापे गये वोल्टता मानों को प्रेक्षण सूची -I में अंकित करें ।

प्रेक्षण सूची I

स्रोत प्रतिबाधा (R) का मान = 500 ओम
स्रोत वोल्टता (V_1) = 10 वोल्ट

क्रम	लोड प्रतिरोधक (R_L) ओम	निर्गम वोल्टता (V_0) वोल्ट	स्थानांतरित शक्ति परिकलित वाट $P = V_0^2 / R_L$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			

शक्ति

लोड़ प्रतिरोधकता

ग्राफ की सहायता से प्राप्त परिणामों की व्याख्या कीजिये तथा अपना अनुमान या विचार नीचे दिये गए स्थान में अंकित कीजिए। ग्राफ के आकार से आपको क्या जानकारी मिलती है ? किस स्थिति में अधिकतम शक्ति स्थानांतरित होगी?

बोध प्रश्न

जब स्रोत से लोड़ में को अधिकतम शक्ति स्थानांतरित होती है, तब निर्गम वोल्टता V_0 , V_1 की अपेक्षा अधिक होती है, कम होती है, या लगभग बराबर होती है

(अपना चयन तथा अपने विचार निम्न स्थान में लिखिये)

1.5.2 अध्यारोपण प्रमेय का अनुप्रयोग

उपकरण

दो वोल्टता स्रोत, बहुलमापी, तथा 500 ओम प्रत्येक मान वाले तीन प्रतिरोधक।

कार्य विधि

चरण 1

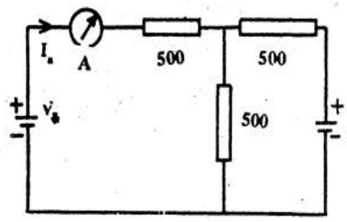
चित्र 1.9. a के अनुसार परिपथ बना लें । V_1 को लगभग 10 वोल्ट तथा V_2 को लगभग 5 वोल्ट पर व्यवस्थापित करें । विद्युत प्रदायों को चालू करने से पहले अनुमानित धारा का परिकलन कर लें उस मान को यहां __________ लिखें। बहुलमापी की अनुमानित श्रेणी का चयन कीजिये तथा विद्युत प्रदायों को चालू कीजिये । प्रत्येक लूप में प्राप्त प्रदाय वोल्टता तथा पहले लूप में प्राप्त धारा को अंकित कीजिये । धारा को Ia के अंतर्गत प्रेक्षण सूची - II में अंकित कीजिए । पहले चरण को तीन बार दोहरायें ।

चरण 2

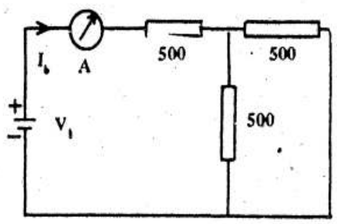
अब परिपथ को चित्र 1.9. b के अनुसार परिवर्तित कीजिये। V_1 का मान वही रखते हुए पहले लूप में प्राप्त धारा को Ia के अंतर्गत नोट करें । चरण दो को तीन बार दोहरायें ।

चरण 3

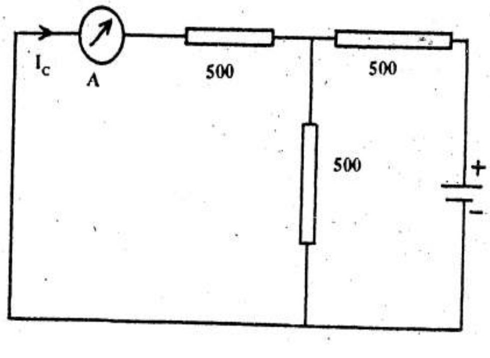
अब परिपथ को चित्र 1.9. c के अनुसार परिवर्तित कर लें । V_2 को चरण 1 वाले मान के बराबर रखते हुए, पहले लूप में प्राप्त धारा को Ic के अंतर्गत नोट कर लें। चरण 3 को तीन बार दोहरायें।



चित्र 1.9 a



चित्र 1.9 b



चित्र 1.9 c

तीन चरणों को $V_1 = 5$ वोल्ट तथा $V_2 = 5$ वोल्ट के लिए दोहरायें। तीनों चरणों को $V_1 = 2$ वोल्ट तथा वोल्ट के लिए दोहरायें। सभी ज्ञात मानों को प्रेक्षण सूची-II में अंकित करें।

प्रेक्षण सूची – II

क्रम संख्या	V_1 (वोल्ट)	V_2 (वोल्ट)	I_a (एम्प)	I_b (एम्प)	I_c (एम्प)	$I_b + I_c$ (परिकलित एम्प)

प्रायोगिक त्रुटि को ध्यान में रखते हुए, परिणामों की सहायता से I_a तथा $I_b + I_c$ का मानों की, प्रायोगिक त्रुटि को ध्यान में रखते हुए, तुलना कीजिए। निम्न स्थान में व्याख्या कीजिए कि यह अध्यारोपण प्रमेय की किस प्रकार पुष्टि करता है।

1.5.3 पारस्परिकता प्रमेय की सत्यापिता

उपकरण :

दो वोल्टता स्रोत (0-10 वोल्ट) बहुलमापी, 500 ओम प्रत्येक मान वाले तीन प्रतिरोधक, एक 1000 ओम मान वाला प्रतिरोधक

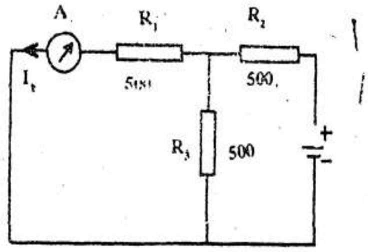
कार्य विधि

चरण - 1

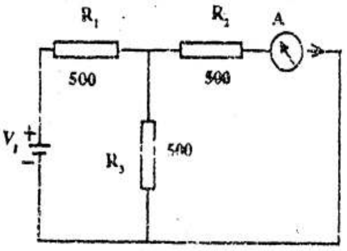
चित्र 1.10. a के अनुसार परिपथ बना लें। V_2 को लगभग 5 वोल्ट पर व्यवस्थपित करें तथा V_2 व I_1 का मान ज्ञात करके प्रेक्षण सूची - III में नोट करें। चरण १ को तीन बार दोहरायें।

चरण 2

अब चित्र 1.10. b के अनुसार परिपथ बनायें। V_1 को लगभग 3 वोल्ट पर व्यवस्थापित करें तथा V_2 व I_2 का मान ज्ञात करके प्रेक्षण सूची - III में नोट करें। चरण 2 तीन बार दोहरायें।



चित्र 1.10. a



चित्र 1.10. b

चरण 3

V_2/I_1 तथा V_1/I_2 का परिकलन कीजिये तथा प्रेक्षण सुची - III में नोट कीजिये । चरण 3 को तीन बार दोहरायें ।

उपरोक्त चरणों को $R_1 = 1000$ ओम तथा $R_2 = R_3 = 500$ ओम के लिये दोहरायें ।

उपरोक्त चरणों को, उसी प्रतिरोधक समुच्चय परन्तु V_1 लगभग 7 वोल्ट व V_2 लगभग 10 वोल्ट के लिये दोबारा दोहरायें।

प्रेक्षण सूची - III

क्रम	V_1 वोल्ट	I_2 वोल्ट	V_2 एम्प	I_1 एम्प	V_2/I_1 ओम	V_1/I_2 ओम

प्रायोगिक त्रुटि को ध्यान में रखतु हुए, आपके द्वारा परिकलित मान, पारस्परिकता प्रमेय के आधार पर प्रागोक्त मानों से किस प्रकार तुल्य है ?

बोध प्रश्न

उपरोक्त प्रयोग में, यदि दोनों वोल्टतायें V_1 व V_2 एक साथ उपस्थित हों तो क्या तब भी यह प्रमेय सार्थक होगा?

1.5.4 थेवेनीन प्रमेय का अनुप्रयोग

उपकरण

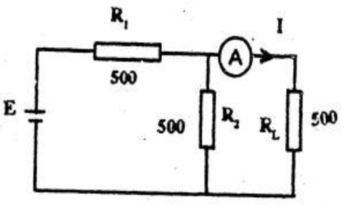
परिवर्ती विद्युत प्रदाय (0-10 वोल्ट), दो 500 ओम (प्रत्येक) मान वाले, प्रतिरोधक, परिवर्ती प्रतिरोधक तथा बहुलमापी ।

कार्य विधि

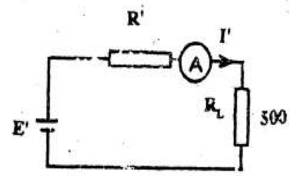
चित्र 1.11 a के अनुसार परिपथ बना लें । लोड़ में प्राप्त धारा का मान ज्ञात करें । निम्नलिखित व्यंजक के अनुसार R' व E' के मानों का परिकलन कीजिये:

$$R' = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad ; \quad E' = \frac{E_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

R' व E' के इन मानों का प्रयोग करते हुये, चित्र 1.11 b के अनुसार थेवेनीन तुल्य परिपथ बना लें। तुल्य परिपथ के अंतर्गत लोड़ में प्राप्त धारा I' का मान ज्ञात करें । प्रतिरोधक R_1 व R_2 के दो भिन्न



चित्र 1.11 a



चित्र 1.11 b

मान वाले युग्मों को प्रयोग में लाते हुए इस प्रयोग को दोहरायें। आंकड़ों को प्रेक्षण सूची IV में अंकित कीजिए। कार्य विधि को तीन बार दोहरायें ।

प्रेक्षण सूची - IV

क्रम	R_1 ओम	R_2 ओम	I एम्प	E' वोल्ट	R' ओम	I' एम्प

I व I' के मानों की तुलना कीजिये ।

प्रायोगिक त्रुटि को ध्यान में रखते हुए, अपने परिणाम को निम्न स्थान में अंकित कीजिए व उसकी व्याख्या कीजिये ।

उपरोक्त प्रयोग में I व I' के मानों का ओम नियम के अनुसार परिकलन कीजिये व उनकी तुलना अपने नापे हुए मानों से कीजिये ।

1.6 निष्कर्ष

प्रयोग करने के बाद, परिणामों की सूची निम्न स्थान में दीजिये ।

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ____________________ छात्र का नाम ____________________

मूल्यांकनकर्ता ____________________ पंजीकरण ____________________

प्रयोग 2 एक अर्धचालक पदार्थ से निर्मित तापी प्रतिरोधक का अंशाकन तथा उसका ऊर्जा अंतराल निकालना।

2.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

2.2 उपकरण

2.3 अध्ययन-सामग्री

2.4 पूर्वविधान (सावधानियां)

2.5 प्रयोग

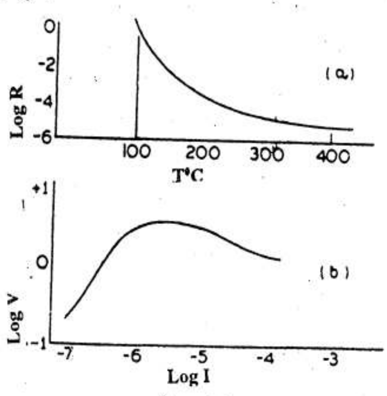
दिए गए तापी प्रतिरोधक का अंशांकन करना

दिए गए तापी प्रतिरोधक का ऊर्जा अंतराल निकालना

2.6 निष्कर्ष

2.1 प्रस्तावना

जब पदार्थो के ताप को सामान्तयततया बढ़ाया जाता है, तब प्राय: इसका विद्युत प्रतिरोध भी बढ़ जाता है। प्रतिरोधक के मान में यह बढ़ोत्तरी अधिकांश बहुत कम होती है (यह बढ़ोतरी 1° C के लिए एक प्रतिशत से कम होती है)। अर्ध-चालक पदार्थो की खोज के बाद और तकनीकी संशोधन करके उन पदार्थो के विद्युत गुण-धर्म के इन परिणामों को इस प्रकार बदल दिया जाता है कि, ताप को बढ़ाने पर विद्युत प्रतिरोध का ताप गुणांक बहुत अधिक बढ़ जाता है। यह तीन से 10 प्रतिशत तक हो सकता है। कुछ ताप प्रतिरोधक में ताप एक डिग्री बढ़ाने से ताप गुणांक कमरे के ताप के लिए प्रतिरोध का पांच प्रतिशत घट जाता है । ताप की इस उच्च संवेदना से तापी प्रतिरोधक इस योग्य बन जाता है कि हम इसे ताप के मापने तथा नियंत्रक आदि के रुप में प्रयोग कर सकते है । तापी प्रतिरोधक को मुख्य रुप से हम 100° C से 300° C के बीच प्रयोग में लाते हैं । साधारणतया तापी प्रतिरोधक के दो मुख्य विशेषता-वक्र होते है (इन्हें चित्र 2.1 में दर्शाया गया है) जिसका उपयोग अधिकतर माप दंड तथा नियंत्रक के रुप में किया जाता है ।



चित्र 2.1

इस प्रयोग के पहले भाग में आप दिए गए तापी प्रतिरोधक का तापीय युग्म की सहायता से अंशाकन करेंगें। क्योंकि 30° C से 150° C तक का ताप हम तापीय युग्म से आसानी से माप सकते हैं।

एक अर्धचालक पदार्थ से निर्मित तापी प्रतिरोधक का अंशाकन तथा उसका ऊर्जा अंतराल निकालना।

उद्देश्य

इस प्रयोग करने के बाद आप :

- किसी दीये गये एक अर्धचालक पदार्थ से निर्मित तापी प्रतिरोधक का अंशाकन कर सकेंगे ।
- किसी दीये गये एक अर्धचालक पदार्थ का ऊर्जा अंतराल निकाल सकेंगे ।

2.3 अध्ययन सामग्री

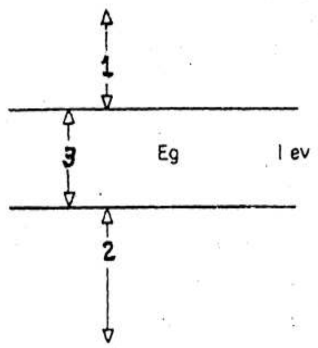
तापी प्रतिरोधक अर्ध चालक पदार्थ से बना हुआ होता है। इसका प्रतिरोध प्रायः ताप को बढ़ाने पर घटता है। प्रतिरोध और ताप के बीच के संबंध को इस प्रकार दिखाया जाता है।

$$R_T = R_0 \exp\left(\frac{E_g}{2kT}\right)$$

यहां R_T = तापमान T के लिए प्रतिरोध है जहां तापमान को केल्विन में मापा गया है ।

R_0 = शून्य डिग्री केल्विन के लिए तापमान है।

E_g = विशे ष अर्ध चालक के पूर्ण रुप से भरे हुए संयोजकता बैंड और खाली चालन बैंड के बीच ऊर्जा का अंतर है । (इसे चित्र 2.2 में दर्शाया गया है।)

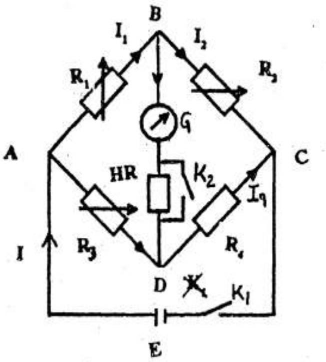


चित्र 2.2

जैसा कि आप जानते हैं कि तापी प्रतिरोधक अर्ध चालक पदार्थो से बनाता हैं । अब हम जिस अर्ध चालक पदार्थ से तापी प्रतिरोधक बना है उसका अंतराल निकालेंगे।

विभिन्न तापमानों पर एक तापी प्रतिरोधक का प्रतिरोध आप ब्रिज परिपथ की सहायता से निकाल सकते हैं । इन परिपथों में हमें एक धारामापी या संतुलन हैडफोन की आवश्यकता होती है, जिसे हम संतुलन सूचक के रुप में प्रयोग में लाते हैं । ये सभी ब्रिज विस्टोन ब्रिज के सिद्धांत पर आधारित हैं । इस परिपथ की व्यवस्था को चित्र 2.3 में दर्शाया गया है ।

विस्टोन ब्रिज में चार प्रतिरोधक R_1, R_2, R_3 और R_4 होते हैं, जिन्हें चित्र 2.3 के अनुसार लगाया जाता है । एक बैटरी को दो विपरीत दिशा के सिरों से जोड़ा जाता है । इन दो सिरों को चित्र 2.3 में बिंदु A और C से दर्शाया गया है । एक धारामापी G, जिसका प्रतिरोध R_g है, को संतुलन सूचांक के रुप प्रयोग करते हुए, इसे दूसरे दो संधि युग्मों के बीच में एक अधिक मान वाले प्रतिरोधक के साथ जोड़ा जाता है। इसे चित्र 2.3 में बिंदु B और D के बीच दर्शाया गया है। आप यह जानते हैं कि बैटरी से धारा I परिपथ में बिंदु A से प्रवेश करती है।



चित्र 2.3

प्रतिरोधक R_1 , R_2 , R_3 और R_4 गल्वनोमीटर के प्रतिरोध R_g में क्रमशः I_1 , I_2 , I_3 , I_4 I_g धारा बह रही है।

किरचौफ के प्रथम नियम को (परिपथ के किसी भी युग्म बिंदु पर मिलने वाली धाराओं का बीजीय शून्य होता है)। हम निम्नलिखित संबंधों से दिखा सकते हैं।

बिंदु A पर $I - I_1 = 0$

बिंदु B पर $I - I_2 - I_g = 0$

बिंदु D पर $I_3 + I_g - I_A = 0$

जब ब्रिज संतुलन की अवस्था में होता है, तब बिंदु B और D पर वोल्टता अन्तर बराबर होता है तब गल्वोनोमीटर के बीच बहने वाली धारा शून्य होती है, इसलिए,

$$I_1 R_1 = I_3 R_3$$

$$I_2 R_2 = I_3 R_3$$

या
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

यदि तीन प्रतिरोधक R_1 , R_2 और R_3 का मान ज्ञात हो, तब हम चौथे प्रतिरोधक का मान ज्ञात सकते हैं ।

विभिन्न तापमान T° केल्विन पर तापी प्रतिरोधक के प्रतिरोध (R_T) के मान को हम ब्रिज परिपथ की सहायता से निकाल सकते हैं।

यदि हम $\frac{1}{T}$ को x-अक्ष पर और $\ln(R_T)$ को y-अक्ष पर रखकर ग्राफ खींचे तो हमें एक सीधी रेखा प्राप्त होती है, जो अगले पेज पर दिए गए समीकरण को प्रदर्शित करती है।

$$\ln(R_T) = \ln(R_0) + \left(\frac{E_g}{2k}\right) \times \left(\frac{1}{\rho}\right)$$

(इस रेखा की प्रवणता $\frac{E_g}{2k}$ के बराबर है)

यदि हम $\frac{1}{T}$ और $\log_{10} R_T$ के बीच, ग्राफ खींचें तो रेखा की प्रवणता को हम इस प्रकार से प्राप्त कर सकते हैं।

$$\frac{E_g}{(2k \times 2.303)}$$

रेखा की प्रवणता से हम ऊर्जा अंतराल का मान निकाल सकते हैं।

$$E_g = 4.606 \times k \times \text{रेखा की प्रवणता}$$

यहां पर E_g को e_V में माना गया है।

एक अर्धचालक पदार्थ से निर्मित तापी प्रतिरोधक का अंशाकन तथा उसका ऊर्जा अंतराल निकालना।

2.4 पूर्वावधान (सावधानियां)

* प्रयोग करते समय आपको यह ध्यान रखना चाहिये की संतुलन यंत्र यानि गेल्वेनोमीटर खराब न हो जाये । यदि उसमें से बहुत अधिक धारा बह रही हो तो उसके खराब होने का डर होता है। इसलिए उस स्थिति में आप गेल्वेनोमीटर के साथ एक प्रतिरोधक का प्रयोग करे। इसे बचाव प्रतिरोधक कहते हैं। जब ब्रिज संतुलन स्थिति के निकट हो तब आप इस प्रतिरोधक को हटा दें। इसके लिए आप प्रतिरोधक को परिपथ से हटाने की बजाय उसके दोनों सिरों को एक तांबे की तार से जोड़ सकते हैं यानि शार्ट कर सकते हैं।

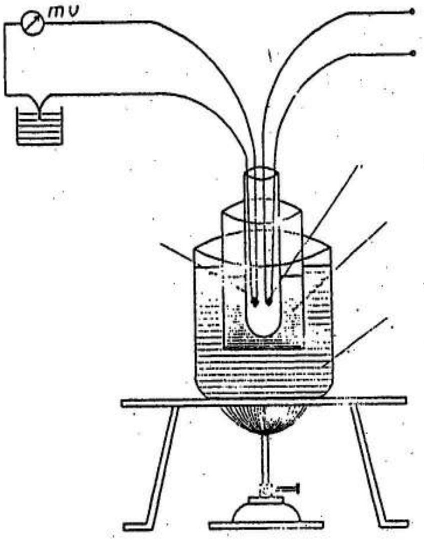
* जब आप थर्मीस्टर का अंशाकन कर रहे हों तब यह ध्यान रखें कि थर्मोकपल और तापी प्रतिरोधक दोनों आपस में जुडे हों।

2.5 प्रयोग

2.5.1 दिए गए तापी प्रतिरोधक का अंशांकन करना ।

विधि

दिए हुए तापी प्रतिरोधक और बहुलमापी की सहायता से कमरे के ताप के लिए आप इसका प्रतिरोध निकालिए। दो लम्बे तार लेकर थर्मीस्टर के दोनों सिरों पर टांका लगा दीजिए । अब इसके दोनों सिरों को ब्रिज के C और D टर्मिनल के बीच में लगा दीजिए। जैसे कि चित्र 2.3 में दिखाया गया है। अन्य तीनों भुजाओं में ज्ञात मान वाले प्रतिरोधक बॉक्स लगा दीजिए। विभव स्रोत (बैटरी) को इन चार भुजा वाली व्यवस्था के किसी एक पश्चदिशी विकर्ण युग्म से जोड दीजिए जिसकी श्रृंखला में, कुंजी को लगाया गया है । एक नाजुक गैल्वनोमीटर या शून्य सूचक या हेडफोन और एक उच्च मान वाला प्रतिरोधक (जिसका मान 5000 ओम हो) को इन चार भुजा वाली व्यवस्था के दूसरे विकर्ण युग्म से जोड दीजिए। इसे चित्र 2.3 में दर्शाया गया है। अब आप थर्मीस्टर के प्रतिरोध को ब्रिज की सहायता से निम्न प्रकार से माप सकते हैं ।



चित्र 2.4

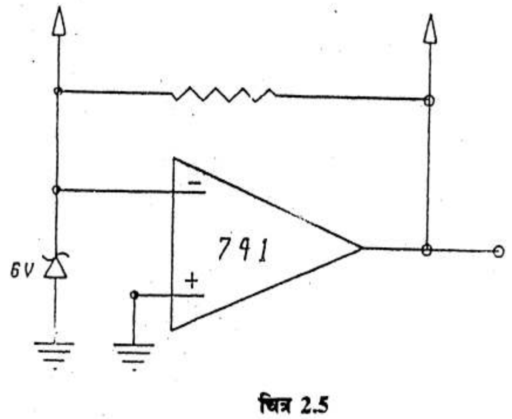
अब आप R_1 और R_2 में प्रत्येक प्रतिरोधक को एक किलो ओम के बराबर लें, व R_3 को शून्य के बराबर लें। पहले कुंजी K_1 फिर K_2 बंद कीजिए और बचाव प्रतिरोधक की कुंजी K_3 को खुला छोडिए। जब गैल्वनोमीटर संतुलन की अवस्था में आ जाए, तब आप बचाव प्रतिरोध की कुंजी को लगा दीजिए और इस प्रकार, गैल्वनोमीटर संतुलन यंत्र की श्रेणी में आ जाएगा, जिससे उसमें बहुत कम धारा प्रवाहित होगी । आप यह ध्यान दीजिए कि कुंजी K_1 को बंद करने के बाद सूचकांक किस दिशा में जाता है। इस विधि को आप तब तक दोहराइए जब तक कि R_3 का मान सबसे अधिक न हो जाए । प्रतिरोधक R_3 का अधिकतम मान 10,000 ओम ले सकते हैं। अब आप सूंचकांक की दिशा को देखिए । आप यह पाएंगे कि के लिए सूचकांक की दिशा विपरीत हो जाएगी और R_3 का मान थर्मीस्टर के प्रतिरोध के मान से कम हो जाएगा । यदि ऐसा होता है तो इसका मतलब यह है कि आपका परिपथ सही रुप से जुड़ा हुआ है। यदि ऐसी नहीं है तो परिपथ के संयोजन को आप पुन: जांच कीजिए ।

अब आप प्रतिरोधक R_1 और R_2 को एक किलो ओम के बराबर लीजिए। प्रतिरोधक R_3 का मान आप तब तक बदलिए जब तक सूचकांक शून्य पर न आ जाए। जब सूचकांक शून्य पर हो, तब आप उच्च मान वाले प्रतिरोधक को कम कर दें। अब आपके माप करने वाले यंत्र की सुग्रहिता बढ़ जाएगी और सूचकांक अधिक झुका हुआ दिखाई देगा। अब आप प्रतिरोधक R_3 को अंतिम मान दीजिए जिससे गैल्वनोमीटर के सूचकांक में गति न हो। ब्रिज पूर्ण रुप से संतुलित है। कमरे के ताप पर प्रतिरोधक R_3 का मान प्रतिरोधक R_4 के मान के बराबर है। इस प्रकार आप एक दिए हुए तापमान पर थर्मीस्टर के प्रतिरोध का मान निकाल सकते हैं । अब आप इस थर्मीस्टर के प्रतिरोध का मान अंकीय बहुलमापी से निकालिए और इसकी तुलना व्हीस्टोन ब्रिज से निकाले हुए मान से कीजिए । क्या इसमें कोई अंतर है? इसका कारण बताइए ।

अब आप एक थर्मोकपल लीजिए, और इसे एक मिलीवोल्टमीटर से जोडिए । इसे आप अंकीय बहुलमापी से भी जोड सकते हैं, जिसे आपने मिलीवोल्ट के परिसर में रखा हुआ है। अब आप तापी प्रतिरोधक को लगाइए और थर्मोकप्ल को भी उसी के पास अचालक टेप लगाकर परखनली के अंदर रखिए। इस परखनली को तेल के बाथ में डुबाईए और स्टैंड पर स्थिर कीजिए। अब इस तेल के बाथ को परखनली सहित, जिसमें थमिस्टर और थर्मोकप्ल लगा हुआ है बड़े पानी के बर्तन में रखिए।

इसे बनसुन बर्नर की सहायता से उबलने तक गर्म कीजिए। अब आप थर्मोकपल के बीच के युग्मों के वोल्टता अंतर को 0.1 वोल्ट के अंतराल पर परिवर्तित कीजिए व उसके साथ साथ ही थर्मीस्टर के प्रतिरोध को भी व्हीस्टोन ब्रिज की सहायता से मापिए, जैसे कि आपको पहले बतलाया गया है।

यदि दिए गए थर्मीस्टर के प्रतिरोध के मान में बहुत कम परिवर्तन होता है, तब आप ओप एम्प को प्रयोग में ला सकते हैं जैसा कि चित्र 2.5 में दर्शाया गया है विस्तार से जानने के लिए ओप एम्प के प्रयोग को पढ़ें।



चित्र 2.5

अपने आंकड़ों का निरीक्षण तालिका 1 में लिखिए।

निरीक्षण तालिका - 1

कमरे के ताप के लिए थर्मीस्टर का प्रतिरोध = ————

क्रम संख्या	थर्मोकप्ल के सिरों के बीच का विभवांतर		थर्मीस्टर के बीच में विभवांतर	
	जब गर्म किया	जब ठंडा	जब गर्म किया	जब ठंडा

विभिन्न तापमानों पर कापर-कोन्सटन थर्मोकप्ल में थर्मो -emf का मान निरीक्षण तालिका 2 में दिया गया है।

निरीक्षण तालिका 2

कापर-कोन्सटन थर्मोकप्ल का थर्मो - emf तापमान डिग्री संटीग्रेट में और emf को मिली वोल्ट में लिया गया है।

तापमान °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
emf mV	0	0.39	0.79	1.19	1.61	2.03	2.47	2.91	3.36	3.81	4.28

निरीक्षण तालिका 2 की सहायता से आप थर्मोकप्ल के बीच विभवांतर और तापमान में ग्राफ खींच सकते हैं। इस ग्राफ से, आप किसी भी वोल्टता के लिए तापमान निकाल सकते हैं। जिसे आप इस ग्राफ से थर्मोपकल की उन वोल्टताओं के लिए भी, जिन्हें आपने तालिका -II में लिखा हुआ है, तापमान निकाल सकते हैं।

अब आप तापमान और प्रतिरोध के आंकड़ों को निरीक्षण तालिका 3 में लिखिए।

निरीक्षण तालिका-3

क्रम संख्या	तापमान (T)	थर्मीस्टर का ।तिरोध (R)

तापमान और प्रतिरोध के बीच में नीचे दिए गए स्थान में ग्राफ खींचिए । यह दिए गए तापी प्रतिरोधक का अंशाकन ग्राफ है ।

2.5.2 दिए गए तापी प्रतिरोधक का ऊर्जा अंतराल निकालना।

विधि

अर्धचालक पदार्थ से बने हुए थर्मीस्टर के तापमान और प्रतिरोध के बीच ग्राफ खींचिए । इस समय हम इस प्रयोग के पिछले भाग के आंकडों की सहायता लेंगे । निरीक्षण तालिका -3 के आकड़ों को भी प्रयोग में लाइए। अब आप तापमान के मान को उल्टा करके अर्थात् (1/T) और $\log_{10} R$ को निकालिए । इन आकड़ों को आप निरीक्षण तालिका -4 में लिखिए ।

निरीक्षण तालिका-4

क्रम संख्या	$1/T$	$\log_{10} R$

आप देखेंगें कि यह एक सीधी रेखा है। इस रेखा की प्रवणता निकालिए । प्रवणता के इस मान को आप समीकरण (7) में लिखिए और E_g का मान निकालिए ।

परिणाम

दिए हुए थर्मीस्टर के लिए बेंड अंतराल ऊर्जा E_g का मान ____________ है।

2.6 निष्कर्ष

इस प्रयोग में आपने यह अध्ययन किया कि एक थर्मीस्टर को एक तापमान ट्रांसडयूसर के रुप में किस प्रकार से प्रयोग में ला सकते हैं। तथा तापी प्रतिरोधक के पदार्थ के गुणधर्मो के विषय में, जैसे प्रतिरोध और तापमान अभिलक्षण वक्र तथा अर्ध-चालक पदार्थ के ऊर्जा अंतराल को किस प्रकार निकालेंगे।

बोध प्रश्न

व्यावहारिक उपयोग में इस थर्मीस्टर को तापमान मापने के लिए प्रयोग में लाया जाता है इस वि षय में सोचिये और इसका उदाहरण दीजिए ।

____

____

____

____

____

एक अर्धचालक पदार्थ से निर्मित तापी प्रतिरोधक का अंशाकन तथा उसका ऊर्जा अंतराल निकालना।

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण ______________________

प्रयोग 3 : विद्युत प्रदायों तथा फिल्टरों की रचना एवं अभिलक्षण

3.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

3.2 उपकरण

3.3 अध्ययन सामग्री

अर्ध तरंग दिष्टकारी

पूर्ण तरंग दिष्टकारी

संधारित्र आगत फिल्टर

प्रेरक फिल्टर

3.4 पूर्वविधान (सावधानियां)

3.5 प्रयोग

अर्ध तरंग दिष्टकारी

पूर्ण तरंग दिष्टकारी

संधारित्र आगत फिल्टर

प्रेरक फिल्टर

L C व पाई फिल्टर

3.6 निष्कर्ष

3.1 प्रस्तावना

आपने अपनी दैनिक जिंदगी में कई इलेक्ट्रॉनिक यंत्र देखे होंगे, जिनमें घरों में प्रयोग होने वाले उपकरण, जैसे रेडियो, टेपरिकार्डर, टेलीविज़न, ऐम्पलीफायर, संगीतिक कुंजीपटल, इत्यादि भी शामिल हैं। क्या आप जानते हैं कि यह यंत्र (DC) दिष्टधारा से काम करते हैं या (AC) प्रत्यावर्ती धारा से वास्तव में यह सब से काम करते हैं। अत: जब हम इन उपस्करों को मुख्य AC तार से जोड़ते हैं तो इस AC को DC में परिवर्तित करना आवश्यक हो जाता है। इन सभी इलेक्टॉनिक यंत्रों में उपस्कर के भीतर एक भाग होता है, जिसे विद्युत प्रदाय भाग (Power Supply Section) कहते हैं, जो दिष्टकारी, इत्यादि की सहायता से इस AC को DC में परिवर्तित करता है। यह दिष्टकृत वोल्टता स्पंदमान होती है तथा इसमें कुछ अल्प AC घटक होता है। इस स्पंदमान DC को सतत DC में परिवर्तित करना तथा दिष्टकृत वोल्टता के AC घटक को और भी कम करना वांछनीय है जिससे कि हमें शुद्ध DC निर्गमी वोल्टता प्राप्त हो सके। यह फिल्टरों की सहायता से उपलब्ध किया जा सकता है, जो कि संधारित्र, प्रेरक तथा उनके विभिन्न प्रकार के संयोजनों को आवश्यकतानुसार जोड़ कर बनाये जा सकते हैं।

प्रत्यावर्ती धारा (AC) का वर्ग माध्य मूल मान (r.m.s. value) वो होता है जो उसी मान वाली दिष्ट धारा DC से उत्पन्न होने वाली ऊष्मा के बराबर ऊष्मा उत्पन्न करता है।

फिल्टर का प्रभाव उर्मिका गुणक (Ripple factor) द्वारा ज्ञात होता है। परिभाषानुसार, यह γ वोल्टता के AC घटक के वर्ग माध्य मूल मान (rms value) को DC वोल्टता या उसके औसत मान के आपेक्ष अनुपाती होता है। इस तरह हम DC निर्गम की शुद्धता को उर्मिका गुणक के आधार पर अभिनिर्धारित कर सकते हैं। उर्मिका गुणक का कम से कम होना वांछनीय है। संधारित्र फिल्टर की

उर्मिका अधिक लोड़ के लिये कम होती है जब कि प्रेरक फिल्टर की उर्मिका कम लोड़ के लिए कम होती है । आवश्यकतानुसार सही फिल्टर का चयन किया जा सकता है।

प्रयोग के पहले भाग में हम अर्ध तरंग व पूर्ण तरंग दिष्टकारियों की रचना करेंगे तथा उनकी तरंगों के रुप को कैथोड किरण आसिलोस्कोप (CRO) द्वारा देखेंगे । फिर हम संधारित्र व प्रेरक को फिल्टर की तरह प्रयोग करेंगे तथा उनके द्वारा प्राप्त तरंगो के रुप को (CRO) द्वारा देखेंगे । हम बहुलमापी की सहायता से DC व AC दोनों वोल्टतायें नापेंगे तथा फिर इन दोनों फिल्टरों के उर्मिका गुणक का परिकलन करेंगे । जिन प्रयोगशालाओं में CRO न हो वहां पर केवल बहुलमापी का प्रयोग किया जा सकता है ।

इस प्रयोग के दूसरे भाग में हम पूर्ण तरंग दिष्टकारी की निर्गम तरंग के रुप पर L तथा पाई फिल्टरों के प्रभाव का प्रेक्षण करेंगे तथा इन दोनों फिल्टरों के उर्मिका गुणकों का परिकलन करेंगे।

उद्देश्य

- प्रयोग करने के बाद आप अर्ध व पूर्ण तरंग दिष्टकारियों की, अपचायी ट्रांसफार्मर तथा डायोड़ों द्वारा, अभिकल्पना व रचना कर सकेंगे ।
- अर्ध तरंग तथा पूर्ण तरंग दिष्टकारियों की निर्गम तरंगों के रुप को कैथोड किरण ऑसिलोस्कोप (CRO) के पर्दे पर दिखा सकेंगे ।
- दिष्टकारी की निर्गम वोल्टता पर फिल्टरों (प्रेरक, संघारित्र व पाई) के प्रमाण को दिखा सकेंगे तथा ऊर्मिका गुणक का अभिकलन कर सकेंगे ।
- L पाई फिल्टरों के निर्गम में अंतर कर सकेंगे ।
- एक संदोष विद्युत प्रदाय के दोष का पता लगा सकेंगे ।

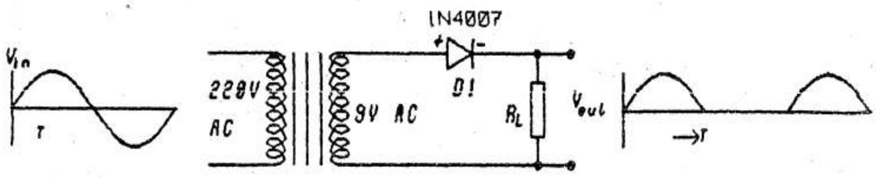
3.2 उपकरण

1. मध्य नि ष्कासी ट्रांसफार्मर
2. डायोड (संख्या चार) IN 4007 या BY 126 अथवा BY 127
3. विद्युत अपघटन संघारित्र
4. प्रेरक (150 mH)
5. प्रतिरोधक (100 *ohm* – 2 *Kilo ohm*)
6. संयोजी तारें, कहिया (Soldering iron) रेजिन व लैड सोल्डर
7. कैथोड किरण ऑसिलोस्कोप
8. बहुलमापी, इत्यादि

3.3 अध्ययन सामग्री

3.3.1 अर्धतरंग दिष्टकारी

चित्र3.1 में दिये गये परिपथ पर विचार करें, जिसमें हमने एक अपचायी ट्रांसफार्मर, एक अर्धचालक डायोड तथा एक लोड प्रतिरोधक का प्रयोग किया है । एक अपचायी ट्रांसफार्मर से प्राप्त होने वाली ज्यावक्रीय q_V की वोल्टता का श्रेणी संबंधित डायोड D_1 तथा लोड प्रतिरोधक R_L पर अनुप्रयोग किया जाता है । निवेश वोल्टता V_{in} एक AC वोल्टता होती है जो कि प्रति 1/120 सैकिंड में अपनी ध्रुवणा बदलती है । धनात्मक प्रत्यावर्तन के दोरान, ऐनोड कैथोड के प्रति धनात्मक (positive)



चित्र 3.1

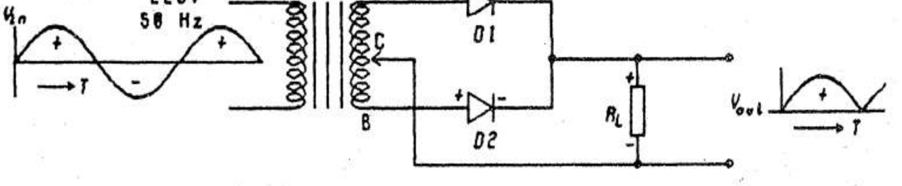
होती है (यानि अग्रदिशिक बायस में होती है) तथा डायोड में धारा चलती है । ऋणात्मक प्रत्यावर्तन के दौरान, धारा नहीं चलती क्योंकि ऐनोड, कैथोड के प्रति ऋणात्मक होती है यानि पश्चदिशिक बायस में होती है । डायोड में चलने वाली धारा में परिवर्तन होने के फलस्वरुप R_L में होने वाला वोल्टता पात भी परिवर्तित होता है, जैसा कि चित्र 3.1 में दिखाया गया है ।

3.3.2 पूर्ण तरंग दिष्टकारी

पूर्ण तरंग दिष्टकारिता हासिल करने के लिये हम एक मध्य नि ष्कासी ट्रांसफार्मर तथा दो डायोड का प्रयोग करते हैं, जैसा कि चित्र 3.2 में दिखाया गया है ।

निवेश वोल्टता V_{in} के आवर्तन चक्र के दौरान किसी भी क्षण यदि बिंदु A बिंदु C के प्रति धनात्मक हो तो बिंदु B बिंदु C के प्रति ऋणात्मक होगा । किसी भी नियमित पल में प्रत्येक डायोड के ऐनोड पर अनुप्रयुक्त वोल्टता बराबर होती है, किन्तु विपरीत ध्रुवणा की होती है ।

जबबिंदु A, C के सापेक्ष धनात्मक होता हे, तब D_1 का ऐनोड कैथोड के प्रति धनात्मक होगा । इसलिये D_1 में चालन होगा पर D_2 में नहीं होगा । दूसरे प्रत्यावर्तन में C के प्रति B धनात्मक होगा इसलिये D_2 का ऐनोड उसके कैथोड के प्रति धनात्मक होगा व उसमें चालन होगा जबकि D_1 में चालन नहीं होगा । संपूर्ण वोल्टता चक्र के दौरान, D_1 या D_2 में से किसी भी एक के द्वारा चालन होता रहेगा । क्योंकि दोनों डायोड़ों में उभयनिष्ठ कैथोड लोड प्रतिरोधक R_L है, इसलिये R_L की निर्गम वोल्टता, D_1 तथा D_2 के क्रमांतरिक चालन में से प्रभावित होगी । R_L की निर्गम वोल्टता V_{out} की तरंग का रुप चित्र 3.2 में दिखाया गया है।

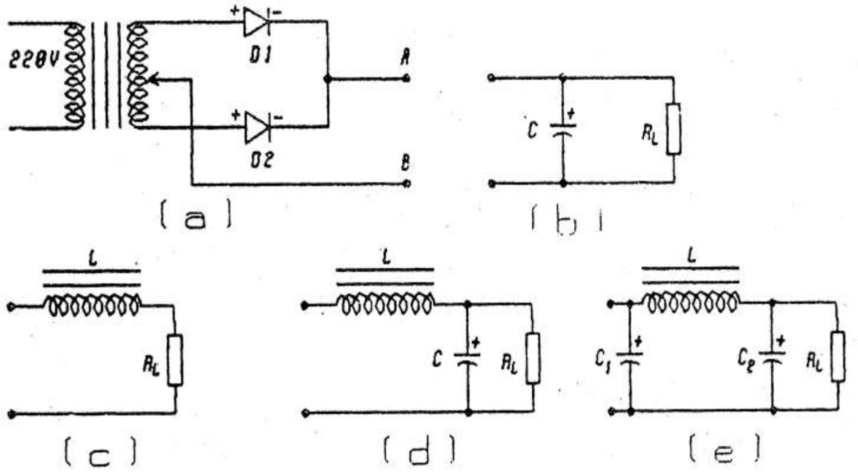


चित्र 3.2

3.3.3 संधारित्र आगत फिल्टर

संधारित्र आगत फिल्टर चित्र 3.3. b में दिखाया गया है। इसमें एक उच्च मान वाला संधारित्र निर्गम वोल्टता के साथ संयुक्त है। इसका कार्यकारी नियम निम्नलिखित है ।

दिष्टकारी की निर्गम धारा में AC व DC दोनों अवयव होते हैं । जब संधारित्र को, चित्र 3.3 में दिखाये गये, निर्गम टर्मिनलों A व B जोड़ा जाता है तो AC घटकों का उपनिकास हो जाता है तथ घटक का अवरोध होता है जिससे संधारित्र में वोल्टता बन जाती है । अब संधारित्र का उच्च मान व



चित्र 3.3

लोड प्रति रोधक R_L में से विसर्जन होता है इसलिये लोड़ प्रतिरोधक में से सतत DC धारा मिलती है ।

3.3.4 प्रेरक फिल्टर

चित्र3.3. a में दर्शाये गये A व B के बीच में प्रेरक L जोड़ दें तथा चित्र 3.3. b के अनुसार लोड प्रतिरोधक R_L जोड़ दें ।

Lab I के प्रयोगों में आपने प्रेरण प्रतिघात के विषय में पढ़ा है (इसे X_L द्वारा अंकित किया जाता है) प्रेरक की प्रतिबाधा $2 \times \pi \times f \times L$ के बराबर होती है जहां $f =$ आवृत्ति तथा $L =$ प्रेरकत्व। यदि एक प्रेरक में से AC व DC दोनों बह रहे हों तो वह DC की अपेक्षा AC के लिये अधिक प्रतिबाधा रखता है । अत: लोड़ के पार हमें सतत DC वोल्टता प्राप्त होती है । इस तरह यह ऊर्मिका (यानि AC घटकों) को दूर कर देता है तथा स्पंदमान DC को सतत DC में परिवर्तित कर देता है ।

प्रेरक व संधारित्र के संयोजन से ऊर्मिका गुणक को और भी कम किया जा सकता है । चित्र 3.3. d में दर्शाये गये L तथा C के संयोजन को LC फिल्टर कहते हैं तथा चित्र 3.3. e में दर्शाये गये L व C के संयोजन को पाई (π) फिल्टर कहते हैं ।

3.4 पूर्वावधान (सावधानियां)

* बहुलमापी के प्रयोग से वोल्टताएं मापते समय, उचित परिसर का चयन करें तथा वरित्र नौबों को ठीक जगह पर रखें ।

* बहुलमापी से डायोड की ध्रुवणा की जांच कर लें तथा यह निश्चित कर लें कि आपने उसे ठीक से लगाया है । यह जांच कैसे करेंगे ?

