



मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल
भौतिकी विभाग

प्रयोगशाला पुस्तिका

Lab Mannuals

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर
(B.Tech. I Sem/II Sem)



MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS

Prepared by
Dr. Fozia Z. Haque
Lab Incharge

List of Experiments

B.Tech. I & II Sem,

Physics Lab

1. To plot the characteristics curves of a p-n junction diode.
2. To plot the characteristics curves of PNP transistors in CE mode.
3. To perform Melde's Experiment in transverse and longitudinal modes and determine the frequency of an electrically maintained tuning fork.
4. To determine frequency of AC mains using an electrical vibrator.
5. To determine the radius of curvature of a lens by Newton's ring method.
6. To determine the refractive index of the material of the prism for various colors of mercury light using prism and spectrometer.
7. To determine the dispersive power of the material of the prism using spectrometer.
8. To determine the wavelength of different colors of mercury light using a plane transmission grating.
9. To determine percentage of transmission of light for a semi transparent film using Lummer-Brodhum photometer.
10. To study diffraction at a single slit using He-Ne laser.
11. To determine the wavelength of He-Ne laser by Michelson Interferometer.
12. To determine Hall Potential and Hall Coefficient.
13. To study the characteristic of Photo Cell.
14. To verify the formula for the combination of lenses and to determine the cardinal points of the combination using Nodal Slide assembly.
15. To measure resistivity of a semiconductor by Four Probe method at different temperatures and determine the Band-gap.
16. To determine the Plank's Constant using LED
17. To study the characteristic of Photoconductive material.

प्रयोगों की सूची

बी.टेक. प्रथम / तृतीय सेमेस्टर

भौतिकी प्रयोगशाला

1. पी-एन जंक्शन डायोड के अभिलक्षणिक वक्रों को प्लॉट करना तथा इसके प्रतिरोध की गणना करना।
2. सीई मोड में पीएनपी ट्रांजिस्टर के अभिलक्षणिक वक्रों को प्लॉट करना।
3. अनुप्रस्थ तथा अनुदैर्घ्य मोड में मेल्ले का प्रयोग करना तथा विद्युत रूप से अनुरक्षित ट्यूनिंग कांटा की आवृत्ति निर्धारित करना।
4. विद्युत वाइब्रेटर का उपयोग करके एसी मेन्स की आवृत्ति निर्धारित करना।
5. न्यूटन की रिंग विधि द्वारा लेंस की वक्रता त्रिज्या निर्धारित करना।
6. प्रिज्म तथा स्पेक्ट्रोमीटर का उपयोग करके पारे के प्रकाश के विभिन्न रंगों के लिए प्रिज्म की सामग्री का अपवर्तनांक निर्धारित करना।
7. स्पेक्ट्रोमीटर का उपयोग करके प्रिज्म के पदार्थ की विक्षेपण क्षमता निर्धारित करना।
8. प्लेन ट्रांसमिशन ग्रेटिंग का उपयोग करके पारे के प्रकाश के विभिन्न रंगों की तरंगदैर्घ्य निर्धारित करना।
9. लुमर-ब्रोधम फोटोमीटर का उपयोग करके अर्ध पारदर्शी फिल्म के लिए प्रकाश के संचरण का प्रतिशत निर्धारित करना।
10. He-Ne लेजर का उपयोग करके एकल स्लिट पर विवर्तन का अध्ययन करना।
11. माइकलसन इंटरफेरोमीटर द्वारा He-Ne लेजर की तरंग दैर्घ्य निर्धारित करना।
12. हॉल पोटेंशियल और हॉल गुणांक निर्धारित करना।
13. फोटो सेल की विशेषता का अध्ययन करना।
14. लेंस के संयोजन के लिए सूत्र को सत्यापित करना और नोडल स्लाइड असेंबली का उपयोग करके संयोजन के कार्डिनल पॉइंट निर्धारित करना।
15. विभिन्न तापमानों पर फोर प्रोब विधि द्वारा अर्धचालक की प्रतिरोधकता को मापना और बैंड-गैप निर्धारित करना।
16. एलईडी का उपयोग करके प्लैंक स्थिरांक निर्धारित करना।
17. फोटोकंडक्टिव पदार्थ की विशेषता का अध्ययन करना।

MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS

B.Tech. I & II Sem
EXPERIMENT: STUDY OF DIODE

AIM:

To study the forward and reverse characteristics of Si and Ge junction diode.

THEORY:

Semiconductor P-N junction is practically unidirectional, device having more conduction in one direction and negligible conduction in opposite direction.

When P-N junction is formed, potential barrier is developed across the junction that opposes the further transition of electrons and holes across the junction. Now if the external potential difference is applied across the junction so that the P end is connected to the +ve of external supply, it will oppose the junction potential barrier and when external P.D. just balances the P.D., now it becomes easy for electrons and holes to move towards the junction and cross the junction. Thus with further increase in external P.D. more and more electrons and holes will cross the junction and contribute towards external current in the circuit. Hence diode conducts and it is referred to as Forward bias.

If the polarity of external supply is reversed so that P end is connected to the -ve of external supply, it will assist the junction potential difference and width of depletion layer will further increase making it still for electrons and holes to cross the junction. Hence diode will not conduct and it is referred as Reverse bias.

However due to minority carries very small current of the order of few μA is observed when diode is Reverse Bias. But as compared to forward current which is of the order of few mA practically we can neglect the neglect the reverse current and p-n junction diode may be treated as unidirectional device.

Semiconductor used for the manufacturing of p-n junction diode may be Si and Ge. The basic difference between Si and Ge is the energy band gap is 1.21 eV for Si and 0.72 eV for Ge at room temperature. Both Si and Ge diodes are commercially available.

A number of differences between these two types are relevant in design. A note worthy feature of I-V characteristics is that there exist cut in or threshold voltage V_t the current rises very rapidly. It is found that V_t is approximately 0.2 V for Ge and 0.6 V for Si. Note that the cut-in voltage for Si diode is offset about 0.4 V with respect to the cut-in voltage for Ge. The reason for this difference if found in part, in the fact that the reverse saturation current in Ge diode is normally larger by a factor of about 100, then the reverse saturation current in a Si diode of comparable ratings.

CIRCUIT DIAGRAM:

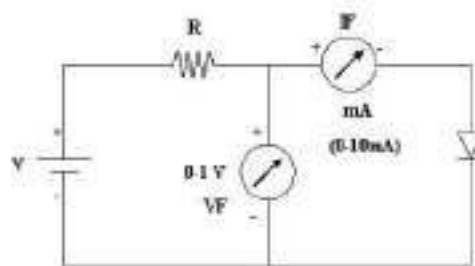


FIGURE (A) FORWARD BIAS

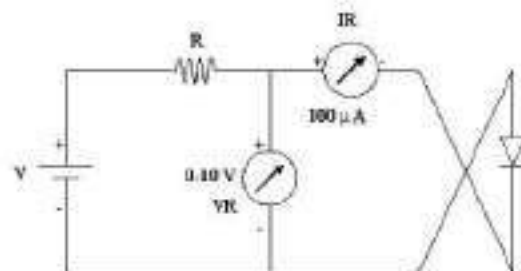


FIGURE (B) REVERSE BIAS

PROCEDURE:**(A) FORWARD CHARACTERISTICS:**

1. Make connection as shown in figure (A).
2. Keep meter switches as under
Voltmeter = 1 V and Ammeter = 10 mA
3. Gradually increase V_F in steps of 0.1 V from 0 and note I_F (forward current).
Tabulate the readings.

(B) REVERSE CHARACTERISTICS:

1. Make connection as shown in figure (B)
2. Keep meter switches as under
Voltmeter = 10V and Ammeter = 100 μ A
3. Gradually increase V_R in steps of 1 V and measure diode current.
4. Plot the graph between V_R and I_R

OBSERVATIONS:

- a) Least Count of Ammeters =mA, and μ A
b) Least Count of Voltmeters =V

TABLE 1: FORWARD CHARACTERISTICS

S.No.	V_F (Volts)	I_F (mA)
1.		
2.		
.		
.		

TABLE 2: REVERSE CHARACTERISTICS

S.No.	V_R (Volts)	I_R (μ A)
1.		
2.		
.		
.		

RESULTS AND CONCLUSION:

From I-V characteristics of diode it is observed that, diode conducts, when it is forward bias. Current increases rapidly with forward voltage. However there is cut-in voltage below which there is no conduction. In reverse bias, reverse saturation current of diode is very small, of the order of few micro amperes.

The diode can be used as a unidirectional device which finds important application as rectifier. It is observed from the comparisons of V-I characteristics of Si and Ge that the cut-in voltage for the Ge diode is smaller than cut-in Si diode and forward current for Ge diode is larger for same forward voltage.

Reverse saturation current in Ge diode is also higher than the reverse saturation current in Si diode for comparable range.

SOURCES OF ERRORS AND PRECAUTIONS:

- i. Ensure proper connection of the diode with the correct polarity (anode to positive, cathode to negative) when connecting to the circuit.
- ii. Avoid exceeding the maximum current rating of the diode
- iii. Increase the applied voltage gradually to observe the diode's behavior

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: डायोड का अध्ययन

उद्देश्य: Si और Ge जंक्शन डायोड की अग्रगामी (फॉरवर्ड बायस) और पश्चगामी (रिवर्स बायस) विशेषताओं का अध्ययन करना।

सिद्धांत:

अर्धचालक P-N जंक्शन व्यावहारिक रूप से एकदिशीय होता है, जिसमें एक दिशा में अधिक चालन होता है और विपरीत दिशा में नगण्य चालन होता है।

जब P-N जंक्शन बनता है, तो जंक्शन के आर-पार विभवांतर विकसित होता है जो जंक्शन के आर-पार इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों के आगे संक्रमण का विरोध करता है। अब यदि जंक्शन के आर-पार बाहरी विभवांतर लगाया जाता है ताकि P छोर बाहरी आपूर्ति के +ve से जुड़ जाए, तो यह जंक्शन विभव अवरोध (पोटेंशियल बैरियर) का विरोध करेगा और जब बाहरी विभवांतर को संतुलित कर देता है, तो अब इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों के लिए जंक्शन की ओर बढ़ना और जंक्शन को पार करना आसान हो जाता है। इस प्रकार बाहरी विभवांतर में और वृद्धि के साथ अधिक से अधिक इलेक्ट्रॉन और छिद्र जंक्शन को पार करेंगे और सर्किट में बाहरी धारा की ओर योगदान देंगे। इसलिए डायोड चालन करता है और इसे अग्रगामी (फॉरवर्ड बायस) कहा जाता है।

यदि बाहरी आपूर्ति की ध्रुवता को उलट दिया जाए ताकि P छोर बाहरी आपूर्ति के -ve से जुड़ जाए, तो यह जंक्शन विभव अंतर में सहायता करेगा और कमी परत की चौड़ाई और बढ़ जाएगी जिससे इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों के लिए जंक्शन को पार करना अभी भी संभव हो जाएगा। इसलिए डायोड चालन नहीं करेगा और इसे पश्चगामी (रिवर्स बायस) कहा जाता है।

हालाँकि अल्पसंख्यक होने के कारण डायोड रिवर्स बायस होने पर कुछ μA के क्रम का बहुत छोटा करंट देखा जाता है। लेकिन फॉरवर्ड करंट की तुलना में जो व्यावहारिक रूप से कुछ mA के क्रम का होता है, हम रिवर्स करंट की उपेक्षा कर सकते हैं और p-n जंक्शन डायोड को एकतरफा डिवाइस के रूप में माना जा सकता है।

p-n जंक्शन डायोड के निर्माण के लिए उपयोग किए जाने वाले सेमीकंडक्टर Si और Ge हो सकते हैं। Si और Ge के बीच मूल अंतर यह है कि कमरे के तापमान पर ऊर्जा बैंड गैप Si के लिए 1.21 eV और Ge के लिए 0.72 eV है। Si और Ge दोनों डायोड व्यावसायिक रूप से उपलब्ध हैं।

इन दोनों प्रकारों के बीच कई अंतर डिजाइन में प्रासंगिक हैं। I-V विशेषताओं की एक उल्लेखनीय विशेषता यह है कि कट इन या थ्रेशोल्ड वोल्टेज V_t मौजूद है, करंट बहुत तेज़ी से बढ़ता है। यह पाया गया है कि V_t Ge के लिए लगभग 0.2 V और Si के लिए 0.6 V है। ध्यान दें कि Si डायोड के लिए कट-इन वोल्टेज Ge के लिए कट-इन वोल्टेज के संबंध में लगभग 0.4 V ऑफसेट है। इस अंतर का कारण आंशिक रूप से पाया जाता है, इस तथ्य में कि Ge डायोड में रिवर्स सैचुरेशन करंट आम तौर पर तुलनात्मक रेटिंग के Si डायोड में रिवर्स सैचुरेशन करंट से लगभग 100 गुना बड़ा होता है।

सर्किट आरेख: अग्रगामी (फॉरवर्ड बायस) और पश्चगामी (रिवर्स बायस)

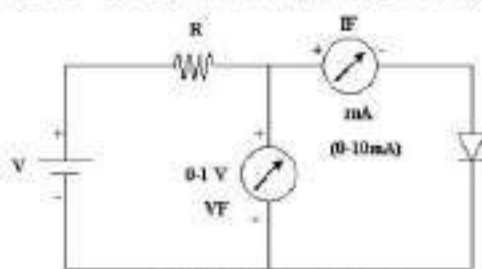


FIGURE (A) FORWARD BIAS

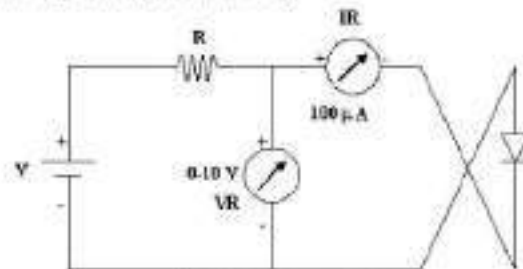


FIGURE (B) REVERSE BIAS

प्रक्रिया:

(a) फॉरवर्ड विशेषताएँ:

1. चित्र (A) में दिखाए अनुसार कनेक्शन बनाएँ।
2. मीटर स्विच को दिए अनुसार रखें: वोल्टमीटर -1 V और एमीटर -10 mA
3. 0 से 0.1 V के चरणों में धीरे-धीरे V_F बढ़ाएँ और I_F (फॉरवर्ड करंट) नोट करें। रीडिंग को सारणीबद्ध करें।

(b) रिवर्स विशेषताएँ:

1. चित्र (बी) में दिखाए अनुसार कनेक्शन बनाएँ
2. मीटर स्विच को दिए अनुसार रखें: वोल्टमीटर $=10\text{V}$ और एमीटर $=100\text{ }\mu\text{A}$
3. 1.0V के चरणों में धीरे-धीरे V_R बढ़ाएँ और डायोड करंट को मापें।
4. V_R और I_R के बीच ग्राफ़ बनाएँ

अवलोकन:

a) एमीटर का लघुत्तमांक =mA, = μA

b) वोल्टमीटर का लघुत्तमांक =V

तालिका 1: अग्रगामी (फॉरवर्ड बायस) की विशेषताएँ

S.No.	$V_F(\text{Volts})$	$I_F(\text{mA})$
1.		
2.		
.		
.		

तालिका 2: पश्चगामी (रिवर्स बायस) की विशेषताएँ

S.No.	$V_R(\text{Volts})$	$I_R(\mu\text{A})$
1.		
2.		
.		
.		

परिणाम और निष्कर्ष:

डायोड की I - V विशेषताओं से यह देखा गया है कि, डायोड तब संचालित होता है, जब यह आगे की ओर बायस होता है। आगे की ओर वोल्टेज के साथ धारा तेजी से बढ़ती है। हालांकि, कट-इन वोल्टेज होता है जिसके नीचे कोई चालन नहीं होता है। रिवर्स बायस में, डायोड का रिवर्स सैचुरेशन करंट बहुत छोटा होता है, कुछ माइक्रो एम्पीयर के क्रम का।

डायोड का उपयोग एकतरफा उपकरण के रूप में किया जा सकता है, जिसका रेक्टिफायर के रूप में महत्वपूर्ण अनुप्रयोग होता है। Si और Ge की V - I विशेषताओं की तुलना से यह देखा गया है कि Ge डायोड के लिए कट-इन वोल्टेज Si डायोड के कट-इन से छोटा है और Ge डायोड के लिए फॉरवर्ड करंट समान फॉरवर्ड वोल्टेज के लिए बड़ा है।

Ge डायोड में रिवर्स सैचुरेशन करंट भी तुलनीय रेंज के लिए Si डायोड में रिवर्स सैचुरेशन करंट से अधिक है।

त्रुटियों के स्रोत और सावधानियाँ:

- i. सर्किट से कनेक्ट करते समय डायोड का सही ध्रुवता (एनोड से पॉजिटिव, कैथोड से नेगेटिव) के साथ उचित कनेक्शन सुनिश्चित करें।
- ii. डायोड की अधिकतम वर्तमान रेटिंग को पार करने से बचें
- iii. डायोड के व्यवहार का निरीक्षण करने के लिए धीरे-धीरे लागू वोल्टेज बढ़ाएँ

MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS
B.Tech. I Sem/II Sem
CHARACTERISTICS CURVE OF A TRANSISTOR

AIM: To study and plot the transistor input and output characteristics for common emitter configuration.

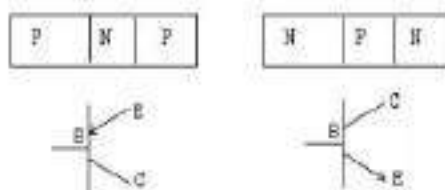
APPARATUS: A prepared kit of transistor with connecting wires.

THEORY: Transistor is a three terminal device, consisting of three different doped semi conducting regions, separated by two junctions. These are named as emitter, base and collector.

The doping in the three regions is not the same. The doping is heavy in the emitter region, and is light in base region, while it is only moderate in the collector region. Area of cross section is also not the same throughout, but goes on increasing from emitter towards collector. The base region of the transistor is invariably thin.

There are two types of junction transistors. Figure shows the cross sections of the NPN and PNP transistors, along with their electrical symbols.

In a transistor, collector base junction is always reverse biased. Naturally small current flows through the diode circuit. Current in this circuit can be increased by forward biasing the emitter base junction. When the emitter base junction is forward biased, heavily doped emitter ejects large number of majority carriers into the base region. These carriers diffuse through



the base region, and enter into the collector region, constituting the increasing current in the collector circuit of the transistor. But base being thin and lightly doped, few of the minority carriers ejected into it, are lost by the recombination with the opposite type of majority carriers ejected into it, are most by way of recombination with opposite type majority carriers present in the base region. This

constitutes the base current. The most of the majority carriers ejected into the base region diffuses into the collector region. This collector current is almost equal to the emitter current. Hence difference between emitter and collector current is the base current of the transistor.

Thus *Emitter current (I_E) = Collector current (I_C) + Base current (I_B)*

The current gain in the common-emitter circuit is called BETA (β). Beta is the relationship of collector current (output current) to base current (input current). To calculate beta, use the following formula:

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

Δ is the Greek letter delta, it is used to indicate a small change. The resistance gain of the common emitter can be found in a method similar to the one used for finding beta:

$$R = \frac{R_{out}}{R_{in}}$$

Once the resistance gain is known, the voltage gain is easy to calculate since it is equal to the current gain (β) multiplied by the resistance gain ($E = \beta R$). And, the power gain is equal to the voltage gain multiplied by the current gain ($P = \beta E$).

PROCEDURE:

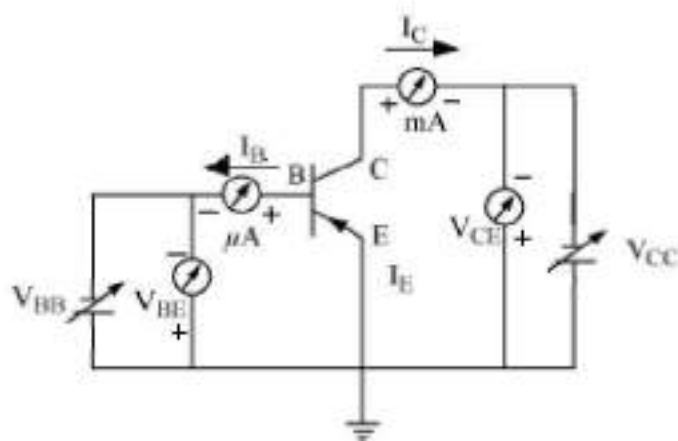
INPUT CHARACTERISTICS

1. Keep collector to emitter voltage constant say 1.0 V
2. Increase dc voltage applied to the forward biased base emitter junction in proper steps and in each case note V_B and I_B reading.

- Repeat the steps for different V_{CE} voltages.

OUTPUT CHARACTERISTICS:

- Keep base current I_B constant at say $20\ \mu\text{A}$.
- Increase collector to emitter voltage V_C in proper steps and for each value of V_C record corresponding collector current I_C .
- Repeat the steps for different values of I_B .



OBSERVATIONS: a) Least Count of Ammeters =mA and μA
 b) Least Count of Voltmeters =V

TABLE 1:

$V_C =$			$V_C =$		
V_{BE}	I_B	$V_{BE} / I_B = R_{in}$	V_{BE}	I_B	$V_{BE} / I_B = R_{in}$

TABLE 2:

$I_B =$			$I_B =$		
V_C	I_C	$V_C / I_C = R_{out}$	V_C	I_C	$V_C / I_C = R_{out}$

Input characteristics: From the observation table 1, plot a graph for I_B versus V_{BE} at different collector voltage V_C

Output characteristics: From the observation table 2, plot a graph for I_C versus V_{CE} at different base current I_B

Put average R_{out} and average R_{in} in to find resistance gain R ,

$$R = \frac{R_{out}}{R_{in}}$$

RESULT:

The characteristics curves for the common emitter mode of given PNP/NPN transistor, are shown in the graphs.