* यह निश्चित कर लें कि आपने विद्युत अपघटन संधारित्र को उचित ध्रुवर्ण के अनुसार जोड़ा है ।

* झालने का काम (Soldering) बहुत अच्छी तरह से करें ताकि टांके पक्के लगें ।

3.5 प्रयोग

3.5.1 अर्ध तरंग दिष्टकारी

अर्ध तरंग दिष्टकारी की रचना करना, उसकी निर्गम वोल्टता तरंग के रुप का कैथोड किरण ऑसिलोस्कोप CRO की मदद से प्रेक्षण करना तथा निर्गम वोल्टता को नापना ।

उपकरण

अपचायी (Stepdown) ट्रांसफार्मर, डायोड, प्रतिरोधक, झालने का लोहा (Soldering iron), सोल्डर वे रेजिन ।

चरण 1.

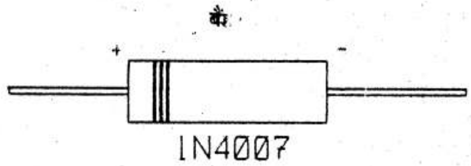
उपचायी ट्रांसफार्मर के प्राथमिक तथा द्वितीयक कुंडलन के सांतत्य की जांच कर लें ।

चरण 2

बहुलमापी की मदद से डायोड की ध्रुवण ज्ञात करें। डायोड की ध्रुवण हम अग्रदिशिक बायस या पश्चदिशिक बायस में से किसी भी एक का अनुप्रयोग करके ज्ञात कर सकते हैं।

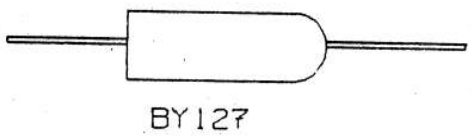
नोट: डायोड की ध्रुवण ज्ञात करने के दूसरे तरीके :

- डायोड के एक सिरे पर बनी पटटी यह संकेत देती है कि वह सिरा कैथोड है (उदाहरण के लिये IN 4007)। चित्र 3.4 देखें ।



चित्र 3.4

BY 126 या BY 127 डायोड़ों में चपटे हिस्से वाला सिरा ऐनोड होता है तथा मुडा हुआ या तीर के आकार वाला सिरा कैथोड होता है (चित्र 3.5 देखें)।



चित्र 3.5

चरण 3

चित्र 3.1 के अनुसार परिपथ बना लें

- निवेश वोल्टता लगायें (220 A.C)

चरण 4.

बहुलमापी की सहायता से AC निवेश वोल्टता, AC निर्गम वोल्टता तथा लोड प्रतिरोधक R_1 के पार दिषकृत वोल्टता को मापें ।

चरण 5.

R_1 के पार निर्गम वोल्टता को CRO के Y - Y निवेश पर लगायें । निर्गम तरंग चित्रांम प्राप्त करने के लिए उचित नौब का संमप्रन करें । निर्गम को अनुरेखण कागज पर उतार लें तथा इसे रिपोर्ट में नी चिपका दें । इस चित्र की तुलना अनुमानित चित्र सें करें

अनुमानित चित्र

3.5.2 पूर्ण तरंग दिष्टकारी

पूर्ण तरंग दिष्टकारी की रचना करना, CRO की मदद से उसकी निर्गम तरंग के रुप का प्रेक्षण करना तथा निर्गम वोल्टता को मापना ।

कार्य-विधि

एक मध्य निष्कासी उपचायी ट्रांसफार्मर (9V-0-9V) लें।

चरण 1

भाग 3.5.1 के चरण (1) व चरण (2) के अनुसार करें (यहां दो डायोडों की जांच करनी होगा)

चरण 2

चित्र 3.2 के अनुसार परिपथ बना लें ।

चरण 3

बहुलमापी की मदद से AC निवेश वोल्टता, AC निर्गम वोल्टता तथा लोड प्रतिरोधक के पार दिष्टकृत (DC) वोल्टता, माप लें ।

चरण 4

भाग 3.5.1 वाले प्रयोग की तरह, R_1, डायोड 1 व डायोड 2 के पार वोल्टता CRO का प्रयोग करके मापें ।

निर्गम तरंग के रुप को अनुरेखन कागज पर उतार लें तथा इसे रिपोर्ट के नीचे दी गई जगह में चिपका दें ।

3.5.3 संधारित्र आगत फिल्टर

संधारित्र फिल्टर का अध्ययन करना, ऊर्मिका गुणक का परिकलन करना तथा फिल्टर सहित व फिल्टर रहित निर्गम तरंगों के रुप का रिकार्ड बनाना ।

चरण 1

उच्च मान (1000 μf, 25 V) वाले संधारित्र (विद्युत अपघटन संधारित्र) को R_1 के साथ जोड़ें, जैसा कि चित्र 3.3. b में दिखाया गया है । व इस संयोजन को चित्र 3.3. a के अनुसार, A व B के बीच में जोड दें ।

परिपथ में केवल संधारित्र फिल्टर लगा हुआ है ।

चरण 2

R_L के पार DC तथा AC वोल्टतायें मापें। R_L के विभिन्न मानों के लिये प्रयोग को दोहरायें । प्रत्येक लोड प्रतिरोधक मान के ऊर्मिका गुणक का परिकलन करें तथा इन मानों की सूची बनायें ।

तालिका -I

क्र.	लोड प्रतिरोध	निर्गम (D.C) वोल्टता	निर्गम (A.C) वोल्टता	उर्मिका गुणक $\gamma = \frac{E_{rms}}{E_{DC}}$

चरण 3

संधारित्र सहित व संधारित्र रहित निर्गम वोल्टता तरंग के रुप को रिकार्ड करें (CRO के पर्दे से उसका अनुरेखण कर के नीचे दी गई जगह में चिपकायें) ।

बोध प्रश्न

संधारित्र सहित तथा संधारित्र रहित निर्गम वोल्टता तरंगों के रुप की ध्यान पूर्वक तुलना करके नीचे दिये गये स्थान में उस पर टिप्पणी लिखें ।

___

___

___

___

3.5.4 प्रेरक फिल्टर

प्रेरक फिल्टर का अध्ययन करना तथा ऊर्मिका गुणंक का परिकलन करना ।

चरण 1

भाग 3.5.1 वाले प्रयोग के चरण 1 व चरण 2 के अनुसार करें ।

चरण 2

चित्र 3.3 में दिये गये परिपथ में, A तथा B के बीच में चित्र 3.3. c में दिये हुए परिपथ को जोड़ दें । यह प्रेरक को श्रेणी संबंधन में लगायेंगे । इस परिपथ को प्रेरक फिल्टर कहते हैं ।

चरण 3

ट्रांसफार्मर के प्राथमिक कुंडलन को मुख्य तार (Mains) से जोड दें तथा R_L के पार निर्गम वोल्टता मापें (दोनों AC व DC) । विभिन्न लोड मानों के लिये प्रयोग को दोहरायें तथा प्राप्त हुये आकड़ों के तालिका में रिकार्ड करें ।

तालिका -II

क्रम संख्या	लोड प्रतिरोध	निर्गम (D.C) वोल्टता	निर्गम (A.C) वोल्टता	उर्मिका गुणक

3.5.5 LC व पाई (π) फिल्टर

LC व पाई (π) फिल्टरों का अध्ययन करना तथा इन दोनों फिल्टरों के ऊर्मिका गुणकों की तुलना करना ।

कार्य विधि

प्रयोग के पिछले भाग में आपने प्रेरक फिल्टर का इस्तेमाल किया है । अब आप एक संधारित्र को लोड प्रतिरोधक के साथ पाश्र्व संबंधन में जोड़ दें, जैसा कि चित्र 3.3C d में दिखाया गया है । प्रेरक तथा संघारित्र के इस संयोजन को LC फिल्टर कहा जाता है । अब प्रयोग के पिछले भाग की तरह लोड के पार DC व AC वोल्टताओं को मापें । विभिन्न लोड प्रतिरोधक मानों के लिये प्रयोग को दोहरायें तथा प्राप्त किये हुए आंकडे तालिका III में रिकार्ड करें । प्रत्येक लोड के लिये ऊर्मिका गुणक का परिकलन करें ।

तालिका -III

क्रम संख्या	लोड प्रतिरोध	निर्गम (D.C) वोल्टता	निर्गम (A.C) वोल्टता	उर्मिका गुणक $\gamma = \frac{E_{rms}}{E_{DC}}$

अब लोड प्रतिरोधक R_L के निर्गम को ऑसिलोस्कोप की Y-प्लेट के साथ जोड दें । आप को निर्गम तरंग का रुप प्राप्त होगा । इस तरंगों के रुप को अनुरेखण कागज पर उतार कर नीचे दी गई जगह में चिपकायें ।

बोध प्रश्न

C, L तथा LC फिल्टरों से प्राप्त तरंगों के रुप की तुलना करें तथा नीचे दिये हुए स्थान में अपना निष्कर्ष लिखें।

____

____

____

____

बोध प्रश्न

L, C तथा LC फिल्टरों के ऊर्मिका गुणकों में क्या भिन्नता है ।

अब एक और संधारित्र, प्रेरक से पूर्व, पिछले संधारित्र के साथ पाश्र्व संबंधन में जोड़ दें । यह चित्र 3.3. e में दर्शाया गया है ।

____

____

____

____

इस प्रकार के संयोजन को पाई (π) फिल्टर कहते हैं । पहले की तरह, लोड प्रतिरोधक R_L के पार DC तथा AC वोल्टताओं को मापें । इस प्रयोग को लोड के विभिन्न मानों के लिये दोहरायें तथा प्राप्त हुए आंकड़ों को तालिका IV में रिकार्ड करें। लोड के विभिन्न मानों के लिये ऊर्मिका गुणक का परिकलन करें ।

तालिका -IV

क्रम संख्या	लोड प्रतिरोध	निर्गम (D.C) वोल्टता	निर्गम (A.C) वोल्टता	उर्मिका गुणक $\gamma = \frac{E_{rms}}{E_{DC}}$

अपना निष्कर्ष नीचे दी हुई जगह में लिखें ।

____

____

____

अब लोड प्रतिरोधक R_L के निर्गम को ऑसिलोस्कोप के Y - Y निवेश से जोड़ दें। आपको निर्गम तरंग का रुप प्राप्त होगा। इस तरंग के रुप को अनुरेखण कागज पर उतार के नीचे दी गई जगह में चिपकायें।

बोध प्रश्न

अपने आकंड़ों को देखकर, LC तथा पाई फिल्टरों की तरंगों के रुप में भिन्नता को ज्ञात करें तथा अपना निष्कर्ष नीचे दिये गये स्थान में लिखें।

नोट : प्रौद्योगिकीय उन्नति की वजह से आजकल विद्युत प्रदायों (power supplies) में किसी भी प्रकार के फिल्टरों की अपेक्षा एकीकृत परिपथों जैसे 7905 के उपयोग से शक्ति नियंत्रण करके उन्हें अधिक सुसंहत बनाया जाता है।

3.6 निष्कर्ष

आपने अर्ध तथा पूर्ण दिष्टकारियों की रचना की है तथा उनके निर्गम को विभिन्न फिल्टरों के उपयोग से समरेख किया है। अब निम्नलिखित प्रश्नों का संक्षेप में उत्तर दीजिये।

अ यदि आप रेडियो सेट में बिना फिल्टर की हुई वोल्टता का उपयोग करें तो क्या होगा ?

ब उच्च मान वाले लोड के लिये कौन सा फिल्टर अधिक वांछनीय है ?

स अर्ध चालक डायोड की ध्रुवणा की जांच किस प्रकार की जाती है ?

द प्रेरक फिल्टर की कार्यकारिता के विषय में संक्षेप में लिखें।

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण संख्या ______________________

प्रयोग 4 : संक्रियात्मक प्रवर्धक का संकलन व प्रतिलोमी प्रवर्धक के रूप में अध्ययन

4.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

4.2 उपकरण

4.3 पठन-सामग्री

संक्रियात्मक प्रवर्धक की अवस्थाएं

ऋणात्मक पुनर्भरण का उपयोग

संक्रियात्मक प्रवर्धक का अर्ध तरंग दिष्टकारी और एक अमीटर के रुप में प्रयोग

संक्रियात्मक प्रवर्धक का विनिर्देश

संक्रियात्मक प्रवर्धक के प्रकार

4.4 सावधानियां

4.5 प्रयोग

प्रतिलोमी प्रवर्धक

संकलन प्रवर्धक

4.6 निष्कर्ष

4.1 प्रस्तावना

नीचे कुछ निकायों और उपकरणों की सूची दी गई है। मुझे आशा है कि आपने इनको अपने प्रतिदिन के व्यवहार में देखा या प्रयोग किया होगा।

* एक रेडियो सेट

* डाक्टर का स्टेथॉस्कोप

* विद्युत हृदयलेखी इ.सी.जी. मशीन

* सूक्ष्मदर्शी

* जन संबोधित निकाय

मुझे पूर्ण विश्वास है कि यदि आपसे यह पूछा जाए कि उपरोक्त उपकरणों में क्या समानता है तो आपको आश्चर्य होगा ? इसका उत्तर होगा कि इनमें किसी न किसी प्रकार के प्रवर्धक का प्रयोग किया जाता है। उदाहरण स्वरुप रेडियो सेट में हम एक ऐसे प्रवर्धक का इस्तेमाल करते हैं, जो बहुत छोटे विद्युत संकेतों का प्रवर्धन करता है। यह बहुत कम मिली वोल्ट के होते है ये संकेत दूरस्थित रेडियो स्टेशन से प्राप्त होते हैं। यही नहीं, आप ध्वनि नियंत्रक को घुमा कर प्रवर्धन को भी बदल सकते हैं। चिकित्सक के स्टेथॉस्कोप से हृदय के धड़कन की आवाज का प्रवर्धन किया जाता है। विद्युत हृदयलेखी

में हम बहुत छोटे विद्युत संकेतों का प्रवर्धन करते हैं, जो हृदय के द्वारा दिए जाते हैं व कुछ ही माइक्रोवोल्ट के होते हैं । सूक्ष्मदर्शी एक प्रकाशिय यंत्र है, जिसके द्वारा बहुत छोटे छोटे बिम्बों का प्रवर्धन करके सूक्ष्म चीजों को देखा जा सकता है । जन संबोधन यंत्र पर आदमी द्वारा जो भा षण दिया जाता है, उसे माइक्रोफोन की सहायता से विद्युत संकेतों में परिवर्तित कर दिया जाता है । पुन: इन संकेतों का पवर्धक द्वारा प्रवर्धन किया जाता है और प्रवर्धकों से प्राप्त संकेतों को लाउडस्पीकर में लगा देते हैं । इस प्रकार हम देखते हैं कि उपरोक्त सभी उदाहरणों में हम किसी न किसी प्रकार के प्रवर्धक का इस्तेमाल किया गया है ।

इस प्रयोग में हम जिस विशेष प्रकार के प्रवर्धक के विषय में अध्ययन करेंगे, वह विद्युत संकेत के प्रवर्धन के काम में आता है । इसे हम संक्रियात्मक प्रवर्धक कहते हैं ।

संक्रियात्मक प्रवर्धक एक ऐसी बहुउद्देशीय युक्ति है, जिसे प्रवर्धक, दोलकों, अवकलकों, समाकलक और गणितीय संक्रिया के लिए प्रयोग में लाया जाता है, जैसे जोड़ना, घटाना, गुणा करना आदि । इसलिए इसकों संक्रियात्मक प्रवर्धक कहते हैं । आजकल इसका उपयोग अधिकांश रुप से मनोरंजन इलेक्ट्रॉनिक्स से लेकर चिकित्सकीय इलेक्ट्रॉनिक्स और कंप्यूटर में होता है ।

इस प्रयोगशाला में, हम संक्रियात्मक प्रवर्धकों के कुछ सरल प्रयोग करेंगे जो इसकी सामान्य विशे षताओं के विषय में बतलाएगा।

उद्देश्य

इस प्रयोग को पूरा करने के पश्चात आप संक्रियात्मक प्रवर्धक का प्रयोग :

- प्रतिलोमी प्रवर्धक तथा
- संकलन प्रवर्धक के रुप में कर सकेंगे ।

4.2 उपकरण

2 अचर विद्युत प्रदाय जिसका विभव + 15 V से – 15 V के बीच बदला जा सके ।

2 शुष्क बैटरी प्रत्येक 1.5 V ।

1 अंकीय बहुलमापी जिससे ए.सी. और डी.सी. दोनों धाराओं को मापा जा सके ।

2 धारा नियंत्रक या विभवमापी, प्रत्येक का प्रतिरोध 10 किलो ओम,

1 आधे वॉट के विभिन्न प्रतिरोधक जैसे 4.7 किलो ओम, 10 किलो ओम आदि ।

2 स्विवच

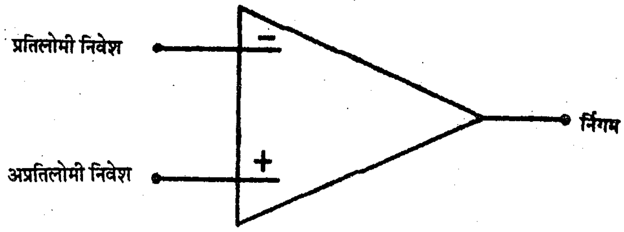
1 ऑसिलोस्कोप

1 संक्रियात्मक प्रवर्धक IC 741 सॉकेट के साथ ।

4.3 पठन-सामग्री

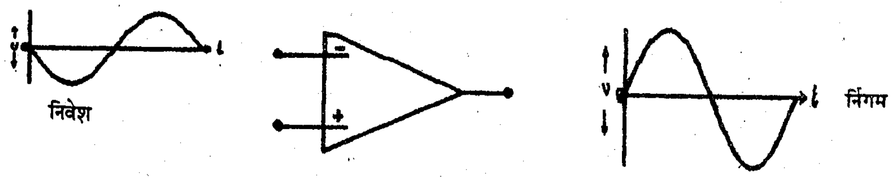
4.3.1 संक्रियात्मक प्रवर्धक की अवस्थाएं

संक्रियात्मक प्रवर्धक एक उच्च्य उपलब्धि वाला सीधा युग्मित प्रवर्धक है, जिसकी निवेश प्रतिबाधा बहुत अधिक और निर्गम प्रतिबाधा बहुत कम होती है। संक्रियात्मक प्रवर्धक में लगे अचर पुनर्भरण के बाह्य नियंत्रण द्वारा उसे विभिन्न प्रकार के उपयोगों में लाना संभव हो सकता है। पुनर्भरण से तात्पर्य यह है कि निर्गम का कुछ भाग या पूर्ण निर्गम को हम दोनों में से एक निवेश में लगा देते हैं। ये संबंधन बहुत ही सरल या जटिल परिपथ द्वारा हो सकते हैं। चित्र 4.1 में संक्रियात्मक प्रवर्धक का एक चिन्ह दिखाया गया है। इसमें दो निवेशों को चिन्हित किया गया है।

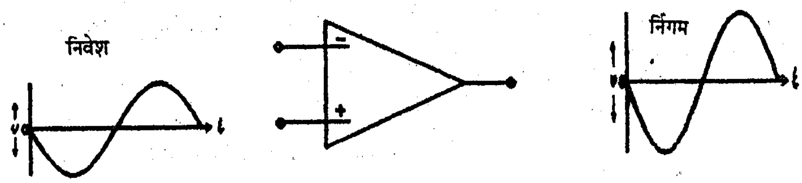


चित्र 4.1

ऋणात्मक निवेश को प्रतिलोमी निवेश कहते हैं। धनात्मक निवेश को अप्रतिलोमी निवेश कहते हैं। किसी संकेत को जब ऋणात्मक निवेश पर लगाया जाता है, तब निर्गम में इसकी कला में 180^0 परिवर्तन आ जाता है। अर्थात् निवेश और निर्गम की कला में 180^0 का अंतर होता है। इसका मतलब यह हुआ कि यदि प्रतिलोमी निवेश पर ऋणात्मक स्पंद हों, तब निर्गम पर धनात्मक स्पंद प्राप्त होगा तथा जब एक धनात्मक स्पंद को अप्रतिलोमी निवेश पर लगाया जाएगा तब निर्गम में जो स्पंद प्राप्त होगा उसकी कला निवेशी संकेत की कला के बराबर होगी। यानि दोनों संकेत समान कला में होंगे। चित्र 4.2 में प्रतिलोमी तथा चित्र 4.3 में अप्रतिलोमी दशा को दिखाया गया है।

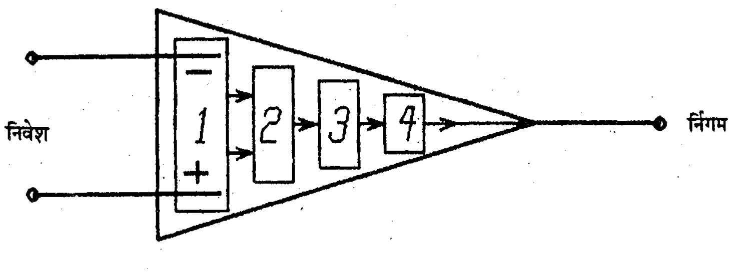


चित्र 4.2



चित्र 4.3

यद्यपि उपयोगिता के आधार पर संक्रियात्मक प्रवर्धकों के भीतर के परिपथ के विषय में जानना आवश्यक नहीं है, फिर भी इसकी कार्यविधि को हम ब्लॉक आरेख के आधार पर समझ सकते हैं। जैसा कि चित्र 4.4 में दर्शाया गया है।

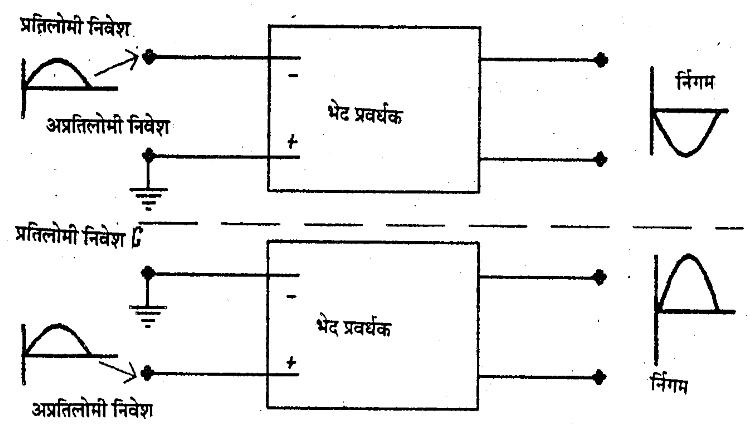


चित्र 4.4

चरण 1

संक्रियात्मक प्रवर्धक के प्रथम चरण में एक भेद प्रवर्धक होता है। अधिकांश प्राचल जैसे खुला पाश लब्धि, निवेश प्रतिबाधा आदि को इस प्रयोग के आंकड़ों की तालिका में दिया गया है।

भेद प्रवर्धक दो निवेश संकेतों के अंतर का प्रवर्धन करता है। यह वह प्रवर्धक है जो बहुत कम अंतर वाले निवेशी विभव संकेतों का प्रवर्धन कर सकता है, चाहे निवेश संकेतों का कुल निजी मान विभव तल से कुछ ही मिली वोल्ट अधिक हो। उदाहरण के लिए यदि वह सिरा जिसमें ऋणात्मक चिन्ह अंकित हो और उस पर 2.01 वोल्ट की डी.सी.धारा तथा दूसरे पर 2.00 वोल्ट की डी.सी. धारा लगाई गई हो, तब .01 वोल्ट डी.सी. धारा का प्रवर्धन होगा। अच्छी तरह से अभिकल्पित किए हुए भेद प्रवर्धक पर वातावरण के परिवर्तन से कोई प्रभाव नहीं पड़ता। भेद प्रवर्धक का निर्गम संकेत, दो निवेश संकेतों के अंतर के समानुपाती होता है। संक्रिया की वह विभा जिसमें निवेश पर दो विभिन्न संकेत लगाए जायें जिससे कि निर्गम से मिलने वाला संकेत, निवेश पर प्रयुक्त दो संकेतों के अंतर के समानुपाती हो, उसे हम अवकलित निवेश अवकलित निर्गम विभा कहते हैं। यदि दो निवेशों में से किसी एक को भूसंपर्कित कर के हम प्रवर्धक को एक सिरे वाली निर्गम विभा में भी प्रयोग कर सकते हैं। धनात्मक निवेश (अप्रतिलोमी) को भूसंपर्कित करने पर हमें प्रतिलोमी निवेश पर धनात्मक निवेश संकेत मिलेगा और निर्गम पर ऋणात्मक संकेत प्राप्त होगा। यह चित्र 4.5 में प्रदर्शित किया गया है। इसे हम एक सिरे वाला निवेश तथा एक सिरे वाला निर्गम प्रतिलोमी विभा कहते हैं। उसी प्रकार यदि



चित्र 4.5

प्रतिलोमी निवेश को भूस्थल कर दें और संकेत को अप्रतिलोमी निवेश पर लगाएं तो हमें निर्गम कला में बिना किसी परिवर्तन के प्राप्त होगा। इस संक्रिया के हम एक सिरे वाला निवेश तथा दूसरे सिरे वाला निर्गम अप्रतिलोमी विभा कहते हैं।

यदि अवकलित संक्रिया विभा में निवेश V_1 और V_2 को क्रमश: प्रतिलोमी और अप्रतिलोमी निवेश पर लगाया गया हो, और $V = -V_1 = V_2$ हो, तब हम भेद लब्धांक A_d को निम्न प्रकार से लिख सकते हैं।

$$A_d = \frac{\text{निर्गम वोल्टता}}{\text{आगम वोल्टता}} = \frac{V_{out}}{V_1 - (+V_2)} \qquad (1)$$

दूसरी तरफ आदर्श स्थितियों में भेद प्रवर्धक का निर्गम तब शून्य होगा जब दो समान संकेत, जिनका आयाम और कला दोनों बराबर हों, को प्रवर्धक के दो निवेश द्वार पर लगाया गया हो, प्राय: ऐसी आदर्श स्थिति कभी भी प्राप्त नहीं होती। आमतौर पर आपको निर्गम पर कुछ संकेत अवश्य ही मिलेगा, जबकि आपने निवेश के दोनों द्वारों पर समान संकेतों को लगाया है। उस स्थिति में आप A_c लब्धि को निम्न समीकरण से दर्शा सकते हैं:

$$A_c = \frac{2V_{out}}{(V_1 + V_2)} \qquad (2)$$

A_d/A_c के अनुपात को हम उभयनिष्ठ विधा निराकरण अनुपात (CMRR) कहते हैं। यह प्रवर्धक का वह घातांक है जो उसके उन संकेतों का निराकरण कर देता है, जो दोनों निवेशों में सर्वनिष्ट हो। दूसरे शब्दों में उभयनिष्ठ विधा निराकरण अनुपात को हम प्रवर्धक के विशेषता कारक से भी निरुपित कर सकते हैं जो बहुत अधिक शोर में से, जो दोनों निवेशों पर उभयनिष्ठ हो, सही संकेत का चयन कर सके। वह सर्वनिष्ठ विधा विभव परिसर जिसमें भेद प्रवर्धक सही रुप से कार्य कर सके उसे हम सर्वनिष्ठ विधा विभव परिसर कहते हैं।

चरण 2

चरण 2 में एक द्वितीय प्रवर्धक है, यह दूसरा भेद प्रवर्धक भी हो सकता है, जिसमें एक ही निवेश विधा विद्यमान हो। इससे हमें अतिरिक्त लब्धि प्राप्त होती है।

चरण 3

संक्रियात्मक प्रवर्धक का तीसरा चरण तल परिवर्तक होता है। चूंकि संक्रियात्मक प्रवर्धक में प्रत्येक चरण दूसरे चरण से सीधे ही युग्मित होता है, इसलिए डी.सी. तल एक चरण से दूसरे चरण में बढ़ता है और अंत में इसका विभव उतना ही हो जाता है, जितना शक्ति स्रोत का होता है। तल परिवर्तन चरण, डी.सी. तल में जो बढ़ोतरी होती है, उसकी क्षतिपूर्ति करता है।

चरण 4

अंतिम चरण में निर्गम शक्ति प्रवर्धक होता है। उसकी अधिक धारा लब्धि, चौड़ी बैंड चौडाई, और कम निर्गम प्रतिबाधा होती है।

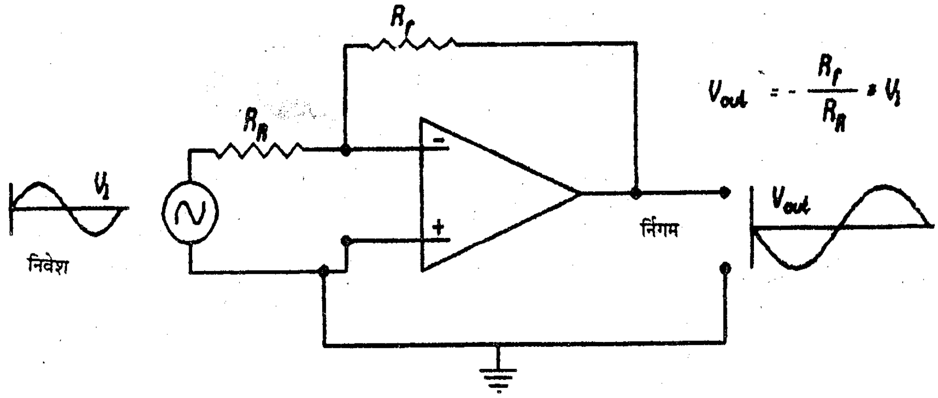
4.3.2 ऋणात्मक पुनर्भरण के उपयोग

यदि आगम की छोटी संख्या का पुनर्भरुण उल्टे निगर्म के साथ जुड़ी हुई हो तब संक्रियात्मक प्रवर्धक का निर्गम हमेशा आगम के साथ मिलकर उल्टा होता है। यह पुनर्भरुा का परिणाम् होगा जिसे ऋणात्मक पुनर्भरण कहते हैं।

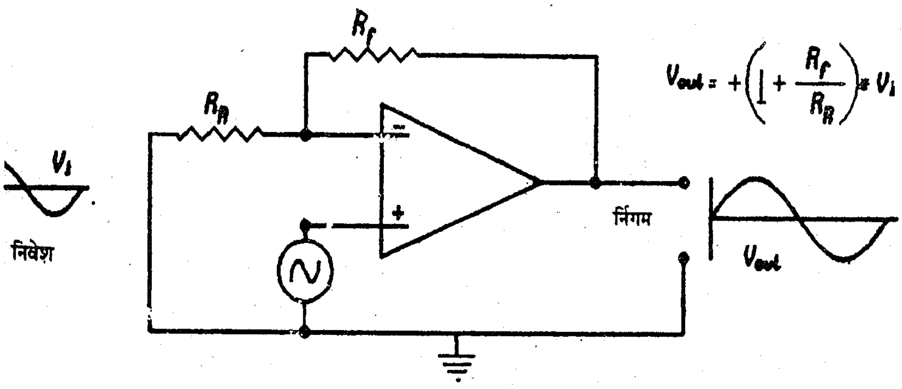
पुनर्भरण के बाह्य नियंत्रक के द्वारा संक्रियातमक प्रवर्धक के अधिसंख्य उपयोग संभव है (चित्र 4.6. a) में मूल पुनर्भरण परिपथ को दर्शाया गया है। प्रतिरोध R_f द्वारा निर्गम का पुनर्भरण आगम पुनर्भरण के साथ मिलकर उल्टा होता है। इसे चित्र में दिखाया गया है। यह ऋणात्मक पुनर्भरण प्रदान करता है। जैसे मान लीजिए कि एक संकेत उलटे निर्गम के साथ प्रयुक्त किया जाता है। इसे चित्र 4.6. a में दिखलाया गयचा है। (चित्र 4.6. a)

$$V_{\text{निर्गम}} = (-)\frac{R_F}{R_R} \times V_{\text{निवेश}} \; ..... \quad (4)$$

यहां V निवेश, निवेश विभव है और ऋणात्मक चिन्ह यह दर्शाता है कि कला में 180° का परिवर्तन है।



चित्र 4.6. a



चित्र 4.6. b

एक अप्रतिलोमी प्रवर्धक परिपथ को चित्र 4.6. b में दिखाया गया है। कुल निर्गम विभव V निर्गम को नीचे दिए गए समीकरण से प्रदर्शित किया जा सकता है

$$V_{\text{निर्गम}} = +\left(1 + \frac{R_F}{R_R}\right) \times V_{\text{निवेश}} \; \ldots . \qquad (5)$$

ऊपर दिए गए समीकरण में धनात्मक चिन्ह से हमें यह पता चलता है कि कला में कोई परिवर्तन नहीं हो रहा है। इस प्रकार प्रतिलोमी तथा अप्रतिलोमी प्रवर्धक परिपथों की लब्धि क्रमश: G प्रति तथा G अप्रति को निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है।

$$G_{\text{प्रति}} = (-)\frac{R_F}{R_R} \ldots . \qquad (6)$$

$$G_{\text{अप्रति}} = 1 + \frac{R_F}{R_R} \ldots . \qquad (7)$$

इस पर ध्यान दें कि कला पद के अतिरिक्त ऋणात्मक या धनात्मक प्रतिलोमी तथा अप्रतिलोमी अवस्थाओं में लब्धि अलग अलग होती है। यदि हम चित्र 4.6. a और ब को ध्यानपूर्वक देखें, जिसमें प्रतिलोमी तथा अप्रतिलोमी दोनों प्रवर्धकों को दिखलाया गया है, तो हमें पता चलेगा कि दोनों परिपथ समान हैं उनमें केवल इतना अंतर है कि निवेश द्वारकों को और भूस्थलित सिरों को आपस में बदला गया है। लब्धि का समीकरण इसलिए बदल जाता है, क्योंकि प्रतिलोमी अवस्था में प्रतिरोध R_F Deewj R_R विभव निवेश संकेत V निवेश और निर्गम से R_F द्वारा प्राप्त पुनर्भरण संकेत, दोनों के बीच में विभव विभाजक जाल बनाते हैं जबकि अप्रतिलोमी आकृतियों में विभव, केवल पुनर्भरण संकेत में ही विभाजित होता है, निवेश संकेत में नहीं।

नीचे दिए गए आंशिक उदाहरणों से आप इसे भली भांति समझ सकेंगे।

अ चित्र 4.6. a के विषय में विचार कीजिए।

R_R = 2.5 किलो ओम

और R_F = 10 किलो ओम

तब लब्धि को निम्न प्रकार से दिया जा सकता है।

$$G_{\text{प्रति}} = (-)\frac{R_F}{R_R} = (-)\frac{10}{2.5} \ldots . \qquad (8)$$

अत: निर्गम संकेत में चार गुणा प्रवर्धन होगा लेकिन निवेश कला से निर्गम संकेत की कला में 180° का अंतर होगा। यहां हम ए.सी या डी.सी. में से किसी भी संकेत को प्रयोग में ला सकते हैं।

ब यदि $R_R = R_F$ हो तो लब्धि एक होगा और निर्गम संकेत का आयाम निवेश संकेत के आयाम के बराबर होगा लेकिन उसकी कला विपरीत होगी।

स यदि $R_R > R_F$ हो तो लब्धि एक से कम मिलेगी। क्या आप इसका कारण जानते हैं इसका कोई संभावित कारण लिखिए।

____

____

____

____

ऊपर दी गई तीनों दशाओं में, आप देख सकते हैं कि R_F और R_R के अनुपात पर नियंत्रण करके आप निर्गम संकेत के आयाम को बढ़ा सकते हैं, सामान रख सकते हैं या कम आयाम को प्राप्त कर सकते हैं, लेकिन प्रत्येक दशा में कला में 180° का अंतर होगा।

इसी प्रकार से अप्रतिलोमी प्रवर्धक की आकृति में यदि

अ R_F = 10 किलो ओम

R_R = 2.5 किलो ओम

$$G_{\text{अप्रति}}\ 1 + \frac{10}{25} = 5 \ldots. \quad (9)$$

ब इस दिशा के लिए जब

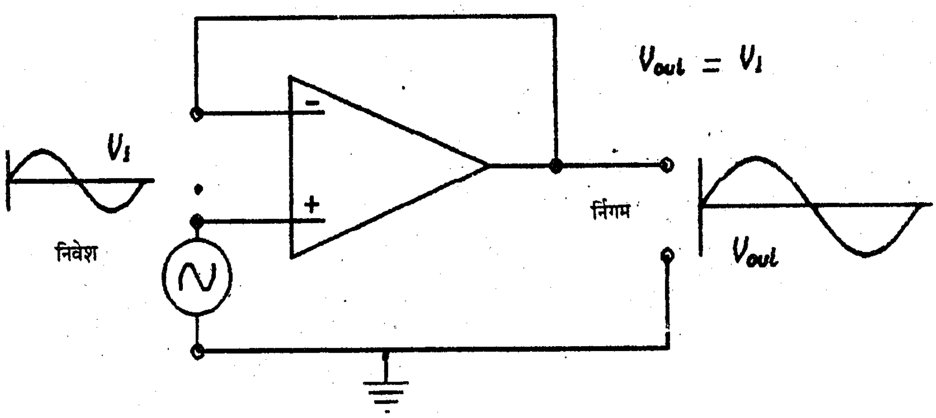
$R_F = R_R$ = 10 किलो ओम मान लीजिए

$G_{\text{अप्रति}} = 2$, और

स $R_R > R_F$, G अप्रतिलोमी हमेशा एक से अधिक होगा।

द अधिकतम दशा में जब अप्रतिलोमी आकृति में

$R_F = 0$ और $R_R = \infty$ जैसा चित्र 4.7 में दिखाया गया है।

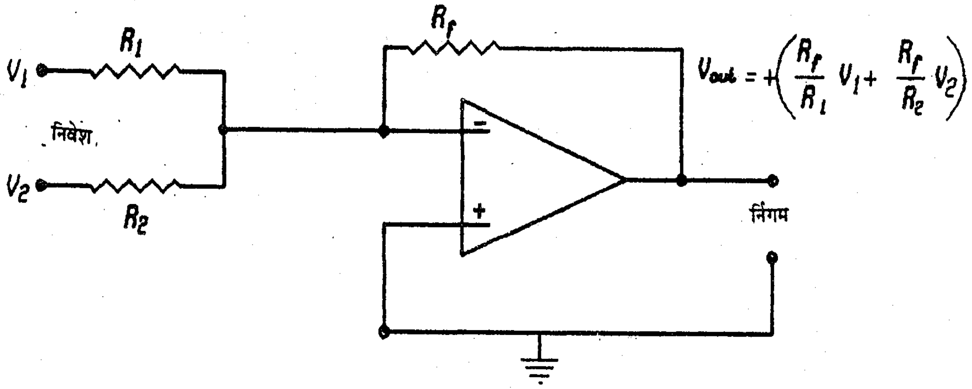


चित्र 4.7

$$G_{\text{अप्रतिलोमी}} = 1 + 0 = 1 \ldots. \quad (10)$$

इसलिए इस आकृति में निर्गम विभव आयाम और कला में निवेश विभव के बराबर होगा। इसे हम विभव अनुयायी परिपथ कहते हैं। गणितीय संक्रिया में संक्रियात्मक प्रवर्धक से हम जमा भी कर सकते हैं। इस प्रकार के संयोजन चित्र 4.8 में दिखाए गए हैं। इस दिए गए परिपथ की लब्धि को हम निम्न प्रकार से लिख सकते हैं:

$$G = \frac{-\left(\frac{R_F}{R_1}V_1 + \frac{R_F}{R_2}V_2\right)}{V_1 + V_2} \ldots. \quad (11)$$



चित्र 4.8

यदि $R_F = R_1 = R_2$ हो तब लब्धि का मान -1 होगा। इसलिए V निर्गम

$= -(V_1 + V_2)$ होगा, जो निवेश संकेत के जोड़ के बराबर है। यह तभी सत्य होगा जब V_1 और V_2 के चिन्ह आपस में एक दूसरे के विपरीत हों, इसलिए यह वास्तव में गणितीय रुप से जमा करने वाला परिपथ है।