PRECAUTIONS:

- The emitter-base junction is kept in forward bias while the collector-emitter junction is kept reverse bias.
- A high potential should not be applied at the base or collector
- The transistor should not be heated continuously. For this a separate key should be connected with the battery both in base and collector circuit.
- The +ve marked terminal of the ammeter and voltmeter should always be connected to the positive terminal of the battery.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल

भौतिकी विभाग

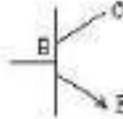
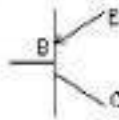
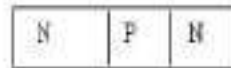
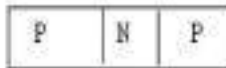
बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: ट्रांजिस्टर का अभिलक्षण वक्र

उद्देश्य: कॉमन एमिटर कॉन्फिगरेशन के लिए ट्रांजिस्टर इनपुट और आउटपुट विशिष्टताओं का अध्ययन करना और वक्र प्लॉट करना।

उपकरण: कनेक्टिंग तारों के साथ ट्रांजिस्टर का एक तैयार किट आदि।

सिद्धांत: ट्रांजिस्टर एक तीन टर्मिनल डिवाइस है, जिसमें तीन अलग-अलग डोपड सेमी कंडक्टिंग क्षेत्र होते हैं, जो दो जंक्शनों से अलग होते हैं। इन्हें एमिटर, बेस और कलेक्टर नाम दिया गया है। तीनों क्षेत्रों में डोपिंग प्रतिशत समान नहीं है। एमिटर क्षेत्र में डोपिंग अधिक है, और बेस क्षेत्र में हल्का है, जबकि कलेक्टर क्षेत्र में यह केवल मध्यम है। क्रॉस सेक्शन का क्षेत्र भी पूरे क्षेत्र में समान नहीं है, लेकिन एमिटर से कलेक्टर की ओर बढ़ता जाता है। ट्रांजिस्टर का बेस क्षेत्र हमेशा पतला होता है। जंक्शन ट्रांजिस्टर दो प्रकार के होते हैं। चित्र में NPN और PNP ट्रांजिस्टर के क्रॉस सेक्शन और उनके इलेक्ट्रिकल सिंबल दिखाए गए हैं। ट्रांजिस्टर में, कलेक्टर बेस जंक्शन हमेशा रिवर्स बायस्ड होता है। डायोड सर्किट से स्वाभाविक रूप से कम करंट प्रवाहित होता है। इस सर्किट में करंट को एमिटर बेस जंक्शन को फॉरवर्ड बायस करके बढ़ाया जा सकता है। जब एमिटर बेस जंक्शन फॉरवर्ड बायस्ड होता है, तो भारी डोप वाला एमिटर बेस क्षेत्र में बड़ी संख्या में बहुसंख्यक वाहकों को बाहर निकालता है। ये वाहक बेस क्षेत्र से होकर गुजरते हैं, और कलेक्टर क्षेत्र में प्रवेश करते हैं, जो ट्रांजिस्टर के कलेक्टर सर्किट में बढ़ती धारा का



निर्माण करते हैं। लेकिन बेस पतला और हल्का डोप होने के कारण, इसमें निकाले गए अल्पसंख्यक वाहकों में से कुछ, इसमें निकाले गए विपरीत प्रकार के बहुसंख्यक वाहकों के साथ पुनर्संयोजन द्वारा खो जाते हैं, अधिकांश बेस क्षेत्र में मौजूद विपरीत प्रकार के बहुसंख्यक वाहकों के साथ पुनर्संयोजन के माध्यम से खो जाते हैं। यह बेस करंट का निर्माण करता है। बेस

क्षेत्र में निकाले गए अधिकांश बहुसंख्यक वाहक कलेक्टर क्षेत्र में फैल जाते हैं। यह कलेक्टर करंट लगभग एमिटर करंट के बराबर होता है। इसलिए एमिटर और कलेक्टर करंट के बीच का अंतर ट्रांजिस्टर का बेस करंट होता है।

इस प्रकार एमिटर करंट (I_E) = कलेक्टर करंट (I_C) + बेस करंट (I_B)

कॉमन-एमिटर सर्किट में करंट गेन को बीटा (β) कहा जाता है। बीटा कलेक्टर करंट (आउटपुट करंट) और बेस करंट (इनपुट करंट) के बीच का संबंध है। बीटा की गणना करने के लिए, निम्न सूत्र का उपयोग किया जाता है:

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

Δ ग्रीक अक्षर डेल्टा है, इसका उपयोग छोटे परिवर्तन को इंगित करने के लिए किया जाता है। कॉमन एमिटर की प्रतिरोध वृद्धि R , बीटा खोजने के लिए उपयोग की जाने वाली विधि के समान ही है, R की गणना करने के लिए, निम्न सूत्र का उपयोग किया जाता है:

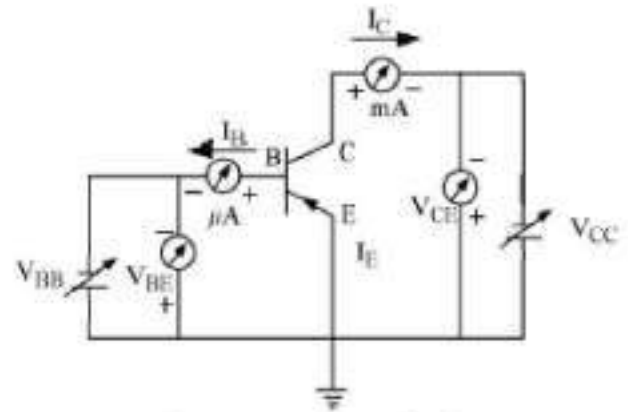
$$R = \frac{R_{out}}{R_{in}}$$

एक बार प्रतिरोध वृद्धि ज्ञात हो जाने के बाद, वोल्टेज वृद्धि ($E = \beta R$) की गणना करना आसान है क्योंकि यह प्रतिरोध वृद्धि से गुणा किए गए करंट वृद्धि (β) के बराबर है। और, पावर ($P = \beta E$) वृद्धि करंट वृद्धि से गुणा किए गए वोल्टेज वृद्धि के बराबर है।

प्रक्रिया:

इनपुट विशिष्टताएँ

1. कलेक्टर से एमिटर वोल्टेज को स्थिर रखें, मान लें 1.0 V
2. फॉरवर्ड बायस्ड बेस एमिटर जंक्शन पर लागू डीसी वोल्टेज उचित चरणों में बढ़ाएँ और हरेक बार V_B और I_B रीडिंग नोट करें।
3. विभिन्न V_{CE} वोल्टेज के लिए चरणों को दोहराएँ।



आउटपुट विशिष्टताएँ:

1. बेस करंट I_B को 20 μA पर स्थिर रखें।
2. कलेक्टर से एमिटर वोल्टेज V_C को उचित चरणों में बढ़ाएँ और V_C के प्रत्येक मान के लिए संबंधित कलेक्टर करंट I_C रिकॉर्ड करें
3. I_B के विभिन्न मानों के लिए चरणों को दोहराएँ।

अवलोकन: a) एमीटर का लघुत्तमांक =mA, और μA

b) वोल्टमीटर का लघुत्तमांक =V

तालिका 1:

$V_C =$			$V_C =$		
V_{BE}	I_B	$V_{BE} / I_B = R_{in}$	V_{BE}	I_B	$V_{BE} / I_B = R_{in}$

TABLE 2:

$I_B =$			$I_B =$		
V_C	I_C	$V_C / I_C = R_{out}$	V_C	I_C	$V_C / I_C = R_{out}$

गणना :

इनपुट विशिष्टता: अवलोकन तालिका 1 से, विभिन्न कलेक्टर वोल्टेज V_C पर I_B v/s V_{BE} के लिए ग्राफ पेपर में वक्र बनाएं

आउटपुट विशिष्टता: अवलोकन तालिका 2 से, विभिन्न बेस करंट I_B पर I_C v/s V_{CE} के लिए ग्राफ पेपर में वक्र बनाएं

प्रतिरोध वृद्धि R ज्ञात करने के लिए, औसत R_{out} और औसत R_{in} डालें

$$R = \frac{R_{out}}{R_{in}}$$

परिणाम:

दिए गए PNP/NPN ट्रांजिस्टर के कॉमन एमिटर कॉन्फिगरेशन की विशिष्टताओं के वक्र ग्राफ पेपर में दिखाए गए हैं।

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- i. एमिटर-बेस जंक्शन को फॉरवर्ड बायस में रखा जाता है जबकि कलेक्टर-एमिटर जंक्शन को रिवर्स बायस में रखा जाता है।
- ii. बेस या कलेक्टर पर हाई पोटेंशियल नहीं लगाया जाना चाहिए
- iii. ट्रांजिस्टर को लगातार गर्म नहीं किया जाना चाहिए। इसके लिए बेस और कलेक्टर सर्किट दोनों में बैटरी के साथ एक अलग कुंजी को जोड़ा जाना चाहिए।
- iv. एमीटर और वोल्टमीटर के +ve चिह्नित टर्मिनल को हमेशा बैटरी के पॉजिटिव टर्मिनल से जोड़ा जाना चाहिए।

MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS

B.Tech. I / II Sem

EXPERIMENT: MELDE'S EXPERIMENT

OBJECT:

To determine the frequency of electrically maintained tuning fork

APPARATUS USED:

Electrically Maintained Tuning Fork, Battery Eliminator, Meter Scale, Pulley, Weight Box, Thread.

THEORY:

When a thread of mass per unit length 'm' is connected to the vibrator fork and stretched with tension T, the thread vibrates in segments. If the length of the thread is then adjusted until well defined nodes are formed, the frequency of the stretched string is same as the vibrating fork. Then if 'l' is the length of one loop of vibrating string, the frequency of vibration in transverse arrangement of fork to thread, is given by

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

And the frequency of vibration in longitudinal arrangement is given by,

$$f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

FORMULA:

The frequency in transverse arrangement,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

Where

f = Frequency of Rod (ac main)

l = Distance between two nodes

T = Tension Applied

m = Mass per unit length of thread

The frequency in longitudinal arrangement

$$f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

With same meaning of symbols.



PROCEDURE:

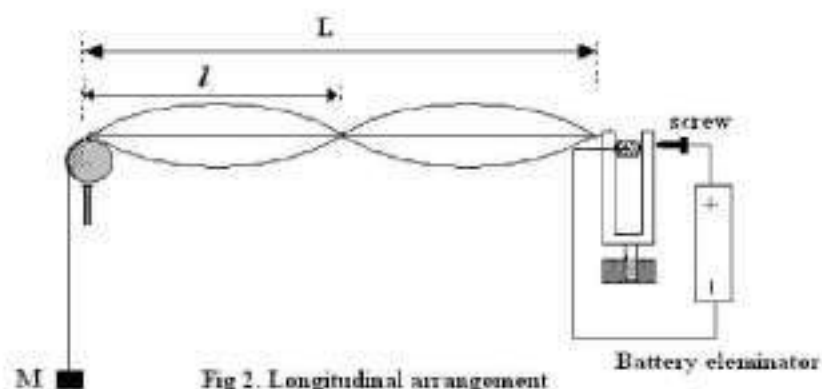
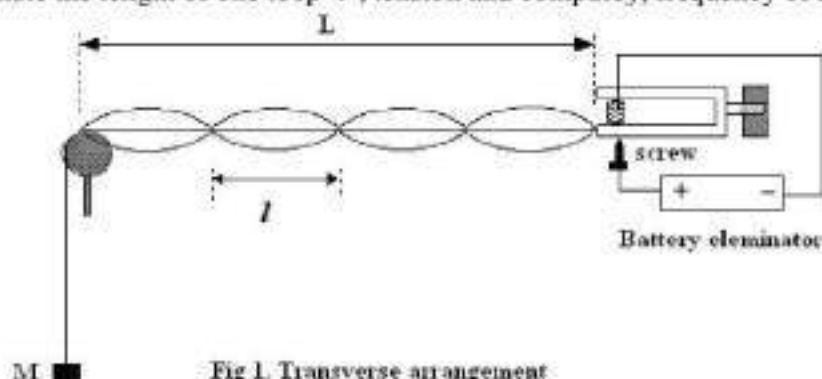
(a) Transverse arrangement –

- Fix a thread to one of the prongs of the fork. With the help of a screw supplied for that purpose. Stretch the thread in a line with the prong of the fork and pass it over a ball bearing pulley clamped to a stand [Fig 1]. Put suitable weight (M) on the hanging pan connected to the other end of thread.
- The current is switched on and adjust the metal contact screw to make the fork vibrate. It is seen that the prong of fork begins to vibrate.
- The length of thread is adjusted till it is found that its free end attains maximum amplitude.

- d. Nodes are observed at the extreme end points of thread. Measure the length of the thread (L) and numbers of loops (n) between them.
- e. Calculate the length of one loop 'l'.
- f. Calculate tension and compute f , frequency of fork.

(b) **Longitudinal arrangement –**

- a. Fix a thread to one of the prongs of the fork. With the help of a screw supplied for that purpose. Stretch the thread at right angles to the length of the prong of the fork and pass it over a ball bearing pulley clamped to a stand [Fig 2]. Put suitable weight (M) on the hanging pan connected to the other end of thread.
- b. Perform the experiment same as for Transverse arrangement.
- c. Calculate the length of one loop 'l', tension and compute f , frequency of fork.



OBSERVATIONS:

- a) Mass of the pan = _____ gm.
- b) Mass of thread per unit length $m = 0.004215$ gm/cm.
- c) Acceleration due to gravity $g = 980$ cm/sec²

Table 1: For transverse arrangement

S.No.	Mass of Pan + Weight suspended M (gm.)	Tension $T = Mg$ (dynes)	No. of Loops n	Length of Vibrating Thread L cm	Length of one Loop $l = L/n$ cm	$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$
1.	M_1					f_1
2.	M_2					f_2
3.	M_3					f_3

Mean $f_{\text{transverse}} = \dots\dots\dots$ Hertz

Table 2: For longitudinal arrangement

S.No.	Mass of Pan + Weight suspended m (gm.)	Tension T=mg (dynes)	No. of Loops n	Length of Vibrating Thread L cm	Length of one Loop $l = L/n$ cm	$f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$
1.	M ₁					f ₁
2.	M ₂					f ₂
3.	M ₃					f ₃

Mean $f_{\text{longitudinal}} = \dots\dots\dots$ Hertz

CALCULATIONS:

For transverse arrangement

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} = \dots\dots\dots \text{Hertz.}$$

For longitudinal arrangement

$$f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}} = \dots\dots\dots \text{Hertz.}$$

$$\begin{aligned} \text{Frequency of fork } f &= \frac{f_{\text{transverse}} + f_{\text{longitudinal}}}{2} \\ &= \dots\dots\dots \text{Hertz.} \end{aligned}$$

RESULT:

The frequency of fork is found to be $\dots\dots\dots$ Hertz.

SOURCE OF ERROR AND PRECAUTIONS:

- There should be no friction in the pulley because it causes the tension to be less than that is actually applied.
- The nodes and antinodes should be sharply defined which justifies the optimum weight put on the pan.
- The thread should be inextensible so that its mass per unit length remains constant and the distance between the nodes and antinodes may not change during the experiment.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल
भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर
प्रयोग: मेल्डे का प्रयोग

उद्देश्य: विद्युत रूप से अनुरक्षित ट्यूनिंग कांटा की आवृत्ति निर्धारित करें।

उपकरण: विद्युतीय रूप से अनुरक्षित ट्यूनिंग फोर्क, बैटरी एलिमिनेटर, मीटर स्केल, पुली, वेट बॉक्स, धागा।

सिद्धांत:

जब प्रति इकाई लंबाई 'm' द्रव्यमान का धागा वाइब्रेटर कांटे से जोड़ा जाता है और तनाव T के साथ खींचा जाता है, तो धागा खंडों में कंपन करता है। यदि धागे की लंबाई को तब तक समायोजित किया जाता है जब तक कि अच्छी तरह से स्पष्ट नोड्स नहीं बन जाते हैं, तो खींची गई स्ट्रिंग की आवृत्ति कंपन करने वाले कांटे के समान होती है। फिर यदि 'l' कंपन करने वाले स्ट्रिंग के एक लूप की लंबाई है, तो कांटे से धागे की अनुप्रस्थ (ट्रांसवर्स) व्यवस्था में कंपन की आवृत्ति, इस प्रकार है,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

और अनुदैर्घ्य (लॉन्गिटुडिनल) व्यवस्था में कंपन की आवृत्ति इस प्रकार है,

$$f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

जहाँ,

f = रॉड की आवृत्ति (एसी मेन)

l = दो नोड्स के बीच की दूरी

T = लगाया गया तनाव

m = धागे की प्रति इकाई लंबाई पर द्रव्यमान



$n=1$



$n=2$



$n=3$

सूत्र:

अनुप्रस्थ व्यवस्था में आवृत्ति, $f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$

अनुदैर्घ्य व्यवस्था में आवृत्ति, $f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$

जहाँ, f = रॉड की आवृत्ति (एसी मेन), l = दो नोड्स के बीच की दूरी, T = लगाया गया तनाव

m = धागे की प्रति इकाई लंबाई पर द्रव्यमान है

प्रक्रिया:

(A) अनुप्रस्थ (ट्रांसवर्स) व्यवस्था -

- कांटे के एक कांटे में धागा लगाएँ। उस उद्देश्य के लिए दिए गए पेंच की सहायता से। धागे को कांटे के कांटे के साथ एक रेखा में खींचें और इसे एक स्टैंड पर जकड़े बॉल बेयरिंग पुली के ऊपर से गुज़ारें [चित्र 1]। धागे के दूसरे सिरे से जुड़े हैंडिंग पैन पर उपयुक्त भार (M) रखें।
- करंट चालू करें और कांटे को कंपन करने के लिए धातु के संपर्क पेंच को समायोजित करें। यह देखा जाता है कि कांटे का कांटा कंपन करना शुरू कर देता है।
- धागे की लंबाई तब तक समायोजित की जाती है जब तक यह न पाया जाए कि इसका मुक्त सिरा अधिकतम आयाम प्राप्त कर लेता है।

- धागे के चरम अंत बिंदुओं पर नोड्स देखे जाते हैं। धागे की लंबाई (L) और उनके बीच लूप की संख्या (n) मापें।
- इ. एक लूप λ की लंबाई की गणना करें।
- तनाव की गणना करें और कांटे की आवृत्ति f की गणना करें।

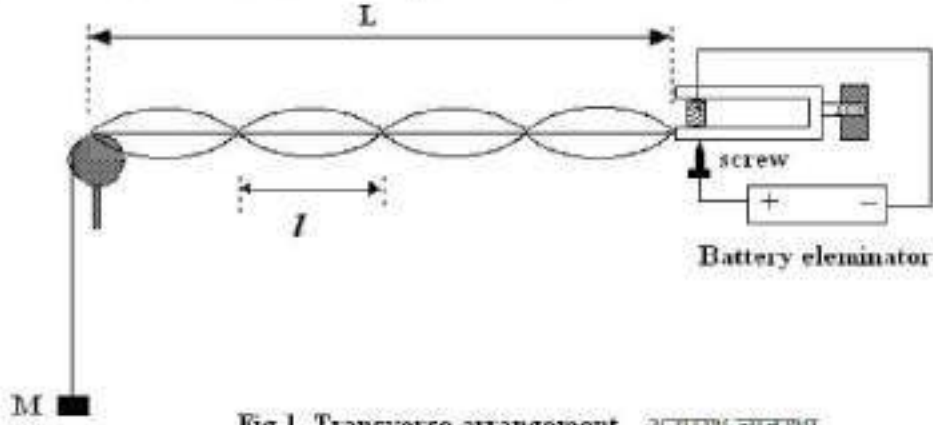


Fig 1. Transverse arrangement अनुप्रस्थ व्यवस्था

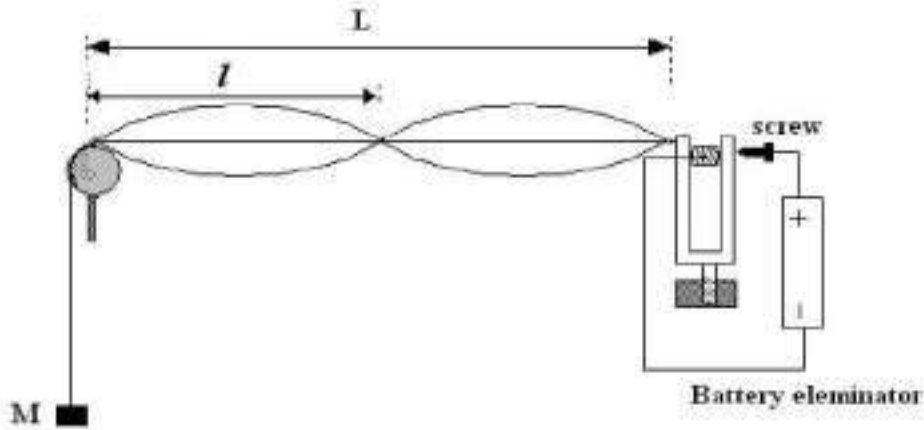


Fig 2. Longitudinal arrangement अनुदैर्घ्य व्यवस्था

(B) अनुदैर्घ्य (लॉन्गीटुडिनल) व्यवस्था -

- कांटे के एक कांटे में धागा लगाएँ। इस उद्देश्य के लिए दिए गए स्कू की मदद से। धागे को कांटे के कांटे की लंबाई के समकोण पर खींचें और इसे एक स्टैंड पर लगी बॉल बेयरिंग पुली के ऊपर से गुज़ारें [चित्र 2]। धागे के दूसरे सिरे से जुड़े हैंगिंग पेन पर उपयुक्त वज़न (M) रखें।
- अनुप्रस्थ व्यवस्था के समान ही प्रयोग करें।
- सी. एक लूप λ की लंबाई, तनाव और f , कांटे की आवृत्ति की गणना करें।

अवलोकन:

- पैन का द्रव्यमान = _____ ग्राम।
- प्रति इकाई लंबाई पर धागे का द्रव्यमान = 0.004215 ग्राम/सेमी।
- गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण $g = 980$ सेमी/सेकंड²

तालिका 1:

S.No.	Mass of Pan + Weight suspended M (gm)	Tension T=Mg (dynes)	No. of Loops n	Length of Vibrating Thread L cm	Length of one Loop l = L/n cm	$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$
4.	M ₁					f ₁
5.	M ₂					f ₂
6.	M ₃					f ₃

मध्यमान (औसत) $f_{\text{अनुप्रस्थ}} = \dots\dots\dots$ हर्ट्स

तालिका 2:

S.No.	Mass of Pan + Weight suspended m (gm.)	Tension T=mg (dynes)	No. of Loops n	Length of Vibrating Thread L cm	Length of one Loop l = L/n cm	$f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}}$
4.	M ₁					f ₁
5.	M ₂					f ₂
6.	M ₃					f ₃

मध्यमान (औसत) $f_{\text{अनुदैर्घ्य}} = \dots\dots\dots$ हर्ट्स

गणना:

अनुप्रस्थ व्यवस्था के लिए कांटे की आवृत्ति

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} = \dots\dots\dots \text{हर्टज.}$$

अनुदैर्घ्य व्यवस्था के लिए कांटे की आवृत्ति

$$f = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{T}{m}} = \dots\dots\dots \text{हर्टज.}$$

$$\text{कांटे की आवृत्ति } f = \frac{f_{\text{अनुप्रस्थ}} + f_{\text{अनुदैर्घ्य}}}{2}$$

$$= \dots\dots\dots \text{हर्टज.}$$

परिणाम:

कांटे की आवृत्ति = $\dots\dots\dots$ हर्टज है

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- पुली में कोई घर्षण नहीं होना चाहिए क्योंकि इससे तनाव वास्तव में लगाए गए तनाव से कम हो जाता है।
- नोड्स और एंटीनोड्स को स्पष्ट रूप से परिभाषित किया जाना चाहिए जो पैन पर रखे गए इष्टतम (ऑप्टिमम) वजन को उचित ठहराता है।
- धागा अविस्तारणीय होना चाहिए ताकि प्रति इकाई लंबाई पर उसका द्रव्यमान स्थिर रहे तथा प्रयोग के दौरान नोड्स और एंटीनोड्स के बीच की दूरी में परिवर्तन न हो।

EXPERIMENT: FREQUENCY OF A.C. MAINS

AIM:

To determine the frequency of A.C. Mains using an electrical vibrator.

APPARATUS:

Electrical vibrator, Lamp, Meter Scale, Pulley, Weight Box, Thread.

THEORY:

When a chord of mass per unit length 'm' is connected to the vibrator rod and stretched with tension T, the chord vibrates in segments. If the length of the chord is then adjusted until well defined nodes are formed, the frequency of the stretched string is same as the vibrating rod which in turn is equal to frequency of A.C. Mains. Then if 'l' is the length of one loop of vibrating string, the frequency of vibration is given by

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

Where

f = Frequency of Rod (ac main)

l = Distance between two nodes

T = Tension Applied

m = Mass per unit length of thread

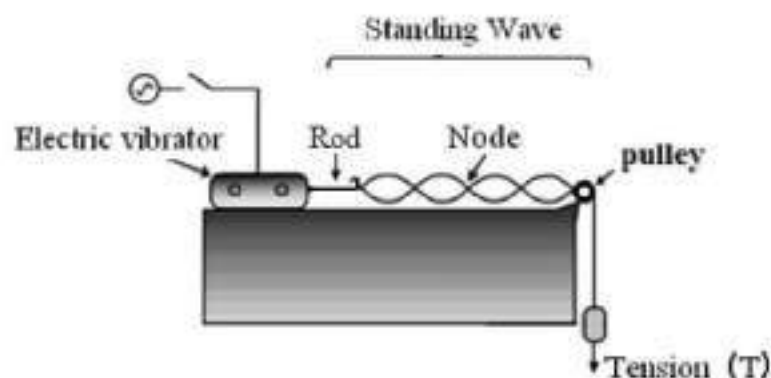


Fig. An electric vibrator connected to a pulley

PROCEDURE:

- Thread is connected with the rod of the vibrator and it is made to pass over the pulley and suitable weight (M) is put on the hanging pan connected to the other end of thread (seen in figure). This weight will give tension on the string.
- The current is switched on and it is seen that the rod of the electric vibrator begins to vibrate. The length of thread is adjusted till it is found that its free end attains maximum amplitude.

- The length of thread is adjusted till it is found that nodes are well defined.
- Nodes are observed at the extreme end points of thread. Measure the length of the thread using the metre scale and count numbers of loops between them. Note down the values in table I.
- Calculate the length of one loop 'l'.
- Calculate tension and compute f, frequency of A.C. Mains.
- Repeat the experiment with different tensions.

OBSERVATIONS:

- Mass of the pan = _____ gm.
- Mass of thread per unit length = 0.004215 gm/cm.
- Acceleration due to gravity $g = 980 \text{ cm/sec}^2$

Table: for determining tension in string and length of one loop

S.No.	Mass of Pan + Weight suspended M (gm.)	Tension $T = Mg$ (dynes)	No. of Loops n	Length of Vibrating Thread L cm	Length of one Loop $l = L/n \text{ cm}$	$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$
1.						f_1
2.						f_2
3.						f_3
4.						f_4
5.						f_5

CALCULATIONS:

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$= \text{_____ Hertz.}$$

$$\text{Mean } f = \frac{f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5}{5}$$

$$= \text{_____ Hertz}$$

RESULT:

The frequency of A.C. Mains is _____ Hertz.