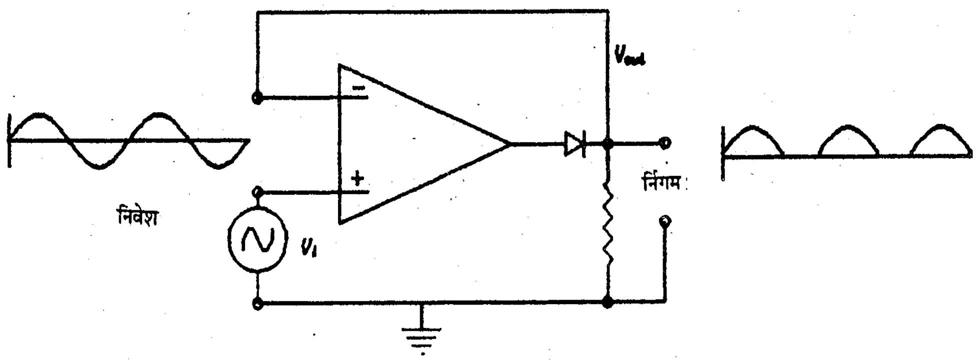
निर्गम विभव को हम निवेशी विभवों V_1 और V_2 के जोड़ के बराबर लेते हैं। V_1 और V_2 को किसी नियतांक का गुणक लेकर R_F, R_1 और R_2 का मान चुन लेते हैं। उदाहरण के लिए

$$R_F = 2R_1 = 3R_2$$

$$V_{\text{निर्गम}} = (2V_1 + 3V_2)$$

4.3.3 संक्रियात्मक प्रवर्धक, का एक अर्धतरंग दिष्टकारी और एक अममीटर के रुप में प्रयोग।

संक्रियात्मक प्रवर्धक अर्ध तरंग दिष्टकारी का परिपथ चित्र 4.9 में दिखाया गया है।



चित्र 4.9

यह चित्र 4.7 का रुपांतरित वर्णन है, जिसमें निर्गम में डायोड को लगा दिया जाता है। जब निर्गम धनात्मक होता है, तब डायोड में चालन होता है और परिपथ चित्र 4.7 की भांति काम करता है। इस अवस्था में लब्धि का मान एक होता है और संकेत का धनात्मक भाग पूर्णत: निर्गम को दे दिया जाता है।

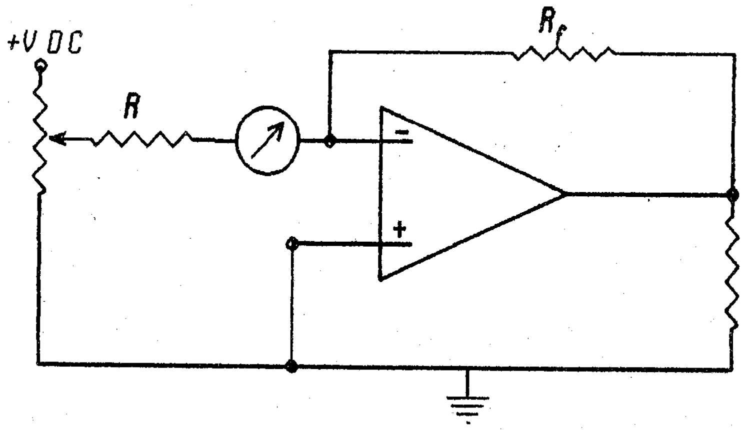
जब निर्गम ऋणात्मक होता है, तब डायोड में चालन नहीं होता है। इसके परिणामस्वरुप निर्गम, संक्रियात्मक प्रवर्धक से नहीं जुड पाता और यह केवल एक प्रतिरोध के द्वारा भूसंपर्कित होता है।

इस प्रकार यह परिपथ केवल धनात्मक संकेतों के लिए ही एक प्रवर्धक के रुप में कार्य करता है। अत: यह एक अर्ध तरंग दिष्टकारी की तरह कार्य करता है। जैसे कि एक डायोड अपने आप भी अर्ध तरंग दिष्टकारी का कार्य करता है। लेकिन संक्रियात्मक प्रवर्धक परिपथ में निवेश स्रोत को हमेशा अधिक प्रतिबाधक निवेश प्रवर्धक का सामना करना पड़ता है। एक साधारण डायोड की सहायता से धनात्मक निवेशों पर स्रोत को लघुपथित कर दिया जाता है।

नीचे दिए गए परिपथ के आरेख में चित्र (4.10) संक्रियात्मक प्रवर्धक एक अमीटर की तरह कार्य करता है।

निवेश पर विभवांतर V_1 को R के बाई और लगाया जाता है, जिसके कारण निवेश परिपथ में धारा A_i बहती है। यह वह धारा है, जिसे हमें मापना है। संक्रियात्मक प्रवर्धक के निर्गम पर विभवांतर V_o है।

$$V_o = -R_F \times V_i/R_R = R_F \times R_R \quad A_i/R_P$$



चित्र 4.10

4.3.4 संक्रियात्मक प्रवर्धक का विनिर्देश

संक्रियात्मक प्रवर्धकों के निर्माता प्रत्येक संक्रियात्मक प्रवर्धक के साथ उसका परिपथ आरेख, आधार आरेख पूर्वोत्पादनीयता ग्राफ तथा विनिर्देश आदि प्रदान करता है। ये विनिर्देश हमें संक्रियात्मक प्रवर्धक पुस्तिका में भी मिल सकते हैं। संक्रियात्मक प्रवर्धक के विनिर्देश को दो प्रकार से विभाजित किया जा सकता है।

आंकड़ा पत्र विनिर्देश से हमें अधिकतम कार्य करने की क्षमता या उस सीमा का पता चलता है जिसे यदि बढ़ा दिया जाए तो संक्रियात्मक प्रवर्धक क्षतिग्रस्त हो जायेगा। ये विनिर्देश हैं।

(कृपया संलग्न आंकड़ा पत्र देखें)

* **पूर्ति विभव :** अधिकांश संक्रियात्मक प्रवर्धकों में दो शक्ति स्रोत $+15\,V$ से $-15\,V$ तक को प्रयोग में लाया जाता है। जब कि कुछ संक्रियात्मक प्रवर्धकों को केवल एक ही स्रोत की में आवश्यकता होती है।

* **शक्ति उत्सर्जन :** आई.सी. 741 को बिना क्षति पहुंचाये, जो अधिकतम शक्ति उस में से उत्सर्जित की जा सकती है, वह सदैव बनानेवाले द्वारा अंकित की जाती है। प्राय: इसका मान 0.5 वॉट होता है।

* **बैंड की चौड़ाई :** यह उस अधिकतम आवृत्ति के आस पास की आवृत्ति को निरुपित करती है जिस पर संकेत विशेष मानों का अनुभव करता है।

* निवेश और निर्गम प्रतिबाधा : संपूर्ण संक्रियाओं के लिए निवेश आर निर्गम प्रतिबाधाओं को विशेष रुप से अंकित किया गया होता है।

4.3.5 संक्रियात्मक प्रवर्धकों के प्रकार

सामान्य संक्रियात्मक प्रवर्धकों को चार प्रकार से बांटा गया है।

1 साधारण उपयोगों के लिए, जिसके उदाहरण 709, 101, 741, 747 आदि हैं।

2 अधिक आवृत्ति, अधिक घूर्णन दर वाले, इसका उदाहरण L – 0063 Deeefo nQ~

3 अधिक विभव, अधिक शक्ति दर वाले, जैसे LH – 0004 LH – 0021 ~

4 कार्यक्रम प्रकार या सूक्ष्म शक्ति संक्रियात्मक प्रवर्धक, जैसे - 250 आदि।

अधिकतर संक्रियात्मक प्रवर्धकों का निर्माण तीन प्रकार के आधार पैकेजों में होता है। जिनमें आधार में पिनों की संख्या अलग अलग होती है इन्हें निम्न वर्गों में बांटा गया है।

1. धातु पैकेज
2. सीधे पैकेज
3. द्वि-आंतरिक लाइनों के पैकेज

4.4 सावधानियां

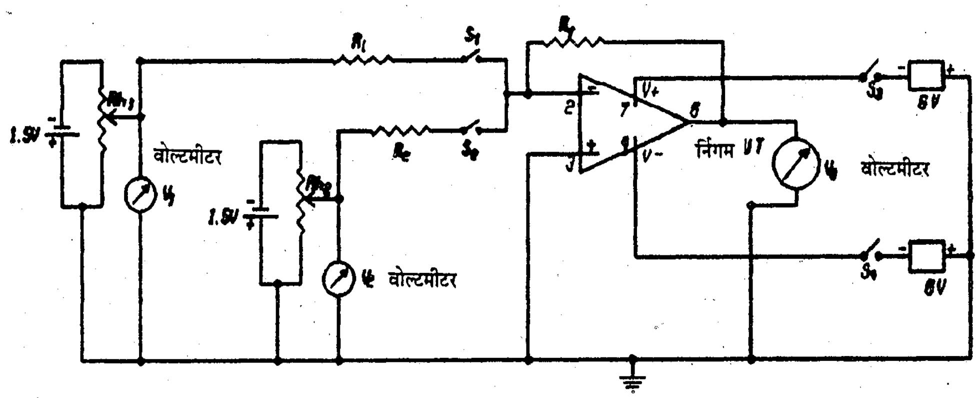
* विभव V_+ और V_- को कभी भी $+9\ V$ से अधिक नहीं होने देना चाहिए।

* निर्गम पर कभी भी + 5 वोल्ट से अधिक विभव नहीं लगाना चाहिए।

4.5 प्रयोग

संक्रियात्मक प्रवर्धक 741 के प्रतिलोमी प्रवर्धक विन्यास का अध्ययन करना तथा पुनर्भरण प्रतिरोधों R_F और R_R के विभिन्न मानों के लिये प्रवर्धक की उपलब्धि निकालना।

विधि : जैसा कि चित्र 4.11 में दर्शाया गया है परिपथ संबंधनों को बनाइए और नीचे दिए गए चरणों का अनुसरण कीजिए।



चित्र 4.11

चरण 1: $R_1 = R_2 = R_f = 4.7$ किलो ओम लीजिए।

चरण 2: स्विच S_1, S_2, S_3 व S_4 को खोलिए।

चरण 3: ऊर्जा स्रोत को चालू कीजिए और इसे + 6V और – 6V के बीच में अव्यवस्थित कीजिए और स्विच S_3 और S_4 को चालू कीजिए।

चरण 4 : धारा नियंत्रक Rh_1 और Rh_2 को इस प्रकार से नियोजित कीजिए कि विभवांतर V_1 उ V_2 का मान शून्य हो जाए।

चरण 5 : स्विच S_1 और S_2 को चालू कीजिए और V_3 के मान को पढ़िए। यदि यह निर्गम (V_3 से कुछ विभवांतर देता है, तब इसको लिखिए। इसे आप शून्य त्रुटि मान सकते हैं।

चरण 6 : अब आप स्विच S_2 को चालू कीजिए।

चरण 7 : धारा नियंत्रक Rh_1 को बदल कर आप V_1 के मान को बदल सकते हैं। अब आप V_1 विभिन्न मानो पर V_2 और V_3 के पाठयांकों को नोट कीजिए।

चरण8 : S_1 को बंद कीजिए और S_2 को खोलिए तथा धारा नियंत्रक Rh_2 को बदलकर कर दीजिए। V_2 के विभिन्न संयोजनों के लिए V_3 का मान लीजिए।

चरण 9:

अपने आंकडों को तालिका -1 में सारणीबद्ध कीजिए।

तालिका -1 : प्रतिलोमी संक्रियात्मक विन्यास के लिए तालिका

R_F = 4.7 **किलो ओम**

$R_R = R_1 = R_2$ = 9.5 **किलो ओम**

स्विच 1	स्विच 2	निवेश वोल्ट	निर्मम वोल्ट	लब्धि	कला
चालू	बंद	0.25			180^0
चालू	बंद	0.50			180^0
चालू	बंद	0.75			180^0
चालू	बंद	1.00			180^0
चालू	बंद	1.25			180^0
चालू	बंद	1.50			180^0
बंद	चालू	– 0.25			180^0
बंद	चालू	– 0.50			180^0
बंद	चालू	– 0.75			180^0
बंद	चालू	– 1.00			180^0
बंद	चालू	– 1.25			180^0
बंद	चालू	– 1.50			180^0

मध्य लब्धि =

चरण 10

स्विच S_1 और S_2 को बंद कीजिए।

चरण 11 :

$R_1 = R_2$ = 9.5 किलो ओम लीजिए और R_F = 4.7 किलो ओम लीजिए।

चरण 12 :

चरण 4 से 10 तक को तालिका 2 का प्रयोग करके दोहराइए।

तालिका -2 : प्रतिलोमी संक्रियात्मक विन्यास के लिए तालिका

R_F = 4.7 **किलो ओम**

$R_R = R_1 = R_2$ = 9.5 **किलो ओम**

स्विच 1	स्विच 2	निवेश वोल्ट	निर्गम वोल्ट	लब्धि	कला
चालू	बंद	0.25			180^o
चालू	बंद	0.50			180^o
चालू	बंद	0.75			180^o
चालू	बंद	1.00			180^o
चालू	बंद	1.25			180^o
चालू	बंद	1.50			180^o
बंद	चालू	−0.25			180^o
बंद	चालू	−0.50			180^o
बंद	चालू	−0.75			180^o
बंद	चालू	−1.00			180^o
बंद	चालू	−1.25			180^o
बंद	चालू	−1.50			180^o

मध्य लब्धि =

चरण 13

$R_1 = R_2 = 2.5$ किलो ओम लीजिए।

चरण 14

चरण 4 से 10 तक को तालिका 3 का प्रयोग करके दोहराइए।

तालिका -3 : प्रतिलोमी संक्रियात्मक विन्यास के लिए तालिका

R_F = 4.7 **किलो ओम**

$R_R = R_1 = R_2$ = 2.5 **किलो ओम**

स्विच 1	स्विच 2	निवेश वोल्ट	निर्गम वोल्ट	लब्धि	कला
चालू	बंद	0.25			180^o
चालू	बंद	0.50			180^o
चालू	बंद	0.75			180^o
चालू	बंद	1.00			180^o
चालू	बंद	1.25			180^o
चालू	बंद	1.50			180^o
बंद	चालू	−0.25			180^o
बंद	चालू	−0.50			180^o
बंद	चालू	−0.75			180^o
बंद	चालू	−1.00			180^o
बंद	चालू	−1.25			180^o
बंद	चालू	−1.50			180^o

मध्य लब्धि =

विधि 2

उसी प्रकार का परिपथ संबंधन जैसा कि आपने विधि 1में बनाया था संकलन करने के लिए भी प्रयोग में लाया लाया जा सकता है ।

चरण 1

शक्ति स्रोत को + 6 वोल्ट और – 6 वोल्ट पर व्यवस्थित कीजिए और स्विच S_3 और S_4 को चालू कीजिए।

चरण 2

$R_F = R_1 = R_2 = 4.7$ किलो ओम लीजिए।

चरण 3

$V_1 = V_2 = 1$ वोल्ट लीजिए V_1, V_2 और V_3 के मानों को मापिए, इन्हें तालिका -४ में भरिए।

तालिका -4

R_1	R_2	R_F	V_1	V_2	V_3	अपेक्षित V_3

परिकलन : R_F और R_R के प्रत्येक समूह के लिए, समीकरण 6, 7 या समीकरण 10 को प्रयोग में लाकर लब्धि निकालिए।

अब आप प्रयोग द्वारा और परिकलन द्वारा निकाली गई लब्धियों की तुलना कीजिए।

परिणाम और व्याख्या : R_F और R_R से लब्धि में जो परिवर्तन आता है उसका वर्णन कीजिए। मापने में जो त्रुटि हुई है उसका आंकलन कीजिए और उसके कारणों का भी वर्णन कीजिए।

____

____

____

____

4.6 निष्कर्ष

जब आप को यह पता चल गया होगा कि निर्गम विभवांतर का किस प्रकार से प्रवर्धन कर सकते हैं और दो विभव संकेतों का कैसे संकलन का कार्य किस प्रकार कर सकते हैं।

* उन तीन स्थितियों को बतलाइए जहां पर आप इस प्रकार के प्रवर्धक को प्रयोग में ला सकते हैं।

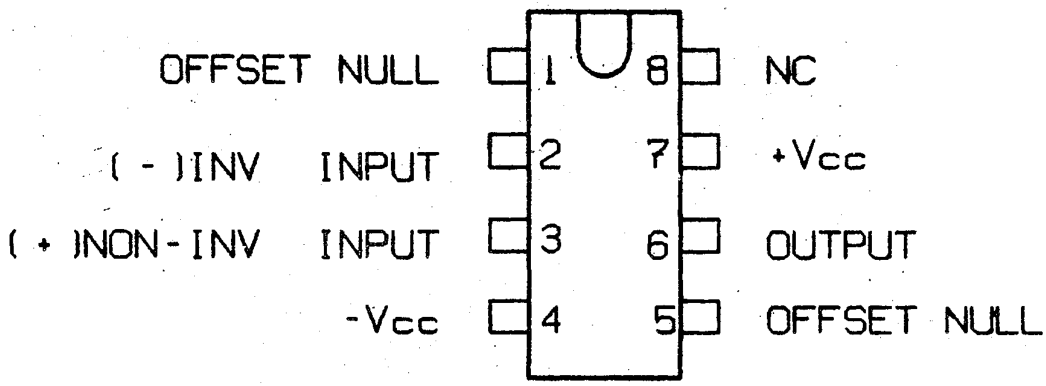
____

____

____

* जब आप दोनों निवेशों पर शून्य विभवांतर लगाते हैं तब आपको क्या निर्गम विभवांतर मिलेगा।

* जब आप पूर्ति विभवांतर को बदल रहे हों तब क्या आप लब्धि में कोई परिवर्तन पाते हैं।



पूर्ति विभवांतर	± 15 V
शक्ति ह्रास	500 mW
पुली लूप लब्धि	106
बैंड की चौडाई	1 KH
निवेश वाय-वोल्टता	1 माइक्रो एम्पीयंर
निवेश प्रतिबाधा	1 मैगा ओम
निर्गम प्रतिबाधा	100 ओम
निर्गम	
निर्गम बायस-धारा	
अधिकतम संकेत लब्धि	
घूर्णन दर व सायन	

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ____________________ छात्र का नाम ____________________

मूल्यांकनकर्ता ____________________ पंजीकरण ____________________

प्रयोग 5 : समाकलन और विभेदक के रुप में संक्रियात्मक प्रवर्धक परिपथ का अध्ययन

5.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
5.2 उपकरण
5.3 अध्ययन सामग्री
प्रयोग के समय की जाने वाली प्रक्रियाएं
आकलन
5.4 सावधानियां
5.5 प्रयोग
संक्रियात्मक प्रवर्धक 741 को समाकलक बनाने वाला परिपथ
संक्रियात्मक प्रवर्धक 741 को विभेदक बनाने वाला परिपथ
5.6 सारांश

5.1 प्रस्तावना

आपने किसी न किसी अवस्था में इलेक्ट्रॉनिक गणक अथवा संगणक (कंप्यूटर) का प्रयोग अवश्य किया होगा। आप यह जानते होंगे कि एक संगणक किस प्रकार से गणितीय प्रक्रियाओं को निष्पादित करता है। वास्तव में कुछ विद्युत परिपथ का अभिकल्प विभिन्न गणितीय प्रक्रियाओं को संपन्न करने के लिए ही प्रयोग में लाया जाता है। इस प्रकार के परिपथों का उदाहरण विभेदक और समाकलक है। इन परिपथों में, यदि आप निवेश पर कोई वैद्युतिक संदेश भेजें तो निर्गम पर आपको उसका विभेदक अथवा समाकलक रुप मिलेगा। ये परिपथ संगणना, संकेत संसाधन और संकेत जनित्र उपयोगों के लिए अत्यंत उपयोगी होते हैं। संक्रियात्मक प्रवर्धकों का उपयोग भी ऐसे कार्यों के लिए किया जा सकता है।

उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप :

- संक्रियात्मक प्रवर्धक का उपयोग करते हुए एक साइन तरंग अथवा एक तरंग वर्ग के विभेदक को जान सकेंगे।
- संक्रियात्मक प्रवर्धक का उपयोग करते हुए एक साइन तरंग अथवा एक वर्ग तरंग के समाकलक को पहचान सकेंगे।
- प्रत्याशित एवं निरीक्षित विभेदक तथा समाकलक संकेतों की तुलना कर सकेंगे।

5.2 उपकरण

संक्रियात्मक प्रवर्धक (741)

दो विद्युत प्रदाय (+ 15 वोल्ट एवं -15 वोल्ट)

विभिन्न आवृत्तियों की साइन एवं वर्ग तरंगों की आपूर्ति करने वाला दोलित्र

ऑसिलोस्कोप (सी.आर.ओ.)

जोडने वाले तार

5.3 अध्ययन सामग्री

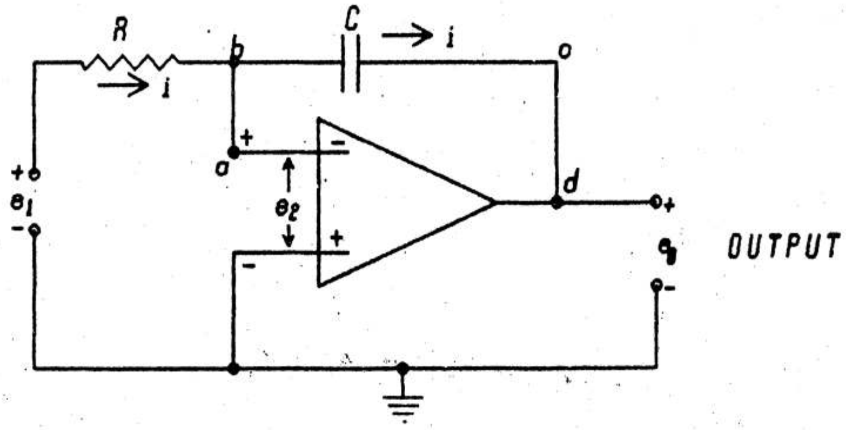
आपके पास संक्रियात्मक प्रवर्धक से संबंधित एक आलेख उपलब्ध है।

संक्रियात्मक प्रवर्धक जैसा कि इसके नाम से ही पता चलता है कि यह विद्युतीय संकेतों पर गणितीय प्रक्रियाओं को उपयोग में लाने के लिए एक संविधि है। यदि आपने संक्रियात्मक प्रवर्धक से संकलन अथवा प्रतिलोमी प्रवर्धक का प्रयोग कर लिया हो, तब आप यह जानते होंगे कि संक्रियात्मक प्रवर्धक से जोड़ भी किया जा सकता है और घटाया भी जा सकता है।

इस प्रयोग से आप यह समझ सकेंगे कि विशेदक एवं समाकलक के लिये संक्रयात्मक प्रवर्धक का उपयोग कैसे किया जा सकता है।

5.3.1 प्रयोग के समय की जाने वाली प्रक्रियाएं

संक्रियात्मक प्रवर्धक का प्रयोग करते हुए विभेदक का आधारभूत परिपथ चित्र में दर्शाया गया है ।



चित्र 5.1

यह प्रतिलोमित विन्यास का उपयोग करने वाला परिपथ है। संक्रिया के समीकरणों को मुक्त लूप गेन A वाले एक आदर्श संक्रियात्मक प्रवर्धक का उपयोग करते हुए संश्लेषित या डिराइव किया जा सकता है। चित्र 5.1 में प्रतिरोध R में बहती हुई धारा (या करेन्ट) को हम इस प्रकार लिख सकते हैं :

$$\frac{e_1 - e_2}{R} = i$$

$$e_2 - e_0 = \frac{1}{c}\int_o^t idt = \frac{1}{RC}\int_o^t (e_1 - e_2)\, dt$$

$$e_2 = -e_o/A$$

यदि $A \to \infty$ तब $e_2 \to o$

इसके साथ ही $e_o = \frac{1}{RC}\int_o^t e_1\,dt$

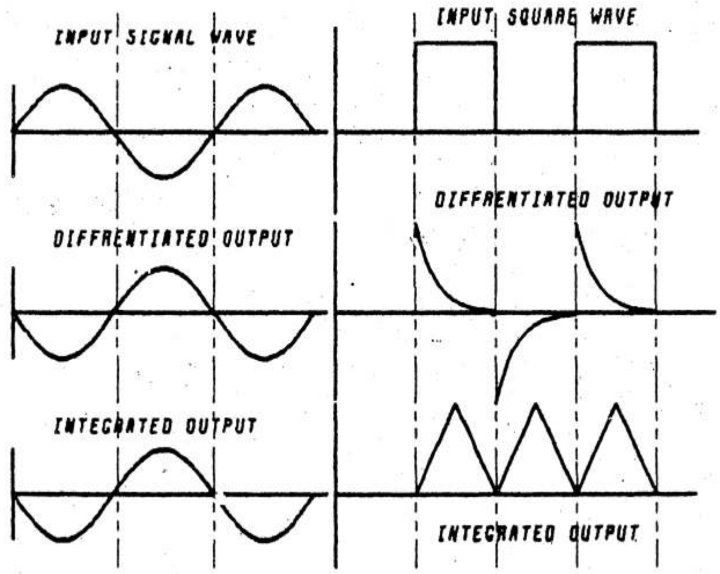
इस प्रकार से आप यह देख सकते हैं कि आपको आगम संकेत का विभेदक निर्गम में मिल गया है ।

5.3.2 आकलन

चित्र5.1 के परिपथ में यदि प्रतिरोध और संधारित्र की स्थिति आपस में बदल दी जाए तो आप इसी प्रकार से यह परिणाम निकाल सकते हैं और देख सकते हैं कि निगर्म इस प्रकार होगा ।

$$e_o = -RC\frac{de_1}{dt}$$

इस प्रकार से आप आगम और निर्गम का अंतर निकाल सकते हैं । चित्र 5.2 में साइन एवं वर्ग तरंग के लिए अवकलन एवं समाकलन निर्गम दर्शाये गये हैं ।



चित्र 5.2

बोध प्रश्न

उपर्युक्त परिपथ में संक्रियात्मक प्रवर्धक के स्थान पर यदि आप सामान्य ट्रांजिस्टर वर्धक लगाएं। क्या आप तब भी समाकलक या विभेदक निर्गम प्राप्त कर सकेंगे ? नीचे दिए गए स्थान में विवरण दीजिए।

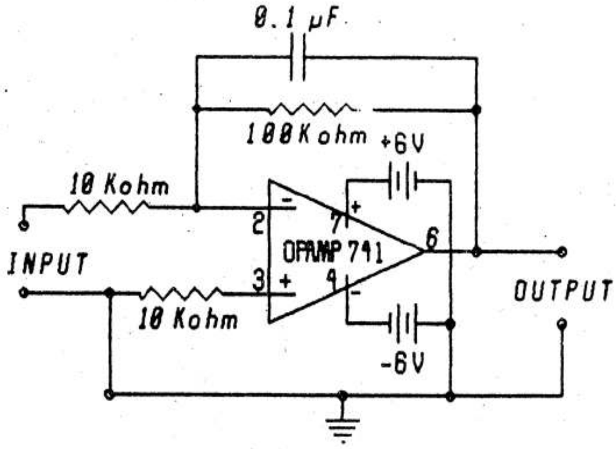
5.4 सावधानियां

1. विभव ± v = ___ वोल्टस से अधिक नहीं होना चाहिए ।
2. निम्न प्रक्रियों को करने के लिए न्यून बायस धारा वाला एक उत्तम संक्रियात्मक प्रवर्धक चुनिए।

5.5 प्रयोग

5.5.1 संक्रियात्मक प्रवर्धक 741 का उपयोग करने वाला समाकलक परिपथ

संक्रियात्मक प्रवर्धक 741 का उपयोग करते हुए चित्र 5.3 में दिखाया गया परिपथ बनाइए ।



चित्र 5.3

प्रयोग करने के लिए निम्नलिखित कार्यवाही कीजिए ।

विधि

1. दोलित्र के निर्गम को ऑसिलोस्कोप के y-y केन्द्रों से जोडिए और साइन तरंग के आयामों को वोल्ट और आवृत्ति को किलो हर्टज पर व्यवस्थित कीजिए।
2. दोलित्र को ऑसिलोस्कोप से अलग कीजिए और इसे परिपथ के आगम से जोडिए।
3. ऑसिलोस्कोप को परिपथ के निर्गम से जोडिए।
4. निर्गम संकेत का ऑसिलोस्कोप के पर्दे पर तुल्यकालन कीजिए
5. निर्गम संकेत के आयाम और आवृत्ति को मापिए।
6. आगम संकेत की आवृत्ति एवं आयाम को बदल दीजिये एवं 1. से 5. तक के सभी चरणों को दोहराते हुए निर्गम वोल्टता वोल्टेज एवं आवृत्ति को नापिए।
7. दोलित्र से आने वाली निवेशी वर्ग तरंग (इनपुट) का प्रयोग करते हुए प्रयोग को दोहरायें।
8. निम्न तालिका में अपने प्रेक्षणों को लिखिए।

प्रेक्षण तालिका — I

साइन तरंग निवेशी

क्रमांक	निवेशी वोल्टस	निवेशी आवृत्ति	निर्गम वोल्टस	निर्गम आवृत्ति
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

प्रेक्षण तालिका – II

वर्ग तरंग निवेशी

क्रमांक	निवेशा वोल्टस	निवेशी वोल्टस	निर्गम वोल्टस	निर्गम आवृत्ति
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

बोध प्रश्न

ऑसिलोस्कोप के पर्दे पर प्रदर्शित परिपथ निर्गमों में आप जो देखते हैं, उसकी तु... परिपथ निवेश के साथ कीजिए। अपने विचारों को नीचे दिए गए स्थान में अंकित कीजिए।

आगम निर्गम

____

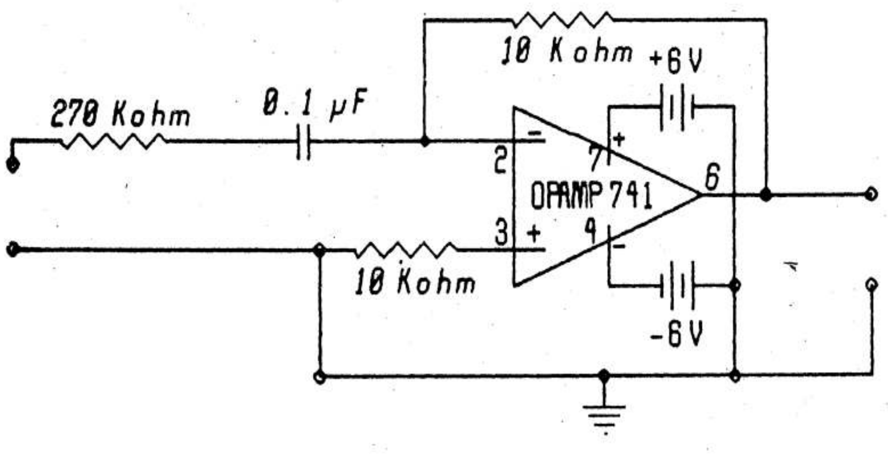
____

____

____

5.5.2 संक्रियात्मक प्रवर्धक का प्रयोग करते हुए समाकलन करना।

चित्र5.4 के अनुसार परिपथ बनाइए।



चित्र 5.4

पिछले संक्रियात्मक प्रवर्धक के प्रयोग में बताई गई विधि का अनुकरण कीजिए और साइन एवं वर्ग निवेशों के लिए उसी प्रकार की तालिका में अपने प्रेक्षणों को लिखिए। संबंधित निवेशों की तुलना निर्गमों से कीजिए और नीचे दिए गए स्थान में अपनी प्राप्तियों को अंकित कीजिए।

प्रेक्षण तालिका – III

साइन तरंग निवेश

क्रमांक	निवेश वोल्टस	निवेश आवृत्ति	निर्गम वोल्टस	निर्गम आवृत्ति
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

प्रेक्षण तालिका – IV

वर्ग तरंग निवेश

क्रमांक	निवेश वोल्टस	निवेश आवृत्ति	निर्गम वोल्टस	निर्गम आवृत्ति
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

बोध प्रश्न

ऑसिलोस्कोप के पर्दे पर प्रदर्शित परिपथ निर्गमों में आप क्या देखते हैं, इसकी निवेश के साथ तुलना कीजिए और अपनी प्राप्तियों को नीचे दिए गए स्थान में अंकित कीजिए।

आगम (इनपुट) निर्गम (आउट पुट)

___

___

___

___

___

बोध प्रश्न

वर्ग तरंग निवेश वाले विभेदक परिपथ के उपर्युक्त प्रयोग में, इसके निर्गम को समाकलक परिपथ या धारा पथ से जोडिए। निर्गम में पर्दे पर आप क्या देखते हैं नीचे दिए गए स्थान में अपनी प्राप्तियों की व्याख्या कीजिए।

___

___

___

___

___

5.6 निष्कर्ष

साइन एवं वर्ग तरंग रुपों के विभेदन एवं समाकलन की विधि आपको मालूम हो गयी है।

(क) विभेदन के बाद तरंग रुपों के तेजी से उभरते हुए भागों का क्या होता है।

(ख) यह पता लगाइए कि यदि निवेश इनपुट धनात्मक एवं ऋणात्मक वोल्टेजों में समान रुप से दोलन करता है, तो विभेदक का निर्गम शून्य क्यों हो जाता है। इसे समझाकर लीखिए।

(ग) ऐसी स्थिति में विभेदक के स्थिरांक का क्या होगा।

(घ) जब आप समाकलक के निवेश पर एक डी सी वोल्टता लगाते हैं, तो आपको क्या परिणाम मिलता है।

(ङ) कौन सा परिपथ (धारा - पथ) तरंग रुप को समतलीय बनाता है।

(च) कौन सा परिपथ तीव्र निवेशी परिवर्तनों को पकड़ लेता है।

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण ______________________

प्रयोग 6 संक्रियात्मक प्रवर्धक की मदद से चार्ज का अभिज्ञान तथा मापन

6.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

6.2 उपकरण

6.3 अध्ययन सामग्री

तार की कुडली ट्रांसड्यूसर के रुप में

आवेश मापी यंत्र का सिद्धांत

धारा प्रवर्धक तथा धारा - वोल्टता परिवर्तक

वोल्टता समाकलक

धाराक परिपथ

संधारित्र में संचित आवेश का मापन

चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता का मापन

6.4 साविधानियां

6.5 प्रयोग

समाकलक के अन्तर्लम्ब शून्य विक्षेप स्थिति

परिपथ का अंशांकन

चुंबकीय अभिवाह घनत्व का मापन

6.6 निष्कर्ष

6.1 प्रस्तावना

ट्रांसड्यूसर एक भौतिक चर को उपयुक्त निर्गम में परिवर्तित करता है। उदाहरण के लिये, एक दाब वैद्युत ट्रांसड्यूसर यांत्रिक दाब को वैद्युत संकेत में परिवर्तित कर देता है। जो कि एक और परिपथ का परिचालन कर सकता हैं तथा दूसरी तरफ एक प्रकाश-वैद्युत ट्रांसडयुसर, जैसे एक फोटो डायोड से, तब वैद्युत संकेत प्राप्त होता है जब उसके कैथोड पर दृश्य प्रकाश किरणें पड़ती हैं।

इसी प्रकार के ट्रांसड्यूसरों के बहुत से उदाहरण हमें अपनी रोज की जिंदगी में, द्वार गुंजक से लेकर गैस जलाने वाले यंत्र में मिलते हैं । ट्रांसड्यूसर किसी भौतिक प्राचल को मापने या नियंत्रित करने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। ट्रांसड्यूसरों से प्राप्त होने वाले संकेत को मापने से पहले प्रवर्धन की आवश्यकता होती है।

इस प्रयोग में, आप देखेंगें कि वैद्युत चार्ज का मापन किस प्रकार किया जा सकता है। यह चार्ज एक विद्युत यांत्रिक ट्रांसड्यूसर द्वारा जनित किया जाता है।

आप पहले ही संक्रियात्मक प्रवर्धक (OP AMP) तथा विभिन्न गणितीय संक्रियाएं, जो उसके द्वारा संभव हैं, के विषय में पढ़ चुके हैं। आप पहले विभिन्न संक्रियात्मक प्रवर्धक के विंन्यास भी देख चुके हैं।

उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के पश्चात् आप :

- ऐसा परिपथ इस्तेमाल करना सीखेंगे जो तीन संक्रियात्मक प्रवर्धकों से बना है।
- प्रयोग के द्वारा वैद्युत आवेश के अभिज्ञान तथा मापन कर सकेंगे जैसे कि आवेशित संधारित्र का आवेश या फिर वैद्युत यांत्रिक ट्रांसड्यूसर से जनित आवेश।

6.2 उपकरण

1 प्रबल चुंबक

1 300 कुडलियों तथा 3mm व्यासवाली अन्वेषी कुंडली

3 741 संक्रियात्मक प्रवर्धक

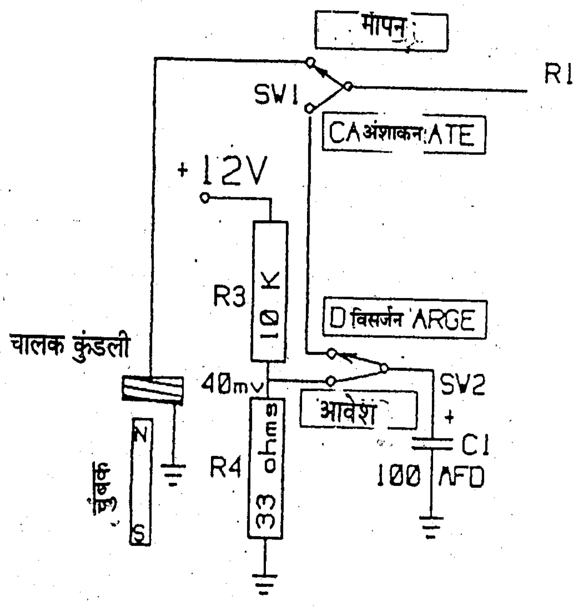
1 परिपथ बोर्ड, प्रतिरोधक, संधारित्र तथा स्विचों सहित

1 ट्रांजिस्टर से बना विद्युत प्रदाय (ऋणात्मक तथा धनात्मक 12 वोल्ट वाला)

6.3 पठन सामग्री

6.3.1 तार की कुडली ट्रांसड्यूसर के रुप में

विद्युत-यांत्रिक ट्रांसड्यूसर का मूल सिद्धांत, विद्युत-चुंबकीय प्रेरण पर आधारित है। यानि कुंडली से संलग्न चुंबकीय अभिवाह के परिवर्तित होने पर चालक कुंडली में प्रेरित विद्युत वाहक बल (emf) का जनन होना।



चित्र 6.1

चित्र 6.1 में दिखाया गया चुंबक एक ऐसा चुंबक है जो कि एक लोहे की कील को 5mm की दूरी से उठा सकता है तथा उसे ऊर्ध्वाधर रख सकता है। जब चुंबक को अन्वेषी कुंडली के नजदीक बहुत तेजी से चलाया जाता है तो कुंडली में विद्युत वाहक बल का प्रेरण होता है। कुंडली में जनित विद्युत

वाहक बल आवेश Q के तुल्य होता है, जैसा कि नीचे बताया गया है । फैरेडे के प्रेरण सिद्धांत के आधार पर यह विद्युत वाहक बल निम्नलिखित होगा –

$$e_i = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

जहां$d\Phi/dt$ परिपथ से संलग्न अभिवाह के परिवर्तित होने की दर है। N अन्वेशी कुंडली की कुंडलियों की संख्या है । ऋणात्मक चिन्ह इस बात का संकेत देता है कि प्रेरित वाहक बल की दिशा ऐसी होती है जो क्षेत्र में कुडली की गति का विरोध करती है। आवेश प्रवर्धक, स्थानांतरित आवेश Q को निर्गम वोल्टता Q_o के रुप में मापता है।

6.3.2 आवेश मापन यंत्र का सिद्धांत

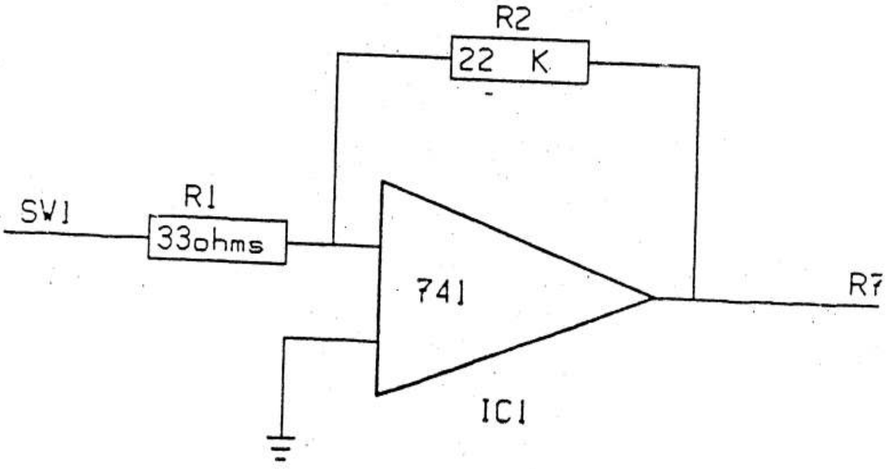
ट्रांसड्यूसर का निर्गम, कुछ स्थितियों में वोल्टता के रुप में होता है तथा कुछ में धारा के रुप में होता है। निर्गम समय के साथ परिवर्तित होता है। हम इस प्रक्रम के अंतर्गत, स्थानांतरित आवेश की कुल राशि जानने के इच्छुक हैं । स्थानांतरित आवेश (जो कि ट्रांसड्यूसर द्वारा संकेतित किया गया है) बड़ी सरलता से उस समाकलन परिपथ की मदद से ज्ञात किया जा सकता है, जिसे आपने एक पिछले प्रयोग में बनाया व जांच किया है।

यदि ट्रांसड्यूसर का निर्गम वोल्टता के रुप में हो तो उसे आसानी से वोल्टता प्रवर्धक से प्रवर्धित कर के, वोल्टता समाकलक के निवेश को भेजा जाता है। यदि ट्रांसड्यूसर का निर्गम धारा के रुप में हो तो पहले उसे धारा वोल्टता परिपथ को भेजा जाता है। तथा उसका निर्गम समाकलक को भेजा जाता है।

कुछ अन्तर्निष्ट दो षों की वजह से संक्रियात्मक प्रवर्धक 741 को ज्यादा समय (कुछ सैकिंडों से अधिक) तक समाकलित करना संभव नहीं है। इसलिये एक अलग प्रतिचयन परिपथ समाकलक से निर्गम लेने के लिए,एक अलग प्रतिचयन परिपथ का इस्तेमाल किया जाता है, ताकि उसे ज्यादा समय तक संचायक में रखा जा सके और आसानी से उसका मान नोट किया जा सके।

6.3.3 धारा प्रवर्धक तथा धारा वोल्टता परिवर्तन

एक प्रतिरुपी आवेश निर्गम ट्रांसड्यूसर, जैसे अन्वेशी कुडली, से प्राप्त होने वाले वोल्टता संकेत का मान लगभग मिली वोल्ट के कुछ दशक ही होगा । यह वोल्टता केवल कुछ मिली सैकिंडों के लिये ही प्राप्त होगी । तथा यह बहुत से अनुप्रयोगों में त्रिकोण स्पंद के आकार की होती है। इस स्पंद को, लगभग 1000 लब्धि वालें वोल्टता प्रवर्धक की मदद से प्रवर्धित करना पड़ता है। एक लाभदायक, आम इस्तेमाल किये जाने वाले प्रवर्धक का परिपथ चित्र 6.2 में दिखाया गया है।

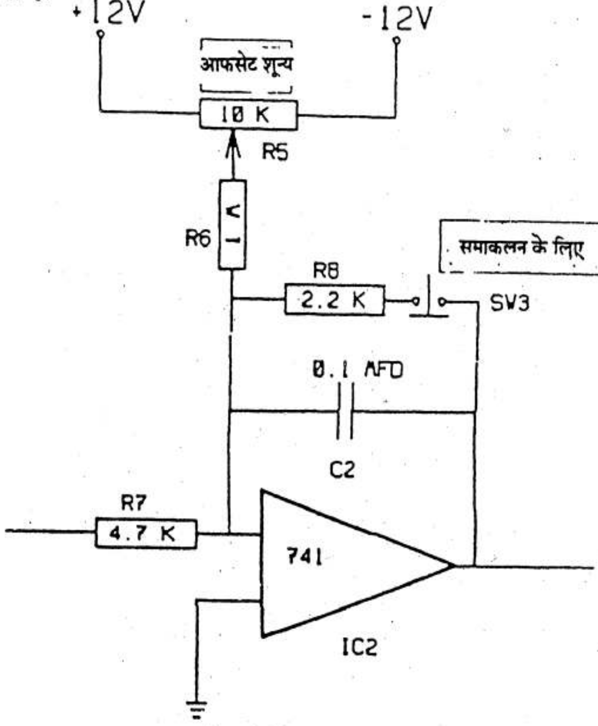


चित्र 6.2

यह नोट करें कि ये एक प्रतिलोमी प्रवर्धक है। जिसकी लब्धि का अनुमान प्रतिरोधकों R_1 तथा R_2 के आधार पर लगाया जा सकता है। R_1 का मान पुनर्भरण प्रतिरोधक R_2 की तुलना में बहुत कम होता है। यह संयोजन इसलिए इस्तेमाल किया जाता है, जिससे कि निवेशी ट्रांसड्यूसर, 39 Ω वाले प्रतिरोधक द्वारा, लगभग लघुपथित होते हुये, भूसंपर्कित हो जायें। इससे यह निश्चित हो जाता है कि यह परिपथ धारा प्रवर्धक तथा धारा-वोल्टता परिवर्तक दोनों ही काम में लाया जा सकता है।

6.3.4 वोल्टता समाकलक

वोल्टता समाकलक, संक्रियात्मक प्रवर्धक 741 (IC 2) की मदद से बनाया जाता है। इसका परिपथ, चित्र 6.3 में दिखाया गया है।



चित्र 6.3

इस प्रवर्धक की अन्तर्लम्ब वोल्टता का मान लगभग कुछ मिलीवोल्ट होता है। इसका अधिक देर तक समाकलन करने पर, अन्तर्लम्ब भी समाकलित हो जाता है। कभी-कभी निवेश इसके द्वारा पूर्णतया ढक जाता है। उच्च कोटि के प्रवर्धक जैसे, क्षेत्र-प्रभाव ट्रांजिस्टर (FET) निवेशी संक्रियात्मक प्रवर्धक 740 में इस कठिनाई का सामना नहीं करना पड़ता परन्तु वह महंगा होता है। लघु काल अंतराल के लिये समाकलन करने पर तथा अन्तर्लम्ब शून्य विक्षेपी परिपथ का इस्तेमाल करते हुए, संक्रियात्मक प्रवर्धक 741 की मदद से निम्नलिखित परिपथ बनाया जा सकता है। जो इस भाग के सभी प्रयोगों के लिए उपयुक्त है।

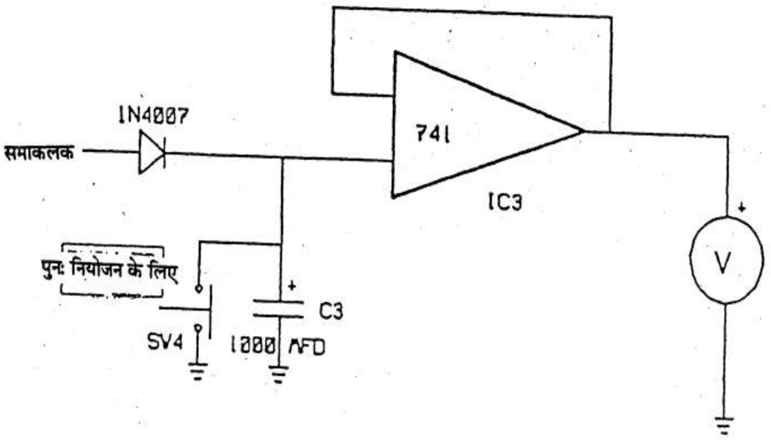
समाकलक का निर्गम निम्नलिखित होगा :-

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1 R_7 C_2} \int V_i \, dt$$

6.3.5 धारक परिपथ

समाकलक का निर्गम, संधारित्र को डायोड के द्वारा आवेशित (charge) करने के लिये, इस्तेमाल किया जाता है। इसका परिपथ चित्र 6.4 में दिखाया गया है।

समाकलक का निर्गम, संधारित्र पर नकल हो जाता है। समाकलक को अदिश प्रणाली में डाल दिया जाता है, जैसे ही समाकलन पूर्ण होता है, स्विच SW_3 खुल जाता है। संधारित्र C_3 को, उसके तथा प्रवर्धक के निर्गम के बीच में लगे हुए डायोड के द्वारा, विसर्जित होने से रोका जाता है। संधारित्र के



चित्र 6.4

आर पार की वोल्टता को (IC3) से बने वोल्टता अनुगामी, में भरा जाता है। वोल्टता अनुगामी निर्गम को किसी भी वोल्टमीटर (वोल्टतामापी) से जोड़ा जा सकता है।

बोध प्रश्न

यदि वोल्टतामापी को सीधे संधारित्र C_3 से जोड़ दिया जाये, तो क्या होगा ?