SOURCE OF ERROR AND PRECAUTIONS:

- There should be no friction in the pulley because it causes the tension to be less than that is actually applied.
- The nodes and antinodes should be sharply defined which justifies the optimum weight put on the pan.
- The length of the steel rod should be initially adjusted so that it vibrates with maximum amplitude. This will ensure that the frequency of the vibration of rod is same as that of A.C. Mains.
- The chord should be inextensible so that its mass per unit length remains constant and the distance between the nodes and antinodes may not change during the experiment.
- The rod should be horizontal and pass freely in between the poles of the magnet so that it attains the same frequency as that of A.C. Mains while vibrating.
- The A.C. should be stepped down to about (6 – 8 volts) before passing through the wire, to make the distance between nodes and antinodes constant.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल

भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: ए.सी. मेन्स की आवृत्ति

उद्देश्य: विद्युत वाइब्रेटर का उपयोग करके ए.सी. मेन्स की आवृत्ति निर्धारित करना।

उपकरण: विद्युत वाइब्रेटर, लैंप, मीटर स्केल, पुली, वजन बॉक्स, धागा।

सिद्धांत:

जब प्रति इकाई लंबाई 'm' द्रव्यमान का धागा वाइब्रेटर रॉड से जोड़ा जाता है और तनाव T के साथ खींचा जाता है, तो धागा खंडों में कंपन करता है। यदि धागे की लंबाई को तब तक समायोजित किया जाता है जब तक कि अच्छी तरह से स्पष्ट नोड्स नहीं बन जाते हैं, तो खींची गई स्ट्रिंग की आवृत्ति कंपन रॉड के समान होती है जो बदले में A.C. मेन्स की आवृत्ति के बराबर होती है। फिर यदि 'l' कंपन धागे के एक लूप की लंबाई है, तो कंपन की आवृत्ति इस प्रकार दी जाती है,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

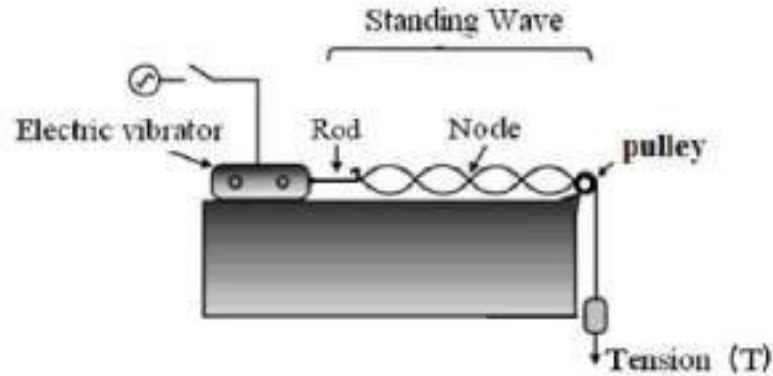
जहाँ

f = रॉड की आवृत्ति (एसी मेन)

l = दो नोड्स के बीच की दूरी

T = लगाया गया तनाव

m = धागे की प्रति इकाई लंबाई पर द्रव्यमान



चित्र 1: पुली से जुड़ा इलेक्ट्रिक वाइब्रेटर

प्रक्रिया:

- धागे को वाइब्रेटर की छड़ से जोड़ा जाता है और इसे पुली के ऊपर से गुजारा जाता है तथा धागे के दूसरे सिरे से जुड़े हैंगिंग पैन पर उपयुक्त भार (M) डाला जाता है। यह भार धागे पर तनाव देगा।
- करंट चालू किया जाता है और यह देखा जाता है कि इलेक्ट्रिक वाइब्रेटर की छड़ कंपन करना शुरू कर देती है। धागे की लंबाई तब तक समायोजित की जाती है जब तक यह न पाया जाए कि इसका मुक्त सिरा अधिकतम आघाम प्राप्त कर लेता है।
- धागे की लंबाई तब तक समायोजित की जाती है जब तक यह न पाया जाए कि नोड्स अच्छी तरह से परिभाषित हैं।
- धागे के अंतिम छोर पर नोड्स देखे जाते हैं। मीटर स्केल का उपयोग करके धागे की लंबाई मापें और उनके बीच लूप की संख्या गिनें। तालिका 1 में मानों को नोट करें।

- एक लूप 'l' की लंबाई की गणना करें।
- तनाव की गणना करें और A.C. मेन्स की आवृत्ति f की गणना करें।
- विभिन्न तनावों (भार, M) के साथ प्रयोग को दोहराएं।

अवलोकन:

- पैन का द्रव्यमान = _____ ग्राम।
- प्रति इकाई लंबाई पर धागे का द्रव्यमान = 0.004215 ग्राम/सेमी।
- गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण $g = 980$ सेमी/सेकंड²

तालिका: स्टिंग में तनाव और एक लूप की लंबाई निर्धारित करने के लिए

S.No.	Mass of Pan + Weight suspended M (gm.)	Tension T=Mg (dynes)	No. of Loops n	Length of Vibrating Thread L cm	Length of one Loop $l = L/n$ cm	$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$
1.						f_1
2.						f_2
3.						f_3
4.						f_4
5.						f_5

गणना: ए.सी. मेन्स की आवृत्ति,

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$= \text{_____ हर्ट्ज़}$$

$$\text{मध्यमान (औसत) } f = \frac{f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5}{5}$$

$$= \text{_____ हर्ट्ज़}$$

परिणाम:

ए.सी. मेन्स की आवृत्ति = _____ हर्ट्ज़ है

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- पुली में कोई घर्षण नहीं होना चाहिए क्योंकि इससे तनाव वास्तव में लगाए गए तनाव से कम हो जाता है।
- नोड्स और एंटीनोड्स को स्पष्ट रूप से परिभाषित किया जाना चाहिए जो पैन पर रखे गए इष्टतम (ऑप्टिमम) वजन को उचित ठहराता है।
- स्टील रॉड की लंबाई को शुरू में समायोजित किया जाना चाहिए ताकि यह अधिकतम आयाम के साथ कंपन करे। यह सुनिश्चित करेगा कि रॉड के कंपन की आवृत्ति ए.सी. मेन्स के समान है।
- धागे को अविस्तारणीय होना चाहिए ताकि प्रति इकाई लंबाई में इसका द्रव्यमान स्थिर रहे और प्रयोग के दौरान नोड्स और एंटीनोड्स के बीच की दूरी में बदलाव न हो।
- रॉड क्षैतिज होनी चाहिए और चुंबक के ध्रुवों के बीच स्वतंत्र रूप से गुजरनी चाहिए ताकि कंपन करते समय यह ए.सी. मेन्स के समान आवृत्ति प्राप्त करे।
- नोड्स और एंटीनोड्स के बीच की दूरी को स्थिर बनाने के लिए तार से गुजरने से पहले ए.सी. को लगभग (6-8 वोल्ट) तक कम किया जाना चाहिए।

EXPERIMENT: NEWTON'S RINGS

OBJECT:

To determine the radius of curvature of a lens by Newton's Ring method

APPARATUS:

Newton's Ring apparatus; which consist of a plano-convex lens of large radius of curvature and a plane glass plate, traveling microscope, and Light reflecting unit, Reading lens and Sodium vapor lamp,

FORMULA:

The radius of curvature of a lens is calculated from the formula,

$$R = \frac{D_{n+p}^2 - D_n^2}{4p\lambda}$$

Where, D_n is diameter of n^{th} bright fringe
 D_{n+p} is diameter of $(n+p)^{\text{th}}$ bright fringe
and R the radius of the curvature of the lens.

THEORY:

The experimental arrangement for obtaining Newton's rings shown in the Fig 1 . Newton's rings apparatus consists of a plano-convex lens with its convex surface resting on a plane glass plate. This arrangement forms an air film between the glass plate and the plano-convex lens. The thickness of the film is zero at the center (point of contact) and increases as one moves radially outwards (Fig 2). By taking the radius of curvature of the lens very large, the thickness of the air film becomes very small. A parallel beam of monochromatic light is allowed to fall on a glass plate which is inclined at 45° to the horizontal. This glass plate reflects the light vertically downwards. Thus the light is normally incident on the air film enclosed between the plano-convex lens and the glass plate. This light is reflected from the upper and the lower surface of the air film. These two reflected beams mutually interfere to give rise to localized circular fringes in the air film. The wave reflected from the glass plate travels an extra path $2\mu t$ (geometrical path difference), where t is the thickness of the air film at the point of incidence. Since this wave is reflected from a denser medium, it suffers a phase change of $\lambda/2$ or π (optical path difference). Depending upon the path difference, bright and dark circular fringes are formed due to interference.

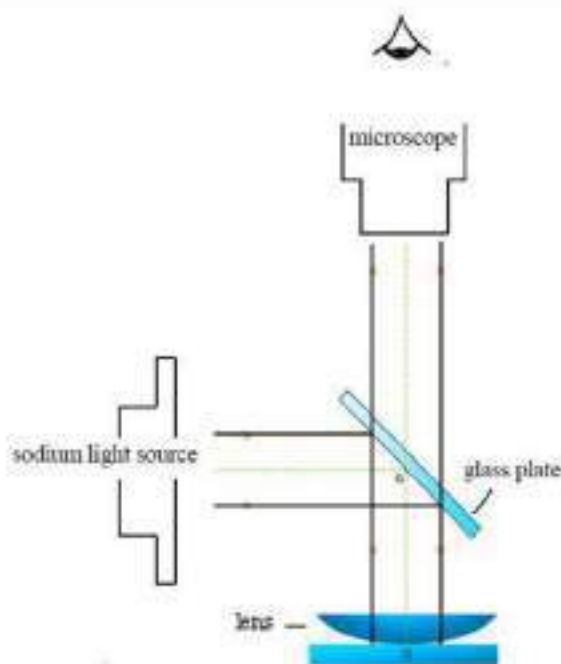


Fig 1. Schematic diagram of the Newton's Ring apparatus

These fringes can be seen with the help of microscope focused on the air film (fig 2). The fringes system consists of alternate bright and dark concentric rings with dark fringes at the centre. Due to presence of dust particles, the plano-convex lens may not have perfect contact with the glass plate and in that case the central fringe may be bright.

Diameter of Bright Rings

Let x be the radius of the n th bright ring and R the radius of the curvature of the lens. Then from fig. 3(a) the diameter of n th bright fringe ($D_n = 2x$) will be

$$D_n^2 = \frac{4nR\lambda}{\mu}$$

And diameter of $n+p$ th bright fringe (D_{n+p}) will be,

$$D_{n+p}^2 = \frac{4(n+p)R\lambda}{\mu}$$

Thus the equation for the radius of curvature of plano-convex lens will be,

$$R = \frac{D_{n+p}^2 - D_n^2}{4p\lambda}$$

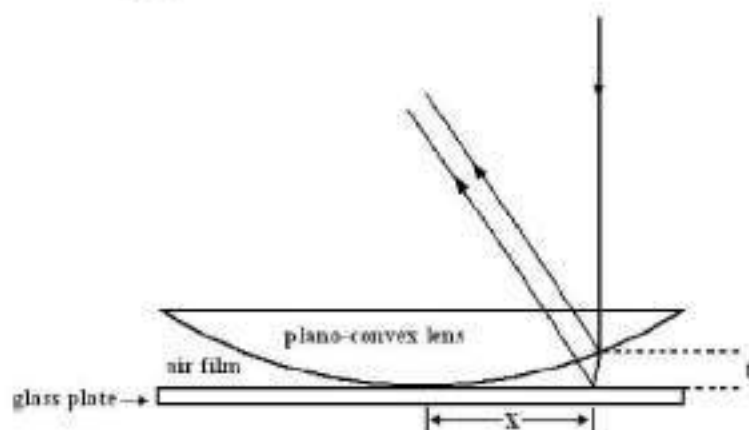


Fig. 2 Schematic arrangement for producing Newton's ring

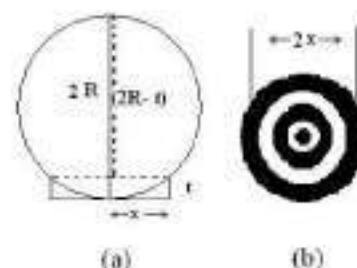


Fig. 3 Diameter of bright fringe

PROCEDURE:

- Clean the plano-convex lens and the glass plate with the rectified spirit.
- Don't touch the lens and the glass plate with the fingers oint the middle portion
- Place the plano-convex lens over the glass plate.
- Below the microscope objective, place a light reflecting unit inclined at 45° to the horizontal.
- Allow a beam of parallel light from a sodium vapour lamp to fall on the reflector. See through the microscope. Bright and dark circular rings will be seen. If rings are not seen shift the Newton's ring arrangement in such a way that the point of contact of the plano-convex lens and the glass plate lies just below the microscope objective. Adjust the inclination of glass plate of reflecting unit. Set the cross wire on the central dark ring.
- Be sure that the cross wire can be moved above 20-25 fringes on both side of the central of the dark rings by moving it with the help of micro meter screw provided in the microscope base.
- Set the intersection of cross wire on the central dark fringe. Move the cross wire with help of micro meter screw till it crosses over the 20th bright ring on the left hand side of the center. Adjust one of the cross wire tangential to the bright ring. Now the cross wire is moved in opposite direction till it follows over the middle of the 18th ring. Take the micrometer reading. Moving the cross wire in the same direction set it at the middle of 16th, 14th, 6th bright ring and note down the corresponding readings. Now move the cross wire to the right of the centre

so that it falls over the middle of the 6th bright ring. Take the reading. The cross wire is now moved to the 8th, 10th 20th bright ring and the corresponding readings are recorded. From these readings the diameter of the rings are calculated as in the observation table.

OBSERVATIONS:

Least count of microscope vernier =cm

Table: Calculate the square of the diameters of the rings

Ring number	Microscope reading from Left-hand side of the center (cm)			Microscope reading from Right-hand side of the center (cm)			Diameter D_n (cm) (a~b)	D_n^2 (cm ²)	$D_{n+p}^2 - D_n^2$
	Main Scale	Vernier Scale	Total (cm)	Main Scale	Vernier Scale	Total (cm)			
16									$D_{16}^2 - D_{12}^2$
14									$D_{14}^2 - D_{10}^2$
12									$D_{12}^2 - D_8^2$
10									$D_{10}^2 - D_6^2$
8									$D_8^2 - D_4^2$
6									$D_6^2 - D_2^2$
4									$D_4^2 - D_0^2$
2									...
0									

CALCULATIONS:

$$R = \frac{D_{n+p}^2 - D_n^2}{4p\lambda}$$

$$= \text{.....cm}$$

RESULT:

The radius of curvature (R) of a lens iscm

SOURCES OF ERRORS AND PRECAUTION:

- The theory demands that light should fall normally on the air film. To achieve this condition, the glass plate of the reflecting unit must be inclined at 45 to the horizontal
- In order to have thin air film between the glass plate and the plano-convex lens the latter must have large radius of curvature, because in deriving the formula of diameter of rings we have used the approximation $t < R$
- the glass plate and the plano-convex lens must be well cleaned
- Before taking the readings it should be checked whether the working length of the micro meter screw covers 20 rings on both sides of central spot. If micro meter screw is not properly adjusted then its entire working length is finished only on the one side of the central spot and the microscope diffuses to move further.
- While measuring diameter one of the cross wire should lie tangentially on the middle of the bright ring
- Back lash error of the micro meter screw should be avoided by moving it in the one direction only.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल

भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: न्यूटन की रिंग्स

उद्देश्य:

न्यूटन की रिंग्स विधि का उपयोग करके उत्तल लेंस की वक्रता त्रिज्या का निर्धारण करना।

उपकरण:

उत्तल लेंस, काँच की प्लेट, एकरंगी प्रकाश स्रोत (जैसे, सोडियम लैम्प), सूक्ष्मदर्शी (माइक्रोस्कोप), मापक पट्टी या स्केल, समतल काँच की शीट या प्लेट

सूत्र:

न्यूटन की रिंग्स विधि से समतल-उत्तल लेंस की वक्रता त्रिज्या (R) को निम्नलिखित समीकरण से निकाला जा सकता है

$$R = \frac{D_{n+p}^2 - D_n^2}{4p\lambda}$$

जहाँ,

D_n - n वीं चमकदार फ्रिंज का व्यास, D_{n+p} - $(n+p)$ वीं चमकदार फ्रिंज का व्यास, R - लेंस की वक्रता त्रिज्या, λ - प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्घ्य, p = रिंग्स के बीच का अंतर

सिद्धांत:

न्यूटन की रिंग्स उत्तल लेंस और समतल काँच प्लेट के बीच एक पतली वायु फिल्म से परावर्तित प्रकाश तरंगों के व्यतिकरण (इंटरफेरेंस) के कारण बनती हैं। इन रिंग्स के व्यास को मापकर, लेंस की वक्रता त्रिज्या की गणना की जा सकती है।

न्यूटन की रिंग्स प्राप्त करने के लिए प्रयोगात्मक व्यवस्था चित्र 1 में दिखाई गई है। न्यूटन की रिंग्स यंत्र एक समतल उत्तल लेंस से बना होता है जिसकी उत्तल सतह एक समतल काँच की प्लेट पर टिकी होती है। यह व्यवस्था काँच की प्लेट और समतल उत्तल लेंस के बीच एक वायु फिल्म बनाती है। इस फिल्म की मोटाई केंद्र (संपर्क बिंदु) पर शून्य होती है और बाहर की ओर बढ़ने पर बढ़ती है (चित्र 2)। लेंस की वक्रता त्रिज्या को बहुत बड़ा रखने से वायु फिल्म की मोटाई बहुत पतली हो जाती है।

एक समानांतर एकरंगी प्रकाश किरण को एक काँच की प्लेट पर गिरने दिया जाता है जो क्षैतिज के 45° पर झुकी होती है। यह काँच की प्लेट प्रकाश को नीचे की ओर परावर्तित करती है। इस प्रकार, प्रकाश समतल उत्तल लेंस और काँच की प्लेट के बीच संलग्न वायु फिल्म पर सामान्य रूप से गिरता है। यह प्रकाश वायु फिल्म की ऊपरी और निचली सतह से परावर्तित होता है। ये दोनों परावर्तित किरणें आपस में व्यतिकरण (इंटरफेरेंस) करती हैं जिससे वायु फिल्म में वृत्ताकार फ्रिंजेस उत्पन्न होते हैं।

काँच की प्लेट से परावर्तित तरंग 2μ का अतिरिक्त पथ (ज्यामितीय पथ अंतर) तय करती है, जहाँ μ घटना बिंदु पर वायु फिल्म की मोटाई है। चूंकि यह तरंग घने माध्यम से परावर्तित होती है, इसलिए इसमें $\lambda/2$ या π का चरण परिवर्तन (प्रकाशीय पथ अंतर) होता है। पथ अंतर के आधार पर, हस्तक्षेप के कारण ब्राइट (दीप्त) और डार्क (अदीप्त) वृत्ताकार फ्रिंजेस बनते हैं।

इन फ्रिंजेस को वायु फिल्म पर केंद्रित सूक्ष्मदर्शी की सहायता से देखा जा सकता है (चित्र 2)। फ्रिंजेस प्रणाली में केंद्र पर अंधेरे फ्रिंजेस के साथ बारी-बारी से ब्राइट (दीप्त) और डार्क (अदीप्त) कन्सेंट्रिक (संकेंद्रित) वृत्त होते हैं। धूल के कणों की उपस्थिति के कारण, समतल उत्तल लेंस का काँच की प्लेट के साथ पूर्ण संपर्क नहीं हो सकता है और उस स्थिति में केंद्रीय फ्रिंज चमकदार हो सकता है।

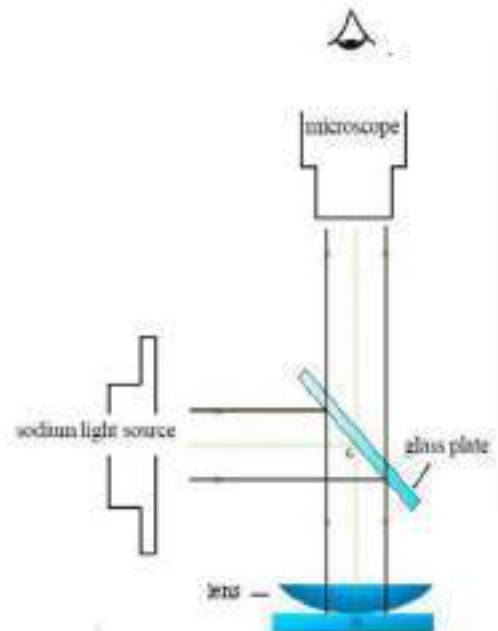


Fig 1 Schematic diagram of the Newton's Ring apparatus

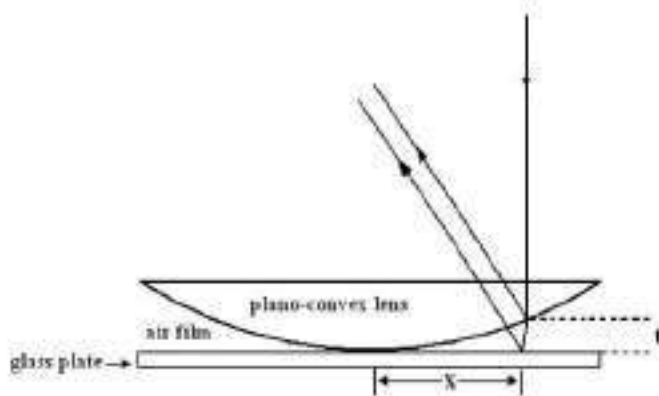


Fig. 2 Schematic arrangement for producing Newton's ring

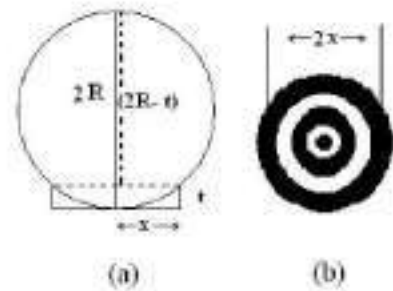


Fig. 3 Diameter of bright fringe

ब्राइट (दीप्त) रिंग्स का व्यास

मान लीजिए x , n वीं ब्राइट (दीप्त) रिंग की त्रिज्या है और R लेंस की वक्रता त्रिज्या है। तो चित्र 3(a) के अनुसार n वीं ब्राइट (दीप्त) फ्रिंज का व्यास ($D_n = 2x$)

$$D_n^2 = (n - \frac{1}{2}) 4\lambda R$$

होगा जहाँ:

- $D_n = n$ वीं चमकदार फ्रिंज का व्यास
- $R =$ लेंस की वक्रता त्रिज्या
- $\lambda =$ प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्घ्य
- $\mu =$ वायु का अपवर्तक सूचकांक (आमतौर पर 1 के बराबर माना जाता है)

और $(n+p)$ वीं चमकदार फ्रिंज का व्यास (D_{n+p})

$$D_{n+p}^2 = \frac{4(n+p)R\lambda}{\mu}$$

समतल-उत्तल लेंस की वक्रता त्रिज्या के लिए सूत्र

न्यूटन की रिंग्स विधि से समतल-उत्तल लेंस की वक्रता त्रिज्या को निम्नलिखित समीकरण से निकाला जा सकता है:

$$R = \frac{D_{n+p}^2 - D_n^2}{4p\lambda}$$

जहाँ:

$D_n = n$ वीं चमकदार फ्रिंज का व्यास, $D_{n+p} = (n+p)$ वीं चमकदार फ्रिंज का व्यास, $R =$ लेंस की वक्रता त्रिज्या, $\lambda =$ प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्घ्य, $p =$ रिंग्स के बीच का अंतर है।

प्रक्रिया:

- समतल उत्तल लेंस और काँच की प्लेट को संशोधित स्पिरिट से साफ करें।
- लेंस और काँच की प्लेट को बीच के भाग में उँगलियों से न छुएं।
- समतल उत्तल लेंस को काँच की प्लेट पर रखें।
- सूक्ष्मदर्शी की उद्दीपन इकाई के नीचे, 45° कोण पर क्षैतिज रूप से झुकी हुई प्रकाश परावर्तक इकाई रखें।
- सोडियम वाष्प लैम्प से एक समांतर प्रकाश किरण को परावर्तक पर गिरने दें। सूक्ष्मदर्शी से देखें। ब्राइट और डार्क वृत्ताकार रिंग्स दिखाई देंगी। यदि रिंग्स नहीं दिखें, तो न्यूटन की रिंग्स सेटअप को इस प्रकार समायोजित करें कि समतल उत्तल लेंस और काँच की प्लेट का संपर्क बिंदु सूक्ष्मदर्शी की उद्दीपन इकाई के नीचे हो। परावर्तक इकाई के काँच प्लेट के झुकाव को समायोजित करें। केंद्रीय डार्क रिंग पर क्रॉस वायर को सेट करें।
- सुनिश्चित करें कि क्रॉस वायर को माइक्रोमीटर स्कू की सहायता से सूक्ष्मदर्शी आधार में मध्य की डार्क रिंग के दोनों ओर 20-25 फ्रिंजेस तक स्थानांतरित किया जा सके।
- क्रॉस वायर के प्रतिच्छेदन (इंटरसेक्शन) को केंद्रीय डार्क फ्रिंज पर सेट करें। माइक्रोमीटर स्कू की सहायता से क्रॉस वायर को 20वीं ब्राइट रिंग के बाईं ओर केंद्र तक स्थानांतरित करें। एक क्रॉस वायर को ब्राइट रिंग के स्पर्शरेखा पर

समायोजित करें। अब क्रॉस वायर को विपरीत दिशा में स्थानांतरित करें जब तक कि यह 18वीं रिंग के मध्य में न पहुँच जाए। माइक्रोमीटर वाचन (रीडिंग) को दर्ज करें। क्रॉस वायर को उसी दिशा में स्थानांतरित करते हुए इसे 16वीं, 14वीं, ... 6वीं ब्राइट रिंग के मध्य में सेट करें और संबंधित वाचन (रीडिंग) को नोट करें। अब क्रॉस वायर को केंद्र के दाईं ओर स्थानांतरित करें ताकि यह 6वीं ब्राइट रिंग के मध्य में पहुँचे। वाचन (रीडिंग) को दर्ज करें। अब क्रॉस वायर को 8वीं, 10वीं, ... 20वीं ब्राइट रिंग में स्थानांतरित करें और संबंधित वाचन (रीडिंग) को दर्ज करें। अवलोकन तालिका के अनुसार इन वाचनो (रीडिंग्स) से रिम्स के व्यासों की गणना किया जाता है।

अवलोकन (प्रेक्षण):

- माइक्रोमीटर स्कू स्केल की न्यूनतम मान = मिमी

तालिका (Table): रिम्स के व्यास और उनके संबंधित रिंग नंबर

Ring number	Microscope reading from Left-hand side of the center (cm)			Microscope reading from Right-hand side of the center (cm)			Diameter D_n (cm) (a-b)	D_n^2 (cm ²)	$D_{n+p}^2 - D_n^2$
	Main Scale	Vernier Scale	Total (cm)	Main Scale	Vernier Scale	Total (cm)			
16									$D_{16}^2 - D_{12}^2$
14									$D_{14}^2 - D_{10}^2$
12									$D_{12}^2 - D_8^2$
10									$D_{10}^2 - D_6^2$
8									$D_8^2 - D_4^2$
6									$D_6^2 - D_2^2$
4									$D_4^2 - D_0^2$
2									...
0									

गणना:

-रिम्स के व्यास के वर्ग की गणना करें। सूत्र का उपयोग करके वक्रता त्रिज्या R ज्ञात करें।

$$R = \frac{D_{n+p}^2 - D_n^2}{4p\lambda} = \dots\dots\dots \text{cm}$$

परिणाम:

न्यूटन की रिम्स विधि का उपयोग करके उत्तल लेंस की वक्रता त्रिज्या $R = \dots\dots\dots \text{cm}$

सावधानियाँ और त्रुटि का स्रोत:

- सिद्धांत के अनुसार: प्रकाश को वायु फिल्म पर सामान्य रूप से गिरना चाहिए। इस स्थिति को प्राप्त करने के लिए, परावर्तक इकाई की काँच प्लेट को क्षैतिज से 45° के कोण पर झुका हुआ होना चाहिए।
- पतली वायु फिल्म के लिए: काँच की प्लेट और समतल उत्तल लेंस के बीच पतली वायु फिल्म प्राप्त करने के लिए, लेंस की वक्रता त्रिज्या बड़ी होनी चाहिए, क्योंकि रिम्स के व्यास के सूत्र को निकालने में हमने $t < R$ समीकरण का उपयोग किया है।
- साफ सफाई: काँच की प्लेट और समतल उत्तल लेंस को अच्छी तरह से साफ करना चाहिए।
- वाचन (रीडिंग) लेने से पहले: यह जांच लें कि माइक्रोमीटर स्कू की कार्य सीमा के द्वीय स्थान के दोनों तरफ 20 रिम्स को कवर करती है या नहीं। यदि माइक्रोमीटर स्कू सही तरीके से समायोजित नहीं है, तो इसकी पूरी कार्य सीमा केवल केंद्रीय स्थान के एक तरफ समाप्त हो जाती है और सूक्ष्मदर्शी को आगे बढ़ाने में असमर्थ हो जाती है।
- व्यास मापते समय: एक क्रॉस वायर को चमकदार रिंग के मध्य पर स्पर्शरेखा के रूप में रखना चाहिए।
- बैकलैश त्रुटि: माइक्रोमीटर स्कू की बैकलैश त्रुटि से बचने के लिए इसे केवल एक दिशा में ही चलाना चाहिए।

EXPERIMENT: REFRACTIVE INDEX

AIM: To determine the refractive index of material of prism using spectrometer.

APPARATUS: Prism, source of mercury light, a spirit level and spectrometer.

THEORY:

When a ray of light is incident on a prism, it undergoes deviation (Fig. 1). When a ray of light incident on a face of prism it passes from rarer medium to denser and thus bends towards the normal and travels within the material of prism. On emerging from other face it passes through denser to rarer medium and thus bends away from the normal. It travels in air. It is evident that it has deviated from its original path by an angle δ . For thin prism of angle A , the deviation produced by it is given by

$$\delta = (n-1)A$$

Where n is refractive index of material of prism

The refractive index n of a substance is defined as the ratio of speed of light in vacuo and to the speed of light in medium.

$$n = \frac{c}{v}$$

For an isosceles triangled prism, the condition when prism is set in minimum deviation is:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

where n = refractive index of prism

A = angle of prism

δ_m = angle of minimum deviation

The light wave of different frequency (and hence different wavelength) move with different speed in an optical medium; so the refractive index of medium is a function of frequency (or wavelength). In general, the refractive index n of a material decreases with increase in wavelength.

Since n depends on wavelength, so does the deviation δ . If white light is incident on prism, different wavelength undergo deviation by different amount and hence the emergent ray is dispersed and a spectrum is formed.

FORMULA:

For an isosceles triangled prism, refractive index of material of the prism n

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

where A = angle of prism, and δ = angle of minimum deviation

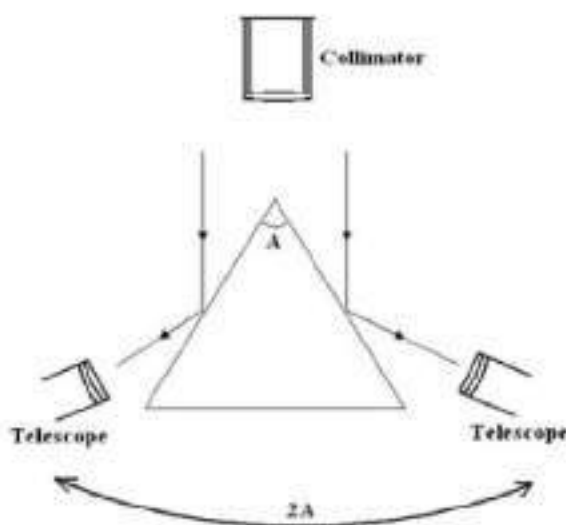


Fig: 1

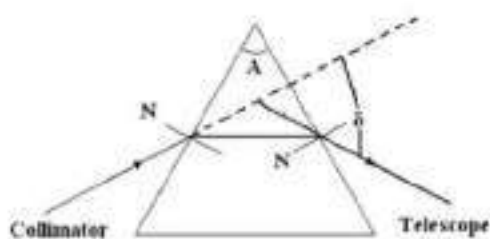


Fig. 2a

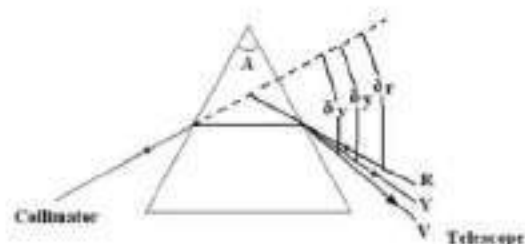


Fig. 2b

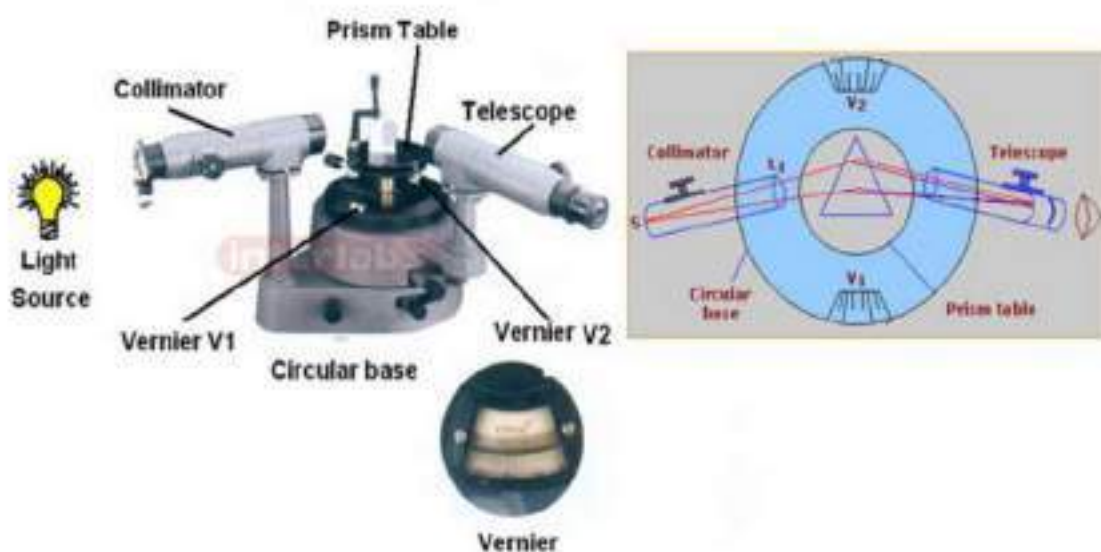


FIG 3: PARTS OF THE SPECTROMETER

PROCEDURE:

1. Put a prism on prism table to set its base parallel to collimator beam. A well focused spectrum is obtained in field of view.
2. Setting for parallel rays: Move Refracting angle of the prism slightly towards the collimator. The spectrum will get diffused. Focus the collimator for sharp spectrum. Now move the refracting angle slightly towards the telescope. The spectrum will get diffused again. This time focus the telescope for sharp spectrum. This procedure should be repeated number of times till the spectrum always remains sharp for slight movement of the prism.
3. To measure prism angle: Keep one edge of the prism pointed towards collimator. Make the width of the slit as narrow as possible. Turn the telescope to set the image of the slit from one face. In this position, note down the reading of vernier (V_1) from window-1 and reading of vernier (V_2) from window-2. Again turn it to the other face, take reading from both verniers and notedown in **Table 1**. Find the difference which gives twice the angle of prism ($2A$).
4. Now place the prism so that the base becomes parallel to the slit and light falls on one face.
5. Focus the telescope on other face. Spectrum will be observed from that side. Slowly rotated the prism table, keeping in view the spectrum by rotating telescope in same direction till the spectrum starts moving in the opposite direction. Fix the position of prism table. Now set the crosswire of telescope on Red line of spectrum. In this position, note down the reading of vernier (V_1) from window-1 and reading of vernier (V_2) from window-2 in **Table 2** as dispersed angle. Similarly note down the reading for other two colours yellow and violet.

- Remove the Prism and bring the telescope in line with collimator. Record and their readings both for V_1 and V_2 in **Table 2** as direct-angle.
- Find the difference for all the three colors which gives δ for individual color.

OBSERVATIONS:Least count;

main scale = 0.5° (degree)

vernier scale = $01'$ (minute)

Table 1: For angle of prism.

S. No.	Window Vernier	Reflection for Left Face (L)			Reflection from Right face (R)			Difference = $2A$	Mean $2A$	A
		MSR	VSR	Total	MSR	VSR	Total			
1	V_1			V_{1L}			V_{1R}	$V_{1L} - V_{1R}$		
2	V_2			V_{2L}			V_{2R}	$V_{2L} - V_{2R}$		

*MSR= main scale reading, VSR= vernier scale reading

Table 2: For finding angle of minimum deviation:

S.No	Colours	Window Vernier	Dispersed angle Dis.			Direct angle Dir.			Difference $V_{1D} - V_1$ $V_{2D} - V_2$	Mean δ
			MSR	VSR	Total	MSR	VSR	Total		
1.	Red	V_1				$V_{1D} =$ $V_{2D} =$			$\delta_{1r} = \dots\dots\dots$	$\delta_r =$
		V_2							$\delta_{2r} = \dots\dots\dots$	
2.	Yellow	V_1							$\delta_{1y} = \dots\dots\dots$	$\delta_y =$
		V_2							$\delta_{2y} = \dots\dots\dots$	
3.	Violet	V_1							$\delta_{1v} = \dots\dots\dots$	$\delta_v =$
		V_2							$\delta_{2v} = \dots\dots\dots$	

CALCULATIONS:

1. Calculate A (table 1)

2. Using the values of δ_r, δ_y and δ_v in formula, calculate three refractive indices (table 2).

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}}$$

=.....

RESULTS:

Angle of prism = $^\circ$ (degree)

Refractive index of prism for different colours

n (Red) =

n (Yellow) =

n (Violet) =

PRECAUTIONS:

- Avoid the extra light falling on telescope
- Prior to any measurement with spectrometer, the telescope, collimator and prism table should be set properly.
- The width of slit should be made as narrow as possible. reading of both vernier should be taken.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल

भौतिकी विभाग
बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक

उद्देश्य: स्पेक्ट्रोमीटर का उपयोग करके प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक निर्धारित करना।

उपकरण: प्रिज्म, पारा प्रकाश स्रोत, एक स्पिरिट स्तर, स्पेक्ट्रोमीटर

सिद्धांत:

जब एक प्रकाश की किरण प्रिज्म पर आपतित होती है, तो यह विचलन का अनुभव करती है (चित्र 1)। जब एक प्रकाश की किरण प्रिज्म के एक चेहरे पर आपतित होती है, तो यह दुर्लभ माध्यम से घने माध्यम में प्रवेश करती है और इस प्रकार सामान्य की ओर मुड़ती है और प्रिज्म के पदार्थ के भीतर यात्रा करती है। दूसरे चेहरे से बाहर निकलते समय यह घने से दुर्लभ माध्यम में प्रवेश करती है और इस प्रकार सामान्य से दूर मुड़ती है। यह हवा में यात्रा करती है। यह स्पष्ट है कि यह अपने मूल पथ से δ कोण द्वारा विचलित हो गई है। पतले प्रिज्म के कोण A के लिए, इससे उत्पन्न विचलन δ निम्नलिखित सूत्र द्वारा दी जाती है:

$$\delta = (n-1)A$$

जहाँ n प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक है।

किसी पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक n को निर्वात में प्रकाश की गति c और माध्यम में प्रकाश की गति v के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है।

$$n = \frac{c}{v}$$

समद्विबाहु त्रिभुज प्रिज्म को जब न्यूनतम विचलन में सेट किया जाता है, तो

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

जहाँ:

- n = प्रिज्म का अपवर्तक सूचकांक
- A = प्रिज्म का कोण
- δ_m = न्यूनतम विचलन का कोण

विभिन्न आवृत्तियों (और इस प्रकार विभिन्न तरंगदैर्घ्यों) की प्रकाश तरंगें एक ऑप्टिकल माध्यम में विभिन्न गति से चलती हैं; इसलिए माध्यम का अपवर्तक सूचकांक आवृत्ति (या तरंगदैर्घ्य) का एक फलन होता है। सामान्यतः, किसी पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक तरंगदैर्घ्य बढ़ने के साथ घटता है। चूंकि n तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करता है, इसलिए विचलन δ भी तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करता है। यदि सफेद प्रकाश प्रिज्म पर आपतित होता है, तो विभिन्न तरंगदैर्घ्य विभिन्न मात्राओं में विचलित होते हैं और इस प्रकार उभरने वाली किरण फैल जाती है और एक वर्णक्रम बनता है।

फॉर्मूला:

एक समद्विबाहु त्रिभुज प्रिज्म के लिए, प्रिज्म की सामग्री का अपवर्तकांक n

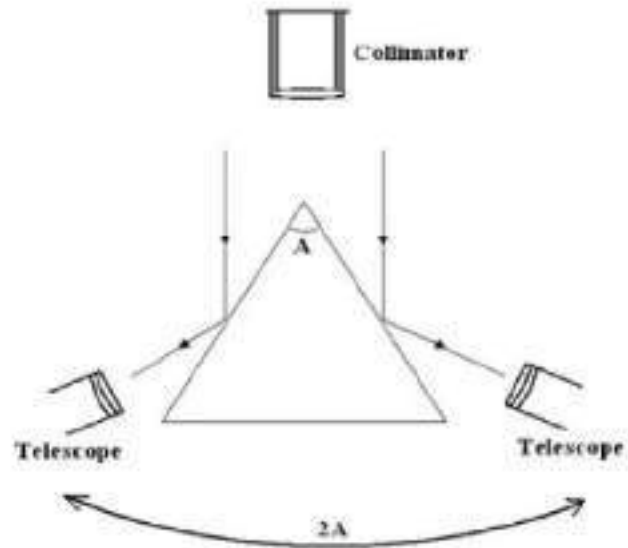


Fig: 1

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}}$$

जहाँ: A = प्रिज्म का कोण, δ_m = न्यूनतम विचलन का कोण है।

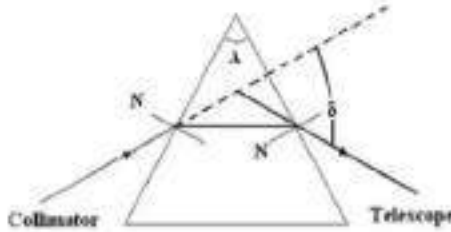


Fig. 2a

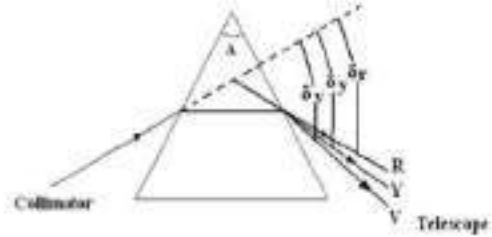


Fig. 2b

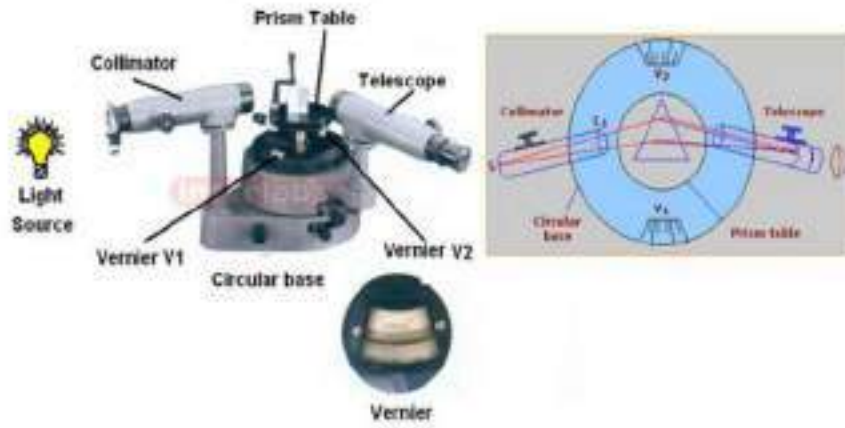


FIG 3: PARTS OF THE SPECTROMETER

प्रक्रिया:

1. प्रिज्म टेबल पर एक प्रिज्म रखें ताकि इसका आधार कोलिमेटर बीम के समानांतर हो। दृश्य क्षेत्र में एक अच्छी तरह से फोकस्ड स्पेक्ट्रम प्राप्त होती है।
2. समानांतर किरणों के लिए सेटिंग: प्रिज्म के अपवर्तन कोण को कोलिमेटर की ओर थोड़ा सा हिलाएं। स्पेक्ट्रम फैल जाएगा (स्प्रेड हो जाएगा)। तीव्र (शार्प) स्पेक्ट्रम के लिए कोलिमेटर को फोकस करें। अब अपवर्तन कोण को टेलीस्कोप की ओर थोड़ा सा हिलाएं। स्पेक्ट्रम फिर से फैल जाएगा। इस बार टेलीस्कोप को तीव्र (शार्प) स्पेक्ट्रम के लिए फोकस करें। इस प्रक्रिया को कई बार दोहराना चाहिए जब तक प्रिज्म की थोड़ी सी भी चाल के लिए स्पेक्ट्रम हमेशा तीव्र (शार्प) बना रहता है।
3. प्रिज्म कोण को मापने के लिए: प्रिज्म के एक किनारे को कोलिमेटर की ओर इंगित रखें। स्लिट की चौड़ाई को जितना संकीर्ण हो सके उतना बनाएं। टेलीस्कोप को एक फेस से स्लिट की छवि सेट करने के लिए घुमाएं। इस स्थिति में, विंडो-1 से वर्नियर (V_1) का रीडिंग और विंडो-2 से वर्नियर (V_2) का रीडिंग नोट करें। फिर इसे दूसरे फेस की ओर घुमाएं, दोनों वर्नियर से रीडिंग लें और इसे टेबल 1 में नोट करें। अंतर निकालें जो प्रिज्म के कोण का दोगुना ($2A$) देता है।
4. अब प्रिज्म को इस प्रकार रखें कि आधार स्लिट के समानांतर हो जाए और प्रकाश एक फेस पर गिरे।
5. टेलीस्कोप को दूसरे फेस पर फोकस करें। उस दिशा से स्पेक्ट्रम देखा जाएगा। प्रिज्म टेबल को धीरे-धीरे घुमाएं, स्पेक्ट्रम को देखते हुए टेलीस्कोप को उसी दिशा में घुमाते रहें जब तक स्पेक्ट्रम विपरीत दिशा में चलने न लगे। प्रिज्म टेबल की स्थिति को ठीक करें। अब टेलीस्कोप के क्रॉसवायर को स्पेक्ट्रम की लाल (Red) रेखा पर सेट करें। इस स्थिति में, विंडो-1 से वर्नियर (V_1) का रीडिंग और विंडो-2 से वर्नियर (V_2)

का रीडिंग टेबल 2 में बिखरे हुए कोण के रूप में नोट करें। इसी तरह, अन्य दो रंगों पीले (Yellow) और बैंगनी (Violet) के लिए भी रीडिंग नोट करें।

6. प्रिज्म को हटाएं और टेलीस्कोप को कोलिमेटर के साथ पंक्ति में लाएं। उनके रीडिंग दोनों V_1 और V_2 के लिए टेबल 2 में सीधे कोण के रूप में रिकॉर्ड करें।
7. तीनों रंगों के लिए अंतर निकालें जो इन रंगों के लिए अलग अलग δ देता है।

प्रेक्षण:

न्यूनतम गणना:

मुख्य स्केल = 0.5 डिग्री

वर्नियर स्केल = 0.1 मिनट

टेबल 1: प्रिज्म के कोण के लिए।

S. No.	Window Vernier	Reflection for Left Face (L)			Reflection from Right face (R)			Difference = 2A	Mean 2A	A °'
		MSR	VSR	Total	MSR	VSR	Total			
1	V_1			V_{1L}			V_{1R}	$V_{1L} - V_{1R}$		
2	V_2			V_{2L}			V_{2R}	$V_{2L} - V_{2R}$		

*MSR = मुख्य स्केल रीडिंग, VSR = वर्नियर स्केल रीडिंग

टेबल 2: न्यूनतम विचलन कोण ज्ञात करने के लिए:

S.No	Colours	Window Vernier	Dispersed angle Dis.			Direct angle Dir.			Difference $V_{1D} - V_1$ $V_{2D} - V_2$	Mean δ
			MSR	VSR	Total	MSR	VSR	Total		
1.	Red	V_1 V_2				$V_{1D} =$ $V_{2D} =$			$\delta_{1r} = \dots\dots\dots$ $\delta_{2r} = \dots\dots\dots$	$\delta_r =$
2.	Yellow	V_1 V_2							$\delta_{1y} = \dots\dots\dots$ $\delta_{2y} = \dots\dots\dots$	$\delta_y =$
3.	Violet	V_1 V_2							$\delta_{1v} = \dots\dots\dots$ $\delta_{2v} = \dots\dots\dots$	$\delta_v =$

गणनाएँ:

1. A की गणना करें (टेबल 1)
2. δ_r , δ_y , और δ_v के मानों का उपयोग करते हुए सूत्र में, तीन अपवर्तकांक की गणना करें (टेबल 2)।

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}} = \dots\dots\dots$$

परिणाम:

प्रिज्म का कोण = डिग्री

विभिन्न रंगों के लिए प्रिज्म का अपवर्तकांक:

n (लाल) =

n (पीला) =

n (बैंगनी) =

सावधानियाँ:

1. टेलीस्कोप पर अतिरिक्त प्रकाश पड़ने से बचें।
2. किसी भी माप से पहले, स्पेक्ट्रोमीटर, टेलीस्कोप, कोलिमेटर और प्रिज्म टेबल को सही ढंग से सेट किया जाना चाहिए।
3. स्लिट की चौड़ाई को जितना संकीर्ण हो सके उतना बनाना चाहिए। दोनों वर्नियर की रीडिंग ली जानी चाहिए।

B.TECH. I SEM/II SEM

EXPERIMENT: DISPERSIVE POWER OF MATERIAL OF PRISM

AIM: To determine the dispersive power of material of prism by using spectrometer.

APPARATUS: Prism, source of mercury light, a spirit level and spectrometer.

THEORY: The refractive index n of a substance is defined as the ratio of speed of light in vacuo and to the speed of light in medium.

$$n = \frac{c}{v}$$

The light wave of different frequency (and hence different wavelength) move with different speed in a medium; so the refractive index of medium is a function of frequency (or wavelength). The dependence of refractive index of material on frequency or wavelength is known as dispersion. In general, the refractive index n of a material decreases with increase in wavelength.