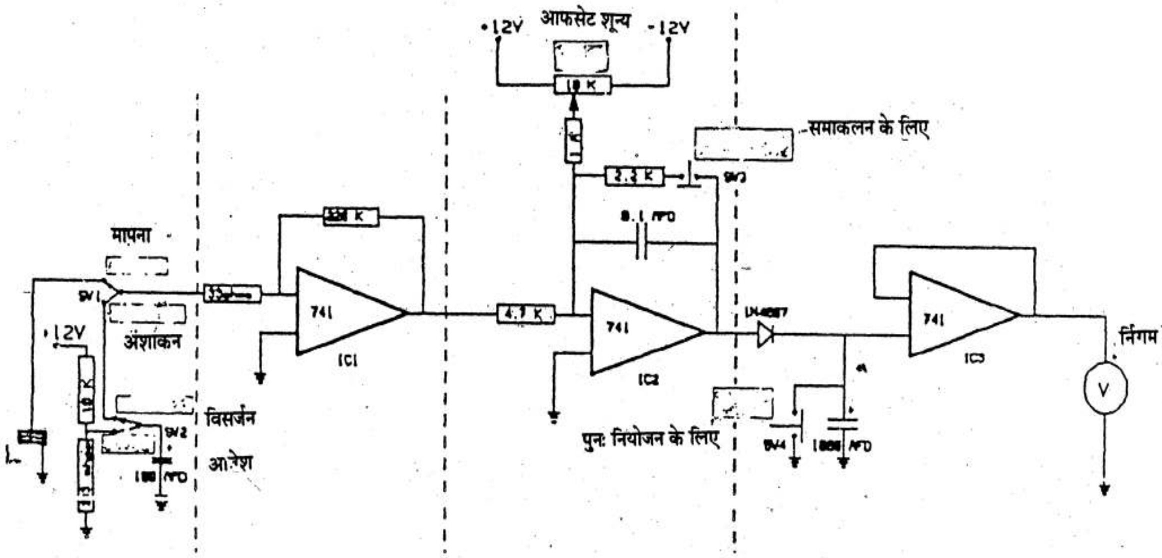
____

____

____

6.3.6 संधारित्र में संचित आवेश का मापन

इस व्यस्थापन का पूर्ण परिपथ चित्र 6.5 में दिखाया गया है।



चित्र 6.5

प्रतिरोधक R_3 व R_4 से बने विभव विभाजक परिपथ को नोट करें । इसे हम मिलीवोल्ट के कुछ दशक वोल्टता प्राप्त करने के लिए इस्तेमाल कर सकते हैं । संधारित्र को 50 मिलीवोल्ट V_1 तक

आवेशित किया जाता है तथा स्विच की मदद से प्रवर्धक-समाकलक-प्रतिदर्श परिपथ द्वारा विसर्जित किया जाता है। जो निर्गम प्राप्त होता है वह चार्ज Q, के अनुरुप होता है, जो कि निम्नलिखित है : -

$$Q = C_1 \times V_1 \quad \text{कूलम्ब}$$

जहां C_1 संधारित्र की धारिता है तथा V_1 वह वोल्टता (50 मिलीवोल्ट) है जहां तक संधारित्र को आवेशित किया गया है। परिपथ की आवेश - सुग्राहिता, S निम्नलिखित व्यंजक द्वारा परिकलित की जाती है :-

$$S = \frac{(C_1 \times V_1)}{V_0} \quad \text{कूलम्ब प्रति वोल्ट}$$

कुल अज्ञात स्थानांतरित चार्ज के मान को ज्ञात करने के लिए, वोल्टता V_x द्वारा हुए निर्गम का मापन किया जाता है। अज्ञात आवेश, Q_x निम्नलिखित व्यंजक द्वारा ज्ञात किया जा सकता है:-

$$Q_x = V_x \times S \text{ कूलम्ब}$$

अज्ञात संधारित्र की धारिता, संधारित्र C_x को वोल्टता V_1 तक आवेशित करके तथा उसी परिपथ से विसर्जित करके, ज्ञात किया जा सकता है। यदि निर्गम वोल्टता V_x हो तो अज्ञात संधारित्र की धारिता निम्नलिखित व्यंजक द्वारा परिकलित की जा सकती है:-

$$C_x = S \times (V_x / V_1) \quad \text{कूलम्ब प्रति वोल्ट}$$

6.3.7 चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता का मापन

अन्वेशी कुंडली के साथ इस्तेमाल करने पंर, निर्गम, प्रेरित वोल्टता के समय समाकलक के अनुरुप होता है इस स्थिति में निर्गम अन्वे षी कुंडली से सहलग्न कुल चुंबकीय अभिवाह के अनुरुप होता है।

$$Q = \int i\, dt = \int \frac{E}{R_1} dt = \frac{N}{R_1} \int \frac{d\Phi}{dt} \cdot dt$$

क्योंकि

$$N\, d\Phi/dt = E\, ;\ Q = Q = \frac{N \Delta \Phi}{R_1}$$

तथा

$$Q = V_x S\, ;\ \Delta \Phi = AB$$

जहां A अन्वेषी कुंडली का क्षेत्रफल है तथा B चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता है। Q के व्यंजकों की तुलना करते हुए हम निम्नलिखिन व्यंजक लिख सकते हैं :-

$$V_x S = \frac{NAB}{R_1}$$

चुंबकीय अभिवाह तीव्रता, निम्नलिखित से परिकलित की जाती है:-

$$B = V_x S \frac{R_1}{NA} \quad \text{टैसला} \qquad R_1 = 49\,\Omega$$

$$S = 5.8 \times 10^{-6} \quad \text{कूलम्ब प्रति वोल्ट}$$
$$N = 300 \text{ कंडलियां}$$
$$A = \pi\,(4.75 \times 10^{-3})^2 \text{ वर्गीय मीटर}$$

6.4 सावधानियां

* कम वायस धारा वाले संक्रियात्मक प्रवर्धक का ध्यान करना बहुत जरुरी है ।

* मापन आरंभ करने से पहले यह निश्चित कर लें कि संधारित्र पूरी तरह से विसर्जित हो गया है।

6.5 प्रयोग

6.5.1 समाकलक के अन्तर्लम्ब विक्षेप को शून्य करना

समाकलक के अंतर्लम्ब विक्षेप को निम्नलिखित विधि से शून्य किया जाता है :-

(अ) अंशांकन स्विच SW_1 को CAL स्थिति में रखें ।

(ब) समाकलन पुश स्विच SW_3 को पकड कर रखें।

(स) निर्गम का प्रेक्षण करें । अंतर्लम्ब विभवमापी को इस प्रकार समायोजित करें कि उसका अपरिवर्ती किन्तु अल्प वृद्धि दर्शाये ।

रैस्ट स्विच SW_4 की मदद से संधारित्र को विसर्जित कर दें। अंतर्लम्ब को इस प्रकार समायोजित व कि निर्गम की वृद्धि और भी धीमी हो जाये । (ब) तथा (स) पदों को तब तक दोहरायें जब तक की समाकलक स्विच को नीचा रखने पर भी शून्य निर्गम प्राप्त हो। यह अंतर्लम्ब समायोजन प्रत्येक बार जब आप परिपथ इस्तेमाल करें, करना आवश्यक नहीं है, क्योंकि यह व्यवस्थापन काफी देर तक स्थायि रहते हैं।

6.5.2 परिपथ का अंशांकन

प्रवर्धकि को, ज्ञात मात्रा के आवेश को विसर्जित कर के, अंशांकित किया जाता है। इस विधि से आवेश-सुग्राहिता का मापन भी किया जाता है ।

असमाकलक चाबी को नीचे की तरफ पकड़ कर SW_2 को दबाते हुऐ संघारित्र को विसर्जित करें । अब समाकलक स्विच को छोड़ दें। निर्गम को नोट करें तथा तालिका - I में रिकार्ड करें।

तालिका -I

धारिता माइक्रोफैरेड	निवेश वोल्ट	निर्गम वोल्ट	आवेश सुग्राहिता कूलम्ब प्रति वोल्ट
110	.036	0.72	5.5×10
110	.035	0.73	5.3×10
110	.036	0.72	5.5×10
110	.036	0.73	5.4×10
110	.036	0.74	5.4×10
212	.035	1.25	6.1×10
212	.035	1.25	6.0×10
212	.035	1.25	6.1×10
212	.035	1.25	6.1×10
212	.035	1.25	6.1×10

5.8×10^{-6} कूलम्ब प्रतिवोल्ट

संधारित्र C_1 की जगह Cx धारिता वाले संधारित्र Cx को लगा कर प्रयोग को दोहरायें। संधारित्र Cx को पहले आवेशित करें तथा फिर विसर्जित करें। निर्गम V_x को नोट करें तथा नीचे दी गई तालिका - II में दर्ज करें।

तालिका - II

निवेश V_1 (वोल्ट)	निर्गम V_X (वोल्ट)	धारिता C_X (माइक्रोफॅरेड)	
0358	0.52	72	
0360	0.50	69	
0356	0.51	72	
0362	0.49	68	
0352	0.49	69	
0354	0.51	71	
0358	0.51	71	
0358	0.50	72	
0362	0.50	71	
0356	0.53	74	71 माइक्रोफॅरेड (rf)

संधारित्रों के श्रेणी संयोजन तथा पाश्र्व संयोजन के लिए प्रयोग को दोहरायें तथा संधारित्र संयोजन के सिद्धांतों को सत्यापित करें। अपने प्रेक्षणों को तालिका - III में दर्ज करें।

तालिका - III

निवेश वोल्ट	निर्गम वोल्ट	धारिता माइक्रोफॅरेड	
.0353	0.35	50	
.0353	0.36	50	
.0352	0.35	49	
.0353	0.36	50	50 μf श्रेणी संयोजन
.0356	0.36	50	
.0354	1.25	176	174 μf पाश्र्व संयोजन
.0358	1.25	174	
.0354	1.25	176	
.0356	1.25	175	
.0357	1.25	174	

6.5.3 चुंबकीय अभिवाह घनत्व का मापन

(अ) CAL स्विच को मापन स्थिति में रखें।

(ब) समाकलन स्विच को नीचे की तरफ पकड़े हुए, चुंबक को अन्वेषी कुंडली में लायें।

(स) निर्गम को वोल्ट में नोट करे तथा इन मानों को तालिका - IV में रिकार्ड करें ।

तालिका - IV

कुंडली तथा चुंबककी गति	निर्गम वोल्ट	अभिवाह घनत्व टैसला परिकलित
धीमी	0.95	.0127
धीमी	0.90	.0120
धीमी	1.0	.0133
धीमी	1.0	.0133
धीमी	1.0	.0133
तेज	0.9	.0120
तेज	0.95	.0127
तेज	0.95	.0127
तेज	1.0	.0133
तेज	1 .0	.0133

.0133 टैसला

बोध प्रश्न

जब आप चुंबक को बहुत ही धीरे चलाते हैं तो आपको कोई निर्गम प्राप्त नहीं होता जबकि संबद्ध अभिवाह की मात्रा उतनी ही होती है। व्याख्या कीजिए कि परिपथ, चुंबकीय क्षेत्र में होने वाले बहुत ही धीमे परिवर्तनों को क्यों पकड़ नहीं पाता ?

6.6 निष्कर्ष

आपने इस प्रयोग में, आवेश स्पंद सकेंत के समाकलन करने के गुणधर्मो के विषग में जाना है। स्पंद का समाकलक कुंडली में से बहने वाले कुल आवेश की मात्रा के समानुपाती होता है। आपने, अन्वेषी कुडली के समीप उपस्थित चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता का भी मापन किया है।

बोधप्रश्न

1. चित्र 6.3 की तुलना, 'संक्रियात्मक प्रवर्धक समाकलन' प्रयोग में दिए हुए समाकलक परिपथ से कीजिये। तथा इनमें समतायें तथा विभिन्नतायें नोट कीजिये ।

2. 741 संक्रियात्मक प्रवधक की जगह क्षेत्र प्रभाव ट्रांजिस्टर (740) संक्रियात्मक प्रवर्धक की सहायता से प्रयोग करें । 741 की तुलना में इसके निष्पादन को नोट कीजिये ।

3. परिपथ को कुछ देर (दस मिनट) के लिये छोड़ दें तथा निर्गम का प्रेक्षण करें । अपने प्रेक्षण की कारण सहित व्याख्या कीजिए।

4. यदि आप निवेश पर 50 मिलीवोल्ट प्रत्यावर्ती धारा का भरण करें तो आपके अनुमानानुसार निर्गम में क्या प्राप्त होगा क्या आप वोल्टता का आकलन कर सकते हैं ?

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण ______________________

प्रयोग 7 : लेन्सों के कुछ गुणों का अध्ययन

7.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
7.2 उपकरण
7.3 अध्ययन सामग्री
लेन्सों का वर्गीकरण
लेन्सों की पहचान
7.4 सावधानियां
7.5 प्रयोग : लेन्स की फ़ोकसदूरी को मापने के विभिन्न तरीके
प्रतिबिंब संपात विधि
यू-वी विधि
ग्राफी विधि
दूरस्थ बिम्ब विधि -
फोकसदूरी तथा द्युति
अवतल लेन्स की फोकस दूरी
7.6 निष्कर्ष

7.1 प्रस्तावना

आप ने कैमरे का इस्तेमाल तो जरुर किया होगा । कैमरे का सबसे आवश्यक तथा महत्वपूर्ण अंग है उसका लेन्स । यह लेन्स चित्र का प्रतिबिम्ब उस तल पर बनाता है जहां फिल्म लगी होती है । टेलिस्कोप, सूक्ष्मदर्शी तथा पठन लेन्स कुछ ऐसे प्रकाशिय यंत्र हैं जो प्रयोगशाला में इस्तेमाल किये जाते हैं । इन सभी यंत्रों में कम से कम एक लेन्स का इस्तेमाल होता है । इसलिए यह आवश्यक है कि हम लेन्सों के गुणों तथा अभिलक्षणों का अध्ययन करें । दो या अधिक लेन्सों के संयोजन को लेन्स निकाय कहते हैं । हम कुछ संयोजनों के विषय में भी पढ़ेंगे ।

उद्देश्य

यह प्रयोग करने के बाद आप निम्नलिखित तरीकों से, दिये गये उत्तल लेन्स की फोकस दूरी को माप सकेंगे :-

- दूरस्थ बिम्ब विधि
- प्रतिबिम्ब संपात विधि
- यू-वी विधि
- ग्राफी विधि
- इस प्रयोग को करने के पश्चात आप लेन्स की फोकस दूरी, लेन्स के व्यास तथा प्रतिबिंब की द्युति संबंध की व्याख्या कर सकेंगे।

यह प्रयोग करने के पश्चात आप, ज्ञात फोकस दूरी वाले उत्तल लेन्स, की मदद से दिये हुये अवतल लेन्स की फोकस दूरी संस्पर्श विधि में ज्ञात फोकस दूरी वाले उत्तल लेन्स की मदद से, तथा दूरी द्वारा पृथकन विधि में उत्तल लेंस की मदद से ज्ञात कर सकेंगे ।

7.2 उपकरण

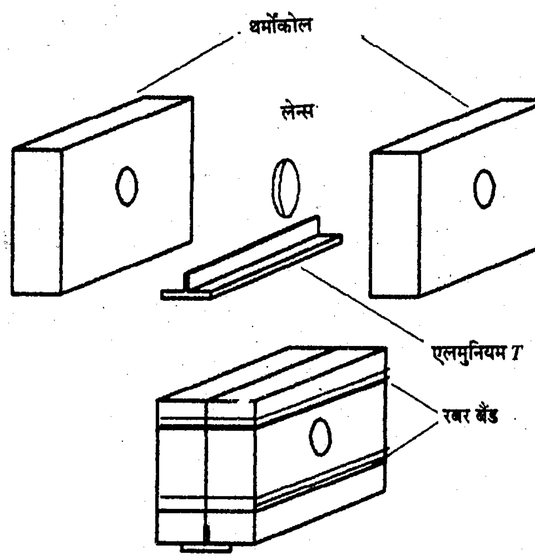
15 सें.मी. फोकस दूरी वाले दो उत्तल लेन्स

10 सें.मी. फोकस दूरी वाले दो अवतल लेन्स

एक मीटर लंबा स्केल, 60 वॉट वाला रुक्षित, तापदीप्त बल्ब, होल्डर तथा तारें

तार की जाली , लेन्स होल्डर, समतल दर्पण, परदा, रोधक

नोट : यदि लेन्स होल्डर उपलब्ध न हो तो ये आसानी से व सस्ते में 15 सें.मी वाले थर्मोकोल के वर्ग में गोल छेद काट कर बनाये जा सकते हैं । गोल छेदों का व्यास लेन्स के व्यास से थोड़ा सा कम होना चाहिये । लेन्स को थर्मोकोल के दो भागों में रखकर ऊपर रबर बैंड चढ़ा कर कस दें । लेन्स होल्डर को मजबूत तथा अविचल रखने के लिए , एलोमिनियम का "टी" फ्रेम दोनों थर्मोकोल के बीच में नीचे की तरफ लगाया जा सकता है, जैसा कि चित्र 7.1 में दिखाया गया है।



चित्र 7.1

7.3 अध्ययन सामग्री

7.3.1 लेन्सों का वर्गीकरण

लेन्सों को दो वर्गों में बांटा जा सकता है :

* आभसारी लेन्स या धनात्मक लेन्स

* अपसारी लेन्स या ऋणात्मक लेन्स

अभिसारी लेन्स दिक्स्थान में किसी भी तल पर वास्तविक प्रतिबिंब बनाता है। यदि उस तल में परदा रखा जाये तो, प्रतिबिंब को परदे पर देखा जा सकता है। इसी कारण अभिसारी लेन्स को धनात्मक लेन्स भी कहते हैं ।

अपसारी लेन्स, वास्तविक प्रतिबंब नहीं बना सकता । वह आभासी प्रतिबिंब बनाता है, जिसे हम परदे पर नहीं देख सकते । इसलिये अपसारी लेन्स को ऋणात्मक लेन्स भी कहते हैं ।

7.3.2 लेन्सों की पहचान

आप अभिसारी तथा अपसारी लेन्सों में किस प्रकार अंतर कर सकते हैं ?

अभिसारी लेन्स बीच से मोटा तथा किनारों से पतला होता है

अपसारी लेन्स बीच से पतला तथा किनारों से मोटा होता है

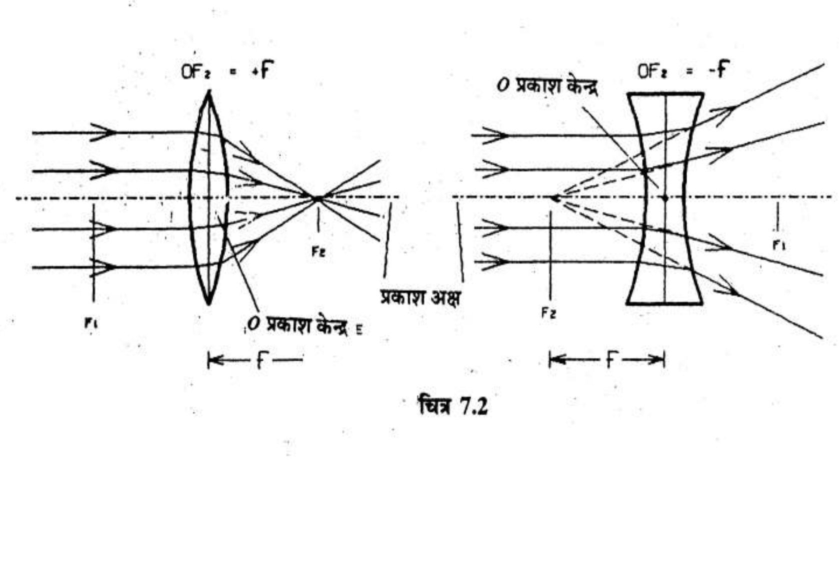
लेन्सों में हम उनके प्रकाशिय गुणों के आधार पर भी अंतर कर सकते हैं । जब लेन्स को किसी वस्तु के करीब रख कर, उसे देखा जाये और वो बहुत बड़ी दिखाई दे तो वह लेन्स अभिसारी लेन्स कहलाता है । यदि वस्तु अपने वास्तविक आकार से छोटी नजर आये तो वह अपसारी लेन्स कहलाता है ।

यदि लेन्स की मोटाई को महत्व न दें तो वह लेन्स पतला लेन्स माना जा सकता है । दो या अधिक, अल्पदूरी पर स्थित लेन्सों के निकाय के लिये यह सन्निकटन मान्य नहीं है । एक लेन्स के दो गोलीय तल होते हैं । इन दोनों सतहों के वक्रता केन्द्र को जोड़ने वाली सीधी रेखा को, लेन्स की प्रकाशीय अक्ष कहते हैं । लेन्स के किनारों पर दो व्यासत: सम्मुख बिंदुओं को जोड़ने वाली सीधी रेखा तथा लेन्स के प्रकाशी अक्ष के प्रतिच्छेदी बिंदु को ''प्रकाशीय केन्द्र'' कहते हैं । पतले लेन्स का प्रकाशीय केन्द्र लेन्स के केन्द्र पर ही होता है, जैसा कि चित्र 7.2 में दिखाया गया है।

फोकस तथा फोकस दूरी : जब, बायीं तरफ से आने वाली समांतर प्रकाश किरणों का एक किरणपुंज, अभिसारी लेन्स की प्रकाशीय अक्ष के नजदीक, उस पर पड़ता है तो वह लेन्स की दूसरी तरफ एक निर्धारित बिंदु पर अभिसरित होता है । इस बिंदु को लेन्स का **मुख्य फोकस** या सिर्फ **फोकस** कहते हैं । अभिसारी लेन्स की फोकसदूरी धनात्मक होती है। इस फोकस को द्वितीय (प्रतिबिंब पाश्र्व वाला) फोकस कहते हैं । जब समांतर प्रकाश किरणों का एक किरणपुंज दायीं तरफ से आता है तथा अभिसारी लेन्स के मुख्य अक्ष के नजदीक पड़ता है तो वह लेन्स की दूसरी तरफ एक निर्धारित बिंदु पर अभिसरित होता है । इस फोकस को लेन्स का प्रथम (बिंब पाश्र्ववाला) फोकस कहते हैं।

जब समांतर प्रकाश किरणों का एक किरणपुंज अपसारी लेन्स के प्रकाशीय अक्ष के नजदीक पड़ता है तो वह लेन्स की उसी तरफ से एक निर्धारित बिंदु से अपसरित होता हुआ प्रतीत होता है । इस बिंदु को लेन्स का द्वितीय (प्रतिबिंब पाश्र्ववाला) फोकस कहते हैं । जब एक समांतर प्रकाश किरणों का किरणपुज दायीं तरफ से आता है तथा अपसारी लेन्स के प्रकाशिय अक्ष के नजदीक पड़ता है तो वह लेन्स की उसी तरफ से एक बिंदु से अपसरित होता हुआ प्रतीत होती है। इस बिंदु को लेन्स का प्रथम बिंब पाश्र्व वाला फोकस कहते हैं।

अभिसारी लेन्स की फोकस दूरी को धनात्मक चिन्ह दिया गया तथा अपसारी लेन्स की फोकस दूरी को ऋणात्मक चिन्ह दिया गया है। इसे लेन्सों की पहचान करने की चिन्ह परिपाटी कहते हैं। चित्र 7.2 देखें।



चित्र 7.2

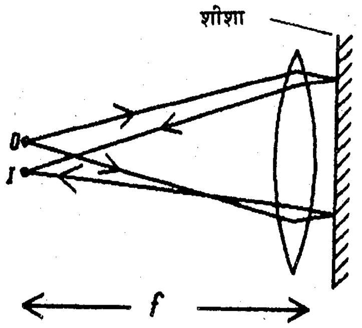
7.4 सावधानियां

लेन्सों को खुर्दरी सतहों पर नहीं रखना चाहिये जैसे कि मेज । लेन्स को उंगुलियों से केवल किनारों से ही पकड़े। जब आप लेन्स को इस्तेमाल न कर रहे हों तो उसे डिब्बी में बन्द करके रखें ताकि लेन्स की सतह पर धूल के कण न जम पायें । लेन्स को ठीक तरह से ऊर्ध्वाधर लगाना चाहिये तथा उसकी ऊंचाई स्रोत के अनुसार रखनी चाहिए।

7.5 प्रयोग : लेन्स की फोकसदूरी को मापने के विभिन्न तरीके

7.5.1 प्रतिबिंब संपात विधि

तार की जाली को रक्षित बल्ब से दीप्तिमान कीजिये। बल्ब को गत्ते से ढक दें जिससे कि अवांछित प्रकाश को रोका जा सके । इस प्रदीप्त तार की जाली को बिंब 'O' के रुप में आने वाले प्रयोगों में इस्तेमाल करें । इस बिंब को उत्तल लेन्स के आगे रख दें तथा एक समतल दर्पण, लेन्स के पीछे रख दें जैसा कि चित्र 7.3 में दिखाया गया है ।



चित्र 7.3

यदि आप बिंब का स्थिति की समंजन करें तो आप देखेंगें कि प्रतिबंब I बिंब के साथ ही उसी तल में दिखाई देता है । अभिलंब दिशा में आपतित होने वाला प्रकाश वापिस परावर्तित हो जाता है तथा किरणें उसी दिशा में वापिस हो जाती है । जब बिंब पहले फोकस तल में होता है तब लेन्स से अपवर्तित होकर प्रकाश किरणें समांतर हो जाती है तथा समतल दर्पण पर अभिलंब दिशा में पड़ती है, जो उन्हें परावर्तित कर देता है । अत: किरणे आपतन दिशा में ही वापिस परावर्तित हो जाती है तथा प्रतिबिंब, बिंब वाली तरफ ही बनता है । बिंब तथा लेन्स के केन्द्र के बीच की दूरी को नापिये । यह दूरी उत्तल लेन्स की फोकस दूरी कहलाती है । इस प्रयोग को दर्पण हटा कर दोहरायें तथा फिर दोबारा दर्पण रखकर दोहरायें । बिंब की तरफ सबसे साफ प्रतिबिंब प्राप्त करने की स्थिति ज्ञात करें । कुल पांच स्थितियों के लिए इसे दोहरायें तथा अपने प्रेक्षण को तालिका - I में दर्ज करें। अब दूसरे लेन्स के साथ प्रयोग करें ।

तालिका - I फोकस दूरी

	1	2	3	4	5	औसत	अनुमानित त्रुटि
लेन्स 1							
लेन्स 2							

सभी मापदंड़ों के समूहों के औसत का परिकलन कीजिये। प्रत्येक मापदंड समूह के लिये मापने में त्रुटि का अनुमानित परिकलन कीजिये । इस परिकलन की जो विधि आप पहले यानि स्कूल में पढ़ चुके हैं उसी का इस्तेमाल करें । परिकलित मानों को तालिका -I में दर्ज करें ।

7.5.2 यू-वी विधि

प्रथम विधि द्वारा हमने अभिसारी लेन्स की फोकस दूरी का परिकलन सीधे प्रयोग द्वारा किया । यू-वी विधि में हम लेन्स से बिंब तथा प्रतिबंब की दूरी कई बार नापते हैं तथा एक सूत्र के प्रयोग से फोकस दूरी का परिकलन करते हैं । बिम्ब तथा प्रतिबिंब की लेन्स से दूरी को हम नियंत्रित कर सकते हैं । इसके अलावा इसमें हमें आवर्धित या ह्रासित प्रतिबिम्ब प्राप्त होते हैं ।

15 सें.मी. फोकस दूरी वाले लेन्स को होल्डर पर लगायें। बिंब को लेन्स से, फोकस दूरी f से अधिक तथा दो गुना फोकस दूरी से कम, दूरी पर रखें । लेन्स की दूसरी तरफ एक परदा रखें । परदे को इस प्रकार समंजित करें कि उस पर बिंब का साफ तथा बिल्कुल स्पष्ट प्रतिबिंब दिखाई दे । बिंब तथा लेन्स के केन्द्र की दूरी को नापें। इसे तालिका 2 में U वाले खाने में नोट करें । प्रतिबिम्ब (यानि परदे) तथा लेन्स के केन्द्र के बीच की दूरी को नापें। इसे तालिका 2 में V वाले खाने में नोट करें। अब निम्नलिखित सूत्र की मदद से लेन्स की फोकस दूरी का परिकलन करें।

$$f = \frac{UV}{U+V}$$

प्रतिबंब के अभिलक्षणों को ध्यानपूर्वक देखें तथा तालिका 2 के आखिर के दो खानों में नोट करें । इस प्रयोग को विभिन्न बिम्ब दूरी के लिये दोहरायें, इस बार भी बिंब को लेन्स के f तथा $2f$ के बीच में रखें । जहां f लेन्स की फोकस दूरी है । प्रत्येक स्थिति के लिये U तथा V को नापें। f का परिकलन करें तथा प्रतिबिंब के अभिलक्षणों को नोट करें ।

बिंब को $2f$ के परे रख कर प्रयोग को दोहरायें । इस स्थिति में प्रतिबिम्ब f तथा $2f$ के बीच में, लेन्स की दूसरी तरफ दिखाई देगा । यह उल्टा तथा ह्रासित होगा । पहले वाले सूत्र की मदद से लेन्स की फोकस दूरी का परिकलन करें ।

आप आवर्धित प्रतिबंब के पांच स्थितियों के आकड़ें तथा पांच ह्रासित प्रतिबंब वाली स्थितियों के आकड़े नोट कर सकते हैं । लेन्स की औसत फोकस दूरी का परिकलन करें तथा तालिका – II में नोट करें । किसी एक अनुमानित सांख्यकीय त्रुटि का परिकलन कीजिये तथा तालिका – II में रिकार्ड कीजिये।

तालिका– II

उत्तल लेन्स की फोकस दूरी : यू-वी विधि

यू (U)	वी (V)	$f = \frac{UV}{U+V}$	$\frac{U}{V}$	प्रतिबंब सीधा या उल्टा	प्रतिबंब अवर्धित या ह्रासित

f = ... अनुमानित त्रुटि = ...

प्रतिबिंब की रैखिक प्रवर्धम (magnificatun) होगा $\left(M = \frac{V}{U}\right)$ इसका परिकलन करके तालिका 2 के चौथे खाने में दर्ज करें। यह प्रतिबिंब विस्तार तथा बिंब विस्तार के अनुपात के बराबर होगा ।

7.5.3 ग्राफी विधि

ग्राफी विधि से यू तथा वी के पारस्परिक विस्तार को आसानी से दृष्टिगत किया जा सकता है। निम्नलिखित प्रत्येक ग्राफ बनायें।

1. यू-वी ग्राफ

बिंब दूरी U का X- अक्ष की दिशा में तथा प्रतिबिंब दूरी V का Y- अक्ष की दिशा में आलेख कीजिये। उचित स्केल का चयन करें जिससे कि आप प्रेक्षितांकों में अधिकतम दूरी को प्लाट कर सकें। दोनों अक्षों पर एक ही स्केल लें। तालिका 2 के प्रत्येक पाठयांक के लिये U तथा V को एक बिंदु के रुप में प्लाट करें। जब सब पाठयांकों का आलेख हो जाये तब सभी बिंदुओं के, जितना संभव हो सके, नजदीक से एक निष्कोण वक्र बनायें। X-अक्ष से 45 डिग्री के कोण पर मूल बिंदु से गुजरनेवाली एक सीधी रेखा खींचें। यह रेख', वक्र को किसी एक बिंदु पर काटती है। इस बिंदु के निर्देशांक ज्ञात कीजिए। यह बराबर है। प्रत्येक निर्देशांक का मान $2f$ के बराबर है। नीचे दी हुई जगह में f का मान लिखें।

f = ...