When a ray of light is incident on a prism, it undergoes deviation. For thin prism of angle A , the deviation produced by it is given by

$$\delta = (n-1)A$$

For an isosceles triangled prism, the condition when prism is set in minimum deviation is:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+\delta}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

where n = refractive index of prism

A = angle of prism

δ = angle of minimum deviation

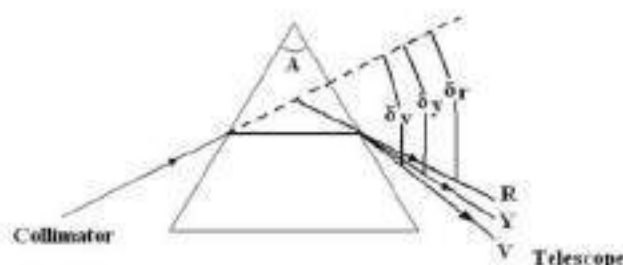


Fig. 1

Since n depends on wavelength, so does the

deviation δ . If white light is incident on prism, different wavelength undergo deviation by different amount and hence the emergent ray is dispersed and a spectrum is formed. The prism is thus a dispersive device. If δ_v , δ_y , and δ_r are the angles of deviation for violet, yellow

and red colours, then the ratio $\left(\frac{\delta_v - \delta_r}{\delta_y}\right)$ is called the dispersive power (ω) of the material of the prism.

$$\omega = \frac{\delta_v - \delta_r}{\delta_y} = \frac{n_v - n_r}{n_y - 1}$$

Where n_r , n_y and n_v are refractive indices of prism for red, yellow and violet colours.

$$\therefore \omega = \frac{n_v - n_r}{n_y - 1}$$

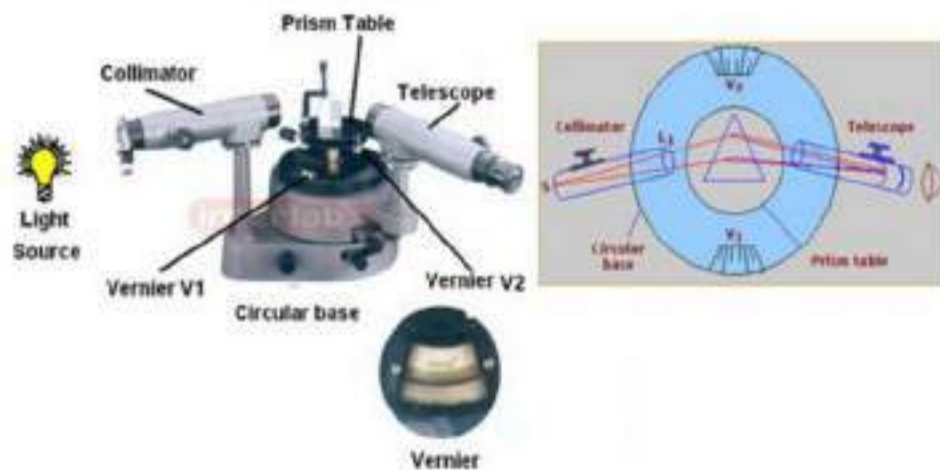


FIG 2: PARTS OF THE SPECTROMETER

FORMULA:

Refractive index of material of the prism n

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}}$$

where A = angle of prism

δ = angle of minimum deviation

Dispersive power of the material of the prism ω ,

$$\omega = \frac{n_v - n_r}{n_y - 1}$$

Where n_v , n_y and n_r are refractive indices of prism for red, yellow and violet colours.

PROCEDURE:

1. Put a prism on prism table to set its base parallel to collimator beam and light falls on one face.
2. A well focused spectrum is obtained in field of view.
3. Setting for parallel rays: Move Refracting angle of the prism slightly towards the collimator. The spectrum will get diffused. Focus the collimator for sharp spectrum. Now move the refracting angle slightly towards the telescope. The spectrum will get diffused again. This time focus the telescope for sharp spectrum. This procedure should be repeated number of times till the spectrum always remains sharp for slight movement of the prism.
4. Now place the prism so that the base becomes parallel to the slit. Focus the telescope on other face. Spectrum will be observed from that side. Slowly rotate the prism table, keeping in view the spectrum by rotating telescope in same direction till the spectrum starts moving in the opposite direction. Fix the position of prism table. Now set the crosswire of telescope on Red line of spectrum. In this position, note down the reading of vernier (V_1)

from window-1 and reading of vernier (V_2) from window-2 in **Table** as dispersed angle. Similarly note down the reading for other two colours yellow and violet.

5. Remove the Prism and bring the telescope in line with collimator. Record and their readings both for V_1 and V_2 in **Table** as direct-angle.

6. Find the difference which gives δ .

OBSERVATIONS:

Angle of prism = 60° (degree)

Least count:

main scale = 0.5° (degree)

vernier scale = $01'$ (minute)

Table : For finding angle of minimum deviation:

S.No	Colours	Vernier	Dispersed angle Dis.			Direct angle Dir.			Difference Dis.~ Dir.	Mean δ
			MSR	VSR	Total	MSR	VSR	Total		
1.	Red	V_1 V_2				V_1 V_2			$\delta_r = \dots\dots\dots$ $\delta_r = \dots\dots\dots$	$\delta_r = \dots\dots\dots$
2.	Yellow	V_1 V_2							$\delta_y = \dots\dots\dots$ $\delta_y = \dots\dots\dots$	$\delta_y = \dots\dots\dots$
3.	Violet	V_1 V_2							$\delta_v = \dots\dots\dots$ $\delta_v = \dots\dots\dots$	$\delta_v = \dots\dots\dots$

*MSR= main scale reading, VSR= vernier scale reading

CALCULATIONS:

Using the values of δ_r, δ_y and δ_v in formula, calculate three refractive indices.

$$n_r = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_r}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}}$$

Similarly $n_y = \dots\dots\dots$ and $n_v = \dots\dots\dots$

Dispersive power of the material of the prism ω ,

$$\omega = \frac{n_v - n_r}{n_y - 1}$$

$\omega = \dots\dots\dots$

RESULTS:

Refractive index of prism for different colours

n (Red) =

n (Yellow) =

n (Violet) =

Dispersive power of the material of the prism $\omega = \dots\dots\dots$

PRECAUTIONS:

1. Avoid the extra light falling on telescope
2. Prior to any measurement with spectrometer, the telescope, collimator and prism table should be set properly.
3. The width of slit should be made as narrow as possible reading of both vernier should be taken.
4. The position of minimum deviation should be obtained for each colour photocell such that it yields maximum current.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल

भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: प्रिज्म के पदार्थ की विक्षेपण क्षमता

उद्देश्य: स्पेक्ट्रोमीटर का उपयोग करके प्रिज्म के पदार्थ की विक्षेपण क्षमता निर्धारित करना।

उपकरण: प्रिज्म, पारा प्रकाश स्रोत, एक स्पिरिट स्तर, स्पेक्ट्रोमीटर

सिद्धांत:

जब एक प्रकाश की किरण प्रिज्म पर आपतित होती है, तो यह विचलन का अनुभव करती है (चित्र 1)। जब एक प्रकाश की किरण प्रिज्म के एक चेहरे पर आपतित होती है, तो यह दुर्लभ माध्यम से घने माध्यम में प्रवेश करती है और इस प्रकार सामान्य की ओर मुड़ती है और प्रिज्म के पदार्थ के भीतर यात्रा करती है। दूसरे चेहरे से बाहर निकलते समय यह घने से दुर्लभ माध्यम में प्रवेश करती है और इस प्रकार सामान्य से दूर मुड़ती है। यह हवा में यात्रा करती है। यह स्पष्ट है कि यह अपने मूल पथ से δ कोण द्वारा विचलित हो गई है। पतले प्रिज्म के कोण A के लिए, इससे उत्पन्न विचलन δ निम्नलिखित सूत्र द्वारा दी जाती है:

$$\delta = (n-1)A$$

जहाँ n प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक है।

किसी पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक n को निर्वात में प्रकाश की गति c और माध्यम में प्रकाश की गति v के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है।

$$n = \frac{c}{v}$$

समद्विबाहु त्रिभुज प्रिज्म को जब न्यूनतम विचलन में सेट किया जाता है, तो

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}}$$

जहाँ:

- n = प्रिज्म का अपवर्तक सूचकांक
- A = प्रिज्म का कोण
- δ_m = न्यूनतम विचलन का कोण

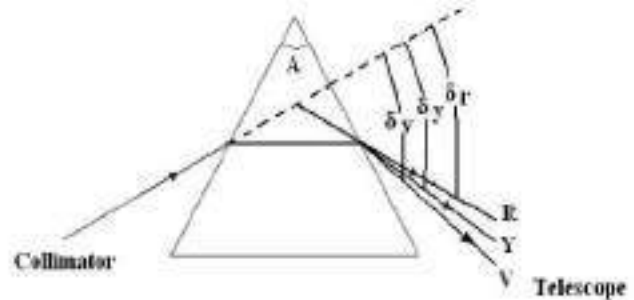


Fig. 1

विभिन्न आवृत्तियों (और इस प्रकार विभिन्न तरंगदैर्घ्यों) की प्रकाश तरंगें एक ऑप्टिकल माध्यम में विभिन्न गति से चलती हैं; इसलिए माध्यम का अपवर्तक सूचकांक आवृत्ति (या तरंगदैर्घ्य) का एक फलन होता है। सामान्यतः, किसी पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक तरंगदैर्घ्य बढ़ने के साथ घटता है। चूंकि n तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करता है, इसलिए विचलन δ भी तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करता है। यदि सफेद प्रकाश प्रिज्म पर आपतित होता है, तो विभिन्न तरंगदैर्घ्य विभिन्न मात्राओं में विचलित होते हैं और इस प्रकार उभरने वाली किरण फैल जाती है और एक वर्णक्रम बनता है।

इस प्रकार प्रिज्म एक विक्षेपक उपकरण है। यदि δ_v , δ_y , और δ_r बैंगनी, पीले और लाल रंगों के विचलन कोण हैं, तो इस अनुपात को प्रिज्म की सामग्री की विक्षेपण शक्ति/क्षमता (ω) कहा जाता है।

$$\omega = \frac{\delta_v - \delta_r}{\delta_y} = \frac{n_v - n_r}{n_y - 1}$$

जहाँ n_v , n_y और n_r प्रिज्म के लाल, पीले और बैंगनी रंगों के अपवर्तक सूचकांक हैं।

$$\therefore \omega = \frac{n_v - n_r}{n_y - 1}$$

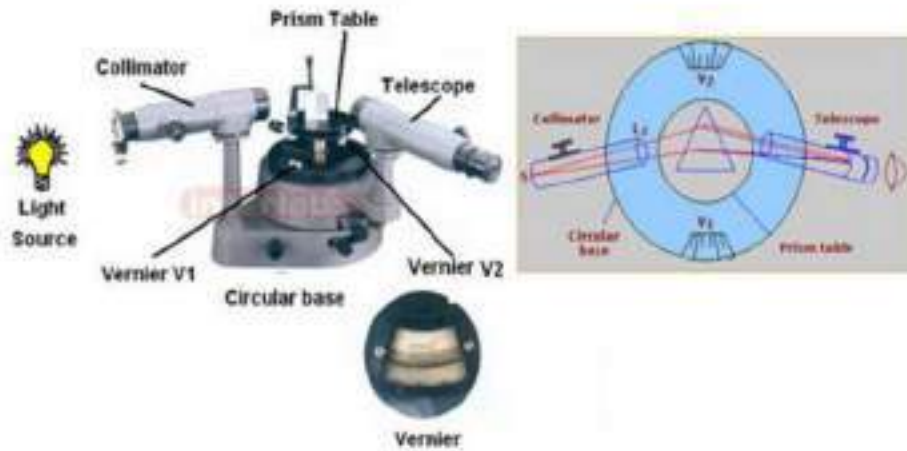


FIG 2: PARTS OF THE SPECTROMETER

फॉर्मूला:

एक समद्विबाहु त्रिभुज प्रिज्म के लिए, प्रिज्म की सामग्री का अपवर्तकांक n

$$n_r = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_r}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

जहाँ:

A = प्रिज्म का कोण, δ_r = लाल का न्यूनतम विचलन का कोण है।

इसी प्रकार $n_y = \dots\dots\dots$ और $n_v = \dots\dots\dots$

विक्षेपण क्षमता (ω)

$$\therefore \omega = \frac{n_v - n_r}{n_y - 1}$$

प्रक्रिया:

1. प्रिज्म टेबल पर एक प्रिज्म रखें ताकि इसका आधार कोलिमेटर बीम के समानांतर हो। दृश्य क्षेत्र में एक अच्छी तरह से फोकसड स्पेक्ट्रम प्राप्त होती है।
2. समानांतर किरणों के लिए सेटिंग: प्रिज्म के अपवर्तन कोण को कोलिमेटर की ओर थोड़ा सा हिलाएं। स्पेक्ट्रम फैल जाएगा (स्प्रेड होजाएगा)। तीव्र (शार्प) स्पेक्ट्रम के लिए कोलिमेटर को फोकस करें। अब अपवर्तन कोण को टेलीस्कोप की ओर थोड़ा सा हिलाएं। स्पेक्ट्रम फिर से फैल जाएगा। इस बार टेलीस्कोप को तीव्र (शार्प) स्पेक्ट्रम के लिए फोकस करें। इस प्रक्रिया को कई बार दोहराना चाहिए जब तक प्रिज्म की थोड़ी सी भी चाल के लिए स्पेक्ट्रम हमेशा तीव्र (शार्प) बना रहता है।
3. अब प्रिज्म को इस प्रकार रखें कि आधार स्लिट के समानांतर हो जाए और प्रकाश एक फेस पर गिरे।
4. टेलीस्कोप को दूसरे फेस पर फोकस करें। उस दिशा से स्पेक्ट्रम देखा जाएगा। प्रिज्म टेबल को धीरे-धीरे घुमाएं, स्पेक्ट्रम को देखते हुए टेलीस्कोप को उसी दिशा में घुमाते रहें जब तक स्पेक्ट्रम विपरीत दिशा में चलने न लगे। प्रिज्म टेबल की स्थिति को ठीक करें। अब टेलीस्कोप के क्रॉसवायर

- को स्पेक्ट्रम की लाल (Red) रेखा पर सेट करें। इस स्थिति में, विंडो-1 से वर्नियर (V_1) का रीडिंग और विंडो-2 से वर्नियर (V_2) का रीडिंग टेबल 2 में बिखरे हुए कोण के रूप में नोट करें। इसी तरह, अन्य दो रंगों पीले (Yellow) और बैंगनी (Violet) के लिए भी रीडिंग नोट करें।
- प्रिज्म को हटाएं और टेलीस्कोप को कोलिमेटर के साथ पंक्ति में लाएं। उनके रीडिंग दोनों V_1 और V_2 के लिए टेबल 2 में सीधे कोण के रूप में रिकॉर्ड करें।
 - तीनों रंगों के लिए अंतर निकालें जो इन रंगों के लिए अलग अलग δ देता है।

प्रेक्षण:

न्यूनतम विचलन कोण की गणना;

मुख्य स्केल = 0.5 डिग्री

वर्नियर स्केल = 01 मिनट

प्रिज्म का कोण = 60 डिग्री

टेबल 2: न्यूनतम विचलन कोण ज्ञात करने के लिए:

S.No	Colours	Window Vernier	Dispersed angle Dis.			Direct angle Dir.			Difference $V_{1D} - V_1$ $V_{2D} - V_2$	Mean δ
			MSR	VSR	Total	MSR	VSR	Total		
1.	Red	V_1				$V_{1D} =$ $V_{2D} =$			$\delta_{1r} = \dots\dots\dots$	$\delta_r =$
		V_2							$\delta_{2r} = \dots\dots\dots$	
2.	Yellow	V_1							$\delta_{1y} = \dots\dots\dots$	$\delta_y =$
		V_2							$\delta_{2y} = \dots\dots\dots$	
3.	Violet	V_1							$\delta_{1v} = \dots\dots\dots$	$\delta_v =$
		V_2							$\delta_{2v} = \dots\dots\dots$	

*MSR = मुख्य स्केल रीडिंग, VSR = वर्नियर स्केल रीडिंग

गणनाएँ:

δ_r , δ_y , और δ_v के मानों का उपयोग करते हुए सूत्र में, तीन अपवर्तकांक की गणना करें (टेबल 2)।

$$n_r = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_r}{2}\right)}{\sin \frac{A}{2}}$$

=.....

इसी प्रकार n_y और n_v की भी गणना करें, $n_y = \dots\dots\dots$, $n_v = \dots\dots\dots$

परिणाम:

विभिन्न रंगों के लिए प्रिज्म का अपवर्तकांक:

n (लाल) =

n (पीला) =

n (बैंगनी) =

प्रिज्म के पदार्थ की विक्षेपण क्षमता (ω) =

सावधानियाँ:

- टेलीस्कोप पर अतिरिक्त प्रकाश पड़ने से बचें।
- किसी भी माप से पहले, स्पेक्ट्रोमीटर, टेलीस्कोप, कोलिमेटर और प्रिज्म टेबल को सही ढंग से सेट किया जाना चाहिए।
- स्लिट की चौड़ाई को जितना संकीर्ण हो सके उतना बनाना चाहिए। दोनों वर्नियर की रीडिंग ली जानी चाहिए।

MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS

B.Tech. I Sem/II sem

EXPERIMENT: PLANE TRANSMISSION GRATING

AIM:

Determination of wavelength of different colours of mercury light using a plane transmission grating.

APPARATUS:

Spectrometer with the grating stand, diffraction grating of known grating element, mercury lamp and reading lens.

THEORY:

A transmission diffraction grating is a glass slide with large number of parallel, closely spaced slits (transparent spaces) drawn on it. Early ones were carbon covered glass slides etched by a needle point - now they tend to be printed onto a slide. When a parallel beam of monochromatic light is directed normally (at right angles to it!) at a diffraction grating, light is transmitted by the grating in certain directions only because the light passing through each slit is diffracted and these diffracted light waves from adjacent slits reinforce each other in certain directions only, including the incident light direction, and cancel out in all other directions.

If the source of light is mercury lamp (having all visible colours), this grating separates the colors of incident light because different wavelengths are diffracted at different angles, according to the grating relationship

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{(e+d)}$$

where $(e+d)$ = grating element

θ = angle of diffraction

n = order diffraction

λ = wavelength of light

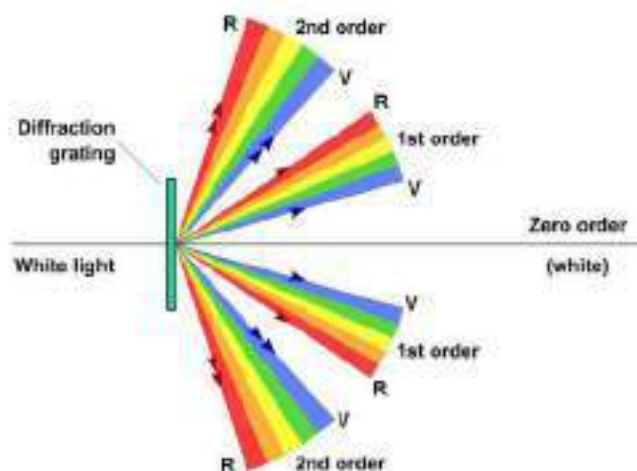


Fig 1: Diffraction pattern from grating

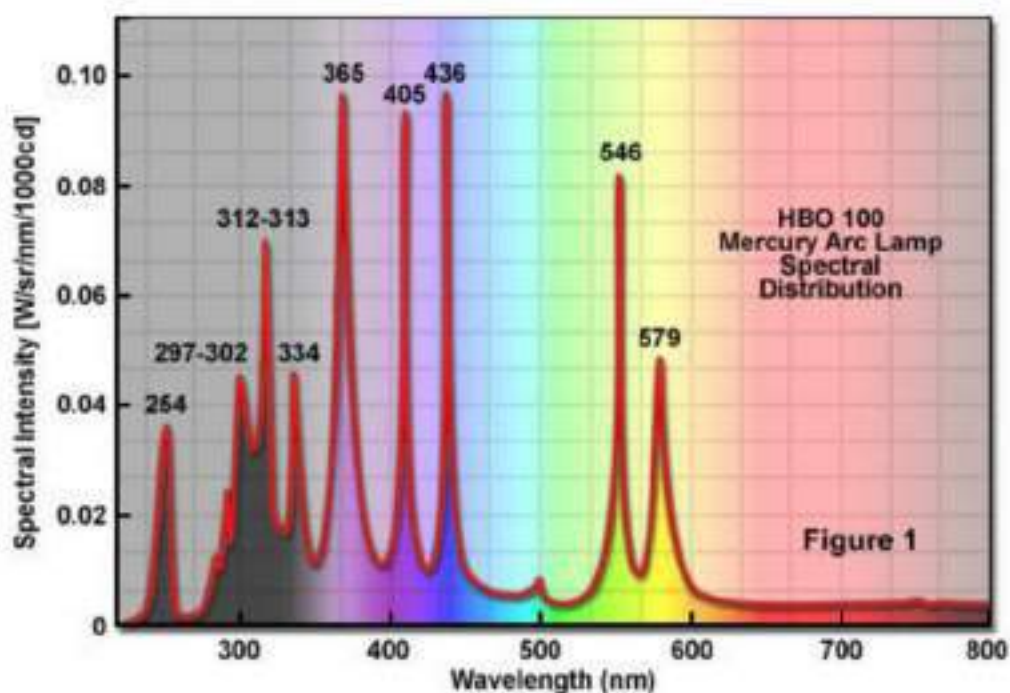


Fig 2: Mercury arc lamp spectrum

PROCEDURE:

Make the preliminary mechanical and optical adjustments of the spectrometer.

1. Set the telescope and collimator in one line so that the direct image of the slit falls on the intersection of wires. Note the reading. Now mount the grating and turn the telescope by 90° . Turn the grating in such a way that the reflected image of the slit is received in the telescope. It means that the incident rays on the grating are inclined at 45° to the plane of grating. Now rotate grating by 45° or 135° so that it becomes normal to collimator and the grating surface facing the telescope. The rulings of the grating are parallel to main axis of the instrument. When the axis of the telescope is parallel to that of the collimator, an image of the slit will be seen lying with its centre lying on the intersection of the cross-wires of the telescope.
2. Turn the collimator towards left until the diffraction image (colour spectrum) of first order is visible on the intersection of cross-wires, take the readings of two verniers V_1 (window 1) and V_2 (window 2) for Violet color.
3. Next turn the telescope to get the first order image to the right on the intersection and read the two verniers V_1 (window 1) and V_2 (window 2) for Violet color.
4. The difference in the readings of the same vernier of the two settings gives twice the angle of diffraction. Calculate its mean value. Use this and the known grating element for the calculation of wavelength of light.
5. Same experiment can be repeated for Green and Yellow lines.

OBSERVATIONS:

Lines per inch on grating = 15000

Grating element ($e+d$) = $2.54/15000$ cm

Least count ; main scale = 0.5° (degree)
vernier scale = $30''$ (seconds)

Table

Colour	Vernier	Spectrum Left of direct image			Spectrum Right of direct image			Difference in the readings 2θ	Mean value of θ
		MSR Degree	VSR Minute	Total	MSR Degree	VSR Minute	Total		
Violet	V ₁			V ₁ Left			V ₁ Right	V ₁ Left ~ V ₁ Right	
	V ₂			V ₂ Left			V ₂ Right	V ₂ Left ~ V ₂ Right	
Green	V ₁							V ₁ Left ~ V ₁ Right	
	V ₂							V ₂ Left ~ V ₂ Right	
Yellow	V ₁							V ₁ Left ~ V ₁ Right	
	V ₂							V ₂ Left ~ V ₂ Right	

CALCULATIONS:

Wavelength of,

1. violet $\lambda = \frac{(e+d)}{n} \sin \theta = \dots\dots\dots$
2. green $\lambda = \frac{(e+d)}{n} \sin \theta = \dots\dots\dots$
3. yellow $\lambda = \frac{(e+d)}{n} \sin \theta = \dots\dots\dots$

RESULT:

1. Wavelength of violet light = $\dots\dots\dots$ Å
2. Wavelength of green light = $\dots\dots\dots$ Å
3. Wavelength of yellow light = $\dots\dots\dots$ Å

SOURCES OF ERRORS AND PRECAUTIONS:

- i) Avoid the extra light falling on telescope
- ii) Prior to any measurement with spectrometer, the telescope, collimator and prism table should be set properly.
- iii) The width of slit should be made as narrow as possible. reading of both vernier should be taken.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल
भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: प्लेन ट्रांसमिशन ग्रेटिंग

उद्देश्य: प्लेन ट्रांसमिशन ग्रेटिंग का उपयोग करके पारा-वाष्प लैंप के विभिन्न रंगों की तरंगदैर्घ्य (wavelength) का निर्धारण।

उपकरण: ग्रेटिंग स्टैंड के साथ स्पेक्ट्रोमीटर, ज्ञात ग्रेटिंग तत्व वाला विवर्तन ग्रेटिंग, पारा-वाष्प लैंप और रीडिंग लेंस।

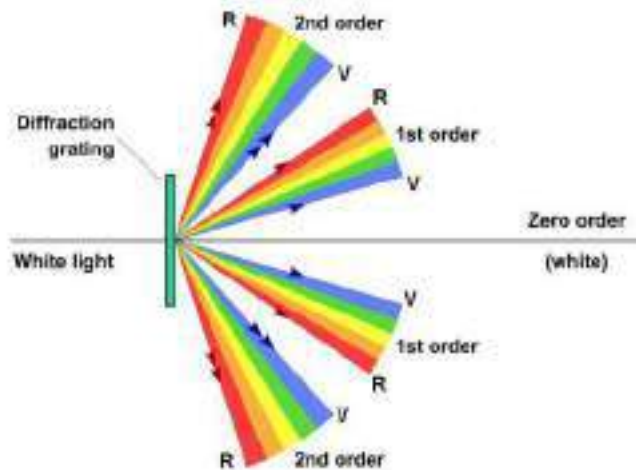
सिद्धांत: ट्रांसमिशन विवर्तन ग्रेटिंग एक कांच की स्लाइड होती है जिसमें बड़ी संख्या में समानांतर, निकट से स्थित स्लिट्स (पारदर्शी स्थान) होती हैं। प्रारंभिक ग्रेटिंग्स कार्बन से ढके कांच की स्लाइड्स की सुई की नोक से उकेरा जाता था - अब इन्हें स्लाइड पर प्रिंट किया जाता है। जब मोनोक्रोमैटिक प्रकाश की समानांतर किरण को विवर्तन ग्रेटिंग पर सामान्य रूप से (सही कोण पर) निर्देशित किया जाता है, तो ग्रेटिंग के द्वारा प्रकाश केवल निश्चित दिशाओं में प्रसारित होता है क्योंकि प्रत्येक स्लिट से गुजरने वाला प्रकाश विवर्तित होता है और ये विवर्तित प्रकाश तरंगें निकटवर्ती स्लिट्स से केवल कुछ निश्चित दिशाओं में एक-दूसरे को सुदृढ़ करती हैं, जिसमें घटना प्रकाश दिशा शामिल है, और अन्य सभी दिशाओं में एक-दूसरे को रद्द कर देती हैं।

यदि प्रकाश का स्रोत पारा लैंप है (जिसमें सभी दृश्य रंग होते हैं), तो यह ग्रेटिंग घटना प्रकाश के रंगों को अलग करती है क्योंकि विभिन्न तरंगदैर्घ्य अलग-अलग कोणों पर विवर्तित होती हैं, ग्रेटिंग संबंध के अनुसार:

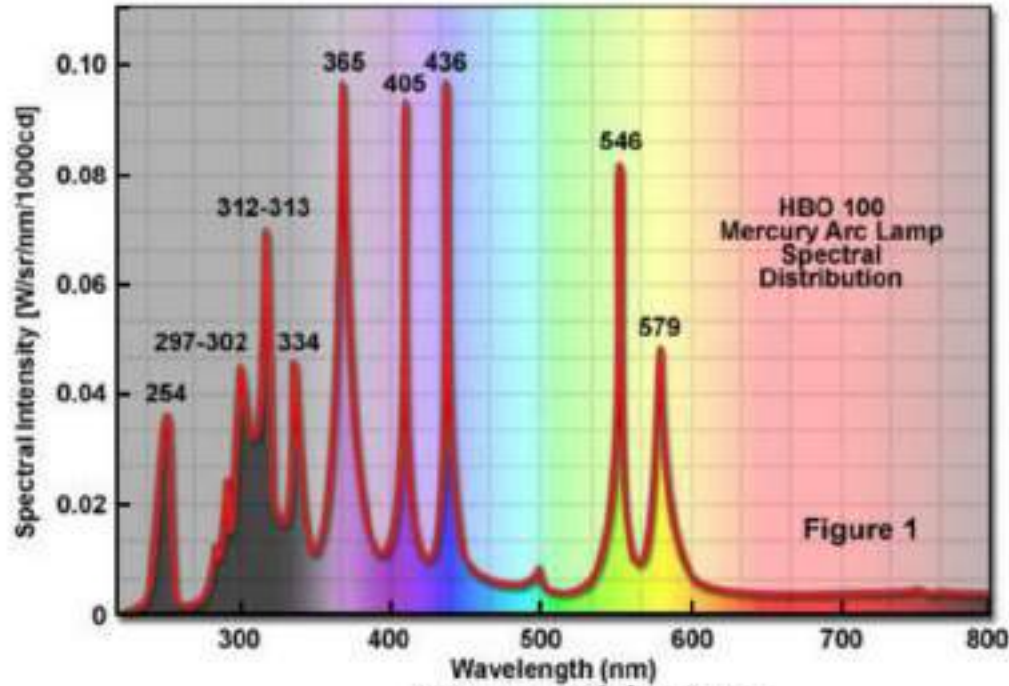
$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{(e+d)}$$

$$(e+d)\sin \theta = n\lambda$$

जहां $(e+d)$ = ग्रेटिंग तत्व, θ = विवर्तन कोण, n = विवर्तन क्रम, λ = प्रकाश की तरंगदैर्घ्य हैं।



चित्र 1: ग्रेटिंग से विवर्तन पैटर्न



चित्र 2: पारा आर्क लैंप स्पेक्ट्रम

प्रक्रिया:

स्पेक्ट्रोमीटर के प्रारंभिक यांत्रिक और ऑप्टिकल समायोजन (adjustment) करें।

1. टेलीस्कोप और कॉलिमेटर को एक रेखा में सेट करें ताकि स्लिट की सीधी छवि तारों के प्रतिच्छेदन (cross wire) पर गिरे। रीडिंग नोट करें। अब ग्रेटिंग को माउंट करें और टेलीस्कोप को 90° घुमाएं। ग्रेटिंग को इस तरह घुमाएं कि स्लिट की प्रतिबिंबित छवि टेलीस्कोप में प्राप्त हो। इसका मतलब है कि ग्रेटिंग पर आपतित किरणें ग्रेटिंग के तल पर 45° पर झुकी हुई हैं। अब ग्रेटिंग को 45° या 135° घुमाएं ताकि यह कॉलिमेटर के लंबवत हो जाए और ग्रेटिंग की सतह टेलीस्कोप की ओर हो। जब टेलीस्कोप की धुरी कॉलिमेटर की धुरी के समानांतर होगी, तो स्लिट की छवि देखी जा सकेगी जो टेलीस्कोप के क्रॉस-वायर के प्रतिच्छेदन के केंद्र पर होगी।
2. जब तक कि प्रथम क्रम के विवर्तन छवि (रंग स्पेक्ट्रम) क्रॉस-वायर के प्रतिच्छेदन पर दिखाई न दे, कॉलिमेटर को बाईं ओर घुमाएं। वायलेट रंग के लिए दो वर्नियर्स V1 (विंडो 1) और V2 (विंडो 2) की रीडिंग लें।
3. इसके बाद टेलीस्कोप को दाईं ओर घुमाएं ताकि प्रथम क्रम की छवि क्रॉस-वायर के प्रतिच्छेदन पर हो और वायलेट रंग के लिए दो वर्नियर्स V1 (विंडो 1) और V2 (विंडो 2) की रीडिंग लें।
4. टेलीस्कोप की इन दो सेटिंग्स के एक ही वर्नियर की रीडिंग में अंतर विवर्तन के कोण का दो गुना होता है। इसका औसत मान निकालें। इसका उपयोग करें और ज्ञात ग्रेटिंग तत्व का उपयोग करके प्रकाश की तरंगदैर्घ्य की गणना करें।
5. वही प्रयोग ग्रीन और येलो लाइनों के लिए दोहराना है।

प्रेक्षण/ अवलोकन:

ग्रेटिंग पर लाइन्स प्रति इंच = 15000

ग्रेटिंग तत्व(झिरी के बीच की दूरी Grating element) $(e+d) = 2.54/15000$ सेमी

लघुत्तमांक की गणना (Least count); मुख्य स्केल = 0.5° (डिग्री), वर्नियर स्केल = $30''$ (सेकंड)

तालिका:

Colour	Vernier	Spectrum Left of direct image			Spectrum Right of direct image			Difference in the readings 2θ	Mean value of θ
		MSR Degree	VSR Minute	Total	MSR Degree	VSR Minute	Total		
Violet	V ₁			V _{1 Left}			V _{1 Right}	V _{1 Left} ~ V _{1 Right}	
	V ₂			V _{2 Left}			V _{2 Right}	V _{2 Left} ~ V _{2 Right}	
Green	V ₁							V _{1 Left} ~ V _{1 Right}	
	V ₂							V _{2 Left} ~ V _{2 Right}	
Yellow	V ₁							V _{1 Left} ~ V _{1 Right}	
	V ₂							V _{2 Left} ~ V _{2 Right}	

*MSR = मुख्य स्केल रीडिंग, VSR = वर्नियर स्केल रीडिंग

गणना:

- वायलेट के लिए $\lambda = \frac{(e+d)}{n} \sin \theta$:
- हरे के लिए $\lambda = \frac{(e+d)}{n} \sin \theta$:
- पीले के लिए $\lambda = \frac{(e+d)}{n} \sin \theta$:

परिणाम:

- वायलेट प्रकाश की तरंगदैर्घ्य = नैनोमीटर
- हरे प्रकाश की तरंगदैर्घ्य = नैनोमीटर
- पीले प्रकाश की तरंगदैर्घ्य = नैनोमीटर

सावधानियाँ और त्रुटि का स्रोत:

- टेलीस्कोप पर अतिरिक्त प्रकाश आने से बचाएं।
- स्पेक्ट्रोमीटर के साथ किसी भी माप से पहले, टेलीस्कोप, कॉलिमिटर और प्रिज्म टेबल को सही ढंग से सेट किया जाना चाहिए।
- स्लिट की चौड़ाई को जितना संभव हो उतना संकीर्ण बनाया जाना चाहिए। दोनों वर्नियर की रीडिंग ली जानी चाहिए।

EXPERIMENT: *L-B* PHOTOMETER

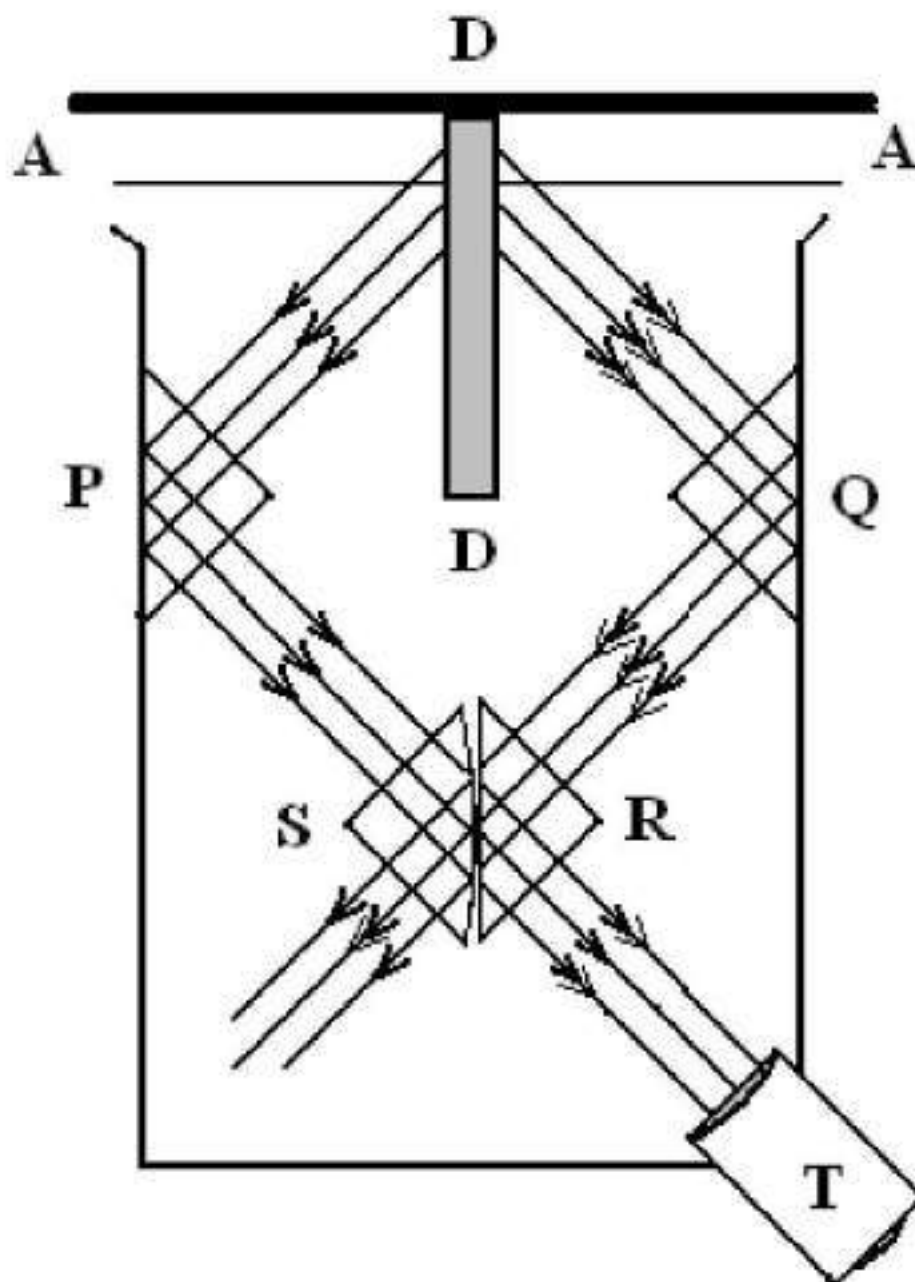


Fig. 1

AIM :

To determine the percentage of transmittance for a semi-transparent film using Lummer-Brodhum (L.B.) Photometer.

APPARATUS :

L.B. Photometer assembly with two light sources, transparent glass plate with stand.

THEORY :

The optical arrangement of L.B. Photometer assembly is illustrated in fig. 1. It consists of a system of right angled isosceles prisms so arranged that the field of view of the telescope is divided into two, one portion being illuminated by light coming from one of the sources and the other by light from the second source. This is achieved in the following manner. Light from the two sources is admitted through the apertures AA and falls on the slab DD of magnesium carbonate. Light is diffusely reflected from the surfaces of the slab and except for the rays that cut the faces of the total reflection prism P and Q normally, the rest are absorbed by the interior of the blackened sides of the box containing this arrangement. These rays are totally reflected at the hypotenuse surface of the prism P and Q and then enter the prism combination SR. It consists of two right-angled prisms with their hypotenuse surfaces in optical contact.

The hypotenuse of S is rounded off except for the central portion which lies in contact with R. The reason for this is that light can pass through the region of contact as if the prism were one solid medium. Other rays suffer total reflection and do not pass through the combination. Of the rays totally reflected by P on to the surface of S only the central system incident on the surface of contact of the two prisms is allowed to pass through and enter the telescope; other rays are totally internally reflected. In a similar manner rays coming from Q and meeting the surface of contact of the two prisms pass through the combination and are not able to enter the telescope. The light, which falls on the portions of R outside the surface of contact, are totally reflected and enter the telescope. So, the central portion of the field of view is illuminated with light coming from the source on the left side whereas that surrounding the central portion is illuminated by light from the other source. If the illumination of the two portions is same, the field of view will appear to be uniformly illuminated (Fig 2 a,b). It means the intensity of illumination on either side of the slab DD is the same.

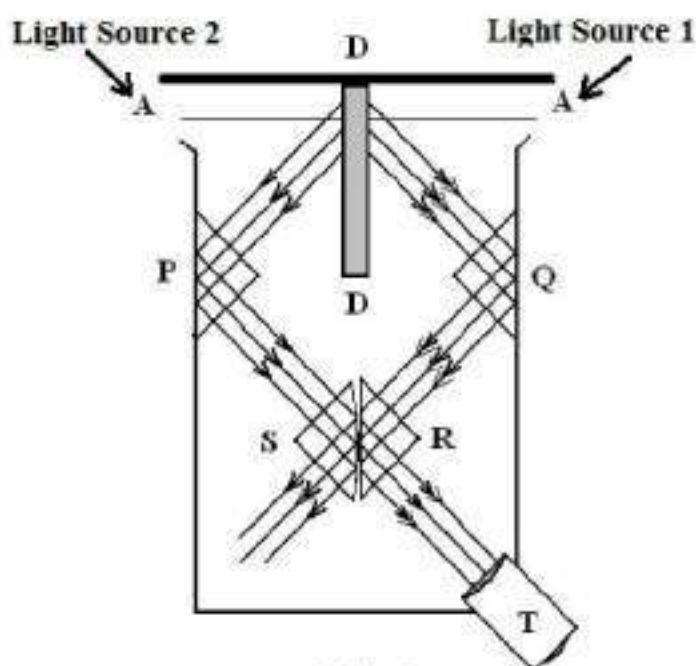


Fig. 1

If then the sources have illuminating powers P_1 and P_2 and their distances from the photometer-head are r and r_1 respectively.

$$I = \frac{P_1}{r^2} = \frac{P_2}{r_1^2}$$

Since both the portions of light received by the telescope traverse the same thickness of glass, any absorption by it will affect the intensity of the two equally and will not interfere with the adjustment.

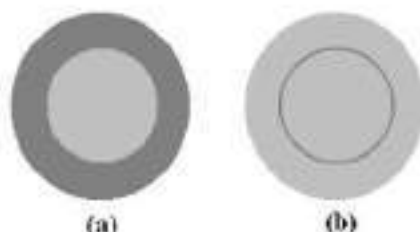


Fig. 2 (a) spots of unequal intensities (b) photometric balance

If a semi transparent film is kept between one source P_1 and photometer head, keeping their position constant the second source is moved to distance r_2 to keep the balance of intensities.

$$\frac{P_3}{r^2} = \frac{P_2}{r_2^2} = I$$

Where $P_3 = t \cdot P_1$
and $t =$ transmittance coefficient.

$$\therefore \frac{t \cdot P_1}{r^2} = \frac{P_2}{r_2^2} = \frac{t \cdot P_2}{r_1^2}$$

$$t = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$t\% = 100 \times \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

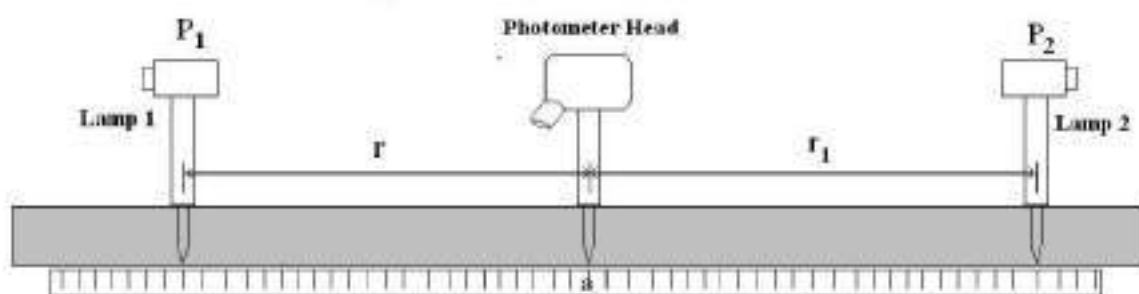


Fig.3 Lummer-Brodhun Photometer Arrangement

PROCEDURE:

- Keep Photometer head and the source P_1 at a fixed distance r (say 40 cm).
- On viewing through photometer eye piece, two spots of unequal intensities are observed (Fig 2a)

- Adjust the source P_2 to make the intensity of spots equal, this is called a photometric balance (Fig 2b). Note its position as b_1 cm to calculate r_1 .
- Then insert given glass plate between screen of photometer and P_1 . Then again note the distance r_2 for photometric balance by moving P_2 .
- Experiment Repeat the experiment by changing r and also by rotating photometer by 180° .
- Calculate t from r_1 and r_2 data.

OBSERVATION:

Table: For calculating r_1 and r_2

S. No	Position of fixed Source P_1 cm	Position of Photometer r a cm	Position of Second Source P_2		$r_1 = b_1 \sim a$	$r_2 = b_2 \sim a$	% transmittance $t\%$
			Without Plate b_1 cm	With Plate b_2 cm			
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

CALCULATION:

$$t\% = 100 \times \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Mean % transmittance =

RESULT:

The percentage of transmittance for the given film is found to be _____ %.

SOURCE OF ERRORS AND PRECAUTIONS:

- The height of the uprights carrying the two sources should be properly adjusted so that light falls normally and not obliquely on the slab of the photometer. This is done so that full intensity of light of the source enters the photometer head.
- Due to same reason as mentioned above the photometer head is set so that slab lies normal to the line joining the two sources.
- For one fixed distance of the source of light from the photometer a number of observations for the distance of the other source should be taken. This is done to eliminate any minor error in taking one reading.
- Rotate the photometer head through 180° with reference to the source of light so as to interchange the surfaces exposed to light. This eliminates any error due to inequality of the reflecting powers of the two surfaces of the slab.
- The thickness of the slab causes a slight error in the calculations however in actual practice the thickness of the slab is left out of consideration.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल
भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर
प्रयोग: लुमर-ब्रोधम फोटोमीटर

उद्देश्य: लुमर-ब्रोधम फोटोमीटर का उपयोग करके अर्ध-पारदर्शी फिल्म (कांच की प्लेट) के लिए प्रकाश के संचरण का प्रतिशत निर्धारित करना।

उपकरण: एल.बी. फोटोमीटर असेंबली, दो प्रकाश स्रोतों, स्टैंड के साथ पारदर्शी ग्लास प्लेट आदि।

सिद्धांत:

एल.बी. फोटोमीटर असेंबली की ऑप्टिकल व्यवस्था चित्र 1 में दर्शाई गई है। इसमें समकोण समद्विबाहु प्रिज्मों की एक प्रणाली शामिल है, जो इस तरह व्यवस्थित है कि दूरबीन का दृश्य क्षेत्र दो भागों में विभाजित होता है, एक भाग एक स्रोत से आने वाले प्रकाश से प्रकाशित होता है और दूसरा दूसरे स्रोत से प्रकाश द्वारा। यह निम्नलिखित तरीके से हासिल किया जाता है। दो स्रोतों से प्रकाश एपचर AA के माध्यम से प्रवेश करता है और मैग्नीशियम कार्बोनेट के स्लेब DD पर पड़ता है। प्रकाश स्लेब की सतहों से विसरित रूप से परावर्तित होता है और कुल परावर्तन प्रिज्म P और Q के चेहरों को सामान्य रूप से काटने वाली किरणों को छोड़कर, बाकी इस व्यवस्था वाले बॉक्स के काले पड़ चुके पक्षों के अंदरूनी भाग द्वारा अवशोषित हो जाते हैं। ये किरणें प्रिज्म P और Q के कर्ण सतह पर पूरी तरह से परावर्तित होती हैं S के कर्ण को गोल किया जाता है, सिवाय केंद्रीय भाग के जो R के संपर्क में रहता है। इसका कारण यह है कि प्रकाश संपर्क के क्षेत्र से होकर गुजर सकता है जैसे कि प्रिज्म एक ठोस माध्यम हो। अन्य किरणें पूर्ण परावर्तन से ग्रस्त होती हैं और संयोजन से होकर नहीं गुजरती हैं। P द्वारा S की सतह पर पूरी तरह से परावर्तित किरणों में से केवल दो प्रिज्मों की संपर्क सतह पर पड़ने वाली केंद्रीय प्रणाली को ही गुजरने और दूरबीन में प्रवेश करने की अनुमति होती है; अन्य किरणें पूरी तरह से आंतरिक रूप से परावर्तित होती हैं। इसी तरह से Q से आने वाली और दो प्रिज्मों की संपर्क सतह से मिलने वाली किरणें संयोजन से होकर गुजरती हैं और दूरबीन में प्रवेश नहीं कर पाती हैं। संपर्क सतह के बाहर R के भागों पर पड़ने वाला प्रकाश पूरी तरह से परावर्तित होता है और दूरबीन में प्रवेश करता है। इसलिए, दृश्य क्षेत्र का केंद्रीय भाग बाईं ओर के स्रोत से आने वाले प्रकाश से प्रकाशित होता है जबकि केंद्रीय भाग के आसपास का भाग दूसरे स्रोत से आने वाले प्रकाश से प्रकाशित होता है। यदि दोनों भागों की रोशनी समान है, तो दृश्य क्षेत्र समान रूप से प्रकाशित दिखाई देगा (चित्र 2 a,b)। इसका अर्थ है कि स्लेब DD के दोनों ओर रोशनी की तीव्रता समान है।

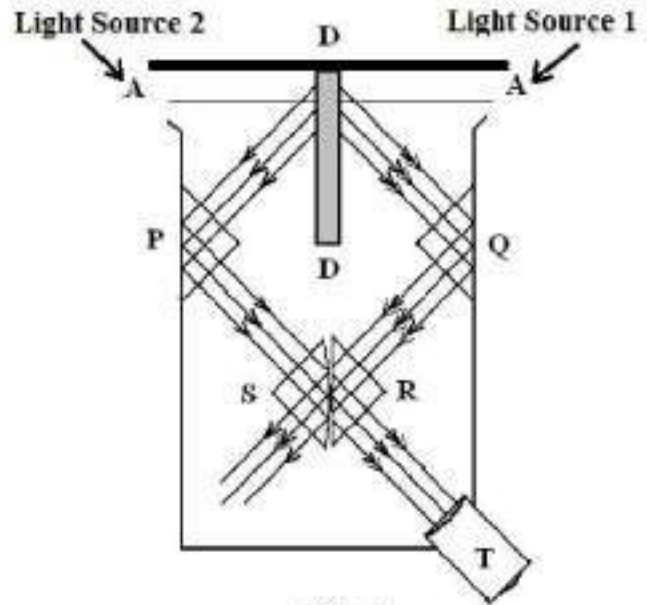


Fig. 1

यदि तब स्रोतों की प्रदीपन क्षमता (illuminating power) P_1 और P_2 हैं और फोटोमीटर-हेड से उनकी दूरी क्रमशः r और r_1 है।

$$I = \frac{P_1}{r^2} = \frac{P_2}{r_1^2}$$

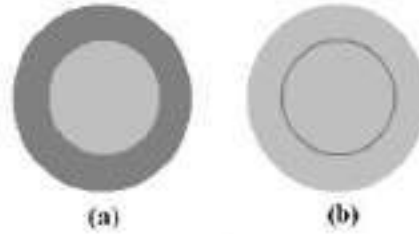


Fig. 2 (a) spots of unequal intensities (b) photometric balance

चूँकि दूरबीन द्वारा प्राप्त प्रकाश के दोनों भाग कांच की समान मोटाई को पार करते हैं, इसलिए इसके द्वारा कोई भी अवशोषण दोनों की तीव्रता को समान रूप से प्रभावित करेगा और समायोजन में बाधा नहीं डालेगा।

यदि एक स्रोत P_1 और फोटोमीटर हेड के बीच एक अर्ध पारदर्शी फिल्म (कांच की प्लेट) रखी जाती है, तो उनकी स्थिति को स्थिर रखते हुए दूसरे स्रोत को तीव्रता का संतुलन बनाए रखने के लिए r_2 दूरी पर ले जाया जाता है।

$$\frac{P_3}{r^2} = \frac{P_2}{r_2^2} = I$$

जहाँ $P_3 = t P_1$

और t = संचरण (संप्रेषण) गुणांक है।

$$\therefore \frac{t P_1}{r^2} = \frac{P_2}{r_2^2} = \frac{t P_3}{r_1^2}$$

$$t = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$t\% = 100 \times \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