बोध प्रश्न

वक्र का प्रत्येक बिंदु U तथा V के मानों का एक संचय देता है। सीधी रेखा तथा U, V वक्र का प्रतिच्छेन बिंदु, लेन्स से बिंब की $2f$ की दूरी की स्थिति के तदनुरुपी होता है। इस स्थिति में प्रतिबंब की लेन्स से कितनी दूरी होगी।

2. $\frac{1}{U}$ तथा $\frac{1}{V}$ का ग्राफ

इस विधि के अनुसार, उचित स्केल का चयन करके $\frac{1}{U}$ को X-अक्ष की दिशा में तथा $\frac{1}{U}$ को Y-अक्ष की दिशा में आलेखित करें। तालिका -2 की मदद से $U-V$ युग्मों का इस्तेमाल करते हुये उचित मानों का परिकलन कीजिये तथा इन्हें तालिका -3 में दर्ज कीजिये।

तालिका -3

$\frac{1}{V}$	$\frac{1}{U}$

X-अक्ष $\frac{1}{U}$ तथा Y-अक्ष $\frac{1}{V}$ के लिये उचित स्केल का चयन करें जिससे कि सभी बिंदुओं का आलेख किया जा सके। बिंदुओं का आलेख कीजिये तथा उन्हें जोड़ते हुए एक निष्कोण वक्र बनाइये।

$\frac{1}{U} - \frac{1}{V}$ के बीच ग्राफ

यह ग्राफ लगभग एक सीधी रेखा होगा । इस रेखा को इस तरह बहिर्विष्ट कीजिये कि वह दोनों अक्षों को क्रमशः बिंदुओं तथा पर काटे । $f = \frac{1}{OP}$ तथा $F = \frac{1}{OQ}$ का परिकलन कीजिये । इसे निम्न स्थान पर लिखें तथा औसत मान का भी परिकलन करें ।

$$\frac{1}{OP} =$$

$$\frac{1}{OQ} =$$

औसत f =

भाग7.5.2 के सूत्र को हम नीचे फिर से लिखते हैं :-

$$f = \frac{UV}{U+V}$$

इसे इस प्रकार भी लिख सकते हैं, $\frac{1}{U} + \frac{1}{V} = \frac{1}{f}$

अक्ष की दिशा में, $\frac{1}{U} = \frac{1}{f}$ या $\frac{1}{V} = \frac{1}{f}$ ।

$\frac{1}{f}$ को लेन्स की क्षमता भी कहते हैं ।

7.5.4 दूरस्थ बिंब विधि

15 सें.मी. फोकस दूरी वाले उत्तल लेन्स को एक स्टेंड पर लगा कर, खिडकी के सामने रखे हुये प्रयोगशाला बैंच पर रखें। किसी एक थर्मोकोल होल्डर में लेन्स की जगह एक सफेद कागज लगायें। यह हमारे लिये परदे का काम करेगा । यदि आप थर्मोकोल होल्डर का उपयोग नहीं कर रहे हैं तो, एक सफेद कागज को गत्ते पर लगा कर उसे कलैम्प में परदे की जगह लगा लें । परदे को लेन्स की दूसरी तरफ रखें। लेन्स तथा परदे के बीच की दूरी को इस प्रकार समायोजित करें कि दूरस्थ बिम्बों के साफ व स्पष्ट प्रतिबिम्ब परदे पर दिखाई दें। मीटर स्केल की मदद से लेन्स के केन्द्र तथा परदें के बीच की दूरी को मापिये तथा तालिका - IV में नोट कीजिये । परदे को हटा दें । फिर दोबारा परदे को लगा दें तथा साफ व स्पष्ट प्रतिबिंब प्राप्त करने की कोशिश करें । लेन्स तथा परदे के बीच की दूरी को मापें व तालिका - IV में नोट करें । इस प्रकार 5 विभिन्न स्थितियों में पाठयांकों को नोट कीजिये।

अब भिन्न फोकस दूरी वाले लेन्स के साथ यह प्रयोग दोबारा कीजिये। प्रत्येक लेन्स के लिये विभिन्न स्थितियों पर लिये गये पाठयांकों के औसत मान का परिकलन कीजिये तथा अनुमानित त्रुटि का

परिकलन कीजिये । इन सभी को तालिका IV में रिकार्ड कीजिये।

तालिका - IV

फोकस दूरी

% रोधक	स्थिति 1	स्थिति 2	स्थिति 3	स्थिति 4	स्थिति 5	औसत	अनुमानित त्रुटि
लेन्स 1							
लेन्स 2							

7.5.5 फोकस दूरी तथा द्युति

दो या तीन समान व्यास तथा भिन्न फोकस दूरी वाले अभिसारी लेन्सों को होल्डर पर लगायें। उन्हें साथ-साथ, एक दूरस्थ बिम्ब, जैसे कोई पेड के सामने रखें। लेन्सों की दूसरी तरफ परदे को रखें तथा प्रत्येक लेन्स तथा स्थिर चौड़े परदे के बीच की दूरी को इस प्रकार समायोजित करें कि परदे पर साफ तथा स्पष्ट प्रतिबिंब नजर आये। आपको यह प्रतिबिंब साथ साथ नजर आयेंगे। विभिन्न लेन्सों से प्राप्त प्रतिबिंबों के आमाप तथा द्युति की तुलना कीजिये। अवलोकित प्रेक्षणों को तालिका V में रिकार्ड करें।

तालिका - V

	फोकस दूरी	आपेक्षिक द्युति	प्रतिबिंब का आमाप
लेन्स-1			
लेन्स-2			

तालिका-V का निरीक्षण कीजिये । यदि आपको प्रत्येक लेन्स की आपेक्षिक द्युति, प्रतिबिंब आमाप तथा फोकस दूरी में कोई संबंध मिलें तो उसे निम्नलिखित स्थान में लिखें ।

एक गत्ता लें जिसमें गोल छेद, जिसे द्वारक कहते हैं, बना हो । द्वारक का आमाप, लेन्स के व्यास के लगभग 70 प्रतिशत के बराबर होना चाहिए । एक लेन्स लें तथा उसके बिल्कुल सामने एक रोधक रख दें । रोधक के रखने से लेन्स पर पड़ने वाले प्रकाश की मात्रा कम हो जाती है । भाग 7.5.4 में दी गई दूरस्थ बिंब विधि द्वारा, इस लेन्स की रोधक सहित, फोकस दूरी मापिये । आंकड़ों को तालिका VI में दर्ज करें ।

तालिका - VI

फोकस दूरी

% रोधक	स्थिति 1	स्थिति 2	स्थिति 3	स्थिति 4	स्थिति 5	औसत	अनुमानित त्रुटि
लेन्स 1							
लेन्स 2							

क्या आप फोकस की स्थिति, परिशुद्धता से निर्धारित कर सकते हैं ? क्यों ? छोटे द्वारकों वाले रोधक के लिये इस प्रयोग को दोहरायें : लेन्स के व्यास का 50 प्रतिशत तथा 30 प्रतिशत। आंकड़ों को क्रमश: तालिका-VII व VIII में रिकार्ड करें ।

तालिका - VII

फोकस दूरी

% रोधक	स्थिति 1	स्थिति 2	स्थिति 3	स्थिति 4	स्थिति 5	औसत	अनुमानित त्रुटि
लेन्स 1							
लेन्स 2							

तालिका - VIII

फोकस दूरी

% रोधक	स्थिति 1	स्थिति 2	स्थिति 3	स्थिति 4	स्थिति 5	औसत	अनुमानित त्रुटि
लेन्स 1							
लेन्स 2							

जब आप लेन्स के संयोग में कम द्वारक वाला रोधक उपयोग करेंगे तब मापने में त्रुटि का मान बदल सकता है । त्रुटि, स्वीकार्य फोकस की दूरी के परिसर का निरुपण करती है । कम व्यास वाले रोधक का इस्तेमाल करने पर, लेन्स से प्रेषित प्रकाश की मात्रा कम हो जाती है । इससे यह फायदा होता है कि, प्रतिबिंब तल में स्वीकार्य फोकस के लिये बिम्ब दूरी का परिसर बढ़ जाता है ।

बोध प्रश्न

पाठशाला में आपने ''पिन होल कैमरा'' के विषय में पढ़ा होगा, पिन होल कैमरा की फोकस दूरी लगभग कितनी होती है ।

आप जानते हैं कि कुछ कैमरे बहुत कीमती होते हैं । इनमें बड़े व्यास वाले लेन्स लगे होते हैं । फिल्म तल से लेन्स की दूरी को समायोजित करने का प्रावधान होता है । परिसर मापी से आप पहले, जिस नजारे के दृश्य की तस्वीर लेना चाहतें हैं, मापिये तथा उसके अनुसार लेन्स को समायोजित कीजिये ।

संधान एवं शूट कैमरा ज्यादा महंगे नहीं होते तथा इनके लेन्सों का द्वारक भी बहुत छोटा होता है। लेन्स के समायोजन की कोई व्यवस्था नहीं होती । क्यों ? इन कैमरों का, रोधक तथा लेन्सों के साथ किये गये प्रयोगों से प्राप्त निष्कर्षो से सहसंबंध स्थापित कीजिये ।

7.5.6 अवतल लेन्स की फोकस दूरी

अवतल लेन्स द्वारा परदे पर वास्तविक प्रतिबिंब प्राप्त नहीं होता इसलिये इसे एक ज्ञात फोकस दूरी वाले उत्तल लेन्स के संयोजन में प्रयोग करते हैं । इस लेन्स-संयोजन को लेन्स निकाय कहते हैं । अवतल लेन्स की फोकस दूरी हम दो विधियों द्वारा ज्ञात कर सकते हैं :

* संस्पर्श विधि
* दूरी द्वारा पृथकन विधि

1. संस्पर्श विधि :

दिये गये अवतल लेन्स तथा एक उत्तल लेन्स को एक साथ संपर्क में रखें । इस संयोजन को एक ही लेन्स मान लें । अब यू-वी विधि द्वारा, इस संयोजन को एक लेन्स, मानते हुये, इसकी प्रभावी फोकस दूरी ज्ञात कीजिये । यदि f_1 तथा f_2 क्रमशः उत्तल लेन्स व अवतल लेन्स की फोकस दूरियां हों, तब

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$$

या

$$f_2 = \frac{Ff_1}{f_1 - f}$$

आप देखेंगे कि $F > f_1$ इसलिये अवतल लेनस की फोकस दूरी हमारे अनुमानानुसार ऋणात्मक होती हैं । प्रयोग करने की कार्यविधि बिल्कुल वही है जो आपने पहले उत्तल लेन्स की फोकस दूरी

ज्ञात करने के लिये इस्तेमाल की थी । U तथा V क्रमशः लेन्से के केन्द्र से बिम्ब व प्रतिबिब की दूरी का मान है ।

पाठयांकों को नीचे दी हुई तालिका-IX में रिकार्ड करें ।

तालिका - IX

अवतल लेन्स की फोकस दूरी –

संस्पर्श विधि उत्तल लेन्स की फोकस दूरी.

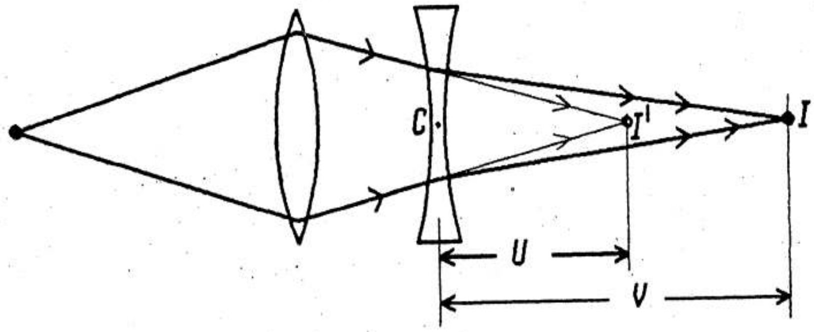
U	V	$F = \frac{UV}{V+U}$

औसत =

अनुमानित त्रुटि =

2. दूरी द्वारा पृथकन विधि :

उत्तल लेन्स की मदद से परदे के स्रोत का प्रतिबिंब I' परदे पर बनता है । परदे की स्थिति को नोट करें । अब उत्तल लेन्स तथा परदे के बीच में एक अवतल लेन्स रख दें जो प्रतिबिंब I' से U दूरी पर स्थित हो। आप देखेंगें कि अवतल लेन्स रखने से प्रतिबिंब I धुंधला पड़ जाता है । परदे को अवतल लेन्स से दूर लें जाये तो आप देखेंगे कि एक नई स्थिति में उस पर एक नया साफ व सपष्ट प्रतिबिंब I प्राप्त होता है । इस नये प्रतिबिंब I की अवतल लेन्स से दूरी, V को नाप लें । U तथा V दूरियों के आंकड़ों को तालिका - X में रिकार्ड करें । f_2 का प्ररिकलन करें । अवतल लेन्स द्वारा आभासी बिंब का वास्तविक प्रतिबिंब प्राप्त होता है । चित्र 7.4 देखें ।



चित्र 7.4

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{U}+\frac{1}{V} \quad \text{क्योंकि} \quad V > U$$

$$f_2 = -\frac{UV}{V-U}$$

उत्तल लेन्स व अवतल लेन्स के बीच की दूरी को परिवर्तित करके, प्रयोग को दोहरायें । ऐसे दो लेन्सों के लिये मापदंड लें।

तालिका-10

अवतल लेन्स की फोकस दूरी—दूरी द्वारा प्रथकन विधि

उत्तल लेन्स की फोकस दूरी = =

U	V	$f_2 = \frac{-UV}{V+U}$

औसत =

अनुमानित त्रुटि =

7.6 निष्कर्ष

आपने उत्तल लेन्स की फोकस दूरी कई विधियों से ज्ञात की है। अवतल लेन्स की फोकस दूरी, एक ज्ञात फोकस दूरी वाले उत्तल लेन्स की मदद से निर्धारित की है। आपने यह देखा कि लेन्स की फोकस दूरी तथा व्यास, उससे बनने वाले प्रतिबिंबों को किस प्रकार प्रभावित करते हैं।

अब आप लेन्सों तथा उनकी व्यवहार अनुक्रिया के विषय में काफी कुछ जान गये हैं।

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ____________________ छात्र का नाम ____________________

मूल्यांकनकर्ता ____________________ पंजीकरण ____________________

प्रयोग 8 : प्रिज्म स्पेक्ट्रम प्रिज्म स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा स्पेक्ट्रम का विश्लेषण करना

8.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

8.2 उपकरण

8.3 अध्ययन सामग्री

अपवर्तनांक

प्रकाश स्रोत

8.4 पूर्वावधान सावधानियां

8.5 प्रयोग

स्पेक्ट्रोमीटर का समायोजन

समांतरित (collimater) का समायोजन

प्रिज्म मंच का समायोजन

प्रिज्म के कोण को मापना

विभिन्न रंगों के प्रकाश के लिए अल्पतम विचलन के कोण को मापना

प्रेक्षण

सौर स्पेक्ट्रम

8.6 परिकलन

8.7 निष्कर्ष

8.1 प्रस्तावना तथा उद्देश्य

प्रस्तावना

आप पहले से ही स्कूल में परिक्षेपण, व्यतिकरण तथा विवर्तन की परिघटनाओं के विषय में पढ़ चुके हैं। इन परिघटनाओं का अवलोकन बहुत होता है तथा इससे बहुत सी वैज्ञानिक जानकारी भी मिलती है। खगोलीय पिंडों के विषय में हासिल की गई अधिकतम जानकारी इन परिघटनाओं के आधार पर ही संभव हो पाई है। आप जो प्रयोग करने जा रहे हैं, उनमें आप इन परिघटनाओं का अवलोकन करेंगे तथा बहुत सी भौतिक राशियों का मान ज्ञात करेंगे । जैसे कुछ प्रकाश स्रोतों से प्राप्त दृश्य स्पेक्ट्रम में विद्यमान विभिन्न रंगों की रेखाओं के विभिन्न तरंग दैर्घ्यों के लिये प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक ज्ञात कर सकेंगे । आप को यह ज्ञात होगा कि सौर स्पेक्ट्रम के प्रेक्षण से हमें सूर्य के वातावरण में विद्यमान तत्वों के विषय में महत्वपूर्ण जानकारी मिलती है ।

इन राशियों को मापने से पहले, यकीनन आप मापने के लिये प्रयोग में लाये जाने वाले उपकरणों को इस्तेमाल करना सीखना चाहेंगे। ये उपकरण हैं, स्पेक्ट्रोमीटर, प्रिज्म तथा प्रकाश स्रोत । इस प्रयोग को

करने के पश्चात् हासिल की गयी जानकारी आगे आने वाले प्रयोगों को सफलतापूर्वक कर पाने की नीवं होगी । भवि ष्य में किये जाने वाले प्रयोग, इस प्रयोग के अनुक्रमिक प्रयोग होंगे ।

उद्देश्य

इस प्रयोग के करने के पश्चात आप :

- स्पेक्ट्रोमीटर के विभिन्न भागों को अभिनिर्धारित कर सकेंगे तथा साफ वि वियोजित स्पेक्ट्रम प्राप्त करने के लिए प्रारंभिक समायोजन कर सकेंगे ।
- विभिन्न तरंग देर्ध्यो के लिये, प्रिज्म के पदार्थ का परावर्तनांक ज्ञात कर सकेंगे।
- सौर स्पेक्ट्रम का प्रेक्षण तथा विश्ले षण कर सकेंगे ।

8.2 उपकरण

* विद्यार्थीस्पेक्ट्रोमीटर
* सधन फ्लिट कांच का समबाहु प्रिज्म
* पारदवा ष्पलैम्प
* स्पीरिटलेविल
* पठनलेन्स

8.3 अध्ययन सामग्री (Refractive Index)

8.3.1 परावर्तनांक

जब एक मिश्र दृश्य प्रकाश किरण एक माध्यम से परिक्षिप्त होती है तो विभिन्न रंगों की प्रकाश किरणों में विभाजित हो जाती हैं तथा अलग अलग दिशाओं में संचरण करने लगती हैं । पारदर्शी माध्यम में विभिन्न रंगों का प्रकाश भिन्न भिन्न गतियों से सचरित होता है। इस परिघटना को परिक्षेपण कहते हैं । प्रकाश की गति निर्वात में स्थिरांक होती है जो कि 3×10^8 मी.प्रति सैंकिड के बराबर होती है । परिक्षेपी माध्यम में नीले प्रकाश की गति लाल प्रकाश से कम होती हैं । निर्वात में प्रकाश की गति व किसी भी माध्यम में विशिष्ट रंग के प्रकाश की गति के अनुपात को **परावर्तनांक** कहते हैं।

$$n = \text{परावर्तनांक} = \frac{\text{निर्वात में प्रकाश की गति}}{\text{किसी माध्यम में विशिष्ट रंग के प्रकाश की गति}}$$

प्रकाश के इन विभिन्न रंगों का तरंग देर्घ्य भी भिन्न-भिन्न होता है । परावर्तनांक तथा तरंग दैर्घ्य में एक संबंध होता है, जो निम्नलिखित है –

$$n = \frac{A}{\lambda^2} + \left(\frac{B}{2}\right)$$

जहांλ = तरंग देर्घ्य तथा A व B को कोशी नियतांक कहते हैं। तरंग देर्घ्य तथा परावर्तनांक को निर्धारित करने के लिये हम स्पेक्ट्रोमीटर का प्रयोग करते हैं। स्पेक्ट्रोमीटर तथा प्रिज्म की सहायता से हम विभिन्न रंगों वाले प्रकाशों का परावर्तनांक ज्ञात कर सकते हैं । स्पेक्ट्रोमीटर तथा ग्रेट्रिंग की मदद रो हम विभिन्न रंगों वाले प्रकाशों का परावर्तनांक ज्ञात कर सकते हैं । स्पेक्ट्रोमीटर तथा ग्रेटिंग की मदद से हम विभिन्न रंगों वाले प्रकाशों का तरंग दैर्घ्य भी ज्ञात कर सकते हैं ।

8.3.2 प्रकाश स्रोत

प्रकाश का स्रोत, एक श्वेत प्रकाश स्रोत हो सकता है जैसे तापदीप्त प्रकाश, सौर प्रकाश या पारद वाष्प लैम्प । प्रयोगशाला में हम दो प्रकार के प्रकाश स्रोतों का इस्तेमाल करते हैं, एक वर्णी प्रकाश स्रोत, तथा बहुवर्णी प्रकाश स्रोत । सोडियम वाष्प लैम्प, एक वर्णी प्रकाश देता है, (जो वास्तविकता में द्विक होता है) । व स्पेक्ट्रम के पीले भाग में होता है। इसका तरंग दैर्घ्य 589.3 nm होता है । कम दाब वाला पारद वाष्प लैम्प विभिन्न रंगों का प्रकाश देता है । ये रंग हैं – पीले भाग में, दो कम दूरी वाली रेखायें (द्विक) नीले हरे भाग में कुछ रेखायें, हरे भाग में एक दीप्त रेखा तथा नीले भाग में एक दीप्त रेखा ।

तत्वों से उत्सर्जित प्रकाश की स्पेक्ट्रम के आधार पर उन्हें अभिनिर्धारित करना स्पेक्ट्रमिकी के अध्ययन का एक हिस्सा है ।

8.4 पूर्वावधान सावधानियां

* प्रयोग करते समय, कभी ऐसा भी हो सकता है कि आप प्रिज्म की एक तरफ से परावर्तित प्रकाश किरणे देख सकते हैं, परन्तु दूसरी तरफ से नहीं । ऐसा होने पर रेखा छिद्र (slit) ठीक से प्रकाशित नहीं हो पाया होगा।
* पाठ्यांक नोट करते समय दूरदर्शक (Telescope) तथा प्रिज्म मंच को मजबूती से कस लें ।
* प्रिज्म को प्रिज्म मंच पर रखते समय यह ध्यान रखें कि, प्रिज्म का कोण मापने के लिये, प्रिज्म का अपवर्तक कोर (refracting edge) प्रिज्म मंच के केन्द्र पर होना चाहिये । इससे हमें प्रिज्म के दोनों तरफ, रेखाछिद्र से परावर्तित प्रकाश मिल सकेगा ।

बोध प्रश्न

अ नीले तथा लाल रंगों के परावर्तनांकों को n_b तथा n_r से अंकित किया जाता है । $(n_b - n_r)$ क्या अंकित करता है ? आप के प्रेक्षण में इसका मान क्या है ?

___

___

___

ब प्रिज्म के पदार्थ का औसत परावर्तनांक होगा –

$$n = \frac{n_b + n_r}{2}$$

इसके मान का परिकलन कीजिए ।

___

___

___

स नीले तथा पीले रंगों के अंतर्गत, प्रिज्म के पदार्थ की परिक्षेपण क्षमता निम्न होगी –

$$d\omega = \frac{n_b - n_r}{(n-1)}$$

इसके मान का परिकलन कीजिये ।

___

___

द आप प्रिज्म का अपवर्तक कोण किस प्रकार अभिनिर्धारित करेंगे ? प्रिज्म की ज्यामिति के आधार पर इसका मान क्या होगा ?

8.5 प्रयोग

स्पेक्ट्रोमीटर के अंग

* दूरदर्शक (Telescope)
* समांतरित्र (Collinator)
* प्रिज्म मंच (Prism Table)

8.5.1 स्पेक्ट्रोमीटर का समायोजन

नेत्रिका (edge piece) का समायोजन : दूरदर्शक की नेत्रिका से देखने पर आप क्रास तार देख सकते हैं । नेत्रिका को खांचे में आगे पीछे घुमाकर, श्वेत पृष्ठभूमि में क्रास तार को स्पष्टता से देख सकते हैं। एक विशिष्ट अवस्था में क्रास तार पूर्णतया स्पष्टता से देखीं जा सकती है । नेत्रिका को समायोजित करने के पश्चात उसे अपनी जगह से न हिलायें । यह समायोजन, व्यक्तिगत रुप से, स्पेक्ट्रोमीटर इस्तेमाल करने वाले प्रत्येक व्यक्ति द्वारा किया जाना आवश्यक है क्योंकि क्रास तार का फोकसन अभिनेत्र - लेन्स पर भी निर्भर करता है। दूरदर्शक को किसी दूरस्थ वस्तु की तरफ घुमायें जैसे कोई इमारत या पेड जो कि कम से कम 20 मी. की दूरी पर हो। दूरदर्शक को इस तरह फोकस करें कि दूरस्थ वस्तु का विस्तार दूरदर्शक में स्पष्टता से देखा जा सके । उदाहरण के लिये, दूरस्थ पेड के पत्ते दूरदर्शक में स्पष्टतापूर्वक दिखाई दें । आप जानते हैं कि दूरस्थ वस्तु से आने वाली प्रकाश किरणें समान्तर होती हैं तथा दूरदर्शक समांतर किरण पुंज को अपने फोकस समतल में ले आता है। टेलिस्कोप को इस प्रकार समायोजित करने के पश्चात पूरे प्रयोग के दौरान उसे अपनी जगह से न हिलायें ।

8.5.2 समांतरित्र का समायोजन

दूरदर्शक का समायोजन करने के बाद हम समांतरित्र की तरफ ध्यान देते हैं तथा उसका समायोजन करने की कोशिश करते हैं। समांतरित्र के एक सिरे पर रेखाछिद्र होता है। स्पष्ट दृश्यता रखते हुए, रेखा पृथुता को न्यूनतम रखें । दूरदर्शक में से देखते हुये, उसका फोक्सन करें ताकि रेखा छिद्र साफ दिखाई दे । तब समांतरित्र से एक समांतर किरण पुंज उत्सर्जित होगी। दूरदर्शक जो कि पहले से ही समांतर किरणपुंज के लिये समायोजित है, इस प्रकाश को अपने पिछले फोकस समतल पर अभिसरित करता है, जहां पर रेखाछिद्र का प्रतिबिंब प्राप्त होता है । पूरे प्रयोग के दौरान, दूरदर्शक, जो कि समांतर रेखापुंज ग्रहण करने के लिये तथा समांतरित्र, जो कि समांतर रेखापुंज उत्सर्जित करने के लिये, समायोजित किये गये हैं, उन्हें न छेड़े या हिलाये ।

8.5.3 प्रिज्म मंच का समायोजन

स्पिरिट लेविल की सहायता से प्रिज्म मंच को समतल कीजिये। प्रिज्म मंच के नीचे तीन पेच होते हैं जिनके सहारे वह किसी भी सतह पर टिकाया जा सकता है । स्पिरिट लेविल को किन्हीं दो पेंचों को जोड़ने वाली रेखा पर रखें तथा पेंचों को इस तरह घुमायें जिससे कि स्पिरिट लेविल का बुलबुला

उसके केन्द्र में आ जाये। अब स्पिरिट लेविल को पिछली स्थिति के लंब पर रखें तथा तीसरे पेंच को घुमायें जिससे की स्पिरिट लेविल का बुलबुला केन्द्र में आ जाये । इस प्रक्रिया को तब तक दोहरायें जब तक कि प्रत्येक स्थिति में स्पिरिट लेविल का बुलबुला केन्द्र में ही रहे। अब यदि आप स्पिरीट लेविल को प्रिज्म मंच पर किसी भी स्थिति में रखे तो बुलबुला सदैव केन्द्र में ही रहेगा । इस अवस्था में हम प्रिज्म मंच को समतल में कहेंगे ।

प्रिज्म को प्रिज्म मंच पर रख कर कस दें। प्रिज्म का आधार (Base) क्लेम्प के सामने होगा ।

यंत्र की बेस में एक मूल पेच होता है जिसे ढीला करने से हम वर्नियर स्केल सहित प्रिज्म मंच को घुमा सकते हैं । पेंच को कस देने से वर्नियर स्केल स्थिर हो जाता है व केवल प्रिज्म मंच को घुमाया जा सकता है ।

दूरदर्शक को हम, यंत्र के बेस में लगे एक मूल पेच की मदद से, अपनी इच्छानुसार घमा या स्थिर कर सकते हैं।

वर्नियर स्केल या दूरदर्शक का, वर्नियर पेच की मदद से सूक्ष्म संमजन किया जा सकता है । वर्नियर पेच तभी काम कर सकता है जब मूल पेच बद्ध हों ।

वृत्तिय स्केल का विभाजन डिग्रियों में होता है । प्रत्येक मूल स्केल विभाजन का मान आम तौर पर $1/2^{o}$ या 30 मिनट होता है। वर्नियर स्केल पर आम तौर पर 30 विभाजन होते हैं जो कि मूल स्केल के 29 विभाजनों के बराबर होते हैं। वर्नियर का अल्पतमांक सामान्यत: 1 होता है।

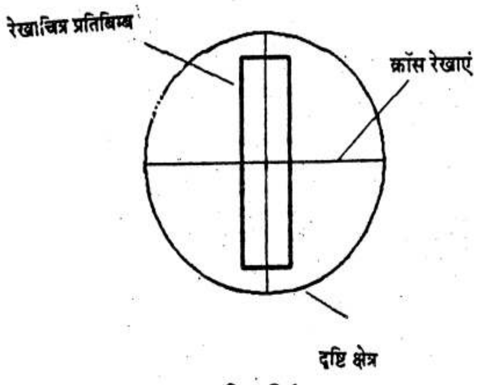
8.5.4 प्रिज्म के कोण को मापना

पारद वा ष्प लैम्प के विभिन्न रंगों के प्रकाश के लिये स्पेक्ट्रोमीटर तथा समबाहु प्रिज्म से परावर्तनांक

उपकरण

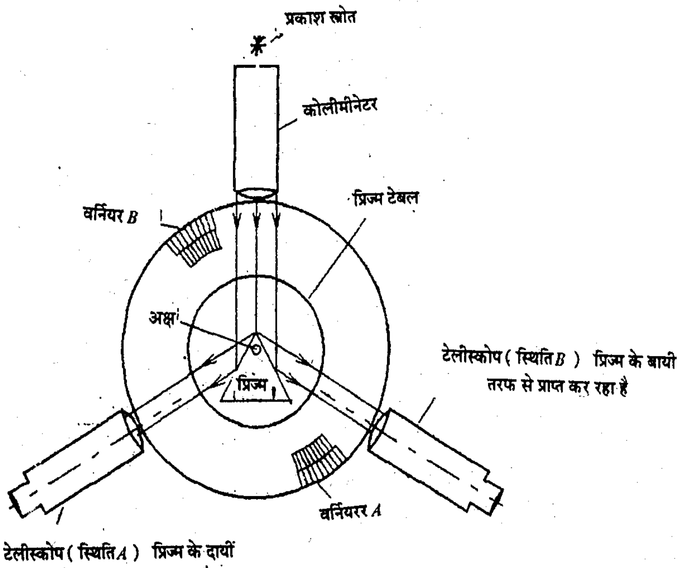
* प्रिज्म सघन फ्लिन्ट कांच से बना
* स्पिरिटलेविल
* पठनलेन्स
* दर्पण
* पारदवा ष्पलैम्प
* स्पेक्ट्रोमीटर

स्पेक्ट्रोमीटर को समायोजित करने के पश्चात, प्रिज्म को प्रिज्म मंच पर स्थापित किया जाता है । परावर्तन किनरों को, प्रिज्म मंच पर, समांतरित्र के समयितत: रखा जाता है । दूरदर्शक को इस तरह घुमायें कि प्रिज्म के एक तरफ से आने वाला प्रकाश उस पर पड़ें। दूरदर्शक के मूल पेच को कस दें तथा सूक्ष्म समंजन पेंच को घुमायें जिससे कि क्रास तार रेखा छिद्र के बिंब के साथ संपाती (Coincident) हों, जैसा किच चित्र 8.1 में दिखाया गया है।



चित्र 8.1

चित्र 8.2 को देखें। मूल स्केल पाठयांक तथा मूल स्केल से संपाती वर्नियर स्केल पाठयांक दोनों स्केलों A तथा B से देखकर नोट करें। दूरदर्शक पेच को खोल दें तथा इस प्रकार घुमायें कि प्रिज्म की दूसरी तरफ से आने वाला प्रकाश उस पर पड़े तथा पहले की भांति दोनों स्केलों पर पाठयांक पढ़े तथा



चित्र 8.2

उन्हें नोट करें। स्केल A व B के दोनों तरफ के पाठ्यांकों का अंतर, उस कोण के बराबर होगा जिससे दूरदर्शक को घुमाया गया है तथा यह कोण प्रिज्म के कोण का दो गुणा ($2A$) होगा। अत: हम A का मान ज्ञात कर सकते हैं। पाठयांकों को तालिका में नोट करें। वर्नियर स्केल को दूसरे स्थानों पर रख कर स्थापित करके प्रयोग को दोहरायें। कई बार दोहरा कर सभी पाठ्यांकों का औसत मान लेने से हमें A का सबसे सही आंकलित मान प्राप्त होता है। सभी आंकड़ों को तालिका I में रिकार्ड करें।

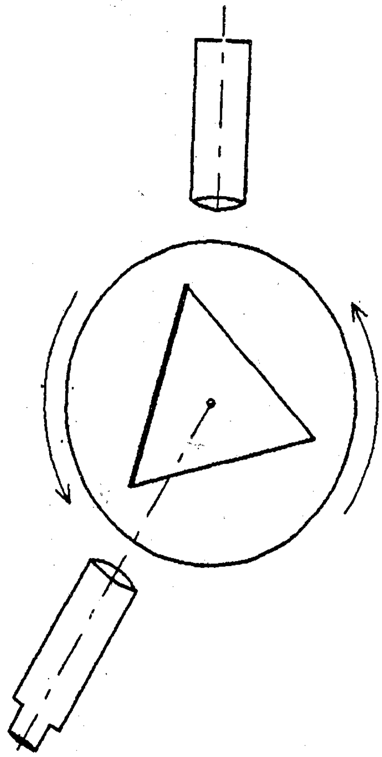
तालिका I

एक तरफ		दूसरी तरफ		2A		A
वर्नियर I	वर्नियर II	वर्नियर I	वर्नियर II	वर्नियर I	वर्नियर II	औसत

औसत प्रिज्म कोण = ...

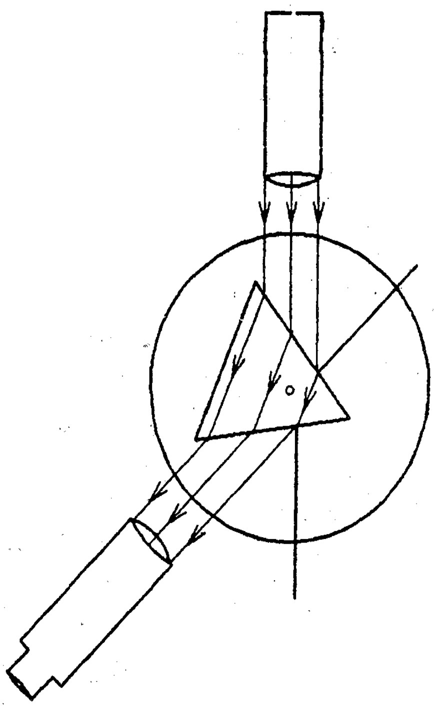
8.5.5 विभिन्न रंगों के प्रकाश के लिये अल्पतम विचलन कोण को मापना

प्रिज्म का कोण मापने के बाद, प्रिज्म मंच को इस तरह घुमायें कि प्रिज्म का एक किनारा (side) समांतरित्र की तरफ झुका हुआ हो, जैसे कि चित्र 8.3 में दिखाया गया है।



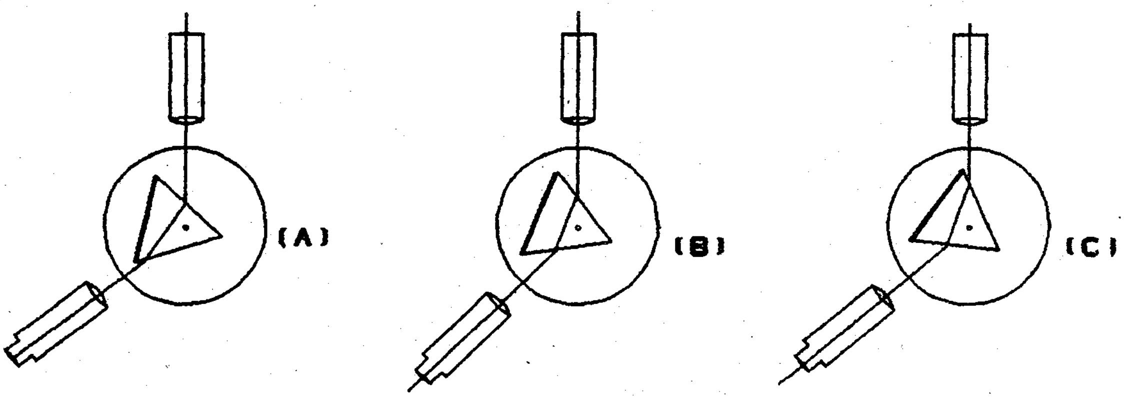
चित्र 8.3

प्रिज्म से अपवर्तित हो कर निर्गत किरण किस दिशा में बाहर निकलेगी ? निर्गत किरण, प्रिज्म के बेस की तरफ विचलित होगी । अब टेलिस्कोप को इस तरह घुमायें कि निर्गत किरण टेलिस्कोप पर पड़े । आपको आपतित किरण का एक सुंदर स्पेक्ट्रम टेलिस्कोप में दिखाई देगा । चित्र 8.4 देखें ।



चित्र 8.4

जब प्रिज्म मंच को घुमाया जाता है तो आपतन कोण बदल जाता है तथा साथ ही साथ निर्गमन कोण भी बदल जाता है । इसके परिणामस्वरुप विचलन कोण भी बदल जाता है, जैसा कि चित्र 8.5 में दिखाया गया है ।



चित्र 8.5

हमारा सधान प्रिज्म को अल्पतम विचलन के लिये स्थापित करना है । इसके लिए आप टेलिस्कोप से स्पेक्ट्रम देखें तथा प्रिज्म को घुमायें । जब आप प्रिज्म मंच को एक तरफ घुमायेंगे तो स्पेक्ट्रम भी एक तरफ चलेगी । लगातार एक तरफ घुमाने पर आप देखेंगे कि एक स्थान पर जा कर स्पेक्ट्रम चलना बंद हो जायेगा तथा उसके बाद भी उसी तरफ घमाने पर स्पेक्ट्रम विपरित दिशा चलने लगेगी । प्रिज्म मंच को उस अवस्था में कस कर स्थिर कर दें जिस स्थिति पर स्पेक्ट्रम चलना बंद हो जाता है । इस अवस्था को अल्पतम विचलन की अवस्था कहते हैं ।

तालिका - II

रंग	अल्पतन विचलन अवस्था		अल्पतम विचलन कोण			n
	वर्नियर	वर्नियर	वर्नियर में अंतर	वर्नियर औसत में अंतर	औसत	

बोध प्रश्न

क्या प्रिज्म मंच को स्पेक्ट्रम की प्रत्येक रेखा के लिये समायोजित करना जरुरी है ? क्या एक रेखा के लिये प्रिज्म को अल्पतम विचलन अवस्था में समायोजित कर देने से वह सभी रेखाओं के लिए अल्पतम विचलन अवस्था में हो जायेगा ? प्रयोग को करने के पश्चात तालिका II की मदद से उत्तर दें।

सभी रेखाओं के लिये, अल्पतम विचलन अवस्था के पाठ्यांक रिकार्ड कर के प्रिज्म को हटा दें। टेलीस्कोप को खोल दें तथा इस तरह घुमायें कि वह समांतरित्र के अक्ष के समरेख हो जाये। अब सीधी किरण के लिये दोनों वर्नियर स्केलों से पाठयांक रिकार्ड करें।

एक ही वर्नियर से टेलिस्कोप की दो विभिन्न अवस्थओं के लिये, लिए गए पाठ्यांकों के अंतर का परिकलन करें। टेलिस्कोप की दो अवस्थाएं – एक वो जिसमें टेलिस्कोप पर विचलित किरण पड़ती है तथा दूसरी वो – जिसमें उस पर सीधी किरण पड़ती है। दोनों वर्नियरों के लिए आकलित अंतर का औसत मान परिकलित करें। यह, अल्पतम विचलन कौन, D का मान होगा। सूत्र

$n = \frac{\sin (A+D)/2}{\sin A/2}$ का प्रयोग करके तथा A व B का मान प्रतिस्थापित करके, प्रिज्म के पदार्थ के अपवर्तनांक का परिकलन किया जा सकता है।

8.5.6 प्रेक्षण

1 मूल स्केल विभाजन	=	1/2
30 वर्नियर स्केल विभाजन	=	29 मूल स्केल विभाजन
1 वर्नियर स्केल विभाजन	=	29/30 मूल स्केल विभाजन
अल्पतम विभाजन	=	1 msd – 1 vsd
	=	(1 – 29/30) msd
	=	1/30 msd
	=	$\frac{1}{30} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{60} = 1$

अल्पतम विभाजन = 1 प्रिज्म का कोण = A =

पारे के स्पेक्ट्रम की हरी रेखा के लिये प्रिज्म तथा प्रिज्म मंच को अल्पतम विचलन अवस्था में स्थापित करें। अब दूरदर्शक को इस तरह समजित करें कि क्रास तार एक एक करके मुख्य रेखाओं पर पड़े। प्रत्येक रेखा के पाठयांकों को तालिका III में नोट करें।

8.5.7 सौर स्पेक्ट्रम

सौर स्पेक्ट्रम के दृश्य भाग का प्रेक्षण करने के लिये हम प्रयोगशाला प्रकाश स्रोतों की जगह सौर किरणों का इस्तेमाल करते हैं। प्रिज्म की अवस्था वो ही रखें जो 8.5.6 में रखी थी। एक छोटे से दर्पण को इस प्रकार समायोजित करें कि सौर किरणें उस दर्पण से परावर्तित हो कर रेखाछिद्र में से होती हुई सीधी स्पेक्ट्रोमीटर पर पड़े। रेखाछिद्र को इस तरह समंजित करें कि वह न्यूनतम खुले तथा उसमें से काफी प्रकाश किरणें गुजर सके।

पाठ्यांक नोट करने की विधि, पहले वाली ही है। यहां हम एक संतत पृष्ठभूमि में अदीप्त रेखाओं वाले स्पेक्ट्रम का अवलोकन करते हैं। यह अदीप्त रेखायें, उन तत्वों की अवशोषण रेखाओं के अनुरुप होती हैं, जो सूर्य पर वाष्प अवस्था में हैं। इसलिये यह अवशोषण रेखायें, अदीप्त रेखायें दिखती हैं। H-अल्फा तथा H- बीटा रेखायें मुख्य रुप से अदीप्त रेखायें दिखाई देती हैं। जिन कोणों पर मुख्य अदीप्त अवशोषण रेखायें दिखती हैं, उन्हें नापें। नोट कीये गये पाठयांकों को तालिका IV में दर्ज करें जिसे आप नीचे दिये गये स्थान में बनायें।

8.6 परिकलन

विभिन्न रंगों के लिये परिकलित अपवर्तनांकों (तालिका II) का ग्राफ बनायें।

विभिन्न रंगों के तरंग दैर्घ्य (nm) नीचे तालिका में दिये गये हैं।

तालिका - III

रंग	लाल	पीला	हरा	नीला 1	नीला 2	जामनी
तरंग						
दैर्घ्य						

8.7 निष्कर्ष

प्रिज्म के कोण को निर्धारित कर दिया गया है । स्रोत से उत्सर्जित स्पेक्ट्रम के विभिन्न रंगों के लिये, प्रिज्म के पदार्थ के अपवर्तनांकों को भी निर्धारित कर दिया गया है । हरा - प्रकाश अल्पतम विचालक की मदद से स्पैक्ट्रोमीटर का पारद रेखाओं के लिये अंशाशोधन कर दिया गया है । मुख्य सौर अवशोषण रेखाओं का प्रेक्षण किया गया है तथा उनके तरंग दैर्घ्य का परिकलन किया गया है।

एक ग्राफ बनायें, जिसमें मुख्य पारद रेखाओं के तरंग दैर्घ्य या टेलिस्कोप कोण पाठ्यांकों का आलेख करें (तालिका III)

मुख्य सौर अवशोषण रेखाओं के टेलिस्कोप कोण पाठ्यांकों तथा उपरोक्त ग्राफ की मदद से सौर रेखाओं का तरंग दैर्घ्य ज्ञात कीजिये । परिकलित मानों को में रिकार्ड कीजिये ।

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण ______________________

प्रयोग 9 : प्रकाश का व्यतिकरण –यंग का प्रयोग

9.1 प्रस्तावना
उद्देश्य

9.2 उपकरण

9.3 अध्ययन सामग्री : यंग का प्रयोग

9.4 पूर्वविधान (सावधानियां)

9.5 प्रयोग
कार्य विधि
मापदंड और तालिकाबद्ध करना

9.6 निष्कर्ष

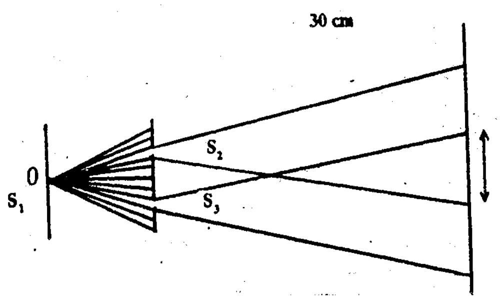
9.1 प्रस्तावना

प्रकाश की प्रवृत्ति की जानकारी हमारे लिये बहुत सहायक है। वास्तव में इसकी जानकारी की मदद से हम प्रकाश का कई उपयोगी क्षेत्रों में प्रयोग करने में सफल हो सके हैं जैसे, प्रौद्योगिकी, औषधि औद्योगिकी, संचार, चलचित्रकी, फोटोग्राफी इत्यादि।

प्राचीन समय में वैज्ञानिकों का यह मानना था कि प्रकाश किरणें केवल सीधी रेखाओं के रुप में ही संचरित होती हैं। न्यूटन ने प्रकाश के कणिका सिद्धांत का प्रस्थापन किया था, जो कि बाद में अपर्याप्त पाया गया।

वैज्ञानिक यंग ने एक बहुत सरल परन्तु अति सार्थक प्रयोग किया । जिसके अनुसार प्रकाश का संचरण तरंगों के रुप में होता है। जो प्रयोग यंग ने किया था वह आप में से कोई भी बड़ी आसानी से कर सकता है ।

आप तो विज्ञान के छात्र हैं, आपने यह देखा होगा कि साबुन का बुलबुला तथा पानी की सतह पर फैली हुई तेल की परत रंगीन दिखाई देते हैं । आगे चलकर आप यह जानेंगे कि इसका कारण प्रकाश का व्यतिकरण है, जो यंग के प्रयोग का संधान या विषय था। नीचे की गई व्याख्या से आप को पता चलेगा कि यंग का प्रयोग कितना आसान था । यह चित्र 9.1 में दर्शाया गया है ।



चित्र 9.1

चित्र में S प्रकाश का स्रोत है, जो एक ही रंग का है (एकवर्णी स्रोत)। S_1, S_2 तथा S_3 छोटे-छोटे तंग, समांतर, चतुर्भुजी रेखा छिद्र हैं, जिनकी चौडाई .03 mm से .02 mm के बीच में है। प्रत्येक रेखा छिद्र से उत्सर्जित होने वाला प्रकाश फैल जाता है तथा S_2 व S_3 स्रोतों से आने वाला प्रकाश, परदे (screen) के X भाग में अतिव्यापित होता है । इस व्यतिकरण वाले भाग में हमें समान चौड़ाई वाले समांतर बैंड प्राप्त होते हैं, जो क्रमश: दीप्त व अदीप्त होते हैं । यह बैंड रेखा छिद्र के समांतर तथा चित्र के समतल के लंब पर होते हैं । यह चित्र 9.7 में दिखाया गया है । यह प्रेक्षण, प्रकाश के तरंग सिद्धांत का आधार बना ।

उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप

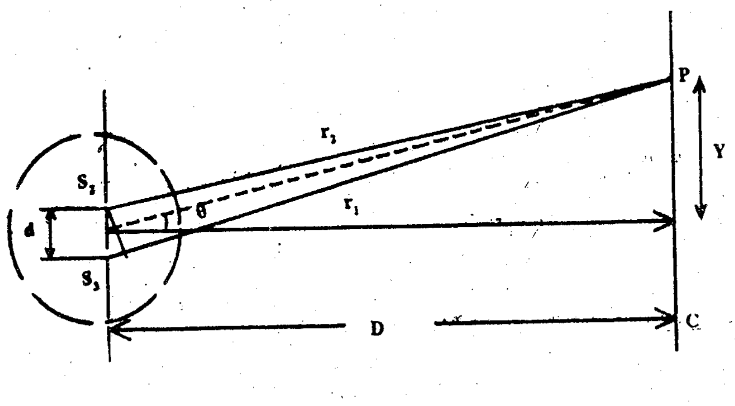
- व्यतिकरण परिघटना की व्याख्या कर सकेंगे ।
- यंग के द्वि-रेखा छिद्र व्यतिकरण प्रयोग की सहायता से एकवर्णी स्रोत के तरंग दैर्घ्य को माप सकेंगे ।

9.2 उपकरण

* एक एकवर्णी स्रोत जैसे सोडियम वाष्प लैम्प
* एक चल-सूक्ष्मदर्शी
* कांच की प्लेट 1 mm से 2 mm चौड़ी
* मिट्टी के तेल का लैम्प या कोई दूसरा लैम्प जो कांच की प्लेट की ऊपरी सतह को धुंए से काला करने के काम आ सके।
* तीखा छोर जैसे उस्तरे का अग्र भाग
* एक मीटर का स्केल

9.3 पठन सामग्री : यंग का प्रयोग

दो समान आवृत्ति वाली, लगभग बराबर तीव्रता वाली, लगभग एक ही दिशा से संचरण करने वाली तथा समय के साथ स्थिरांक कलांतर वाली तरंगों की कल्पना करें । ऐसी तरंगें इस प्रकार संयुक्त होती हैं कि उनकी ऊर्जा दिक्ककाल में एक समान वितरित नहीं होती अपितु कुछ स्थानों पर अधिकतम होती हैं व कुछ अन्य स्थानों पर न्यूनतम होती हैं ।

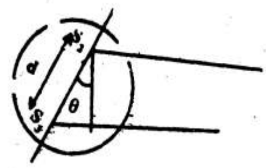


चित्र 9.2

चित्र 9.2 में S_3 तथा S_2 दो ऐसे संकीर्ण समांतर रेखाछिद्रों को संकेतित करते हैं जिनमें आपसी दूरी d है। P पर्दे C पर किसी भी बिंदु को संकेतित करता है। बिंदु P संकीर्ण रेखाछिद्रों S_3 तथा S_2 से क्रमशः r_1 तथा r_2 की दूरी पर है। S_3 से P पर इस तरह रेखा खीचे कि रेखाएं PS_2 तथा Pb बराबर हों। यदि रेखाछिदों S_2 तथा S_3 के बीच की दूरी, D से बहुत कम हो तो S_2b दोनों r_1 तथा r_2 के लंब पर होंगी। इसका अर्थ यह निकलता है कि चित्र 9.2 में कोण S_3S_2b कोण PaO के लगभग बराबर होगा। बिंदु P पर S_3 तथा S_2 से आने वाली दोनों किरणें संबद्ध होती हैं क्योंकि दोनों एक ही स्रोत S_1 से व्युत्पन्न होती हैं। क्योंकि दोनों किरणों की प्रकाशीय दूरी भिन्न होती है इसलिये बिंदु P तक पहुंचने पर उनमें स्थिरांक कलांतर होता है।

पथांतर S_3b में उपस्थित तरंग दैर्घ्यों की संख्या यह निर्धारित करती है कि बिंदु P पर किस प्रकार का व्यतिकरण होगा यानि वहां अधिकतम प्रकाश तीव्रता होगी या न्यूनतम।

बिंदु P पर अधिकतम प्रकाश तीव्रता के लिए : चित्र 9.3 देखें



चित्र 9.3

$S_3b = d\sin\theta$ ये तरंग दैर्घ्यों की पूण संख्या होनी चाहिए (mL)।

इसे हम निम्न रुप में लिख सकते हैं :-

$$d\sin\theta = m \times L \qquad m = 0, 1, 2, 3 \ldots$$

गौर करें कि चित्र 9.2 में O से ऊपर स्थित प्रत्येक अधिकतम के सममिति एक और अधिकतम से नीचे स्थित है।

केन्द्रीय अधिकतम O पर $m = O$ के लिये प्राप्त होती है। बिंदु P पर न्यून्तम प्रकाश तीव्रता के लिये :

$S_3b = d\sin\theta$ में तरंग दैर्घ्यों की अर्धपूर्ण संख्या होनी चाहिये यानि

$$d\sin\theta = (m+1)/2L \qquad m = 0, 1, 2, 3 \ldots$$

चित्र 9.2 के अनुसार यदि θ का मान बहुत कम हो तो हम निम्नलिखित सन्निकटन कर सकते हैं :-

$$\sin\theta = \tan\theta = \theta$$

हम देखते हैं कि

$$\tan\theta = \theta = \frac{y}{D}$$

इस समीकरण को समीकरण (i) में प्रतिस्थापित करने पर हमें निम्नलिखित प्राप्त होता है :-

$$d\theta = mL$$

$$\frac{dy}{D} = mL$$

$$y = mL\frac{D}{d} \qquad m = 0, 1, 2, 3 \ldots \text{ (अधिकतम के लिए)}$$

किन्हीं दो संलग्न अधिकतमों की स्थिति इस प्रकार होगी

$$y_m = nL\frac{D}{d} \quad \ldots(3)$$

$$y_{m+1} = (n+1)\frac{LD}{d} = (m+1)\frac{LD}{d} \quad \ldots(4)$$

इनमें अंतराल 'w' यानि एक फ्रिन्ज या बैंड की चौडाई समीकरण (3) को समीकरण (4) में से घटाने पर प्राप्त होंगी।

$$w = y_{m+1} - y_m = \frac{LD}{d} \quad \ldots(5)$$

उपरोक्त समीकरण के आधार पर निम्नलिखित होगा

$$L = \frac{dw}{D} \quad \ldots(6)$$

9.4 पूर्वावधान (सावधानियां)

ध्यान रखें कि केन्द्रीय रेखाछिद्र S_1, S_2 तथा S_3 चल सूक्ष्मदर्शी की नेत्रिका समरेख हो ।

रेखाछिद्र S_1, S_2 तथा S_3 समांतर होने चाहियें ।

ध्यान रखें कि नेत्रिका उस स्थान में निर्धारित करें जहां S_2 व S_3 से आने वाले प्रकाश का अतिव्यापन हो रहा हो। इसे प्राप्त करने के लिये पहले नेत्रिका को निकाल लें तथा सूक्ष्मदर्शी को टयूब में देखें उसे तब तक चलायें जब तक कि दोनों रेखाछिद्र प्रकाशित न हो जायें । अब नेत्रिका को प्रतिस्थापित करने पर आपको फ्रिन्जें प्राप्त होंगी ।

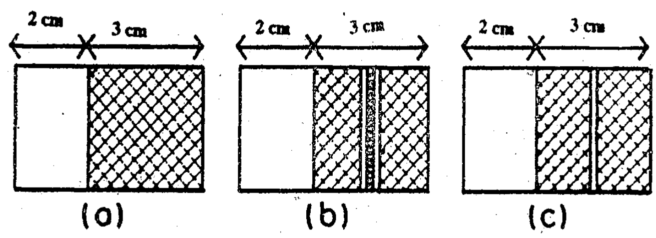
9.5 प्रयोग

संधान : यंग के दो स्लिट के प्रयोग को व्यवस्थित करना तथा एकवर्णी स्रोत सोडियम लैम्प के प्रकाश के तरंग दैर्घ्य को नापना।

9.5.1 कार्य-विधि

रेखाछिद्र बनाना

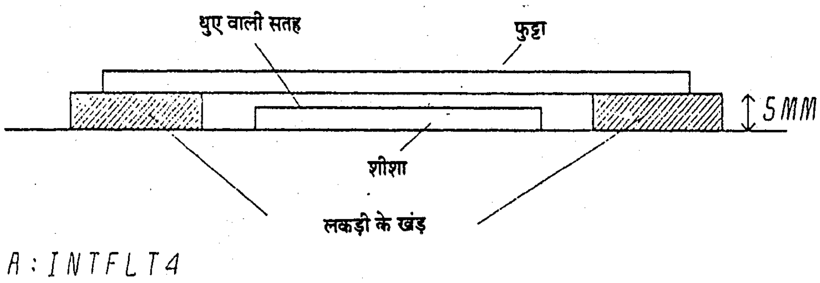
सबसे पहले आप अपने आयताकार रेखाछिद्र बना लें । दो पारदर्शी कांच की पत्तियां लें (जो लगभग 3 सें.मी × 5 सें.मी व 0.2 सें.मी. मोटी हों) या किसी भी आसानी से उपलब्ध लंबाई, चौडाई की हों । मिटटी के तेल के दिये के धुंए से दोनों कोंच की पत्तियों को एक तरफ से काला कर दें जिससे कि कांच की पत्तियां पूर्णत: अपारदर्शी हो जायें, जैसा कि चित्र 9.4a में दिखाया गया है।



चित्र 9.4.a

चित्र 9.3. b

दो 5 mm या 6 mm मोटी लकड़ी की पत्तियां लें। उन्हें एक समतल मेज पर कुछ दूरी पर रखें। इतनी दूरी पर रखें कि उनके भीतर काली की हुई कांच की पत्तियों को रखा जा सके। लकड़ी की दोनों पत्तियों पर स्केल रखें। किसी नोकीले सिरे से (जो कि पेन की निब या सुई या उस्तरे की धार हो सकती है) काली की हुई सतह पर स्केल से एक सीधी रेखा खीचें। यह आयोजन चित्र 9.5 में दिखाया गया है। पारदर्शी खींची हुई रेखा, आयताकार रेखा छिद्र का काम देती है। करीब खींची हुई दो रेखांए, द्विरेखाछिद्र का काम देती हैं। चित्र 9.4 b व 9.4c के अनुसार एक रेखा छिद्र तथा द्विरेखाछिद्र बनायें।

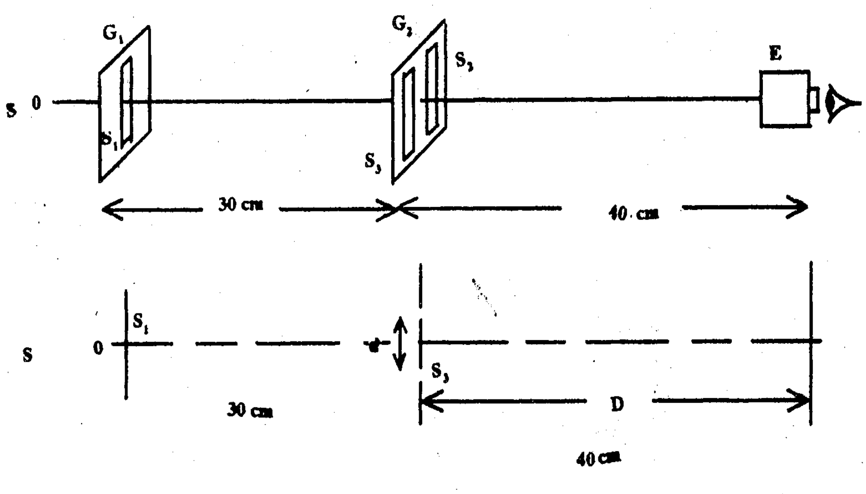


चित्र 9.5

यंग का प्रयोग करने के लिये हमें, एक रेखाछिद्र एक द्विरेखा छिद्र तथा एक नेत्रिका की आवश्यकता है। रेखाछिद्रों की चौडाई बहुत कम होती चाहिए जैसे कि 0.2 mm। रेखाछिद्र की लंबाई, लगभग 2 सें.मी. होनी चाहिये। निकटवर्ती दो रेखाछिद्रों के केन्द्रों की दूरी लगभग .05 mm होनी चाहिये। किसी भी चल-सूक्ष्मदर्शी के अभिदृश्यक लेन्स को निकाल कर उसकी नेत्रिका का प्रयोग कर सकते हैं।

व्यतिकरण फ्रिन्जों को प्राप्त करने के लिये समायोजन

एक रेखाछिद्र को एक कलैम्प में सोडियम लैम्प के निकट 10 सें.मी. -से 20 सें.मी. की दूरी पर रखें। अब द्वि-रेखाछिद्र, जो आपने बनाया है, एक रेखाछिद्र से लगभग 20-25 सें मी. की दूरी पर रखें। प्रायोगिक व्यवस्था चित्र 9.6 में दिखाई गई है।



चित्र 9.6

चल सूक्ष्मदर्शी जिसके अभिदृश्यक लेन्स को निकाल दिया गया है की नेत्रिका को इस प्रकार रखें कि S_1, S_2 का केन्द्र बिंदु तथा S_3 सम रेख हो। आपको एकांतर दीप्त व अदीप्त फ्रिन्जों का व्यतिकरण चित्राम दिखाई देगा। यदि आपको चित्राम दिखाई न दे तो, कांच की पत्तियों G_1 व G_2 के समतल के लंब पर अक्ष के गिर्द G_1 या G_2 को, नेत्रिका में से देखते हुए, हल्के से तब तक घुमायें जब

तक व्यतिकरण चित्राभ दिखाई न दें । तीव्र व्यतिकरण फ्रिन्जों को प्राप्त करने के लिये यह आवश्यक है कि रेखाछिद्र S_1, S_2 व S_3 के समांतर हो । तथा रेखाछिद्रों की चौडाई जितनी कम से कम संभव हो होनी चाहिये।

9.5.2 मापदंड एवं तालिकाबद्ध करना

एक वर्णी स्रोत से प्राप्त होने वाले प्रकाश की किरणों का तरंग देर्घ्य समीकरण (6) के अनुसार निम्नलिखित होगा

$$L = \frac{dw}{D}$$

जहां d द्वि-रेखाछिद्र S_2 व S_3 के केन्द्रों के बीच की दूरी है ।

'D'' कांच की पत्ती G_2 जो कि द्वि-रेखाछिद्र S_2 व S_3 के समतल में है । तथा नेत्रिका E के क्रास तार के बीच की दूरी है ।

'W' फ्रिन्ज या बैंड की चौड़ाई है दीप्त बैंड अथवा अदीप्त बैंड

द्विस्लिट S_2 व S_3 के केन्द्रों के बीच की दूरी का मापदंड

चल सूक्ष्मदर्शी, जिसका अभिदृश्यक लैन्स प्रतिस्थापित कर दिया गया हो, d के मापदंड के काम आ सकता है । कांच की पत्ती G_2 को कलैम्प में इस प्रकार लगायें कि उसका समतल ऊर्ध्वाधर हो। स्लिट S_2 व S_3 भी इसी समतल में हैं । सूक्ष्मदर्शी का अक्ष क्षैतिज स्थिति में रखा जाता है । सूक्ष्मदर्शी को स्लिट S_2 पर फोकस करें। क्षैतिज स्केल पर उसकी स्थिति को नोट कर लें अब सूक्ष्मदर्शी को स्लिट S_3 पर फोकस करें। क्षैतिज स्केल पर इसकी स्थिति को भी नोट कर लें। दोनों स्थितियों का अंतर स्लिट S_2 व S_3 के बीच की दूरी अर्थात d के बराबर होगा। अपने प्रेक्षणों को तालिका 1 में तालिकाबद्ध करें ।

तालिका -I

दो स्रोतों S_2 व S_3 के बीच की दूरी "d" का मापदंड

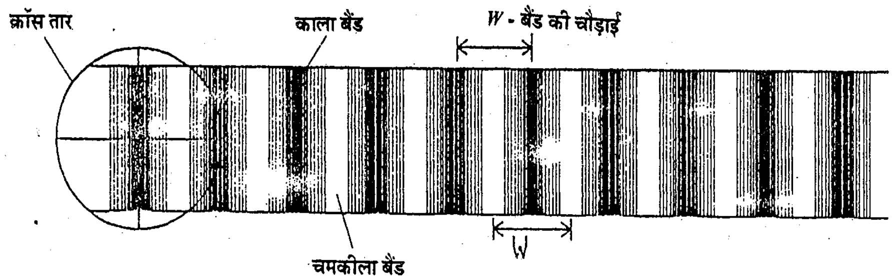
	सूक्ष्मदर्शी की वह स्थिति जिसमें ऊर्ध्वाधर क्रास तार स्लिट के केन्द्र के संपाती हों		दो स्लिटों S_2 व S_3 के केन्द्रों के बीच की दूरी d सें.मी.
	स्लिट S_2 से.मी	स्लिट S_3 सें.मी	
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

d का औसत मान = सें.मी.

"W" तथा "L" का मापदंड

सूक्ष्मदर्शी के अभिदृश्यक लेन्स को दोबारा निकाल दें तथा व्यतिकरण फ्रिन्जों का प्रेक्षण करें ।

नेत्रिका की ऊर्ध्वाधर क्रास तार को किसी भी दीप्त या अदीप्त फ्रिन्ज के केन्द्र के संपाती करें । इसे m_{th} कोटि (order) की फ्रिन्ज मान लें । चित्र 9.7 को देखें ।



A:INTFLTG

चित्र 9.7

सूक्ष्मदर्शी की प्रारंभिक स्थिति में नेत्रिका की स्थिति को नोट कर लें। स्लिटों से आने वाली प्रकाश किरणों की दिशा के पाश्विक नेत्रिका को इस तरह चलायें कि उसके दृश्य क्षेत्र में एकांतर दीप्त या अदीप्त बैंड स्पष्ट रुप से दिखाई दें। फ्रिन्जों की संख्या, स्थानांतरित फ्रिन्जों की संख्या से ज्ञात करें। अब क्रास तार को $(m + n)$ कोटि की फ्रिन्ज (जहां $n = 10$ या 11) के संपाती करें। नेत्रिका की अंतिम स्थिति में सूक्ष्मदर्शी की स्थिति को नोट कर लें। यह $(m + n)_{th}$ फ्रिन्ज के तदनुरुपी स्थिति होगी। नेत्रिका की आरंभिक तथा अंतिम स्थिति के बीच का अंतर n फ्रिन्जों की चौड़ाई के बराबर होगा। अब एक फ्रिन्ज की चौड़ाई w ज्ञात कीजिए। अंकों को तालिकाबद्ध करें। तालिका-II का प्रयोग करें।

$D - G_2$ (जिसमें S_2 व S_3 स्रोत है) तथा नेत्रिका के क्रास तार की स्थिति के बीच की दूरी ।

P_1 चल दूरदर्शी के क्षैतिज स्केल में नेत्रिका का स्थिति जब कि ऊर्ध्वाधर क्रास तार m_{th} कोटि की फ्रिन्ज के संपाती है ।

P_2 चल दूरदर्शी के क्षैतिज स्केल में नेत्रिका की वह स्थिति जब ऊर्ध्वाधर क्रास तार $(m + n)_{th}$ कोटि की फ्रिन्ज के संपाती है ।

n नेत्रिका को P_1 से P_2 पर स्थानांतरित करने पर दृश्य क्षेत्र में स्थानांतरित होने वाली फ्रिन्जों की संख्या

w_n फ्रिन्जों की चौड़ाई

w एक प्रिज्म की चौड़ाई

L स्रोत प्रकाश किरणों का तरंग दैर्घ्य

$$\left[L = \left(\frac{d}{D}\right) \times w \right]$$

तालिका -II

फ्रिन्ज की चौड़ाई w तथा तरंग दैर्घ्य L का मापदंड

D (सेंमी)	P_1 (सेंमी)	P_2 (सेंमी)	n	w_n (सेंमी)	w (सेंमी)	L (nm)

w का औस्त मान = (cm)

मानक विचलन = (nm)

प्रकाश स्रोत का तरंग दैर्घ्य = (nm)

यदि दो स्लिटों S_2 व S_3 के बीच की दूरी d को बढ़ाया या घटाया जाये तो फ्रिन्ज की चौड़ाई पर क्या असर पड़ेगा ? दूसरे छात्रों द्वारा बनाई गई स्लिटों, जिनका अंतर भिन्न होगा, से प्राप्त फ्रिन्ज की चौड़ाई का प्रेक्षण करें तथा प्राप्त अंकों पर विचार करें। तब प्रश्न का उत्तर दें तथा उसकी व्याख्या करें।

बोध प्रश्न

अ यंग के प्रयोग में प्राप्त होने वाली फ्रिन्जों की चौड़ाई बराबर क्यों होती है।

____

____

____

____

ब प्रकाश किरणों का व्यतिकरण प्राप्त करने का कोई और तरीका सुझायें।

____

____

____

____

स क्या ध्वनि तरंगों व रेडियों तरंगों में व्यतिकरण का प्रेक्षण किया जा सकता है ? व्याख्या करें तथा कारण बतायें।

____

____

____

____

द यदि सोडियम लैम्प को फिलामिन्ट लैम्प से प्रतिस्थापित किया जाये तो आप पर्दे पर क्या देखेंगे? करके देखें व अपने विचार का समीक्षण करें । आप जो ज्ञात करें वह नीचे रिकार्ड की कीजिए ।

____

____

____

____

9.6 निष्कर्ष

दो निकटवर्ती स्लिटों से एकांतर दीप्त या उदीप्त फ्रिन्जों के प्राप्त होने से हमें पता चलता है कि प्रकाश का संचरण तरंगों के रुप में होता है । इस प्रयोग के द्वारा हम दिये गये एकवर्णी स्रोत के तरंग दैर्ध्य का अनुमान लगा सकते हैं

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

अपर्वतन 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 त्रिपाश्र्व 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।

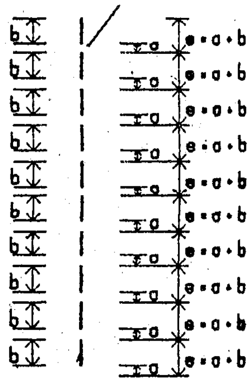
10.2 उपकरण

* 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 पारदर्शी 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 पारदर्शी भाग से प्रकाश किरणें गुजर जाती हैं किन्तु अपारदर्शी भाग से ये आपतित किरणें गुजर नहीं पाती। क्रमागत अपारदर्शी रे के बीच की दूरी इतनी कम होती है कि उसमें से गुजरने वाली प्रकाश किरणों का विवर्तन हो जाता है । सभी पारदर्शी 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

पारदर्शी भाग की चोडाई a है। अपारदर्शी 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 ।

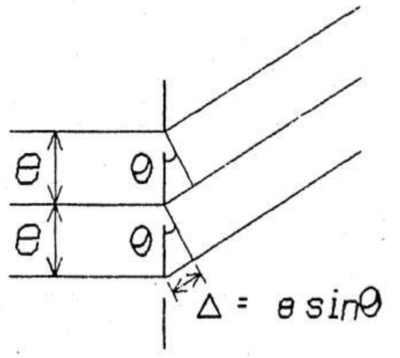
10.3.2 व्यतिकरण की कोटि

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 दैर्घ्य 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 ।

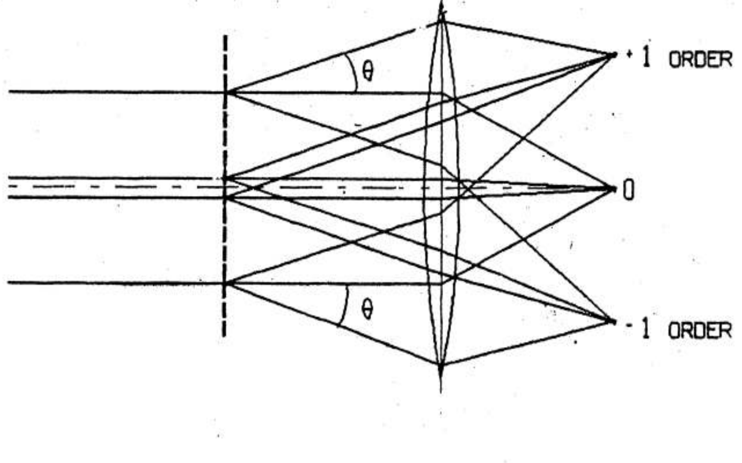


चित्र 10.2

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 तरंगदैर्घ्य 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 क्ि N का मान और तरंग दैर्घ्य का मान, हम एक ही सूत्र से निकाल सकते हैं। N का मान निकालने के लिए हम तरंगदैर्घ्य का कोई एक मान, मान लेते हैं तथा तरंगदैर्घ्य 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 हैं), 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।
* वर्नियरा और वर्नियर II के पाठ्यांक को सावधानीपूर्वक देखकर तालिकावद्ध कालॅम में लिखना चाहिए ।

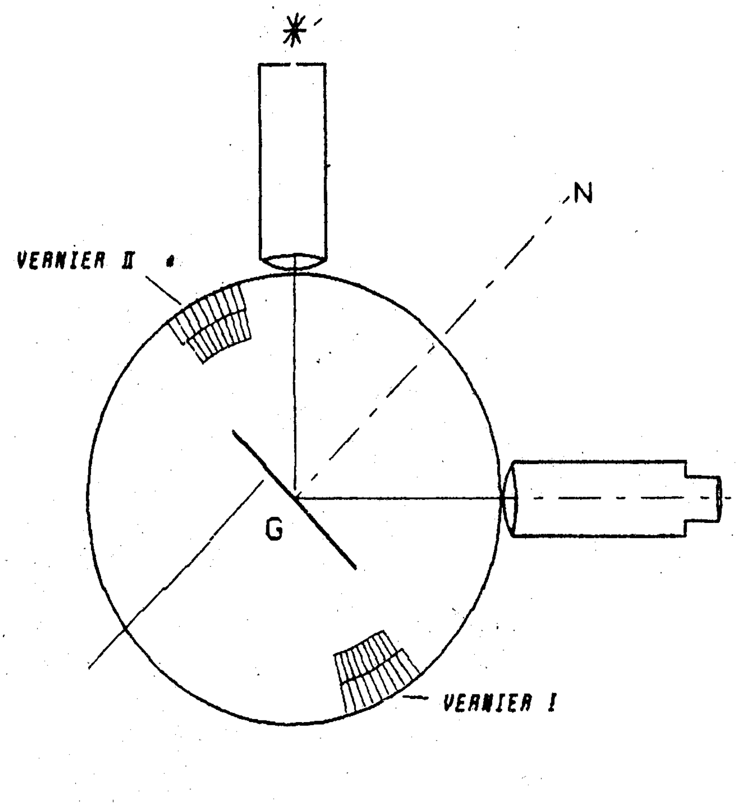
10.5 प्रयोग

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।

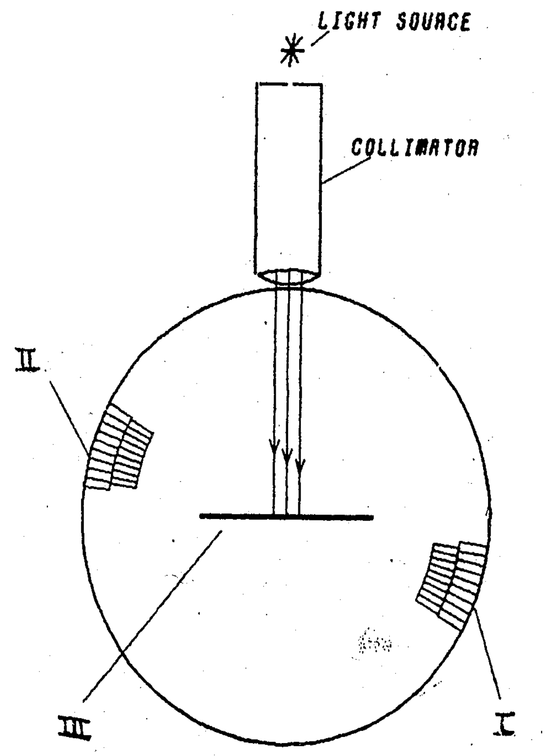
दूरबीन को ढीला करके 90° पर घुमाकर कसिए। इस प्रकार दूरबीन और समांतरित्र एक दूसरें से लम्बवत् हो जायेंगे।



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, त्रिपाश्र्व 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 अपर्वतन कोण

मरकरी लैम्प से प्राप्त होने वाला आपतित प्रकाश बहुत सी एक वर्णी प्रकाश किरणों से बना होता है। ग्रेट्गि 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° 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° 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 पाश्र्व 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 पाश्र्व 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 $\sin\theta = N \times m$ तरंगदैर्घ्य से तरंगदैर्घ्य 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 तरंगदैर्घ्यां 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।

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

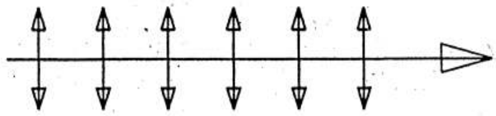
1 60 वाट का फिलामेंट वाला रुक्षित बल्ब तथा होल्डर

1 रंगीन फिल्टर

11.3 पठन सामग्री

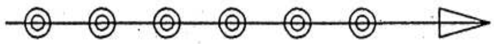
11.3.1 लंब या अनुप्रस्थ तरंगों का एक माडल

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।



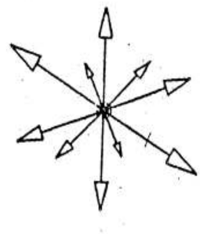
चित्र 11.1

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, जैसा 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^{o}) 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 पदार्थों 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 पदार्थों 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° 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. लॉगहरर्ट

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 क्रमश: 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 ध्रुवक 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 ध्रुवक 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

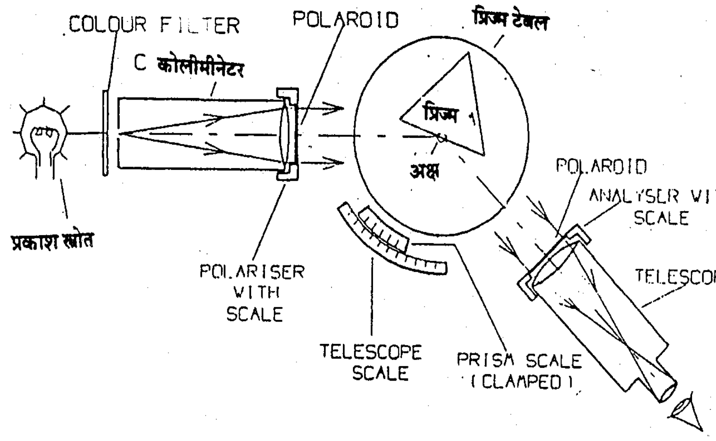
विश्लेषक पोलेराइड की परिवर्तित घुमी हुई स्थिति		**द्युति**
सतह के लंब पर	:	———
सतह के समांतर	:	———
बीच की स्थिति	:	———

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 पाश्र्व, टेलिस्कोप के लंब पर हो । यह आप प्रिज्म के पालिश वाले पाश्र्व 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 पाश्र्व 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 हैं।

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 :

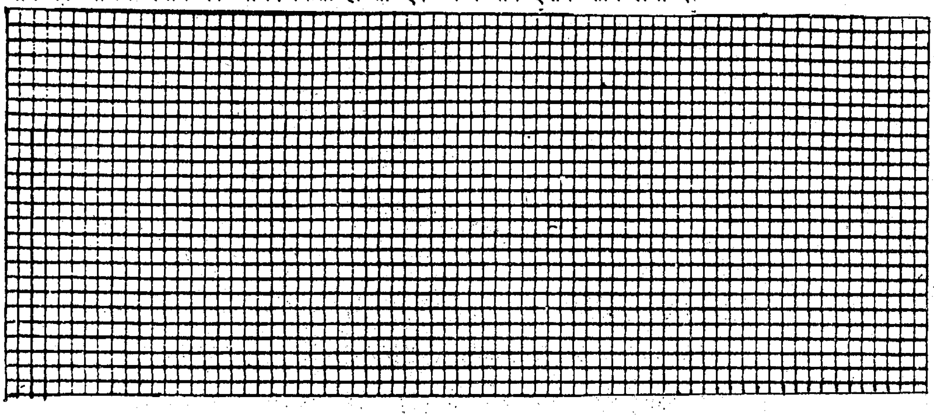
आपतन कोण	विश्लेषक पाठयांक			1,2,तथा 3 का औसत	औसत विश्लेषक कोण ** R_p/R_s	Tan
	पहली बार	दूसरी बार	तीसरी बार			
25						
30						
35						
40						
45						
50						

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।

____

____

____

____

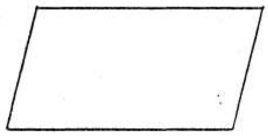
11.5.6. कैलसाइट क्रिस्टल के इस्तेमाल से एक अन्य प्रयोग

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।

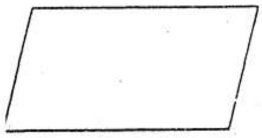
अधिक कोण =

न्यून कोण =

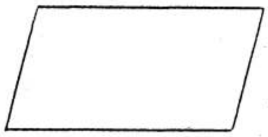
क्रिस्टल को, सफेद कागज पर लगे काले बिंदु पर रखें । जो बिंदु आप को नजर आये उन्हें नीचे दी गई रुपरेखा में बनायें।



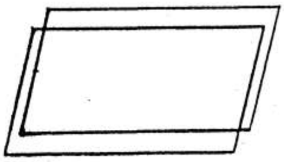
पोलेरॉइड विश्लेषक का इस्तेमाल करते हुये, नीचे दिये गये चित्र में प्रत्येक बिंदु की दिशा को अंकित कीजिये।

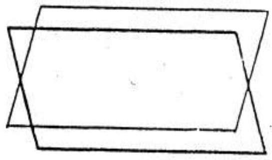


अब क्रिस्टल को मेज के लंब की दिशा वाले अक्ष के गिर्द, घुमायें । नीचे दिये गये चित्र में अंकित कीजिये कि, क्रिस्टल को घुमाने पर बिंदु किस प्रकार घूमाते हैं ।



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° 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 ?

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए :

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण ______________________

प्रयोग 12 : ध्रुवित प्रकाश में व्यतिकरण का अध्ययन करना

12.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

12.2 उपकरण

12.3 पठन सामग्री

द्वि-परावर्तन के सामान्य गुण धर्म

एक विशेष ज्योमितीय स्थिति

परिणामात्मक कला विस्थापन

व्यतिकरण

कुछ विशेष घटनाएं

स्थिति 1 विशेष आकृति वाला एकवर्णी प्रकाश स्रोत

स्थिति 2 ऊपर की आकृति वाला श्वेत प्रकाश स्रोत

स्थिति 3 चरण 2 जैसा लेकिन स्पेक्ट्रमदर्शी से देखा गया ।

स्थिति 4 श्वेत प्रकाश और तनु फिल्म

12.4 सावधानियां

12.5 प्रयोग

चरण 1 का पालन

चरण 2 का पालन

चरण 3 का पालन 73 12.6 निष्कर्ष

12.1 प्रस्तावना

जब आपने ध्रुवीकृत प्रकाश का अध्ययन किया था, तब रेखीय ध्रुवीकृत प्रकाश का प्रयोग करते हुए आपको प्रारंभ में बहुत सी रोचक परिघटनाओं का पता चला होगा । आपको पता चला होगा कि इस प्रकार का प्रकाश समय परिवर्तित सदिश के रुप में व्यक्त किया जा सकता है। यह सदिश ध्रुवीकरण की दिशा में इंगित करता है और प्रकाश के चलने की दिशा पर लम्बवत है ।

अब मैं आप से यह प्रश्न पूछता हूं कि : किस प्रकार से दो एसे किरण पुंजों को मिलाया जा सकता है ? वे कौन से नियम है तथा उनकी सीमाएं क्या हैं ? इन सभी प्रश्नों का उत्तर ध्रुवीकृत प्रकाश के व्यतिकरण (इन्टरफेरेन्स) नामक विषय से संबद्ध है ।

एक सीमा से बिल्कुल स्पष्ट है कि दोनों प्रकाश पुंज एक ही समय में निकलनी चाहिंये । यदि प्रकाश पुंज आपस में संबंधित हैं, तब दो प्रकंपनों की कलाओं में परिवर्तन नहीं होगा - सिवाये उन परिवर्तनों को जिन्हें हम प्रविष्ट कराते हैं ।

इस प्रकार के परिवर्तन (शिफ्टस) को प्रविष्ट कराने के लिए एक प्रचलित विधि में दुहरे विवर्तन पदार्थ का प्रयोग किया जाता है। इसलिए आपके प्रयोग में ऐसे विवर्तन पदार्थों का उपयोग किया जाएगा ।

उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप :

- कम से कम एक ऐसी विधि समझा सकेंगें, जिसमें एक वर्णी ध्रुवीकृत प्रकाश व्यतिकरण करता है।
- ध्रुवीकृत प्रकाश की गतियों के संबध में दोहरे परावर्तीय प्लेटों के गुण बता सकेंगे
- ध्रुवीकृत प्रकाश के व्यतिकरण के कुछ श्वेत प्रकाश के प्रभावों को समझा सकेंगे और उन्हें व्यतिकरण के सिद्धांतों के अनुसार ७३ उचित ढंग से प्रतिपादित कर सकेंगे।
- द्विअपवर्ती प्लेटों, ध्रवीकारकों एवं एक वर्णपटलेखी का प्रयोग करते हुए चतुर्थ-तरंग-प्लेट और अर्ध तरंग प्लेट व्यतिकरण को प्रदर्शित कर सकेंगे।

12.2 उपकरण

2 ध्रुवक नेत्रिका (आई-पीसेज)

2 कोणांकित स्केल होल्डर

1 छिद्र युगल टयूब (कनेक्टर टयूब)

4 नमूना होल्डर, जो युगल टयूब में ठीक से बैठ जाए

1 विद्यार्थी वर्णपटलेखी प्रिज्म के साथ

1 लाल प्लास्टिक फिल्टर

1 सेलोटेप

1 श्वेत प्रकाकश का स्रोत, टयूबलाइट/60 वाट बल्ब

1 10 सें.मी. नाभ्यांतर वाला लेंस और लेंस होल्डर

12.3 पठन सामग्री

12.3.1 द्वि-परावर्तन के सामान्य गुण धर्म

''ध्रुवीकृत प्रकाश का व्यतिकरण'' जैसे प्रकाशीय प्रभाव कुछ पदार्थो के विशिष्ट गुण के फलस्वरुप होते हैं। इस गुण को ''द्विअपवर्ती'' अथवा ''द्वि परावर्तन'' कहते हैं। यह केवल एक तकनीकि शब्द है, जिसका अर्थ यह है कि निम्नलिखित तथ्यों पर निर्भर होते हुए प्रकाश इन पदार्था में विभिन्न गतियों से चलता है:

* चलने की दिशा और

* प्रकाश के ध्रुवीकरण की दिशा

प्रकाश की गति एवं परावर्तनांक में क्या संबंध है ?

$$\text{वास्तविक गति} = V = \frac{C}{n}$$

जहां C = दिक स्थान में वेग,

n = अपवर्तनाक

यद्यपि ध्रुवण में दो दिशाएं होती हैं और प्रत्येक का अपना अलग वेग और अपवतार्तक होता है। इस गुणधर्म को हम द्वि-परावर्तन कहते हैं, जो चलने की दिशा पर निर्भर करता है।

बहुसंख्यक पदार्थ ये गुणधर्म रखते हैं। इसमें कुछ क्रिस्टल हैं । कैलेसाइट और टरमेलाइन इसके दो उदाहरण हैं, लेकिन बहुत से पारदर्शी प्लास्टिक विशेष रुप से जब इन्हें खींचा जाता है, इस गुणधर्म को दर्शाते हैं । प्लास्टिकों को आसानी से प्राप्त कर सकते हैं, इसलिए बाद में हम इस प्रयोग में इनका उपयोग करेंगे।

संभवत: इस प्रभाव के आधार पर बहुत से कठिन परीक्षणों को करना पड़ेगा अधिकांश इनका वर्णन बहुत चकरा देने वाला है । यहां हम एक अति सरल और विशेष स्थिति का वर्णन करेंगे । इसका विश्लेषण और व्याख्या करना बहुत सरल है। इसे तकनीकी रुप से बहुत प्रमुख प्रयोग में लाया जाने लगा है।

द्वि-परावर्तन के विषय में एक सत्यता लगभग सभी द्वि-अपवर्तक पदार्थो में केवल एक ही दिशा ऐसी होती है, जिसमें दोनों ध्रुवणों में प्रकाश की किरण की गति समान होती है (अपवर्तनांक भी समान होता है) ।

इस दिशा को हम प्रकाशिकी अक्ष कहते हैं। आपको यह ध्यान रखना होगा कि यह अक्ष केवल एक रेखा नहीं है, बल्कि पदार्थ में एक दिशा है । एक रेखीय ध्रुवित प्रकाश की किरण जो पदार्थ में चल रही है उसे दो किरणें समझा जाता है, और यह समान कला में है।

यहां पर हम एक मुख्य सामान्य अवधारणा को लेंगे, जो सभी स्थितियों में एक समान होती है तथा यह हमें प्रयोग में मिलेगा । 73 यह मान लीजिए कि जब द्वि-अपवर्तक पदार्थो का प्रकाशिकी अक्ष पदार्थ के वहिस्तल के समतल में होगा तब दोनों किरणें उसमें होगी, जिसके ध्रुवण की दिशा प्रकाशिकी अक्ष के लंबवत् होगी । इसे O — किरण कहेंगे और दूसरी किरण जिसकी दिशा ध्रुवण के समतल और प्रकाशिकी अक्ष के समानांतर होगी उसे हम E — किरण कहेंगे। इन दोनों शब्दों को सामान्य तथा अक्सट्राऑरडीनरी असामान्य कहेंगे जो इन के दोनों किरणों के पारंपरिक नाम हैं ।