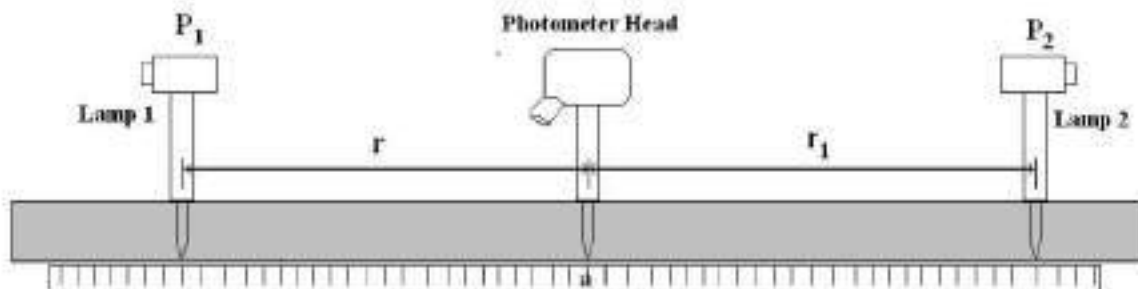


Fig. 3 Lummer-Brodhun Photometer Arrangement

प्रक्रिया:

- फोटोमीटर हेड और स्रोत P_1 को एक निश्चित दूरी r (मान लीजिए 40 सेमी) पर रखें।
- फोटोमीटर आई पीस से देखने पर, असमान तीव्रता के दो स्पॉट दिखाई देते हैं (चित्र 2a)
- स्पॉट की तीव्रता को बराबर करने के लिए स्रोत P_2 को समायोजित करें, इसे फोटोमेट्रिक बैलेंस कहा जाता है (चित्र 2b)। r_1 की गणना करने के लिए इसकी स्थिति b_1 सेमी के रूप में नोट करें।

- d) फिर फोटोमीटर और P_1 की स्क्रीन के बीच दी गई कांच की प्लेट डालें। फिर P_2 को घुमाकर फोटोमेट्रिक बैलेंस के लिए दूरी r_2 को फिर से नोट करें।
- e) प्रयोग r को बदलकर और फोटोमीटर को 180° घुमाकर प्रयोग को दोहराएं।
- f) r_1 और r_2 डेटा से t की गणना करें।

अवलोकन:

तालिका:

S.No	Position of fixed Source P_1 cm	Position of Photometer a cm	Position of Second Source P_2		$r_1 = b_1 \sim a$	$r_2 = b_2 \sim a$	% संचरण (संप्रेषण) $t\%$
			Without Plate b_1 cm	With Plate b_2 cm			
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

गणना:

$$t\% = 100 \times \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

औसत % संचरण (संप्रेषण) =

परिणाम:

दी गई फिल्म (कांच की प्लेट) के लिए संचरण का प्रतिशत _____ % पाया गया है।

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- दो स्रोतों को ले जाने वाले अपराइट की ऊंचाई को उचित रूप से समायोजित किया जाना चाहिए ताकि प्रकाश सामान्य रूप से गिरे और फोटोमीटर के कांच की प्लेट पर तिरछा न पड़े। ऐसा इसलिए किया जाता है ताकि स्रोत के प्रकाश की पूरी तीव्रता फोटोमीटर हेड में प्रवेश करे।
- ऊपर बताए गए समान कारण से फोटोमीटर हेड को इस तरह से सेट किया जाता है कि कांच की प्लेट दो स्रोतों को जोड़ने वाली रेखा के सामान्य रूप से स्थित हो।
- फोटोमीटर से प्रकाश के स्रोत की एक निश्चित दूरी के लिए दूसरे स्रोत की दूरी के लिए कई अवलोकन किए जाने चाहिए। ऐसा एक रीडिंग लेने में किसी भी छोटी सी त्रुटि को खत्म करने के लिए किया जाता है।
- प्रकाश के स्रोत के संदर्भ में फोटोमीटर हेड को 180 डिग्री तक घुमाएँ ताकि प्रकाश के संपर्क में आने वाली सतहों को आपस में बदला जा सके। यह कांच की प्लेट की दो सतहों की परावर्तक शक्तियों की असमानता के कारण होने वाली किसी भी त्रुटि को खत्म करता है।
- कांच की प्लेट की मोटाई गणना में थोड़ी त्रुटि का कारण बनती है, हालांकि वास्तविक व्यवहार में स्लेब की मोटाई को ध्यान में नहीं रखा जाता है।

MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS
B.Tech. I / II Sem

EXPERIMENT: MULTIPLE SLIT DIFFRACTION

OBJECT: To determine the Grating element of given Multiple slits grating using He-Ne laser.

APPARATUS USED: Optical bench with suitable accessories, 3-slit unit, He-Ne laser source

THEORY: Laser is a device that emits light through a specific mechanism for which the term laser is an acronym: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

A helium-neon laser, generally called He-Ne laser, is a type of small gas laser. These lasers have many industrial and scientific uses, and are often used in laboratory demonstrations of optics. The gain medium of the laser, as suggested by its name, is a mixture of helium and neon gases, in a 5:1 to 20:1 ratio, contained at low pressure.

This experiment is based on the diffraction of light. The very heart of the explanation of all diffraction phenomena is interference. When two waves combine, their displacements are added, causing either a lesser or greater total displacement depending on the phase difference between the two waves. The bright bands observed on the screen happen when the light has interfered constructively—where a crest of a wave meets a crest from another wave. The dark regions show destructive interference—a crest meets a trough.

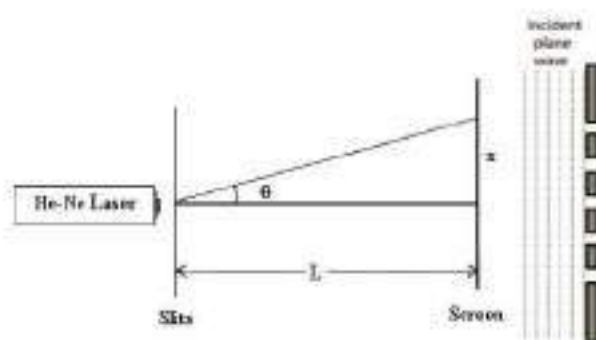


Fig 1. Laser Diffraction Experiment

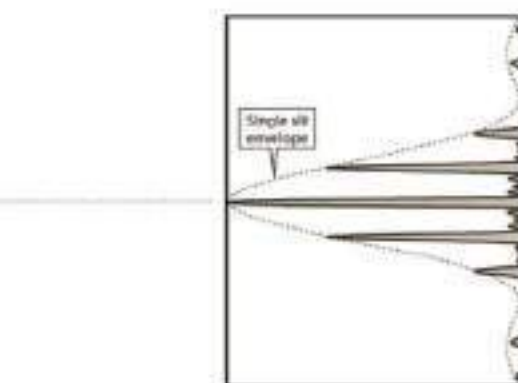


Fig: 2 Diffraction patterns from slits

Constructive interference to give bright band occurs when

$$\frac{n\lambda}{d} = \frac{x}{L} \Leftrightarrow n\lambda = \frac{xd}{L},$$

Where λ is the wavelength of the light, d is the separation of the slits, n is the order of maxima observed (for maxima, $n=0$), x is the fringe distance, and L is the distance from the slits to the screen.

If λ and L are known and x is observed, then λ can be easily calculated.

PROCEDURE:

1. Make sure that the incident LASER beam and the screen are both along one, single horizontal line.
2. Set the screen behind the slit so close as to get the sharpest diffracted image. We get four bright Red vertical lines in the image for a given set of slits.
3. Fix the screen at a point to 30cm. away from the slit (L cm).

4. Set the cross wire on the image of first slit by using the screw gauge (connected at the bottom of screen holder) which controls their movement, Note this reading of screw gauge.
5. Measure the screw gauge reading similarly for all rest of the lines in the image.
6. Measure the separation between all the two consecutive lines and find out an average separation termed as "x" cm.
7. Using this value of average separation "x" and that of wavelength " λ " given for He-Ne LASER, calculate the grating element "d" cm.
8. Increase the distance of screen from the slit by 10cm, and repeat the procedure step-4 to 7.
9. Average out the two "d" values,

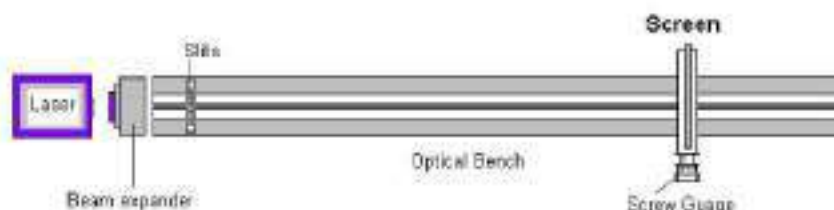


Fig. 3 Experimental setup for grating element

OBSERVATIONS:

Wavelength of He-Ne laser = $6328 \text{ \AA}$ = mm

Least count of screw gauge circular scale = mm

TABLE: For measuring Fringe width x.

Distance of screen from slits L (mm)	Fringes	Position of fringes on screen			Fringe width x (mm)	Mean value of x (mm)
		Main scale (mm)	circular scale (mm)	Total (mm)		
300 mm	1.			A=.....	A-B=..... B-C=..... C-D=..... D-E=.....	
	2.			B=.....		
	3.			C=.....		
	4.			D=.....		
	5.			E=.....		
400 mm	1.			A=.....	A-B=..... B-C=..... C-D=..... D-E=.....	
	2.			B=.....		
	3.			C=.....		
	4.			D=.....		
	5.			E=.....		

CALCULATIONS:

Grating element d,

$$d = \frac{n\lambda L}{x} \quad [n=1]$$

=mm

RESULT: The Grating element of given slits is cm.

PRECAUTIONS AND SOURCE OF ERROR:

- NEVER LOOK INTO A LASER BEAM
- Incident LASER beam, Beam expander, slits and the screen are should be along one, single horizontal line.
- Operate the knob of screw gauge carefully.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल

भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: मल्टीपल स्लिट विवर्तन

उद्देश्य: He-Ne लेजर का उपयोग करके दिए गए मल्टीपल स्लिट ग्रेटिंग के ग्रेटिंग तत्व/ झिर्रों के बीच की दूरी का निर्धारण करना।

उपकरण: उपयुक्त सहायक उपकरण, ऑप्टिकल बेंच, 3-स्लिट ग्रेटिंग यूनिट, He-Ne लेजर स्रोत।

सिद्धांत: लेजर एक उपकरण है जो एक विशेष तंत्र के माध्यम से प्रकाश का उत्सर्जन करता है, जिसके लिए शब्द लेजर एक एकारणिक है: रोशनी के उत्सर्जन के द्वारा प्रकाश। एक हीलियम-नीऑन लेजर, सामान्य रूप से He-Ne लेजर के रूप में जाना जाता है, एक प्रकार का छोटा गैस लेजर है। ये लेजर बहुत सारे औद्योगिक और वैज्ञानिक उपयोग हैं, और अक्सर ऑप्टिक्स के प्रयोगशाला प्रदर्शनों में उपयोग किए जाते हैं। लेजर का उत्पत्ति माध्यम, जैसा कि इसके नाम से सुझाया गया है, हीलियम और नीऑन गैसों का मिश्रण है, जिसे निम्न दबाव पर रखा गया है।

यह प्रयोग प्रकाश के विवर्तन (diffraction) पर आधारित है। सभी विवर्तन प्रदर्शनों की स्पष्ट व्याख्या का आधार व्यतिकरण (Interference) है। जब दो तरंगें मिलती हैं, तो उनके स्थानांतरण जोड़े जाते हैं, जिससे दो तरंगों के बीच चरण अंतर (phase difference) के आधार पर कम या अधिक कुल स्थानांतरण होता है। स्क्रीन पर दीप्त क्षेत्र उस समय होते हैं जब संतोषी व्यतिकरण होता है जहां एक तरंग का श्रृंग दूसरी तरंग श्रृंग से मिलता है। अदीप्त क्षेत्र उस समय होते हैं जब विनाशी व्यतिकरण दिखाते हैं जहां एक श्रृंग एक गर्त से मिलता है। प्रकाश का संतोषी व्यतिकरण तब होता है जब,

$$\frac{n\lambda}{d} = \frac{x}{L} \Leftrightarrow n\lambda = \frac{xd}{L},$$

दिए गए समीकरण में: λ प्रकाश की तरंग लम्बाई है, d झिर्रों के बीच की दूरी है, n देखे गए उचिष्ट के क्रम है (उचिष्ट के लिए, $n=0$), x फ्रिज दूरी है, और L झिर्रों से परदे तक की दूरी है।

यदि λ और L ज्ञात हों और x निर्धारित हो, तो d की गणना की जा सकती है।

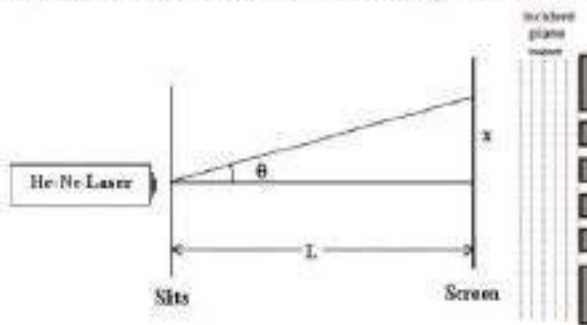


Fig 1. Laser Diffraction Experiment

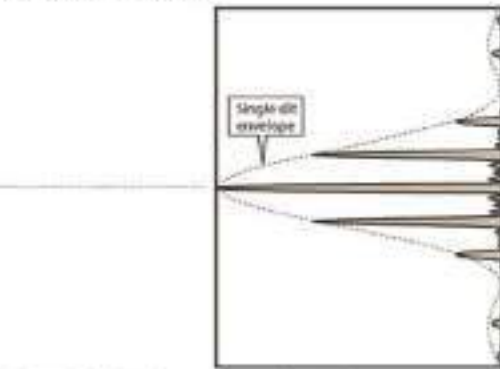


Fig: 2 Diffraction patterns from slits

प्रक्रिया:

1. सुनिश्चित करें कि आपतित लेजर बीम और स्क्रीन (परदे) दोनों एकल-क्षेत्र रेखा पर हैं।
2. स्लिट के पीछे स्क्रीन इतना करीब सेट करें कि सबसे तीव्र विवर्तन छवि प्राप्त हो। हमें दिए गए स्लिट के लिए चार दीप्त लाल ऊर्ध्वाधारी रेखाएँ (लाइन) छवि में प्राप्त होती हैं।
3. स्क्रीन स्लिट से 30 सेमी. दूर (L सेमी) एक बिंदु पर बंद करें।

4. स्क्रीन होल्डर के नीचे कनेक्ट किए गए स्कू गेज, जो उनके मूवमेंट को नियंत्रित करता है, का उपयोग करके पहले स्लिट की ऊर्ध्वाधारी रेखा (लाइन) पर क्रॉस तार को सेट करें। इस स्कू गेज का पाठ्यांक नोट करें।

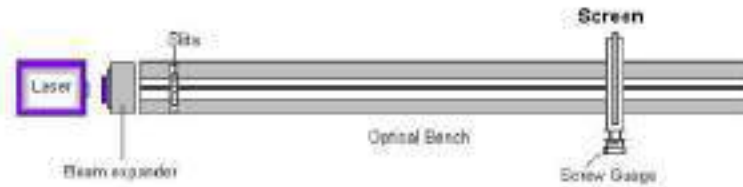


Fig. 3 Experimental setup for grating element

- छवि में शेष सभी लाइनों के लिए स्कू गेज का पाठ्यांक इसी तरह मापें।
- सभी दो लगातार रेखाओं के बीच की दूरी को मापें और औसत दूरी ज्ञात करें जिसे x सेमी कहा है।
- औसत अंतर x सेमी और He-Ne LASER के लिए दी गई तरंगदैर्घ्य λ सेमी का उपयोग करके ग्रेटिंग तत्व " d " सेमी की गणना करें।
- स्लिट से स्क्रीन की दूरी को 10 सेमी बढ़ाएं, और प्रक्रिया को पुनः कदम-4 से -7 तक दोहराएं।
- दो " d " मूल्यों का औसत निकालें।

अवलोकन:

- He-Ne लेजर की तरंग दैर्घ्य = $6328 \text{ \AA}$ = मिमी
- स्कू गेज वृत्ताकार स्केल की न्यूनतम मान = मिमी

तालिका (Table): फ्रिज की चौड़ाई x मापने के लिए

स्क्रीन से स्लिट की दूरी L (मिमी)	रेखा (लाइन)	स्क्रीन पर फ्रिजों का पाठ्यांक			फ्रिज चौड़ाई x (मिमी)	x का माध्य मान (मिमी)
		मुख्य स्केल (मिमी)	वृत्ताकार स्केल (मिमी)	कुल (मिमी)		
300 मिमी	1.			A=.....	A-B=.....	
	2.			B=.....	B-C=.....	
	3.			C=.....	C-D=.....	
	4.			D=.....	D-E=.....	
	5.			E=.....		
400 मिमी	1.			A=.....	A-B=.....	
	2.			B=.....	B-C=.....	
	3.			C=.....	C-D=.....	
	4.			D=.....	D-E=.....	
	5.			E=.....		

गणना: झिरी के बीच की दूरी (Grating element) d ;

$$d = n\lambda L/x \quad [n=1]$$

$$= \dots\dots\dots \text{mm}$$

परिणाम: दी गई स्लिटों का ग्रेटिंग अवयव सेमी है।

दिए गए ग्रेटिंग स्लिट्स का ग्रेटिंग तत्व/ झिरी सेमी है।

सावधानियाँ और त्रुटि का स्रोत:

- कभी भी लेजर किरण को सीधे न देखें।
- आपतित लेजर बीम, बीम एक्सपेंडर, स्लिट्स और स्क्रीन एक एकल क्षैतिज रेखा में होने चाहिए।
- स्कू गेज की घुड़ी को सावधानी से चलाएँ।

MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS

B.Tech. I Sem/II sem

EXPERIMENT: MICHELSON INTERFEROMETERS

OBJECT:

To determine the wavelength of He-Ne laser with the help of Michelson interferometer

APPARATUS USED:

Michelson interferometer, laser source, screen etc.

THEORY:

The Michelson interferometer operates on the principle of division of amplitude rather than on division of wave front.

The important parts of a Michelson interferometer include a sturdy base, a diffusing glass, a beam splitter, a movable mirror with a micrometer screw for measuring distance of movement, a fixed mirror, and compensating glass. These parts are shown in a typical physical arrangement in Figure 1.

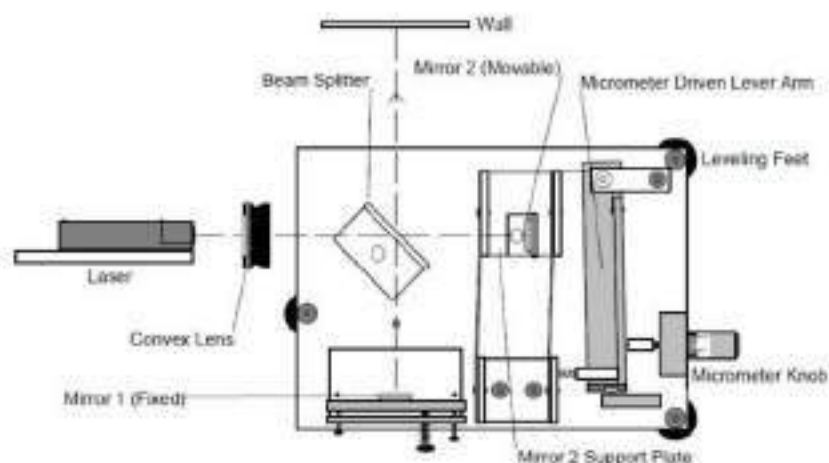


Fig.1 A typical Michelson interferometer

The light source shown to the left can be a white light or spectral light source. It is not generally considered a part of the Michelson interferometer.

An accurately machined micrometer screw is attached to the movable mirror, permitting the mirror to be moved toward or away from the beam splitter by a precisely determined amount. The micrometer generally has about one inch of movement and usually can measure mirror motion to within 0.002 mm. The two mirrors, beam splitters, and compensating glass all are made of carefully annealed glass (e.g., borosilicate-crown).

The optical arrangement for the Michelson interferometer is shown schematically in Figure 2. Light from a *broad* spectrum source *S*, such as an incandescent bulb, passes through a diffusing glass *DG* (e.g., a ground glass plate), and strikes the beam splitter *P*. The beam splitter is half-silvered glass plates (silvered on the back side) which reflects half of the light toward mirror *M*₁ and transmits half of the light (but the entire cross section) toward mirror *M*₂.

If the two mirrors are precisely aligned such that planes are exactly perpendicular to one another, thus ensuring that differences over different regions of the mirrors are constant, the fringe pattern will be seen by the observer at consist of a series of concentric rings Figure 3.

The fringes shown are called fringes of equal inclination. When the mirror *M*₁ is moved so as approach the condition for zero path difference, the fringe pattern will appear collapse with all fringes moving toward the center, then disappearing.

Collapse of one fringe at the center will be equivalent to a displacement of mirror *M*₁ by an amount of λ . Thus if *N* is the number of fringes collapsing at the center when *M*₁ is moved by a distance of *d*₀ then

$$2d_0 = N\lambda$$

Using this relation λ can be obtained.

FORMULA USED:

Wavelength λ ,

$$\lambda = 2 d_0 / N$$

where *d*₀ is distance measured with micrometer screw and *N* is number of fringes collapsing

PROCEDURE:

- Set up the Michelson interferometer
- Mount the laser on the optical table with the beam parallel to the table surface
- The moveable mirror will be the one in the direct path of the laser beam.
- Align the mirrors using the laser beam.

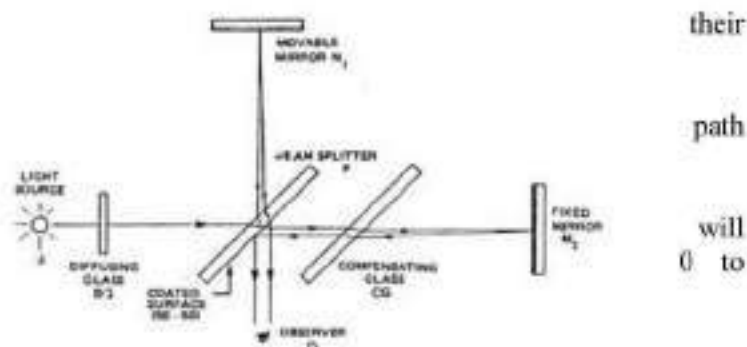


Fig.2 Optical arrangement and light path in Michelson Interferometer

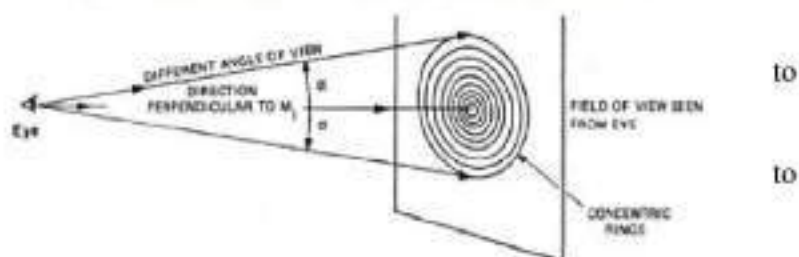


Fig. 3 Circular fringes (equal inclination) seen in Michelson interferometer

- Adjust the distance of M_1 and M_2 from P to be nearly equal.
- Adjust the center of circular fringes in the field of view.
- Note down the least count of micrometer screw provided with the mirror M_1 .
- Record the initial reading of the screw. Now, move it solely and count the number of fringes collapsing at the center in steps of 25 and each time note down the micrometer reading in the tabular form.
- Measure the wavelength of the He-Ne laser using eq.3 .

OBSERVATIONS:

Least count of interferometer Main scale = cm

Least count of circular scale V_1 = cm

Least count of vernier scale V_2 = cm

TABLE:

No. of fringes collapsed	Main scale (cm)	Circular scale V_1 (cm)	Vernier scale V_2 (cm)	Total (cm)	Separation d_0 for $N=50$ (cm)
0					
25					
50					
75					
100					
.					