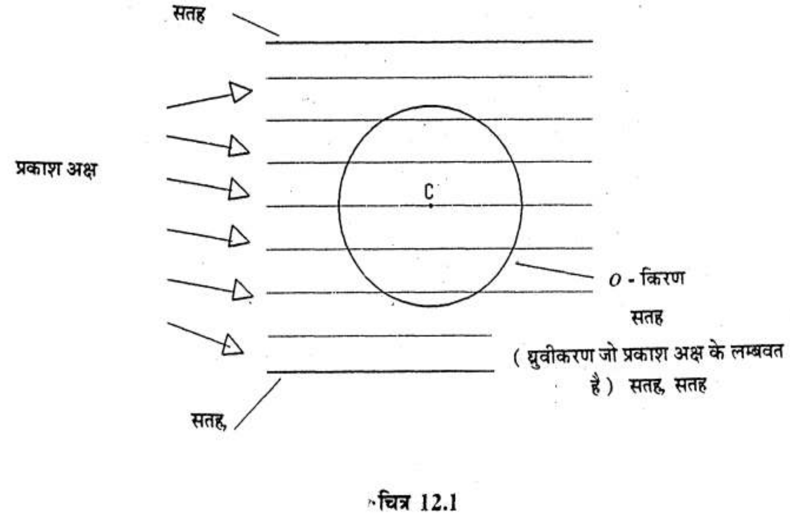
इन दोनों किरणों को मिलाने पर हमें मूल किरण प्राप्त होती है। कभी-कभी इस विचार को विशेष स्थिति में निम्न प्रकार से वर्णन कर सकते हैं :

एक रेखीय ध्रुवित प्रकाश की किरण को दो भागों में तोडा जा सकता है एक ध्रुवक प्रकाशिकी अक्ष के समानांतर (E — अवयव) और एक ध्रुवित प्रकाशिकी अक्ष के लम्बवत् (O — अवयव) है ।

इन विचारों को दो भिन्न भिन्न प्रकार से देखने पर समान परिणाम निकलेगा ।

द्वि-अपवर्तक पदार्थ में दो किरणें कैसे चलती हैं

यह सच है कि एक अवयव जिसके ध्रुवण का समतल प्रकाशिकी अक्ष के लम्बवत् है, किरण का वेग प्रतयेक दिशा में समान होता है इसे हम साधारण अवयव कहते हैं । इसे चित्र 12.1 हाइगेन्स रचना के द्वारा दिखलाया गया है ।



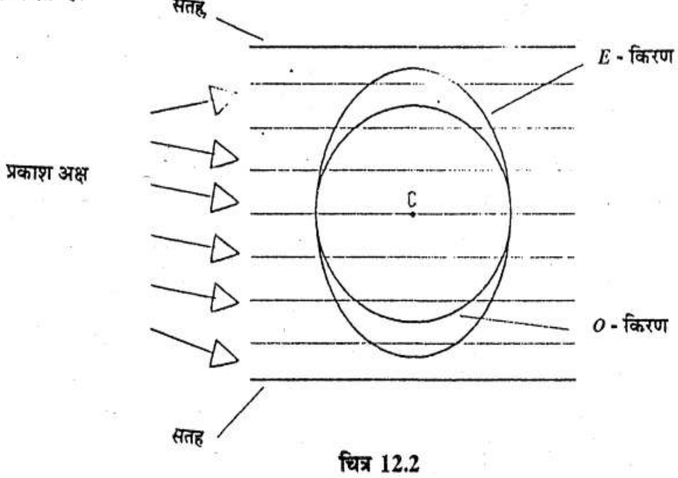
चित्र 12.1

आप इस पर विचार कीजिए कि एक छोटी सी प्रकाश की चिंनगारी बिंदु C से भी दिशाओं में प्रकाश भेजती है। कुछ समय के पश्चात ये तरंग पृष्ठ पर पहुंचते हैं। यद्यपि सभी दिशाओं में वेग समान है यह सतह एक गोलाकार एक वृत जैसा कि चित्र 12.1 में दिखाया गया है होगी।

यह तरंग साधारण तरंग कहलाती है, या O - तरंग या O - तरंग का धरातल कहलाती है ।

दूसरा अवयव, जिसका ध्रुवण तल O - अवयव से अलग है , विभिन्न दिशाओं में विभिन्न वेगों से चलता है। किरण अक्ष की दिशा में समान वेग से चलता है और दूसरी दिशाओं में इसका वेग अधिक होता है (इसे हम ऋणात्मक द्विअपवर्ती कहते हैं क्योंकि E - अवयव के अपवर्तन का सूचनांक O - अवयव के सूचनांक से कम है। हाइगेन्स संरचना को चित्र 12.2 में दर्शाया गया है) ।

संरचना चित्र 12.2 को दर्शाती है और नयी किरण को हम विशेष किरण कहते हैं। इसे E - किरण से प्रदर्शित करते हैं।



चित्र 12.2

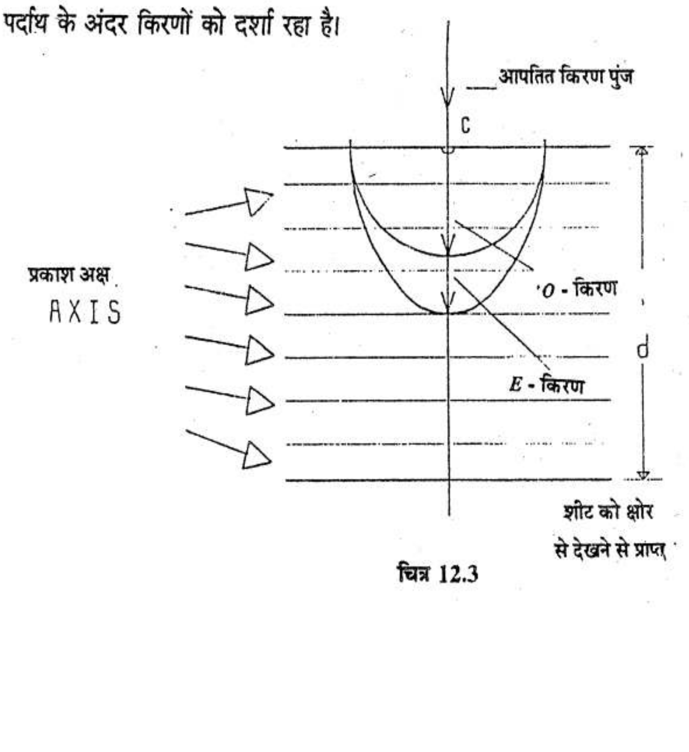
एक विशेष दिशा

बहुत सी समभव ज्योमितीय स्थितियां हैं, कुछ स्थितियां बहुत ही जटिल विचारों से आगे हैं । भाग्यवश, एक बहुत ही साधारण सेट अप है जिसकी सहायता से हम बहुत कुछ व्याख्या कर सकते हैं । प्रयोग के तौर पर यह बहुत ही महत्वपूर्ण है । हम पूर्ण रुप से केवल इस स्थिति पर विचार करेंगे । यह निम्न प्रकार है:

द्विअपवर्ती पदार्थ एक माइलर की चादर है जिसकी चौडाई 'd' है।

प्रकाश अक्ष धरातल की परत के समानांतर है। किरण रेखीय ध्रुवित प्रकाश है जो धरातल के ऊपर लंबवत् है।

इन सीमाओं को मन में रखते हुए, हम चित्र 12.3 को खीचेंगे जो कि एक ऋणात्मक द्वि अपवर्तक पर्दार्थ के अंदर किरणों को दर्शा रहा है।



चित्र 12.3

चित्र 12.3 के कुछ साधारण पहलूओं पर ध्यान दीजिए।

* अपवर्तन से परावर्तित किरण नहीं मुडती। इसका अर्थ यह है कि सभी प्रकाश सीट के द्वारा सीधे चला जाता है ।

* सामान्य प्रकाश का कुछ भाग (O — किरण) बहुत धीमी गति $VO = C/no$ से चलता है, जहां n_o साधारण सूचक का अपवर्तनांक है । यह किरण क्रिस्टल से सीधे गुजर जाती है और इसे धीमी किरण या O — किरण कहते हैं ।

* असाधारण प्रकाश का कुछ भाग अधिक तेजी से चलता है $V_E = C/n_E$ जहां n_E, असाधारण किरण का अर्पवर्तनांक है। ये किरणें भी क्रिस्टल में से सीधे गुजरती हैं, लेकिन इसे E - किरण या तेज किरण कहते हैं ।

O - किरण और E - किरण जब आपतित होती हैं तो यह एक ही कला में होती हैं । ये समय पश्चात, एक दूसरे से पहले निकल जाती हैं । इसका परिणाम यह होता है कि दोनों के बीच कला में अंतर आ जाता है ।

परिमाणात्मक कला विस्थापन

कितना अधिक यहां इसे निकालने का एक ढ़ंग है । कृपया तर्क और बीजगणित के सिद्धांतों को देखिए ।

* प्रकाश के एक पूरे दोलन् में कितना समय लगता है उचित है,

$$\lambda \times \nu = V$$

जहां λ = प्रकाश की तरंगदैर्घ्य

ν = प्रकाश के कंपन की आवृत्ति

V = प्रकाश की गति, इसे एक विशेष चिन्ह् C से प्रदर्शित करते हैं, जिसका मतलब यह है कि यह प्रकाश की निर्वात् में गति है।

इसिलिए, एक दोलन आवृत्ति का उल्टा होता है, इसलिए

$$P \quad \text{एक दोलन का समय} = \frac{1}{\nu} = \frac{\lambda}{V}$$

* इसका कला अंतरालय क्या है ? अपनी तरंग के अध्ययन को याद कीजिए

उत्तर : एक दोलन की कला में 2π रेडियन होते हैं।

* साधारण और असाधारण तरंग के बीच समय अंतरालय क्या होता है

dT = समय अंतरालय (समान्य किरण का चौडाई d की माइलर सीट में लगा समय — असाधारण किरण के द्वारा उसी दूरी में समय)

इसलिए, समय अंतरालय का परिणाम $T = \dfrac{d}{(V_O - d/V_E)}$ है ।

अपवर्तनांक की परिभाषा से याद रहे कि

$$n_O = \frac{C}{V_O} \quad \text{और} \quad n_E = \frac{C}{V_E}$$

इसलिए :

$$T = \frac{d\,(n_O - n_E)}{C}$$

* यह पता लगाने के लिए कि यह किस कला को निरुपित करता है, अनुपातों का नियम प्रयोग में लाइए ७३ ।

एक दोलन का समय/साधारण और असाधारण किरण के बीच का समय = $2 \times \frac{\pi}{\Psi}$

यहां Ψ रेडियन में कला परिवर्तन है, जिसे हम निकालना चाहते हैं।

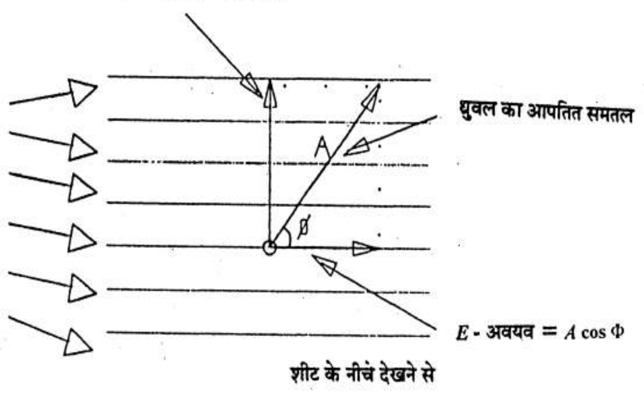
इसलिए बीजगणित से $\Psi = \frac{2\pi d\,(n_O - n_E)}{\lambda}$

इस समीकरण का क्या अर्थ है, जिसे हमने निकाला है।

साधारण और असाधारण किरणों से कला अंतरालय $\frac{2\pi d\,(n_O - n_E)}{\lambda}$ हो जाता है जो द्वि अपवर्तक पदार्थों में से गुजरती है और दूरी d के लिए प्रकाश अक्ष के लंबवत् है।

12.3.4 व्यतिकरण

लेकिन इसका मतलब यह नहीं समझना चाहिए कि संभावनाएं समाप्त हो गयी हैं । जैसा कि ऊपर बतलाया गया हे, जब रेखीय ध्रुवित प्रकाश किसी पदार्थ के ऊपर गिरता है, तब इसका एक भाग सभी किरणों की भांति आचरण करता है, और दूसरा भाग विशेष किरण की भांति आचरण करता है। इस स्थिति को चित्र 12.4 में दर्शाया गया है।



चित्र 12.4

एक रेखीय ध्रुवित किरण जिसका आयाम A है, लम्बवत् दिशा में एक पदार्थ के ऊपर आपतित है जिसका प्रकाश अक्ष धरातल के समतल में हैं और ध्रुवण का धरातल, प्रकाश अक्ष के साथ Φकोण बनाता है। यह निम्न प्रकार से दो भागों में विभाजित हो जाता है।

* अवयव $E = A \times \cos \Phi$ ध्रुवित प्रकाश का तल, प्रकाश अक्ष के समानांतर हो और वह V_E वेग से चल रहा हो।

* अवयव $O = A \times \sin \Phi$ ध्रुवित प्रकाश का तल, प्रकाश अक्ष के लंबवत् है और वह V_O वेग से चल रहा हैं ।

ये दोनों अवयव पदार्थ के अंदर से गुजरते हैं इसका अवलोकन आप उस समय कर सकते हैं, जब वह क्रिस्टल के बाहर निकल रही है। जब दो अवयव क्रिस्टल को छोड़ते हैं, तब यह दोनों मिल जाती हैं । इसे हम व्यतिकरण कहते हैं । जब कला अंतरालय 2π या 4π आदि हो, तब इससे निकलने वाली

किरणों में कोई परिवर्तन नहीं होता ह । यदि यह π या 3π है। यद्यपि इससे निकलने वाली प्रकाश की किरण भी समतल ध्रुवित होगी, लेकिन इसकी स्थिति अलग होगी।

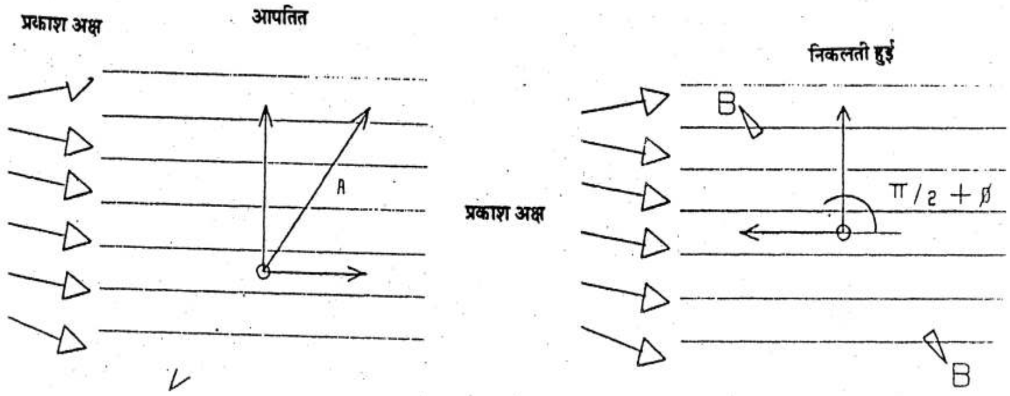
उदाहरण के लिए, मान लीजिए, ध्रुवित प्रकाश के मूल समतल, प्रकाश अक्ष से कोण O - बनाते हैं और कला अंतरालय π या 3π आदि होता है, इससे उत्पन्न होने वाले समतल का कोण निकालिए ?

नीचे दिए गए चित्र में आपतित तथा उत्पन्न होने वाली दोनों परिस्थितियों को दिखलाया गया है।

यहां सदिश यह बतलाता है कि उत्पन्न होने वाले प्रकाश को सिर से प्रदर्शित करते हैं, जो रेखा $B - B'$ की तरफ चलती है।

एक द्वि-परावर्तन प्लेट को एक विश्ले षक और ध्रुवक के बीच में रखा जाता है ।

ठीक है, एक और, एक सदिश का सिर कैसे चल सकता है यदि कला में परिवर्तन ऐसा नहीं जैसा कि ऊपर विशे ष दशा में दिखाया गया है । इसका उत्तर यह है कि सदिश का सिर हमेशा एक दीर्घवृत्त में घूमता है, और इस प्रकार से प्राप्त होने वाले प्रकाश को हम दीर्घ वृत्त ध्रुवित प्रकाश कहते हैं ।



चित्र 12.5 चित्र 12.6

संभवत: आप यह जानते हैं कि वृत दीर्घवृत्त का एक विशेष स्थिति है । यदि दो प्रतिबंध संतुष्ट हो जाएं, तो

$$\Phi = \frac{\pi}{4} \quad \text{इससे} \quad \sin\Phi = \cos\Phi$$

और कला अंतरालय $\Phi = \frac{\pi}{2}$ or $\frac{3 \times \pi}{2}$ आदि।

तब एक दीर्घ वृत्त, वृत्त होगा और इससे उत्पन्न होने वाला प्रकाश वृत्तीय ध्रुवित होगा ।

आपका यह प्रयोग, ऊपर दिये गये प्रभावों का परीक्षण है।

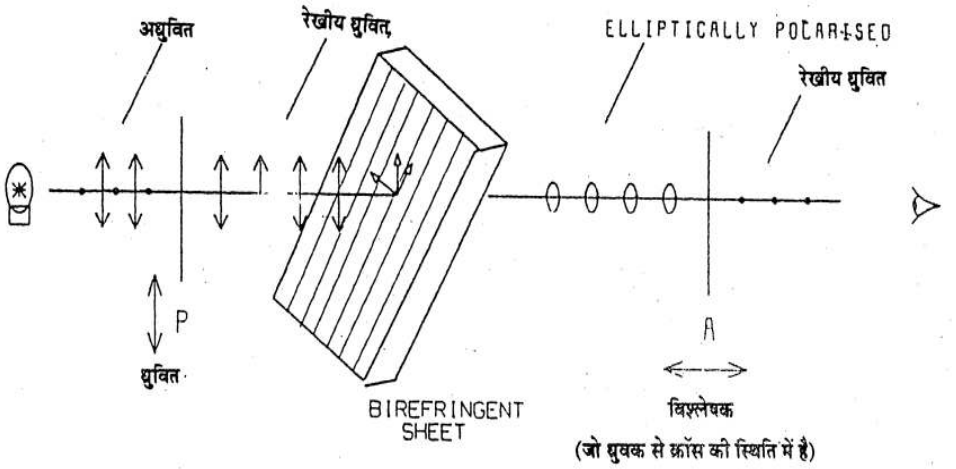
अब आप यह जानना चाहेंगें कि आप क्या चाहते हैं और हमें क्या दिखाई देने की आशा हैं। यहां पर हमें अधिकांश भवि ष्यवाणी परिस्थितियों की आशा करते है।

दशा- 1 एक वणी प्रकाश

क्रास चिन्हित ध्रुवक

द्वि-परावर्तन चादर जिसकी मोटाई d तथा अपवर्तन n_O और n_E है।

प्रकाश अख और ध्रुवक अक्ष के कोणों का अंतर Ψ है ।



चित्र 12.7

प्रश्न - दो अवयवों के आयाम विश्लेषक की दिशा में क्या है ? (इसके विषय में पिछले चित्र 12.6 में निर्देश दिया गया है।)

उत्तर - इसमें प्रत्येक का मान $A \sin\Phi \cos\Phi$ है।

यहां आप देखेंगे कि दोनों अवयवों का मान बराबर है। ये वे अवयव हैं, जो विश्लेषक से आते हैं, लेकिन इनके बीच में कला अंतरालय हैं, इससे हम विश्लेषक को निकाल सकते हैं, जो हमें दिखाई देता है ।

नीचे दी गई तालिका से हमें कुछ संभावनाओं का पता लगता है ।

तालिका

कला अंतरालय	स्थिति	विश्ले षक द्वारा हम क्या देखते हैं
$2\pi, 4\pi \ldots$	अवयव विपरीत कला में हैं और विनाशकारी व्यतिकरण ।	कोई प्रकाश नहीं
$\pi, 3\pi \ldots$	अवयव एक ही कला में हैं, इसलिए अधिक तम मान निकालने के लिए इसे जमा करते हैं।	अधिकतम तीव्रता
दूसरे कला अंतरालय के लिए	अवयव का कुछ भाग समान कला में हैं, इसलिए कम मान के लिए जमा करते हैं।	इसकी तीव्रता शून्य और सबसे चमकीले बिंदु के बीच में हैं।

इस दशा के लिए परिणामों की भविष्यवाणी के लिए हमें पारगमन तीव्रता के कला अंर्तालय का मात्रात्मक प्रभाव को निकालना होगा।

दशा-2

सफेद प्रकाश का स्रोत क्रास का चिन्ह लगा हुआ ध्रुवक और दूसरे प्रतिबंध जो दशा- 1 में हैं ।

अब इस दशा के परिणामों की भविष्यवाणी करने के लिए ।

यह शुरुआत करने की सही जगह है, जहां हमें बहुत सी त्रिकोणमिति का प्रयोग करना पड़ेगा। इससे हमें संक्षिप्त और लाभदायक परिणाम प्राप्त होंगे।

इसे शुरु करने के लिए आपको दो सदिशों का प्रयोग करना पड़ेगा जिसमें प्रत्येक का आकार $E = A \sin\Phi \cos\Phi$ है। लेकिन इनके बीच में $(\Psi + \pi)$ का अंतर है। जब Ψ का मान शून्य हो तब तरंग एक दूसरे के विपरीत है। जैसा कि चित्र 12.7 में दिखलाया गया है। इसलिए पारगत तीव्रता इन सदिशों के वर्ग के जोड़ के बराबर होती है।

यहां पर शुरुआत वैसी ही है जैसे कि ऊपर बताया गया है। गणित के अंतिम परिणामों को हम निम्न प्रकार से लिख सकते हैं। :-

A_2 = विश्लेषक से आने वाली तीव्रता

$$= 4E^2 \times \sin^2\Phi \times \cos^2\Phi \times \sin^2(\Psi/2)$$

जहां Φ = प्रकाशीय अक्ष के सापेक्ष से ध्रुवक का कोण

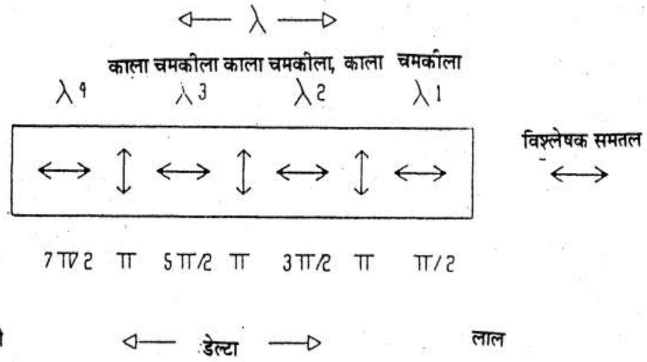
Ψ = साधारण और असाधारण किरण के बीच कला अंतरहै ।

$$= \frac{(2 \times \pi \times d) \times (n_O - n_E)}{\lambda}$$

यह बहुत ही काम में आने वाला व्यंजक है जिससे हम बहुत से प्रयोगों के परिणामों का पूर्वानुमान कर सकते हैं।

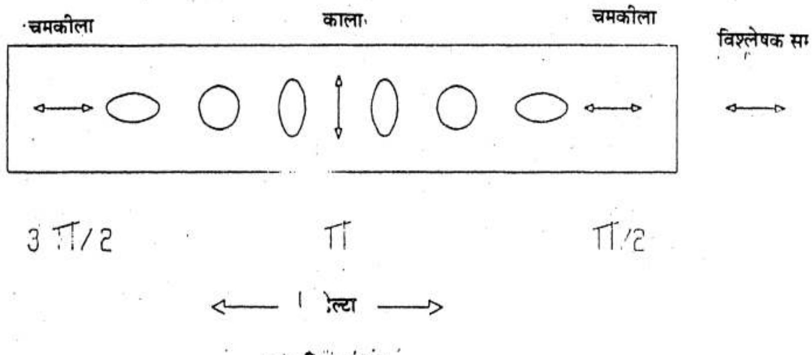
दशा- 3

स्थिति 2 की तरह, लेकिन यहां को बदल सकते हैं। इसका मतलब यह हुआ कि श्वेत प्रकाश स्पेक्ट्रोमीटर पर फैला हुआ है। अधिकांश, यदि ् का मान कुछ तरंगदैर्घ्यों से अधिक हो तो λ के कुछ मानों पर Ψ का मान 0, $\frac{\pi}{2}$, $\frac{3\pi}{2}$ आदि होगा । इन मानों पर विश्लेषक से कोई भी प्रकाश नहीं निकलेगा । इसका मतलब यह हुआ कि द्वि-अपवर्तक प्लेट से जो प्रकाश हमें मिला वह रेखीय ध्रवित है जिसका समतल, विश्लेषक के समतल पर लंब है ।



चित्र 12.8

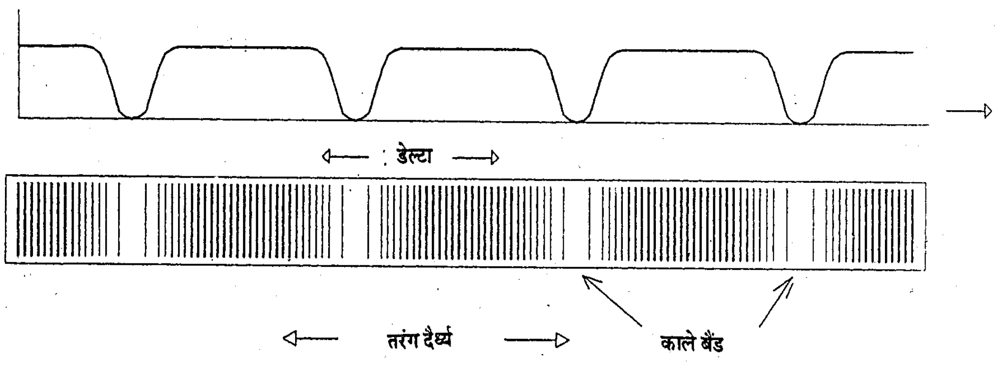
इसी प्रकार λ की कुछ कीमतों पर Ψ का मान $\frac{\pi}{2}$ या $\frac{3\pi}{2}$ होगा । इन मानों पर विश्लेषक से अधिकतम प्रकाश प्राप्त होगा१ द्वि-अपवर्तक से जो प्रकाश मिलेगा, उसके समतल और विश्लेषक के समतल एक दूसरे के समानांतर होंगे ।



चित्र 12.9

दोनों के बीच जो प्रकाश होगा, वह दीर्घ वृत्र ध्रुवित प्रकाश होगा, जैसा कि यह द्वि-अपवर्तक से
क्ल रहा है। इसके परिणाम को चित्र 12.9 में बतलाया गया है ।

। बार जो तीव्रता प्राप्त होगी, उसे चित्र 12.10 में दिखलाया गया है ।



चित्र 12.10

दशा- 4

स्वेत प्रकाश

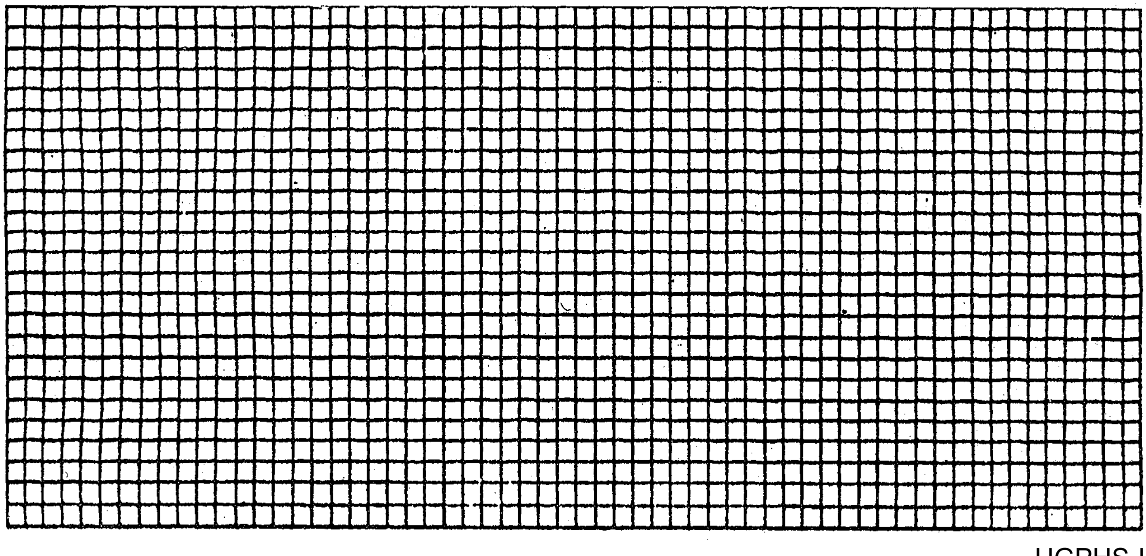
पतली द्वि अपवर्तक फिल्म

(केवल एक ही काला बैंड)

अब विश्लेषक से सभी रंग केवल अवरोध रंग के अलावा मिलते हैं । कुछ रंगों को छोडकर, प्रकाश हमें रंगीन दिखाई पड़ता है। यह प्रभाव हमें बहुत ही सुंदर दिखाई देता है । इस प्रयोग में आप इस प्रकार के बहुत से उदाहरणों को देखेंगें ।

आप कल्पना कीजिए कि यदि विश्लेषक को 90° पर कर दें और वह ध्रुवक के समतल के समानांतर हो, तो इससे परिस्थिति में बहुत अधिक परिवर्तन हो जाता है ।

यहां आप तीव्रता और तरंग दैर्ध्य में अपनी इच्छानुसार जिन रंगों की आप आशा कर सकते हैं, ग्राफ खीचने की कोशिश कीजिए। इस प्रयोग में आप अपनी संभावनाओं को भी देख सकते हैं ।



ग्राफ

एक आखिरी लक्ष्य

एक द्वि अपवर्ती प्लेट जिसका प्रकाश अक्ष सतह पर है, एक वर्णी ध्रुवित प्रकाश 45° से गिर रहा है, इसके लिए किसी एक मोटाई पर निर्गत् प्रकाश, 90° तक घूम जाता है। आपने यह पाया होगा कि इसकी हम ऊपर व्याख्या कर चुके हैं, उस स्थिति के लिए जब $\Psi = \pi$ के बराबर है। ऐसी प्लेटे किरणों को आधी तरंग दैर्घ्य से कम कर देती है, और इन्हें हम आधी तरंग दैर्घ्य वाली प्लेटें कहते हैं। इसके अलावा दूसरी प्लेटे भी हैं जिन्हें हम चौथाई तरंग दैर्घ्य वाली तरंगें कहते हैं।

प्रकाश जो कि एक चौथाई तरंग दैर्घ्य वाली प्लेटों से आ रहा है उसका ध्रुवण क्या है ?

यह एक वृत्तीय ध्रुवित प्रकाश है।

संदर्भ : Jenkins and White "Fundamentals of optics" Mc Graw- Hill (any edition) Chapter of 'Interference of Polarised Light"

12.4 सावधानियां

चार कांच की स्लाइड तैयार कीजिए । उन के ऊपर 1, 2, 3 और 4 लिख दीजिए । सेलोटेप को कांच की स्लाइडों के समानांतर चिपकाइए ।

ध्रुवक को शून्य पर संयोजित कीजिए । विश्लेषक को इसके क्रास के ध्रुवक के सापेक्ष में क्रास की स्थिति में इस प्रकार रखिए जिससे कोई प्रकाश नहीं आए ।

संयोजित नली में एक परत लगा हुआ नमूना रखिए और प्रकाश के स्रोत की ओर देखिए ।

आपको जो कुछ दिखाई दे उसे लिखिए। अब ध्रुवक को 45 पर रखिए, विश्लेषक को क्रास की स्थिति में और नमूने को रखिये । पुन: तीव्रता को लिखिए ।

12.5 प्रयोग

यहां हमने सभी प्रयोगों में, आम सेलोटेप को द्वि अपवर्तक के रुप में प्रयोग किया है । औद्योगिक निर्माण के दौरान प्लास्टिक का प्रवर्ध करके हमने द्वि अपवर्तन प्लास्टिक बनाया है, जिसका प्रकाशिक अक्ष टेप के समतल और उसकी लंबी दिशा में हैं । इस पदार्थ को आप बहुत सी विधियों से प्रयोग में लाते हैं। इस चिपके हुए पदार्थ में ध्रुवण के गुण नहीं होते । केवल प्लास्टिक टेप में ही यह गुणधर्म होता है ।

12.5.1 स्थिति- 1

ध्रुवणमापी को इसके पुर्जो को मिलाकर जोडिए । दो ध्रुवकों आर स्केल को स्थिर कर दीजिए, नली के प्रत्येक सिरे पर नमूना और फिल्टर होना आवश्यक है । लाल रंग का फिल्टरिक अपने निश्चित स्थान पर होना आवश्यक है ।

इसे अब आप **90, 135,** और 180 के समायोजन के लिए दोहराइए ।

चारों नमूनों के लिए अपने परिणामों को तालिका में लिखिए ।

तालिका - I

ध्रुवक का कोण	नमूना 1	नमूना 2	नमूना 3	नमूना 4	नमूना 5
0					
45					
90					
135					
180					

अब आप एक नमूना बनाइए, जिसमें दो परत समानांतर हों तथा तीसरी परत उसके लंबवत् हो ।

इस नमूने के परिणाम को नमूने -5 की तालिका में लिखिए।

क्या यह किसी अन्य नमूने की तरह व्यवहार करता है ?

क्या आप इसकी व्याख्या कर सकते हैं ?

12.5.2 स्थिति 2

इसी प्रकार का समायोजन करते हुए प्रयोग 1 का नमूना प्रयोग में लाइए और लाल फिल्टर को हटा दीजिए । अब ध्रुवक का क्रास + विश्लेषक से पूर्ण अंधेरा नहीं प्राप्त होगा, लेकिन कुछ धुधला प्रकाश मिलेगा। इसको आप रिकार्ड कीजिए ।

अब आप 12.5.1 के प्रेक्षणों को दोहराइये लेकिन इन्हें प्रत्येक नमूने के लिए दोहराइए और कुछ कोणों का अनुमान कीजिए । जो रंग आपको नजर आ रहा है। ऐसे वर्गो पर ध्यान दीजिए जो विशेष रुप से एक जैसे वर्ण के नजर आ रहे हैं, वर्ण सम्मिश्रण है ।

तालिका-II

ध्रुवक का कोण	नमूना 1	नमूना 2	नमूना 3	नमूना 4	नमूना 5
0					
45					
90					
135					
180					

पुन:नमूना -5 के परिणामों को दूसरे नमूनों से तुलना कीजिए ।

विश्ले षक को तब तक घुमाइए जब तक यह ध्रुवक समानांतर न हो जाए और फिर वर्णो का प्रेक्षण कीजिए ।

तालिका-III

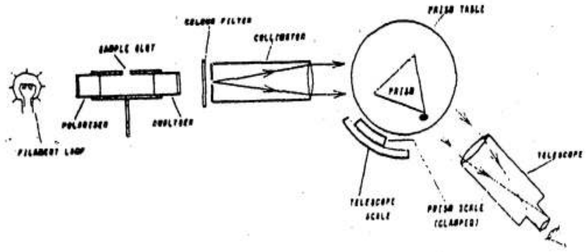
समानांतर ध्रुवक

ध्रुवक का कोण	नमूना 1	नमूना 2	नमूना 3	नमूना 4	नमूना 5
0					
45					
90					
135					
180					

कृपया उन विधियों को लिखिए, जिसमें क्रॉस तालिका और समानांतर तालिका में समानताएं हों ।

12.5.3 स्थिति 3

इस प्रयोग में आप आंख प्रिज्म के स्थान पर स्पेक्ट्रोदर्शी का संयोजन कीजिए । इस को इस प्रकार दिखाया गया है ।



चित्र 12.11

पुन: इन पांचों नमूनों को , एक एक कर के अंदर डालिए। आपको जो स्पेक्ट्रम दिखाई दे रहा है, उसका रेखाचित्र बनाइए। इसके लिए आपको दो ध्रुवणों के विषय में बताया गया है । आप मुख्य रुप से उसका रेखाचित्र बनाइए जो काला भाग है, जब ध्रुवक क्रास विश्लेषक पर हो।

नमूना 1 : धवक को 0 पर समायोजित किया गया है ।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना 2: ध्रुवक को 0 पर समायोजित किया गया है

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना3 : ध्रुवक को 0 पर समायोजित किया गया है ।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना4 : धवुक को 0 पर समायोजित किया गया है।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना5 : ध्रुवक को 0 पर समायोजित किया गया है ।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना : ध्रुवक को 45° पर समायोजित किया गया है।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना2 : ध्रुवक को 45° पर समायोजित किया गया है।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना3 : ध्रुवक को 45° पर समायोजित किया गया है।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना 4 : ध्रुवक को 45° पर समायोजित किया गया है।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

नमूना 5 : ध्रुवक को 45° पर समायोजित किया गया है।

बैंगनी	नीला	हरा	पीला	लाल

इस समायोजन को पूरा करने के बाद कुछ ऐसे उदाहरणों को बताइए जिसमें चौडाई में परिवर्तन या / और तरंगदैर्घ्य अध्ययन सामग्री के अनुरुप हो।

यदि किसी भी स्थिति में आप को ऐसा लगता हो कि परिणाम आपकी पठन सामग्री के अनुरुप नहीं है तो उसे लिखिए।

12.6 निष्कर्ष

यदि विशेष रुप से आप का परिणाम पठन सामग्री के अनुरुप हो, और उसे आपने इस प्रयोग में प्राप्त किया है, तो कृपया इसे अपने शब्दों में लिखिए ।

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण ______________________

प्रयोग 13 : ध्वनिक विधि द्वारा Cp/ Cv को मापना

13.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

13.2 उपकरण

13.3 पठन-सामग्री

आदर्श गैस

उष्मागतिकी का पहला नियम

द्रवगतिकीय पद्धति के अनुपयोग

आदर्श गैस के अनुपयोग

विभिन्न गैसों की ऊष्मा धारिता

गैस में ध्वनि का वेग

नली में ध्वनिक अनुनाद

13.4 सावधानियां

13.5 प्रयोग

उपकरण को व्यवस्थित करना

वायु में तरंगदैर्ध्य को मापना

कार्बन डाइ ऑक्साइड में तरंगदैर्ध्य को मापना

गणना तथा संभावित त्रुटियां

13.6 निष्कर्ष

13.1 प्रस्तावना

किसी पदार्थ का गुण इस बात पर निर्भर करता है कि अणु और परमाणु एक दूसरे से किस प्रकार व्यवस्थित हैं। विभिन्न प्रकार की गैसों में अलग-अलग गैसों के लिए यह जानना जरुरी हो जाता है कि गैसों के गुण एक साधारण आदर्श गैस नियम पर अधिकतर निर्भर करेंगे।

स्वयं नियम अधिकतर जब किसी बड़े भाग पर लागू होता है तब वे स्थिरांक नियम के अंतर्गत् आते हैं। वे स्वयं किसी विशेष गैस के अणु या परमाणु पर निर्भर होते हैं । इस प्रकार ये किसी विशेष गैस के अणुओं के गुणों को दर्शाते हैं।

इस प्रयोग के द्वारा आप देख सकते हैं कि किस प्रकार गैस के अणु कुछ सीमा तक गैसीय गुणों को अपने अधिकार में करते हैं। जैसे गैस में से होकर गुजरती हुई ध्वनि की चाल। जैसा कि हम देखेंगे यह इस बात पर निर्भर करेगा कि किस प्रकार गैस अणु के परमाणु व्यवस्थित हैं। केवल कुछ बहुत ही सामान्य अणुओं की खोज में उपयोग के लिए उपलब्ध होते हैं।

उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप :

UGPHS-L2/132

- व्यवस्थित और अनुनाद नली उपकरण का उपयोग करके विभिन्न प्रकार की साधारण गैसों में ध्वनि की चाल को माप सकेंगे।

- मापने में हुई सांख्यिकीय त्रुटियों की गणना कर सकेंगे,
- ऊष्मागतिकी मात्रा की गणनाओं के द्वारा गैसों के अणु संरचना के साथ ध्वनि की चाल का संबंध स्थापित कर सकेंगे।

13.2 उपकरण

1– कम शक्ति और परिवर्ती आवृत्ति का श्रव्य ध्वनि दोलित्र

1– कुछ समय के लिए सार्वजनिक सभा संबोधन पद्धति के लिए शक्ति प्रवर्धक

1– नुकीला चालक, सार्वजनिक सभा संबोधन पद्धति से बना नुकीला पेच

1– 1.5 से.मी. से 3 से.मी. व्यास की कांच की नली

1– गैस जाने के प्रबंध के साथ नली के लिए ढक्कन

1– मीटर पैमाना

1– कमरे का ताप नापने के लिए थर्मामीटर

1– कार्बन डाईऑक्साइड बनाने के लिए उपकरण अम्ल संगमरमर के टुकड़े

1– ईयर प्लगों के लिए रुई,

13.3 पठन-सामग्री

13.3.1 आदर्श गैस

भौतिकी की दो विधियों के संयोग का ऊष्मागतिकी में विशेष महत्व हैं। एक जिसमें पदार्थ और उनके गुण आपस में संबंधित हैं, दूसरा वे जिसमें विभिन्न दशाओं में मात्रात्मक परिवर्तन किन विधियों से होता है।

आपने अपने विद्यालय में पढ़ा होगा कि किस प्रकार आदर्श गैस व्यवहार करती है । वे मात्राएं जो आदर्श गैस को दर्शाती हैं, गैस का तापक्रम, दाब और आयतन है। आपको याद होगा कि ये निम्नलिखित सूत्र से संबंधित है।

$$PV = nR\theta$$

यहां इन संकेतों का निम्न अर्थ है :

P = दाब, पास्कल की इकाई में न्यूटन प्रति वर्ग मीटर को पास्कल कहते हैं ।

V = आयतन, घन मीटर में

n = गैस के आयतन में मोलों की संख्या

R = गैस स्थिरांक, जिसका मान 8.31 जूल प्रति डिग्री प्रति मोल

θ = आदर्श गैस तापक्रम, जहां तापक्रम परमताप में हैं

यह आदर्श गैस का एक गुण है जिसमें आंतरिक ऊर्जा V का संबंध केवल तापक्रम θसे ही है। इस बात को एक आवश्यक तथ्य में परिवर्तित करेंगे।

13.3.2 ऊष्मागतिकी का पहला नियम

यदि आप ऊष्मा और ऊष्मागतिकी को पढ़ चुके हों तो आप निम्नलिखित व्याख्या को जानते होगे । यदि आपने इस पाठ्यक्रम को नहीं पढ़ा है, तो फिलहाल आपको निम्न तथ्यों को मानना होगा ।

विस्तार से जानने के लिए आप संदर्भ पुस्तक के पृष्ठ 77 से 115 तक देखें।

ऊ ष्मागतिकी में सभी पदार्थों की मात्रा थोड़ी-थोड़ी और धीरे-धीरे बदलती हैं। यह आवश्यक और साधारण नियम सभी पदार्थों में पाया जाता है इन दशाओं में निम्नलिखित नियम लागू होता है। जब कोई पदार्थ ऐसे परिवर्तन से गुजरता है जिसमें ऊ ष्मा का स्थानांतरण अयांत्रिक स्रोतों द्वारा होता है, तो तंत्र के लिए आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन और किए गए कार्य के अंतर को ऊ ष्मा कहते हैं।

इस नियम के बारे में आश्चर्य सा होता है लेकिन जब इसे ठीक प्रकार से लागू करते हैं तो यह इसे समझने में यह हमारी बहुत अधिक सहायता कर सकता है।

13.3.3 द्रवगतिकीय पद्धति का अनुप्रयोग

तंत्र को निकालने के लिए जब दाब और आयतन प्रयोग होते हैं। इस नियम को गणितीय रुप में इस प्रकार लिख सकते हैं :

$$dQ = dU + PdV$$

यहां नये संकेतों का निम्नलिखित अर्थ है:

Q = उ ष्मा के रुप में ऊर्जा

U = तंत्र की आंतरिक ऊर्जा (गैस की दशा में)

अणुओं और परमाणुओं के घटकों की गतिज और स्थितिज ऊर्जा जो गैस के घटकों में होगी। यदि आप इस समीकरण को सिद्ध नहीं करते तो इसको सत्य मान कर चलें।

अब हम इस परिभा षा को इस तरह लिखेंगे – स्थिर आयतन पर किसी तंत्र में ऊ ष्मा धारिता की परिभा षा। इसे निम्नलिखित समीकरण द्वारा दिखाया जाएगा। जो ऊपर बताया जा चूका है।

$$C_V = \left(\frac{dU}{d\theta}\right)_V$$

अब हम ऊपर दिये गये ऊ ष्मागतिकी के प्रथम नियम का प्रयोग स्थिर आयतन पर कर सकते हैं, जब $d\theta = dU$ तब समीकरण निम्न है

$$C_V = \left(\frac{dU}{d\theta}\right)_V$$

$$dU = C_V d\theta$$

जबतंत्र का ऊ ष्मा में परिवर्तन के लिए कोई परिवर्तन होता है, तो इस समीकरण को ऊपर दिये गये समीकरण में इस प्रकार रखते हैं। परिणामस्वरुप निम्न सूत्र प्राप्त होता है।

$$dQ = C_V d\theta + PdV$$

13.3.4 आदर्श गैस के अनुप्रयोग

यह समीकरण सभी प्रकार के पदार्थों के लिए सही है। यदि अब हम ऊपर दिए गए समीकरण को आदर्श गैस के लिए देखें और इसको सामान्य समीकरण में (उपयोग) के लिए रखें। यह मानते हुए कि प्रक्रिया में उत्पन्न परिवर्तन बहुत कम है, तब हम प्राप्त करते हैं :

$$dQ = (C_V + NR)\, d\theta - VdP$$

बोध प्रश्न

कृपया नीचे दिए हुए स्थान में वास्तविक समीकरण को प्रतिस्थापन द्वारा भरें। उत्तर संक्षिप्त हो।

यदि प्रक्रिया स्थिर दाब पर होती है तब इस समीकरण, को $d\theta$ से भाग किया जाये C_p का मान देता है जो कि स्थिर दाब पर ऊष्माधारिता है । यह परिणाम निम्न में बहुत आवश्यक संबंध देता है।

$$C_p = C_V + nR$$

बोध प्रश्न

कृपया नीचे दी गई पंक्तियों को भरिए, जिसमें पिछली समीकरण का वास्तविक परिकलन हो।

उपर्युक्त समीकरण यह दिखाता है कि गैस की ऊष्माधारिता हमेशा स्थिर ताप से स्थिर दाब में अधिक होती है। उनका उत्तर स्थिर होता है, तथा NR के बराबर होता है। यह वास्तव में एक विशिष्ट तथ्य है। अब आदर्श गैस नियम को $d\theta$ समीकरण के लिए प्रयोग करते हुए आप दूसरा निम्न समीकरण प्राप्त कर सकते हैं।

$$d\theta = C_p\, d\theta - V dP$$

बोध प्रश्न

कृप्या इस समीकरण को प्राप्त करने के लिए आवश्यक पंक्तियों को लिखिए।

अब $d\theta$ का समीकरण निकालने के लिए रुद्धोष्म दशा के लिए इन दो समीकरणों के लिए जोडत हैं (उनके लिए जहाँ $d\theta = 0$)। इससे निम्न जरुरी समीकरण प्राप्त होता है :

$$\frac{dP}{P} = \gamma \frac{dV}{V}$$

जहां $$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

और C_P तथा C_V मोलर ऊष्मा धारिताएं हैं।

बोध प्रश्न

कृपया निम्न स्थान का उपयोग इस प्रक्रिया के लिए कीजिए और ऊपर दिए गए समीकरण को समझिए।

13.3.5 विभिन्न गैसों की ऊष्मा धारिता

सांख्यिकीय यांत्रिकी विषय का गहरा संबंध ऊष्मा और ऊष्मागतिकी से जुड़ा हुआ है। इस विषय का यह आवश्यक निष्कर्ष है कि गैस की मोलर ऊष्माधारिता का गहरा संबंध गतियों की संख्या के साथ है जो एक गैस परमाणु में हो सकती है । वास्तव में यह नियम निम्न प्रकार है :

प्रत्येक गति के लिए किसी गैस परमाणु में स्थिर आयतन पर मोलर ऊष्मा धारिता की मात्रा $\frac{1}{2}\ R$ के बराबर होती है । इस प्रकार, एक परमाणु गैस के लिए जैसे हीलियम, जो स्वतंत्र रुप से किसी भी तीन दिशा में (x, y या z) घूम सकती है ।

$$C_V = \left(\frac{3}{2}\right) R$$

$$C_p = \left(\frac{3}{2}\right) R + R$$

$$\gamma = \frac{5}{3} = 1.67$$

एक द्वि-परमाणुक गैस जैसे ऑक्सीजन या नाइट्रोजन जिसके अणुओं की गति $x - y - z$ के अतिरिक्त एक अक्ष में घूम सकती हैं । यद्यपि वह अक्ष नहीं जिसमें परमाणु जुडे हैं । इसके अतिरिक्त परमाणु, अक्ष के सापेक्ष कम्पन कर सकते हैं जो परमाणुओं से जुड़े है। इस प्रकार इनका समीकरण होगा।

$$C_V = \frac{5}{2}\ R$$

$$C_P = \frac{5}{2}\ R + R = \frac{7}{2} R$$ उपरोक्त समीकरण देखिए

$$\gamma = \frac{7}{5} = 1.4$$

गैस जो कार्बन डाइ ऑक्साइड (CO_2) जिसमें तीन परमाणु लगभग एक सीधी रेखा में टकराते हैं, इसके अतिरिक्त इन्हे दो स्वतंत्र विधियों से मोड सकते हैं। ऐसी स्थिति में यह निम्नलिखित होगा।

$$C_V = \frac{7}{2}\ R$$

$$C_P = \frac{7}{2}\ R + R = \frac{9}{2} R$$ उपरोक्त समीकरण देखिए

$$\gamma = \frac{9}{7} = 1.29$$

इस प्रकार γ को मापकर, हम किसी गैस में उपस्थित परमाणु और अणु संरचना का पता लगा सकते हैं। यह बिलकुल वही होगा जो आप अपने प्रयोग में करेंगे।

13.3.6 गैस में ध्वनि का वेग

आपकी संदर्भ पुस्तक (पृष्ठ सं. 118 और उससे आगे) उस सूत्र को विस्तार से निकाला गया है, जिससे आप गैस में ध्वनि की गति को निकाल सकते हैं। सूत्र यह मानता है कि ध्वनि रुद्धोष्म विधि से अनुदैर्घ्य तरंग द्वारा चलती है । यह वही मान्यता है जिसे हमने ऊपर स्वीकार किया है । इस सूत्र का निम्न परिणाम है,

$$w = \left(\frac{1}{\rho} \times \frac{1}{-\frac{dV}{dP} \times V}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{\gamma P}{P}\right)^{1/2}$$

जहा w = ध्वनि की गति मीटर प्रति सैकंड में

ρ = गैस का धनत्व किग्रा/मीटर^3 में

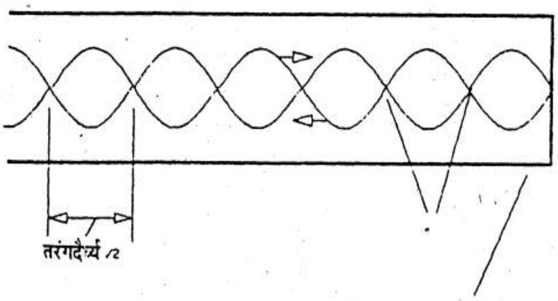
बोध प्रश्न

कृपया 13.3.4 के समीकरणों का उपयोग करते हुए सिद्ध कीजिए कि ऊपरोक्त दूसरी समानता पहली से संदर्भित है।

इस प्रकार आप γ द्वारा w का मान निकाल सकते हैं, जो आपका प्रयोगिक उद्देश्य है।

13.3.7 नली में ध्वनिक अनुनाद

आप यहां जिस विधि का उपयोग करने जा रहे हैं उससे गैस में ध्वनि की चाल मापते हैं। इस प्राय: जर्मन भौतिज्ञों के बाद कुण्ड नलिका विधि कहते हैं । यह सामान्यतया उन तथ्यों पर आधारित है, जिसमें अनुदैर्घ्य ध्वनि तरंगें जब एक किनारे से बंद नली में से गुजरती हैं, तो अनुनादी घटना होती है।



चित्र 13.1

चित्र 13.1 में जो तरंग दायीं तरफ जाती हैं, और परावर्तित तरंग जो बांयी तरफ आती है, उनका स्रोत उदग्म एक ही है। ये दो दाब तरंगे आपस में मिलती हैं और क्रमशः न्यूनतम और अधिकतम अग्रगामी तरंगों का चित्र उत्पन्न करती हैं। इनके बीच की दूरी $\lambda/2$ है, जहां α ध्वनिक तरंग की तरंग दैर्घ्य है।

प्राय: ध्वनि तरंग के लिए चालक नली के खुले सिरे पर स्थित होता है, जहां तरंग का आयाम अधिकतम है। यदि नली की लंबाई तरंगों की विषम संख्या के बराबर है, तब व्यतिकरण में अनुनाद होगा और दाब का मान अधिकतम और न्यूनतम होगा। अपने प्रयोग में आप कम मात्रा में बहुत हलका पाऊडर एक किनारे से बंद कांच की नली की सतह के साथ साथ रखेंगे और खुले किनारे से ध्वनि उत्पन्न करेंगे । जब आवृति को इस प्रकार संमजित करेंगे । तब अनुनाद उत्पन्न होगा। आप देखोगे कि शक्तिशाली ध्वनि तरंग पाउडर को हटा देती है, जो अनुनादीय निष्पंद पर एकत्रित है। ये वे स्थान हैं, जहां नली में बहुत कम गैस की गति होती है। इस प्रेक्षण के साथ आप N अर्ध तरंग दैर्घ्यों द्वारा अलग अलग निष्पंदों के बीच L की दूरी को आसानी से माप सकते हैं। आप तरंग दैर्घ्य λ की गणना कर सकेंगे यदि आवृति ν का मान पता है। ध्वनि की चाल w की गणना निम्न सूत्र से कर सकते हैं।

$$w = \lambda\nu$$

इस तरह आप ऊष्मा धारिताओं, r के अनुपात को सत्यापित करेंगे जो इस प्रयोग का एक उद्देश्य है।

13.4 सावधानियां

इस प्रयोग की मुख्य सावधानी उच्च स्तरीय ध्वनि शक्ति है जिसका उपयोग आप इस प्रयोग में करेंगे। प्रयोग शुरु करने से पहले आप अपने कानों में रुई को अच्छी तरह से लगा लें। इससे प्रयोग करते समय आपका कान खराब नहीं होगा तथा न ही किसी प्रकार का दर्द होगा।

प्रयोग के प्रत्येक भाग को शुरु करने से पहले आप अच्छी तरह जांच लीजिए कि शक्ति प्रवर्धक का मान शून्य हो। तब आप दोलित्र लेबल का मान मध्य में कर सकते हैं। शक्ति प्रवर्धक को धीरे धीरे तथा सावधानीपूर्वक तब तक बढ़ाते जाइए जब तक पाऊडर नली में हिलने न लगे।

ध्यान रखिए कि जब आप शक्ति प्रवर्धक में अनुनाद पाते हैं, तो शीघ्रता से शक्ति को बढ़ाइए और तुरंत उसे कम कर दीजिए। यह निष्पंद क्षेत्रों में पाऊडर को इक्टठा कर देगा। अब आप निष्पंदों के बीच की दूरी को माप लीजिए और शक्ति प्रवर्धक के मान को बिलकुल कम कर दीजिए। इस प्रकार यह आपको अपने साथियों से जो हर समय ध्वनि की ऊंची आवाज रखते हैं, दूर रहने हानि से बचायेगा।

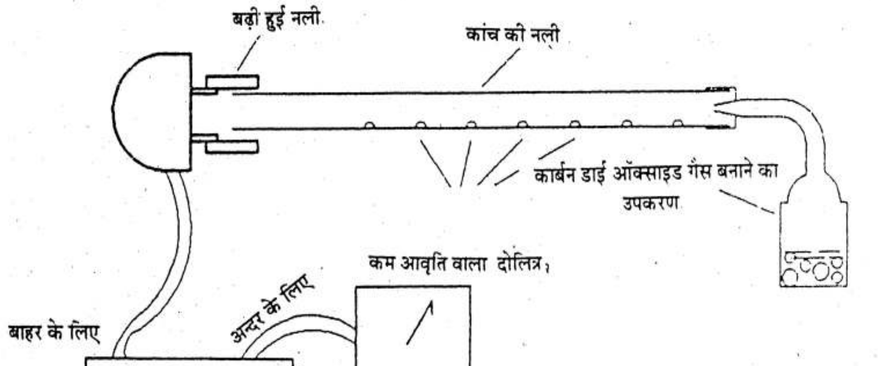
13.5 प्रयोग

13.5.1 उपकरण को व्यवस्थित करना

कृपया कांच नली को लाइए और उसे ठीक से लगाइए नली के अंदर कम मात्रा में एक या दो चुटकी हलका चूर्ण डालिए और तली के साथ साथ पूरी नली में फैला दीजिए। इसे आप नली को घुमाकर भी कर सकते हैं। सामान्यत: यह लाइकोपोडियम चूर्ण है, जो प्राकृतिक रुप में भारत में नहीं मिलता है । इसकी जगह पोइन पेड़ के फूलों को या रीड के फूलों का उपयोग कर सकते हैं । दोनों ही बहुत अच्छे हैं, लेकिन इसको ठीक समय पर इक्टठा कर लेना चाहिए। यदि आप इसे एकत्रित नहीं कर सकते तो चाक के चूर्ण को अपनी कक्षा से लेकर प्रयोग कर सकते हैं।

नली के सिरे को बंद करने के लिए एल्युमिनियम के टूकड़ों का प्रयोग कर सकते हैं। जिसमें विद्युत कुचालक टेप की कई परते होती हैं। यह आपको संतोषजनक ध्वनि परिवर्तन देगा। इस तरह आप एक छेद द्वारा हवा के अतिरिक्त अन्य गैसों को अन्दर भेज सकते हैं ।

लाउडस्पीकर के हार्न का चालक भारी होता है। इसे ठीक से स्टैंड पर लगाइए। आप बल पूर्वक नली के आगे के भाग को अंदर कीजिए, क्योंकि यह चालक को पकड़ने में सहायता करेगा।



चित्र 13.2

उपकरण को चित्र 13.2 के अनुसार लगाइए लेकिन यह आवश्यक है कि नली सीधी हो अन्यथा चूर्ण ध्वनि के द्वारा उछलकर धीरे धीरे नली के बाहर आ जाएगा।

एक बार जब उपकरण को ठीक से लगा देते हैं, तो चालक को शक्ति प्रवर्धक के निर्गम के आखिरी सिरे से और दोलित्र के आगम को शक्ति प्रवर्धक के निर्गम से जोड़ देते हैं। जब आप इन दोनों को जोड़ेगें तो इनका आपसी संबंध समाप्त हो जाएगा।

13.5.2 वायु में तरंगदैर्घ्य को मापना

दोलित्र आवृत्ति को 1000 हर्टज तक कीजिए, इनको अधिकतम मान के आधे भाग तक ही रखिए। शक्ति प्रवर्धक की प्रबलता को शून्य पर रखिए। दोलित्र और शक्ति प्रवर्धक के बटन को दबाइए और कुछ देर तक उनके फलन की प्रतीक्षा कीजिए । एक मिनट या उसके आस पास तक धीरे धीरे शक्ति प्रवर्धक का मान तब तक बढ़ाते जाइए जब तक ध्वनि की आवाज सुनाई न देने लगे। यदि कुछ भी सुनाई नहीं पड़ रहा है तो प्रबलता के मान को कम कर दीजिए और आपरेटस के कनेक्शन को जांचिए।

जब कुछ आवाज सुनाई पड़े तो दोलित्र की आवृत्ति को धीरे धीरे बढ़ाइए। आप यह देखेंगे कि आवृत्ति के एक विशेष मान पर अचानक आवाज तेज हो जाती है। जिसे अनुनाप आवृत्ति कहते है।

दशा

* ऐसे अनुनाद के पास से शक्ति को तब तक बढाते जाइए (ध्वनि सतह को) जब तक नली के अंदर का चूर्ण नाचने न लगे । इसके बाद दोलित्र को धीरे धीरे इस प्रकार बजाइए कि नाच अधिकतम हो जाए । दोलित्र की आवृत्ति को नोट कीजिए और तालिका 13.1 में लिखिए।

* अब अनुनाद को एक दम तेज कीजिए और उसी समय उसको पुन: कम कर दीजिए। आप देखेंगे कि ध्वनि के कम्पन से चूर्ण अनुनादित निस्पंद की ओर जाने लगता है । ऐसा कुछ समय तक, तब तक करते रहिए, जब तक चूर्ण की साफ छोटी छोटी ढेरियां न बन जांए। इसके बाद शक्ति के मान को शून्य कर दीजिए।

* बिलकुल साफ ढेरियों के बीच की दूरी मापिए तथा इन ढेरियों के बीच की दूरी की संख्या भी ज्ञात कीजिए । इन मानों को तालिका 13.1 में लिखिए।

तालिका 13.1

	आवृत्ति	दूरियों की संख्या	तरंग दैर्घ्य निकाली गई
भाग 1			
भाग 2			

औसत तरंग दैर्घ्य = मी/से

सांख्यिकीय त्रुटि = मी/रो

अब शक्ति दोलित्र के मान को थोड़ा बललिए और दोलित्र की आवृति को इतना बढ़ाइए कि दूसरा अनुनाद सुनाई देने लगे। क्रिया को 1–3 बार दोहराइए और इसको कम से कम तीन अलग अलग आवृत्ति के लिए करो । इन मानों के परिणाम स्वरुप ध्वनि की चाल को दी हुई आवृत्ति के लिए निकाल सकेंगे।

कृपया अब इन सभी मानों को 1000 हर्टज की आवृत्ति पर दुबारा मापिए। इन मानों को तलिका 13.1 के दूसरे भाग में लिखिए।

13.5.3 कार्बन डाई ऑक्साइड में तरंग दैर्घ्य को मापना

सबसे पहले आप कार्बन डाई ऑक्साइड गैस बनाने के लिए उपकरण को लगाइए। इसको रसायन विज्ञान की सहायता से आसानी से कर सकते हैं । गैस बनाने के लिए जार लीजिए और उसके पर्दे में

संगमरमर के छोटे छोटे टुकड़ों को सावधानी पूर्वक रखिए। इसमें हाइड्रोक्लोरिक अम्ल इतना डालिए कि टुकड़ें उसमें डूब जाए अब उपकरण को बंद कर दीजिए। इसमें कार्बन डाई ऑक्साइड थोड़ी थोड़ी मात्रा में कम से कम आधे घंटे तक बनती रहनी चाहिए । जब भी आप जरुरत समझें रबर की नली का एक सिरा उपकरण से तथा दूसरा सिरा कांच का टोंटी से जोड़ दीजिएं। कांच की टोंटी को काली टेप और एल्यूमिनियम की पत्ती से दबा कर अनुनाद नलिका में डालिए। गैस धीरे धीरे नलिका में जानी चाहिए और इस तरह कुछ देर में नली भर जाएगी चूंकि गैस हवा से भारी होती है इसलिए आसानी से बाहर नहीं निकल जाती है। अब प्रयोग 13.5.2 में किए गए सभी क्रियाकलापों को दुबारा कीजिए तथा परिणाम को तालिका 13.2 में लिखिए ।

जब आप प्रयोग समाप्त कर लें तो उपकरण को निकाल दीजिए तथा पानी से अम्ल के सभी धब्बों को धो डालिए। बचे हुए संगमरमर के टुकड़ों को इकटठा कीजिए। उपकरण को दूसरे विद्यार्थी के लिए साफ करके तथा सुखा कर रखिए ।

तालिका 13.2

	आवृत्ति	दूरियों की संख्या	इन दूरियो द्वारा तय की गई दूरी	तरंग दैर्घ्य निकाली गई
भाग 1				
भाग 2				

औसत तरंग दैर्घ्य = मी./से

संख्यिकीय त्रुटि = मी./सें

13.5.4 गणना तथा संभावित त्रुटियां

प्रत्येक अनुनादीय आवृत्ति के लिए ध्वनि तरंग की चाल की गणना तालिका 3.1 के भाग 1 और भाग २ के लिए कीजिए। जैसा कि 13.3.6 में बताया गया है। अपनी विधि और सभी मानों का प्रयोग करके मान की संख्यिकीय त्रुटियां निकालिए ।

यदि आप त्रुटि का मान 2 % से अधिक पाते है, तब आप अपने मानों की वास्तविक गलती को देखिए दूरियों की संख्या को गलत गिनना, दोलित्र का अंशाकन अच्छा नहीं है आदि इस तरह के प्रयोग में आप 1 % या कम त्रुटि की आशा कर सकते है।

अब गणनाओं को कार्बन डाई ऑक्साइड के मान के लिए दोहराइए और तालिका 13.2 में उपयुक्त स्थान पर लिखिए।

अब13.3.6 में बताए गए समीकरण का प्रयोग करके आप γ के मानों की गणना कर सकते हैं। इसके बाद आप यह देखिए कि ये मान 13.3.5 के अनुसार है। आप दाब का मान अपने स्थानीय समाचार पत्र में दिए गए दैनिक मौसम समाचार से ले सकते हैं और घनत्व का मान अपने पुस्तकालय में रखी हैडबुक में पाएंगे । कृपया इन मानों को पहले से ही पता कर लीजिए ।

13.6 निष्कर्ष

अब आप यह बताने की स्थिति में हैं कि प्रायोगिक अनुभव पठन सामग्री के अनुसार है या नहीं । आप सम्भवत: कुछ अनतर पाऐंगे – संसार भी आदर्श नहीं है । जो परिणाम आपने निकाले हैं उसके वि षय में आप क्या अनुभव करते हैं कृपया उसको खाली जगह में लिखिए ।

संदर्भ :- Mark W.Zemansky and Richard H. Dittman Heat and Thermodynamic 6th edition, Mc Graw Hill

परामर्शदाता के प्रयोग के लिए

ग्रेड ______________________ छात्र का नाम ______________________

मूल्यांकनकर्ता ______________________ पंजीकरण ______________________

प्रयोग 14 : अवस्था परिवर्तन

14.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

14.2 उपकरण

14.3 अध्ययन सामग्री

अवस्था परिवर्तन और गतिज ऊर्जा

वाष्पन के कारण शीतलन

प्रथम कोटि का अवस्था परिवर्तन

पारगमन तापमान

14.4 सावधानियां

14.5 प्रयोग

ठोस का पिंघलना

तापमान को मापना

शीतलन वक्र

परिकलन

प्रेक्षण

14.6 निष्कर्ष

14.1 प्रस्तावना

हम यह अच्छी तरह जानते हैं कि पदार्थ ठोस, द्रव और गैस (वाष्प) के रुप में हमारे चारों और विद्यमान होते हैं । हम यह भी भली भांति जानते हैं कि कुछ विशेष परिस्थितियों में एक ही पदार्थ जैसे पानी, बर्फ (ठोस) पानी (द्रव) और भाप (गैस) तीनों अवस्थाओं में दिखाई देते हैं। विज्ञान की भाषा में, इन्हें हम ठोस, द्रव और गैस अवस्था कहते हैं। एक अवस्था से दूसरी अवस्था में परिवर्तन होने से, विशेष रुप से आयतन में परिवर्तन और ऊर्जा का कुछ शोषण या उत्सर्जन होता है।

बोध प्रश्न

जब आप किसी डाक्टर के पास सूई लगवाने जाते हैं तो वह सूई लगाने से पहले आप की त्वचा को ईथर से भिगोई हुई रुई से रगड़ता है। नीचे दिए गए स्थान में आप यह लिखें कि आपकी त्वचा जिस जगह पर ईथर वाली रुई से रगड़ा जाता हैं, वहां आपको कैसा महसूस होता है।

____

____

गर्मी के दिनों में आप एक गिलास शरबत के लिए आदेश देते हैं। शरबत में आप बर्फ की मात्रा अधिक डालने के लिए कहते हैं, जिससे आपको अधिक ठंडा शर्बत मिले । आप ने गिलास की बाहरी सतह पर कुछ देखा है आपने जो भी देखा है उसे नीचे दिए गए स्थान में लिखिए।

उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के पश्चात् आप :

- यह सिद्ध कर सकेंगे अवस्था परिवर्तन के समय तापमान में बिना किसी परिवर्तन के हुए ऊर्जा का स्थानांतरण होता है।
- किसी द्रव पदार्थ को ठोस अवस्था में परवर्तित होने के लिए जितनी ऊर्जा की आवश्यकता होती है उसका आप परिकलन कर सकेंगे।
- शीतलन वक्रों को समझ सकेंगे और उनका विश्लेषण कर सकेंगें।
- आप यह सिद्ध कर सकेंगे कि अवस्था परिवर्तन के कारण आयतन में परिवर्तन होता है।
- इस प्रयोग को अन्य अवस्था परिवर्तनों से जोड सकेंगे, जिन्हें आप प्रतिदिन के जीवन में देखते हैं।

14.2 उपकरण

* कांच की एक परखनली
* बनसन बर्नर या एक स्पिरिट लैंप
* पानी से भरा हुआ टब
* स्टैंड और क्लैंप
* प्रतिरोधक ओम मीटर, या एल सी आर ब्रिज
* घडी या कलाई घडी
* कमानी तुला या साधारण तुला।

14.3 अध्ययन सामग्री

14.3.1 अवस्था परिवर्तन और गतिज ऊर्जा

द्रव की गतिज ऊर्जा हमें यह बतलाती हैं कि कोई द्रव भी करोड़ों अणुओं से बना होता है और ये अणु लगातार गतिमान होते हैं । ठोस अवस्था में ये अणु लगातार एक मूलावस्था के आस-पास किसी दिशा में विस्थापन करते रहते हैं, और इस स्थिति में हमें जो गति प्राप्त होती है, उसमें केवल कंपन होता हैं (अर्थात् स्थानांतरण नहीं होता) । जब ठोस को गर्म किया जाता है अधिक ऊर्जा दी जाती है तब कंपन अधिक तेज और बहुत अधिक प्रभावशाली हो जाता है । ऐसी स्थिति में अणु अधिक समय तक एक ही अवस्था में स्थिर नहीं रह सकते । ये पदार्थ में एक स्थान से दूसरे स्थान पर किसी भी दिशा में घूमते रहते हैं । इस प्रकार इससे हमें द्रव अवस्था प्राप्त होती है जिसे हम सतह से निरुपित करते हैं । जब द्रव को गर्म किया जाता है, तब उसके अणुओं की ऊर्जा और अधिक बढ जाती है, जिसके कारण अधिक ऊर्जा वाले अणु कम ऊर्जा वाले अणुओं को धक्का देकर सतह से ऊपर आ जाते हैं। इस प्रकार वाष्पीकरण होने लगता है और अणु गैस अवस्था में परिवर्तित हो जाते हैं। इसी प्रकार जब एक द्रव को ठंडा किया जाता है तब इसके अणुओं की गतिज ऊर्जा कम हो जाती है। ऐसा द्रव के अणुओं की कुछ ऊर्जा कम करके किया जा सकता है। जब हम वाष्प को संघनित करते हैं तब

भी यही परिघटना होती है। एक निर्धारित तापमान पर अवस्था परिवर्तन के लिए, जितनी उष्मा की आवश्यकता होती है उसे हम गुप्त ऊ ष्मा कहते हैं। चूंकि, अवस्था परिवर्तन होने पर दो अणुओं के बीच की माध्य दूरी बदल जाती है, इसलिए तब पदार्थ का भी आयतन भी बदल जाता है।

14.3.2 वाष्पन के कारण शीतलन

किसी भी पदार्थ के तापमान को हम उसके अणुओं की माध्य गतिज ऊर्जा से निकाल सकते हैं। जब वाष्पन हो रहा हो तो द्रव में कुछ ऐसे अणु होते हैं जिनकी ऊर्जा बाकियों से बहुत अधिक होती है, ये अणु द्रव के धरातल को छोड देते हैं। इस कारण से हम यह कह सकते हैं कि वाष्पन से बचे हुए द्रव के अणुओं की औसत ऊर्जा में कमी आ जाती है, जिसके कारण शीतलन होता है।

14.3.3 प्रथम कोटि का अवस्था परिवर्तन

ऊपर बताए गए अवस्था परिवर्तन आयतन में परिवर्तन होता है तथा ऊर्जा शोषित या उत्सर्जित होती है, यानि एन्ट्रापी में परिवर्तन होता है, इस प्रकार के अवस्था परिवर्तन को प्रथम कोटि का अवस्था परिवर्तन कहा जाता है ।

14.3.4 पारगमन तापमान

किसी ठोस के पिंघलने या किसी द्रव के उबलने का एक निश्चित तापमान होता है । इसे पिंघलने (मं.प.) या उबलने (ब.प.) का तापमान कहा जाता है। इस तापमान को हम पारगमन तापमान भी कहते हैं, जो अवस्था परिवर्तन से संबंधित है।

14.4 सावधानियां

चूंकि इस प्रयोग के लिए आप ठोस नेष्थलीन को प्रयोग में ला रहे हैं, इसलिए आप यह ध्यान रखें वि नेष्थलीन के वाष्प को सांस लेते समय सीधें अंदर न लें । यदि आपने ऐसा नहीं किया तो निश्चय ही आप के लिए यह हानिकारक हो सकता है ।

जब आप नेष्थलीन को गर्म कर रहे हों । तब इसे अधिक गर्म न करें । आप को यह सुझाव दिया जाता है कि आप नेष्थलीन को एक परखनली में डालकर पानी के टब में रख कर गर्म करें । परखनर्ल को सीधे गर्म न करें, क्योंकि द्रव नेष्थलीन आग को पकड़ सकता है, अर्थात् इसमें आग लग सकती है। कभी कभी परखनली में दरार भी पड़ सकती है।

14.5 प्रयोग

14.5.1 ठोस का पिंघलना

खाली परखनली का भार निकालिए और इसे नीचे दिए गए स्थान में लिखिए।

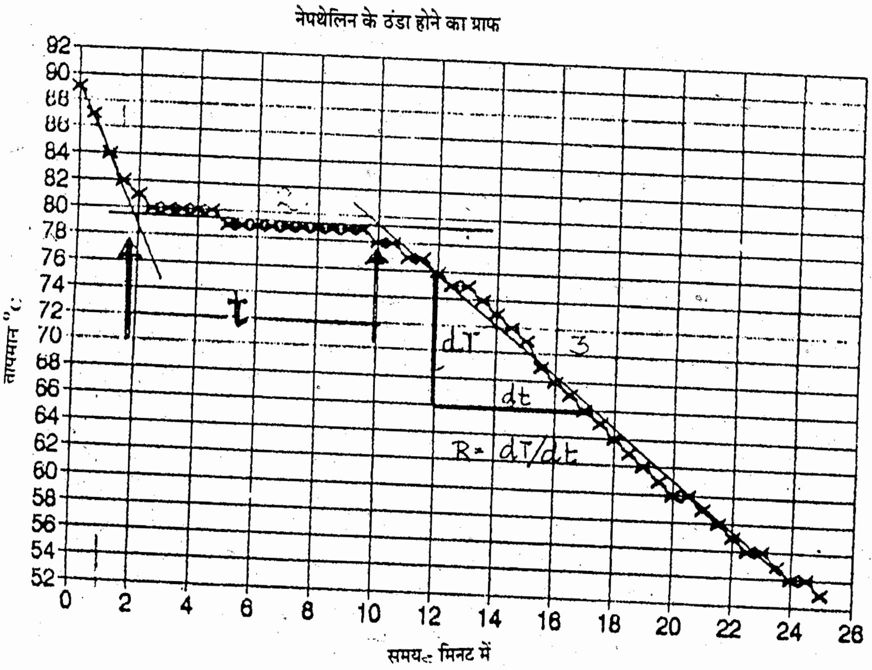
खाली परखनली का भार = m_1 = ...

अब15 से 20 ग्राम के बीच नेष्थलीन के टुकड़े को लीजिए और उसका भार निकालिए ! इस भार को आप नीचे दिए गए स्थान में लिखिए।

नेष्थलीन का भार = m_2 = ...

नेष्थलीन के टुकडे को आप परखनली में डालिए । इस परखनली को गर्म पानी के टब में रखकर गर्म कीजिए । आप देखेंगे कि नेष्थलीन एक पारदर्शी द्रव में बदल जाती है। आप यह भी देखेंगें कि पानी से भरे टब के पानी के उबलने से पहली ही नेष्थलीन पूरी तरह पिंघल जाता है। आप परखनली के अंदर के पूर्ण पारदर्शी द्रव को जब देखें तब उसे पानी के टब से बाहर निकाल लीजिए और साफ

कपड़े के टुकड़े या रुई से परखनली की बाहरी सतह को साफ कर दीजिए । परखनली को उसके ऊपरी सिरे के निकट स्टेंड में लगा दीजिए । इसे इस प्रकार लगाइए कि परखनली के अंदर के पारदर्शी द्रव का तल नली के स्टैंड पर लगे लैम्प से नीचे हो। जिससे परखनली के अंदर हवा आसानी से जा सके । इससे परखनली में शीतलन होगा।



चित्र 14.1

14.5.2 तापमान से मापन

थर्मीस्टर को आप पारदर्शी द्रव के बीच में रखें यह ध्यान रहे कि ये थर्मीस्टर परखली की दिवारों को स्पर्श न करें और एल सी आर ब्रिज या बहुल मापी को लेकर इसका प्रतिरोध निकालिए।

अपने प्रयोग 2 में थर्मीस्टर का मानकीकरण करना सीख लिया है। यदि आपने इसका मानकीकरण प्रयोग 2 में नहीं किया है तब आप अपने परामर्शदाता से थर्मीस्टर के प्रतिरोध और तापमान के बीच ग्राफ मांगिए।

14.5.3 शीतलन वक्र

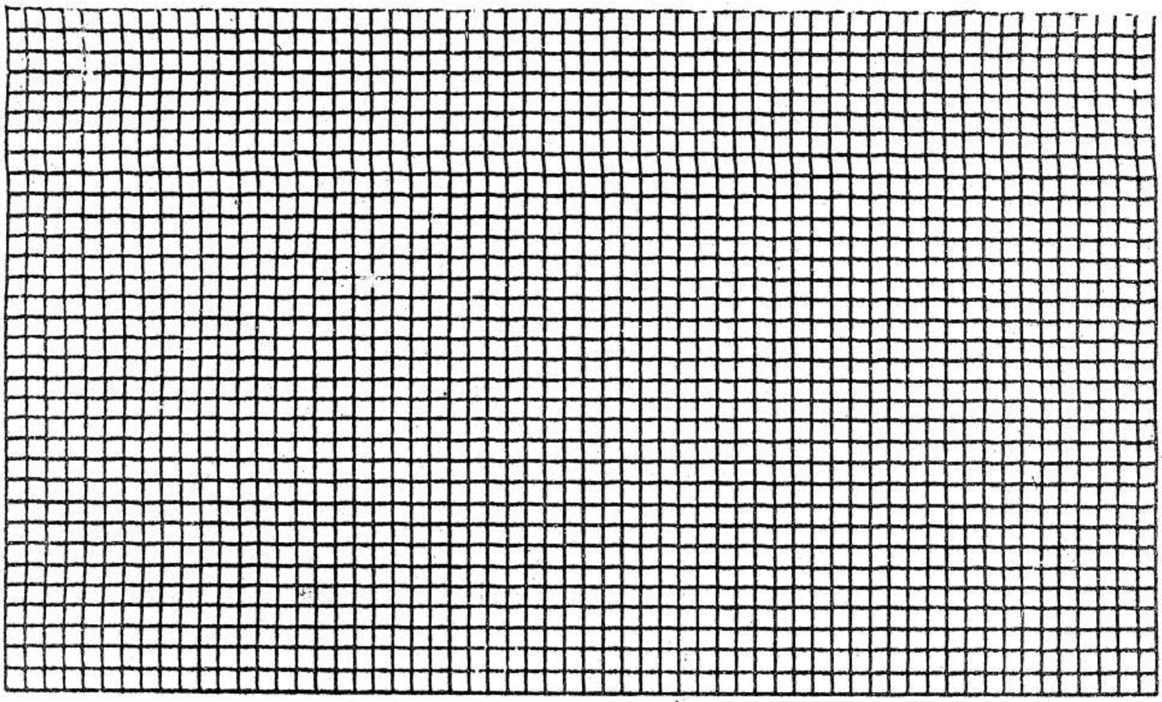
निश्चित समय के अंतराल पर आप थर्मीस्टर के प्रतिरोध को तब तक निकालिए मान लीजिए प्रत्येक 30 सेंकेड के बाद जब तक कि यह द्रव पूर्णत: ठोस में न परिवर्तित हो जाए । अब ठोस पदार्थ को कमरे के तापमान तक ठंडा कीजिए । मान को आप परीक्षण तालिका 1 में लिखिए ।

परीक्षण तालिका 1

समय (मिनट)	प्रतिरोधक (ओम)	तापमान (^{0}C)

ऊपर की परीक्षण तालिका का ग्राफ खींचिए, जिसमें समय को x-अक्ष और तापमान को y-अक्ष में लिया गया है । इस ग्राफ को हम शीतलन वक्र कहते हैं।

14.5.4 परिकलन



ग्राफ

यह ग्राफ आप को उसी तरह से दिखाई देगा जैसा कि चित्र 14.1 में दिखाया गया है।

इसमें तीन भाग हैं (1) द्रव के ठंडा होने वाला भाग (2) अवस्था में परिवर्तन होने वाला भाग (3) ठोस के ठंडा होने वाला भाग।

ग्राफ का वह भाग जो समय अक्ष के समानांतर हो x-अक्ष उस समय को निरुपित करता है, जिसमें अवस्था में परिवर्तन होता है। इस समय हम परखनली को जो ऊष्मा देते हैं उससे ताप में कोई परिवर्तन नहीं होता । ग्राफ में दूसरे भाग को दोनों तरफ बढाइए जैसा कि चित्र 14.1 में दर्शाया गया है।

ग्राफ में पहले और तीसरे भाग के समतल शीतलन भाग को इस तरह बढाइए कि वह दूसरे भाग से बढाए गए भाग से मिल जाए। इसे ऊपर के ग्राफ में दिखाया गया है। अंतरालय AB को इसमें उस समय के बराबर को दर्शाया गया है जिसमें संपूर्ण पदार्थ ठोस में परिवर्तित हो जाता है। इसे आप नी‍‍े लिखिए।

अवस्था परिवर्तन का समय = t = ... sec

तीसरे भाग के शीतलन होने की दर को मापिए । $\frac{dT}{dt}$ की प्रवणता दर को मापिए और इसे नीचे लीखिए।

तीसरे भाग के शीतलन होने की दर = $\frac{dT}{dt}$ = ... °/sec

अब यह मान लीजिए कि कांच की विशिष्ट ऊष्मा $C_1 = 670 J/kg$ है और ठोस नेप्थलीन की $C_2 = 1170 J/kg$ है।

इससे आप नेप्थलीन के गलन की गुप्त ऊष्मा को यह मान कर निकाल सकते हैं कि जमने के समय हुई ऊष्मा में कमी, शीतलन के समय हुई ऊष्मा में कमी के बराबर है । आपने गणनांक निष्कर्ष को नीचे लिखिए।

$$m_2 \times L = m_2 \times C_2 \times R \times t + m_1 \times C_1 \times R \times t$$

इसलिए $$L = C_2 \times R \times t + \left(\frac{m_1}{m_2}\right) \times C_1 \times R \times t = \ldots J/kg$$

14.5.5 प्रेक्षण

परखनली के अंदर द्रव के तल को देखिए जब वह ठोस में परिवर्तित हो रहा हो। अपने प्रेक्षण को नीचे दिए गए स्थान में लिखिए।

अपने प्रेक्षण के आधार पर नीचे दिए गए रिक्त स्थान की पूर्ति कीजिए।

ठोस होने के समय नेप्थलीन का आयतन बढता / घटता है।

14.6 निष्कर्ष

क्या आपने उन सभी उद्देश्यों को पूरा कर लिया है, जिन्हें उप भाग 14.1 में में लिखा गया है।

बोध प्रश्न

* क्या किसी ठोस पदार्थ का आयतन द्रव के आयतन के सापेक्ष हमेशा कम होता हैं ? इस प्रश्न का उत्तर देने से पहले आप यह सोचिए कि शर्बत के अंदर डाले गए बर्फ के टुकड़े तैरते हैं या डूब जाते हैं।

---

* क्या समय तापमान के ग्राफ की प्रवणता ठोस की उस गुणता पर निर्भर करती हैं, जिसे परखनली में लिया गया है । इसका कारण बताइए।

---

* एक ऐसा प्रयोग बताइए जिससे आप बर्फ के पिंघलने की गुप्त ऊष्मा निकाल सकते हैं

पदार्थों के कुछ उष्म गतिक गुणधर्म से समबन्धित कुछ प्रयोग

* आइस क्रीम में क्रीम को जमाने के लिए केवल बर्फ का प्रयोग ही करना काफी नहीं है । इसके लिए बर्फ और नमर्क के मिश्रण को प्रयोग में लाया जाता है। यह मिश्रण उपरोक्त प्रयोग के लिए किस प्रकार से अधिक लाभदायक है।