Mean value of d_0 = (cm)

CALCULATIONS:

Wavelength λ ,

$$\lambda = 2 d_0 / N$$

$$= \text{.....cm}$$

$$= \text{.....}\text{\AA}$$

RESULT:

The wavelength of given He-Ne laser is $\text{\AA}$

PRECAUTIONS AND SOURCE OF ERROR:

- The two mirrors should be highly silvered on their front surfaces.
- The glass plate should be of same thickness.
- Adjustment should be made by moving M_1 only

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल
भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर
प्रयोग: माइकलसन इंटरफेरोमीटर

उद्देश्य: माइकलसन इंटरफेरोमीटर की सहायता से He-Ne लेजर की तरंगदैर्घ्य निर्धारित करना

उपकरण: माइकलसन इंटरफेरोमीटर, लेजर स्रोत, स्क्रीन आदि।

सिद्धांत:

माइकलसन इंटरफेरोमीटर तरंग अग्रभाग के विभाजन के बजाय आपात के विभाजन के सिद्धांत पर काम करता है।

माइकलसन इंटरफेरोमीटर के महत्वपूर्ण भागों में एक मजबूत आधार, एक विसरित ग्लास, एक बीम स्प्लिटर, शिफ्ट की दूरी मापने के लिए एक माइक्रोमीटर स्कू के साथ एक चल दर्पण, एक स्थिर दर्पण और क्षतिपूर्ति ग्लास शामिल हैं। इन भागों को चित्र 1 में एक विशिष्ट भौतिक व्यवस्था में दिखाया गया है।

बाईं ओर दिखाया गया प्रकाश स्रोत एक सफेद प्रकाश या वर्णक्रमीय प्रकाश स्रोत हो सकता है। इसे आमतौर पर माइकलसन इंटरफेरोमीटर का हिस्सा नहीं माना जाता है।

चल दर्पण पर एक सटीक रूप से मशीनीकृत माइक्रोमीटर स्कू लगाया जाता है, जिससे दर्पण को एक निश्चित निर्धारित मात्रा में बीम स्प्लिटर की ओर उससे दूर ले जाया जा सकता है।

माइक्रोमीटर में आमतौर पर लगभग एक इंच की संचलन होती है और आमतौर पर यह दर्पण की संचलन को 0.002 मिमी के भीतर माप सकता है। दो दर्पण, बीम स्प्लिटर और क्षतिपूर्ति ग्लास, सभी सावधानीपूर्वक एनील्ड ग्लास (जैसे, बोरोसिलिकेट-क्राउन) से बने होते हैं।

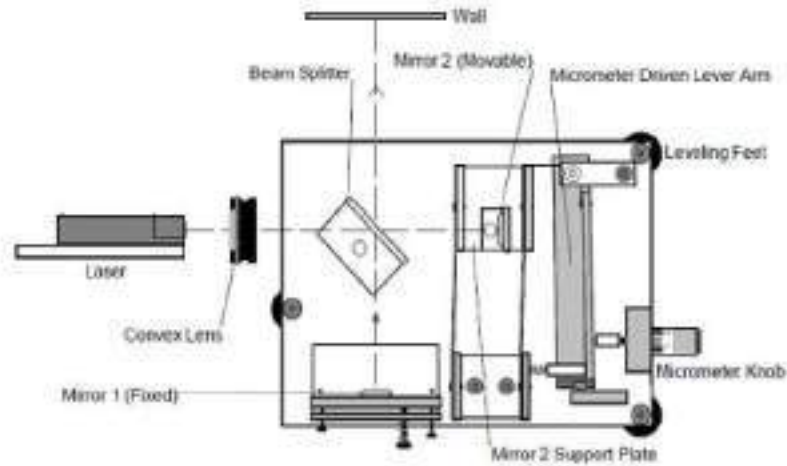


Fig.1 A typical Michelson Interferometer

माइकलसन

इंटरफेरोमीटर के लिए ऑप्टिकल व्यवस्था को 2 में योजनाबद्ध रूप से दिखाया गया है। एक व्यापक स्पेक्ट्रम स्रोत जैसे कि एक तापदीप्त बल्ब से प्रकाश, एक विसरित ग्लास DG (उदाहरण के लिए, एक ग्राउंड ग्लास प्लेट) से होकर गुजरता है, और स्लिट P से टकराता बीम स्प्लिटर आधा

चांदी का ग्लास प्लेट (पीछे की तरफ चांदी का) होता है जो प्रकाश का आधा हिस्सा दर्पण M1 की ओर परावर्तित करता है और प्रकाश का आधा हिस्सा (लेकिन संपूर्ण क्रॉस सेक्शन) दर्पण M2 की ओर संचारित करता है।

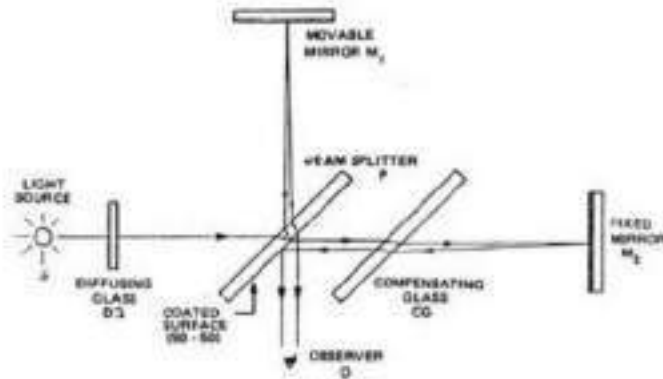


Fig.2 Optical arrangement and light path in Michelson interferometer

चित्र

एस,

बीम है।

यदि दो दर्पणों को इस तरह से ठीक से संरेखित किया जाता है कि उनके समतल एक दूसरे के बिल्कुल लंबवत होते हैं, इस प्रकार यह सुनिश्चित करते हुए कि दर्पणों के विभिन्न क्षेत्रों में पथ अंतर स्थिर हैं, फ्रिंज पैटर्न पर्यवेक्षक द्वारा O पर संकेंद्रित वलयों की एक श्रृंखला में देखा जाएगा चित्र 3। दिखाए गए फ्रिंजों को समान झुकाव के फ्रिंज कहा जाता है। जब दर्पण M1 को शून्य पथ अंतर की स्थिति के करीब ले जाया जाता है, तो फ्रिंज पैटर्न सभी फ्रिंजों के केंद्र की ओर बढ़ने और फिर गायब होने के साथ गिरता हुआ दिखाई देगा। केंद्र पर एक फ्रिंज का गिरना दर्पण M1 के λ की मात्रा से विस्थापन के बराबर होगा। इस प्रकार यदि N केंद्र पर गिरने वाले फ्रिंजों की संख्या है जब M1 को d_0 की दूरी से खिसकाया जाता है तो, $2d_0 = N\lambda$ संबंध का उपयोग करके λ प्राप्त किया जा सकता है।

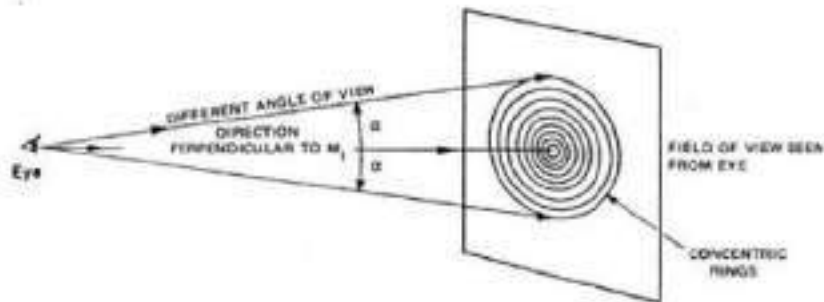


Fig. 3 Circular fringes (equal inclination) seen in Michelson interferometer

सूत्र:

तरंगदैर्घ्य λ ,

$$\lambda = 2 d_0 / N$$

जहाँ d_0 माइक्रोमीटर स्क्रू से मापी गई दूरी है और N गिरने वाले फ्रिंजों की संख्या है

प्रक्रिया:

- माइकलसन इंटरफेरोमीटर सेट करें
- लेजर को ऑप्टिकल टेबल पर इस तरह से माउंट करें कि बीम टेबल की सतह के समानांतर हो
- चलने वाला दर्पण लेजर बीम के सीधे रास्ते में होगा।
- लेजर बीम का उपयोग करके दर्पणों को संरेखित करें।
- P से M1 और M2 की दूरी को लगभग बराबर करने के लिए समायोजित करें।
- दृश्य क्षेत्र में वृत्ताकार फ्रिंजों के केंद्र को समायोजित करें।
- दर्पण M1 के साथ दिए गए माइक्रोमीटर स्कू की कम से कम गिनती को नोट करें।
- स्कू की शुरुआती रीडिंग रिकॉर्ड करें। अब, इसे अकेले घुमाएँ और केंद्र पर 25 के चरणों में ढहने वाली फ्रिंजों की संख्या गिनें और हर बार सारणीबद्ध रूप में माइक्रोमीटर रीडिंग को नोट करें।
- समीकरण 3 का उपयोग करके He-Ne लेजर की तरंग दैर्घ्य λ को मापें।

अवलोकन:

- इंटरफेरोमीटर मुख्य स्केल का लघुत्तमांक = सेमी
- वृत्ताकार स्केल V1 का लघुत्तमांक = सेमी
- वर्नियर स्केल V2 का लघुत्तमांक = सेमी

तालिका:

No. of fringes collapsed	Main scale (cm)	Circular scale V_1 (cm)	Vernier scale V_2 (cm)	Total (cm)	Separation d_o for $N=50$ (cm)
0					
25					
50					
75					
100					
-					

मध्यमान (औसत) d_o = (cm)

गणना:

$$\begin{aligned} \text{तरंगदैर्घ्य } \lambda, \\ \lambda = 2 d_o / N \\ = \dots\dots\dots \text{सेमी} \\ = \dots\dots\dots \text{Å} \end{aligned}$$

परिणाम:

दिए गए He-Ne लेजर की तरंगदैर्घ्य Å है।

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- दोनों दर्पणों की सामने की सतह पर चांदी की परत चढ़ी होनी चाहिए।
- कांच की प्लेट एक समान मोटाई की होनी चाहिए।
- समायोजन केवल M1 को हिलाकर किया जाना चाहिए।

MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS
B.Tech. I Sem/II sem

EXPERIMENT: HALL EFFECT

OBJECT: To determine the Hall voltage and Hall Coefficient of Germanium crystal.

INSTRUMENTS: Hall Probe (Ge Crystal); Hall Effect Set-up , Electromagnet, Constant Current Power Supply, Digital Gaussmeter.

THEORY:

A static magnetic field has no effect on charges unless they are in motion. When the charges flow, a magnetic field directed perpendicular to the direction of flow produces a mutually perpendicular force on the charges. When this happens, electrons and holes will be separated by opposite forces. This means that the current of carriers will be deflected from a straight line in y -direction. In other words, there is a component of the velocity in y -direction and so the surfaces perpendicular to the y -direction will become charged as soon as the current (or the magnetic field) is switched on. The flow-lines of the carriers will look like fig 1.

They will in turn produce an electric field (E_h) which depends on the cross product of the magnetic intensity, H and the current density, J

$$E_h = RJ \times H \quad (1)$$

Where R is called the Hall Coefficient

Now, let us consider a bar of semiconductor, having dimension, x , y and z . Let J is directed along X and H along Z then E_h will be along Y . Then we could write

$$R = \frac{V_h/y}{JH} \quad \text{Or} \quad R = \frac{V_h}{I_x} \times \frac{z}{H} \quad (2)$$

Where V_h is the Hall voltage appearing between the two surfaces perpendicular to y and $I = J_{yz}$. The Hall Effect phenomenon is different for different charge carriers. In most common electrical applications, the conventional current is used partly because it makes no difference whether you consider positive or negative charge to be moving. But the Hall voltage has a different polarity for positive and negative charge carriers, and it has been used to study the details of conduction in semiconductors and other materials which show a combination of negative and positive charge carriers. n -type semiconductors are doped with trace quantities of a group V element (e.g. phosphorus, arsenic or antimony) as a pentavalent donor. p -type semiconductors are doped with trace quantities of a group III element (e.g. boron, aluminium or indium) as a trivalent acceptor. n -type semiconductors conduct by mobile negative charges (electrons), p -type semiconductors by mobile positive charges (holes). These electrons and holes are known as majority carriers. For semiconductors the Hall effect provides a means of determining the sign of the majority charge carriers and their number density.

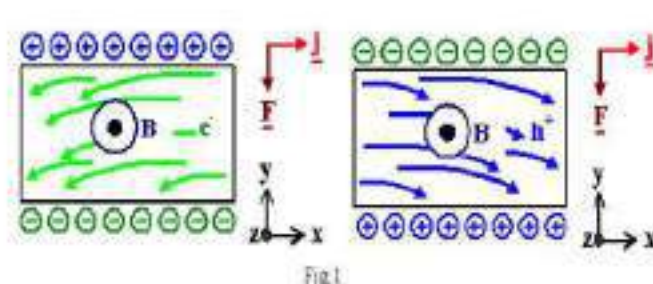


Fig 1

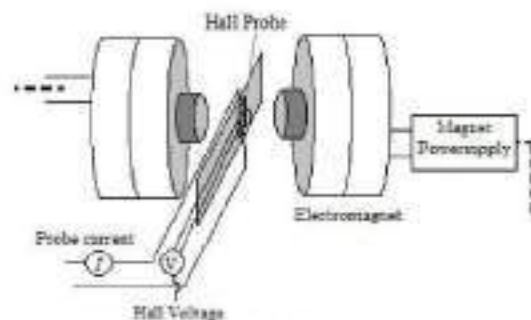


Fig 2

PROCEDURE:

- Connect Hall probe to set-up (red wires to **Voltage** and green wires to **Current**)
- Switch ON the setup and adjust current (say mA).
- Switch over the display to voltage side. See the Zero field potential. Place probe in the magnetic field as shown in fig. 2 and switch on electromagnet power supply. Measure magnetic field by Gaussmeter sensor. Adjust the current (I_{EM}) of power supply of electromagnet around 0.3 Amp to get magnetic field $H_1=1000$ Gauss. Keep it constant
- Rotate the probe till it becomes perpendicular to magnetic field.
- Gradually increase current (I_x) of probe and measure the Hall voltage (V_h) corresponding to that current. Take 6 readings.
- Repeat experiment step 'e' by increasing the electromagnet current (I_{EM}) (maximum 4.0Amp) for constant magnetic field $H_2=1200$ Gauss and $H_3=1400$ Gauss (SET-1 & SET-2).

OBSERVATIONS:

Thickness of probe (z) = 5×10^{-2} cm

OBSERVATION TABLE:

SET-1 Electromagnet power supply $H_1=1000$ Gauss ($I_{EM} = \dots$ Amp)			SET-2 Electromagnet power supply $H_2=1300$ Gauss ($I_{EM} = \dots$ Amp)			SET-3 Electromagnet power supply $H_3=1600$ Gauss ($I_{EM} = \dots$ Amp)		
S.No.	I_x (mA)	V_h (mV)	S.No.	I_x (mA)	V_h (mV)	S.No.	I_x (mA)	V_h (mV)
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		

CALCULATIONS:

Plot V_h versus I_x graph and compute slope ($\Delta V_h / \Delta I_x$) for all the three sets. Calculate R for each set,

$$R_1 = \text{slope} \times \frac{z}{H_1}$$

$$= \dots \dots \dots \text{Volt.cm.amp}^{-1} \cdot G^{-1}$$

$$\text{Average } R = R_1 + R_2 + R_3 = \dots \dots \dots$$

$$\text{Volt.cm.amp}^{-1} \cdot G^{-1}$$

RESULT:

Hall Coefficient of Germanium crystal (R)

$$= \dots \dots \dots \text{Volt.cm.amp}^{-1} \cdot G^{-1}$$

PRECAUTIONS AND SOURCE OF

ERROR:

- The magnet power supply can furnish large currents at dangerous voltage levels; do not touch exposed magnet coil contacts.
- Do not exceed magnet current of 4 A.
- Do not exceed Hall probe current of 0.4 A

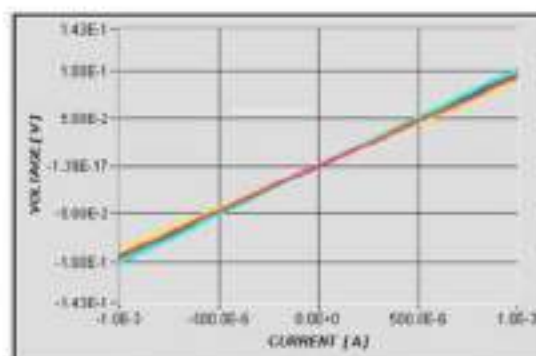


Fig 3: Expected I-V curve

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल

भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: हॉल इफेक्ट

उद्देश्य: जर्मेनियम क्रिस्टल के हॉल वोल्टेज और हॉल गुणांक का निर्धारण करना।

उपकरण: हॉल प्रोब (Ge क्रिस्टल), हॉल इफेक्ट सेट-अप, इलेक्ट्रोमैग्नेट, स्थिर करंट पॉवर सप्लाई, डिजिटल गॉसमीटर आदि।

सिद्धांत: स्थिर चुंबकीय क्षेत्र का आवेशों पर तब तक कोई प्रभाव नहीं पड़ता जब तक कि वे गति में न हों। जब आवेश प्रवाहित होते हैं, तो प्रवाह की दिशा के लंबवत निर्देशित चुंबकीय क्षेत्र आवेशों पर परस्पर लंबवत बल उत्पन्न करता है। जब ऐसा होता है, तो इलेक्ट्रॉन और छिद्र विपरीत बलों द्वारा अलग हो जाएंगे। इसका मतलब है कि वाहकों की धारा y -दिशा में एक सीधी रेखा से विक्षेपित हो जाएगी। दूसरे शब्दों में, y -दिशा में वेग का एक घटक होता है और इसलिए y -दिशा के लंबवत सतहें धारा (या चुंबकीय क्षेत्र) चालू होते ही आवेशित हो जाएंगी। वाहकों की प्रवाह-रेखाएँ चित्र .1 की तरह दिखेंगी, वे बदले में एक विद्युत क्षेत्र (E_h) उत्पन्न करेंगे जो चुंबकीय तीव्रता, H और धारा घनत्व, J के क्रॉस उत्पाद पर निर्भर करता है

$$E_h = R J \times H \quad (1)$$

जहाँ R को हॉल गुणांक कहा जाता है

अब, एक अर्धचालक की बार (पट्टी) पर विचार करें, जिसका आयाम x , y और z है। मान लीजिए कि J को x के साथ और H को z के साथ निर्देशित किया जाता है, तो E_h , y के साथ होगा। तब हम लिख सकते हैं

$$R = \frac{V_h/y}{JH} \quad \text{or} \quad R = \frac{V_h}{I_s} \times \frac{z}{H} \quad (2)$$

जहाँ V_h हॉल वोल्टेज है जो y के लंबवत दो सतहों के बीच उत्पन्न होता है और $I_s = J_y z$ हॉल इफेक्ट की घटना अलग-अलग आवेश वाहकों के लिए अलग-अलग होती है। अधिकांश सामान्य विद्युत अनुप्रयोगों में, पारंपरिक धारा का उपयोग आंशिक रूप से इसलिए किया जाता है क्योंकि इससे कोई फर्क नहीं पड़ता कि आप धनात्मक या ऋणात्मक आवेश को गतिमान मानते हैं। लेकिन हॉल वोल्टेज में धनात्मक और ऋणात्मक आवेश वाहकों के लिए एक अलग ध्रुवता होती है, और इसका उपयोग अर्धचालकों और अन्य सामग्रियों में चालन के विवरण का अध्ययन करने के लिए होता है जो ऋणात्मक और धनात्मक आवेश वाहकों के संयोजन को दर्शाते हैं। n -प्रकार के अर्धचालकों को पेंटावैलेंट दाता के रूप में समूह V तत्व (जैसे फॉस्फोरस, आर्सेनिक या एंटीमनी) की ट्रेस मात्रा के साथ डोप किया जाता है। p -प्रकार के अर्धचालकों को त्रिसंयोजक स्वीकर्ता के रूप में समूह III तत्व (जैसे बोरॉन, एल्युमिनियम या इंडियम) की ट्रेस मात्रा के साथ डोप किया जाता है। n -टाइप अर्धचालक गतिशील ऋणात्मक आवेशों (इलेक्ट्रॉनों) द्वारा चालन करते हैं, p -टाइप अर्धचालक गतिशील धनात्मक आवेशों (छिद्रों) द्वारा चालन करते हैं। इन इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों को बहुसंख्यक वाहक के रूप में जाना जाता है। अर्धचालकों के लिए हॉल इफेक्ट बहुसंख्यक आवेश वाहकों के चिह्न और उनकी संख्या घनत्व को निर्धारित करने का एक साधन प्रदान करता है।

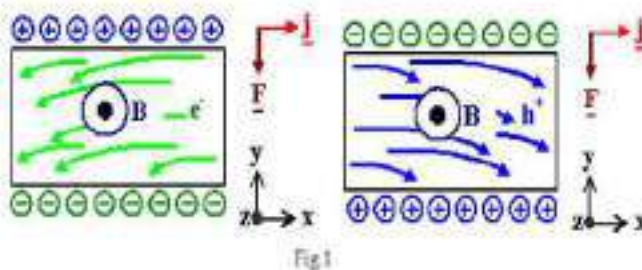


Fig 1

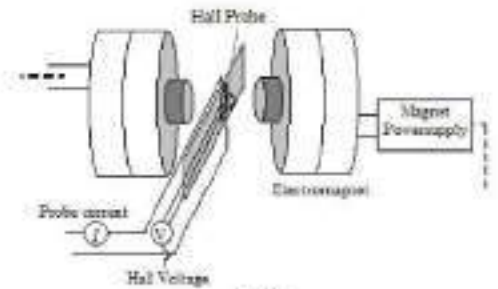


Fig 2

प्रक्रिया:

- हॉल प्रोब को सेट-अप से जोड़ें (लाल तार को वोल्टेज से और हरे तार को करंट से)
- सेटअप चालू करें और करंट समायोजित करें (मान लें 0.2mA)।
- डिस्प्ले को वोल्टेज की तरफ स्विच करें। शून्य क्षेत्र विभव देखें। हॉल प्रोब को चुंबकीय क्षेत्र में रखें जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है और इलेक्ट्रोमैग्नेट बिजली की आपूर्ति चालू करें। गॉसमीटर सेंसर द्वारा चुंबकीय क्षेत्र को मापें। चुंबकीय क्षेत्र $H_1=1000$ गॉस प्राप्त करने के लिए इलेक्ट्रोमैग्नेट की बिजली आपूर्ति के करंट (I_{EM}) को 2.0 एम्पियर के आसपास समायोजित करें। इसे स्थिर रखें
- हॉल प्रोब को दाएं बाएं घुमाएँ जिस से यह चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत हो जाए।
- हॉल प्रोब के करंट (I_x) में धीरे-धीरे वृद्धि करें और उस करंट के अनुरूप हॉल वोल्टेज (V_h) को मापें। इसी प्रकार 6 रीडिंग लें।
- स्थिर चुंबकीय क्षेत्र $H_2=1200$ गॉस और $H_3=1400$ गॉस के लिए इलेक्ट्रोमैग्नेट करंट (I_{EM}) को बढ़ाकर (अधिकतम 4.0Amp) प्रयोग चरण 'e' को दोहराएँ (SET-1 & SET-2)।

अवलोकन:

- हॉल प्रोब (क्रिस्टल) की मोटाई (z) = 5×10^{-2} सेमी

तालिका:

SET-1 Electromagnet power supply $H_1=1000$ Gauss ($I_{EM} = \dots$ Amp)			SET-2 Electromagnet power supply $H_2=1300$ Gauss ($I_{EM} = \dots$ Amp)			SET-3 Electromagnet power supply $H_3=1600$ Gauss ($I_{EM} = \dots$ Amp)		
S.No.	I_x (mA)	V_h (mV)	S.No.	I_x (mA)	V_h (mV)	S.No.	I_x (mA)	V_h (mV)
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		

गणना :

V_h v/s I_x ग्राफ प्लॉट करें और तीनों ग्राफ के लिए ढलान ($\Delta V_h / \Delta I_x$) की गणना करें।

प्रत्येक सेट के लिए R की गणना करें,

$$R_1 = \frac{\text{ढलान} \times Z}{H_1} \\ = \dots \text{वोल्ट.सेमी.एम्प}^{-1} \cdot G^{-1}$$

$$\text{औसत } R = R_1 + R_2 + R_3 = \dots \text{वोल्ट.सेमी.एम्प}^{-1} \cdot G^{-1}$$

परिणाम: दिए गए जर्मेनियम क्रिस्टल का हॉल गुणांक (R) = $\dots$ वोल्ट.सेमी.एम्प $^{-1} \cdot G^{-1}$

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- चुंबक विद्युत आपूर्ति खतरनाक वोल्टेज स्तरों पर बड़ी धाराएं प्रदान कर सकती है।
- चुंबक धारा 4 ए से अधिक नहीं होना चाहिए।
- हॉल प्रोब धारा 0.4 ए से अधिक नहीं होना चाहिए।

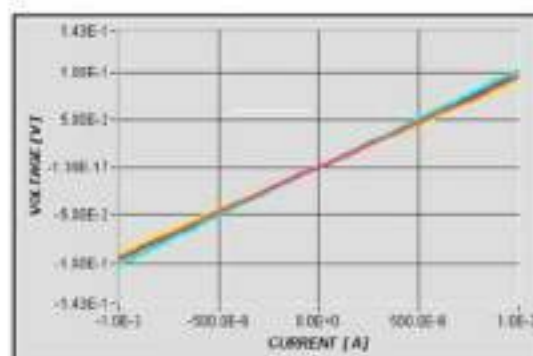


Fig 3: Expected I-V curve

EXPERIMENT: FOUR PROBE METHOD

OBJECT: To measure resistivity of a semiconductor by Four Probe method at different temperatures and determine the Band-gap.

APPARATUS USED:

Four probe setup, semiconductor crystal film, oven, and digital meter for current & voltage measurement.

THEORY :

Atoms are usually arranged in a regular way to achieve a dense packing in solids and thereby form a crystal. The arrangement has very desirable characteristics, i.e. the transports of holes and free electrons is very smooth in these structures. Silicon and germanium (and carbon) crystallize with an identical crystal structure, called diamond structure.

By Ohm's law, the electric field intensity, $\vec{E}$ at a point in a material is proportional to the current density, J that it induces at that point. The proportionality constant is called electrical resistivity ρ , of the material as,

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

For a sample with a long wire like geometry with uniform cross-sectional area, ρ can be measured by simple 2-probe, passing a known current through the sample and measuring the voltage drop across it. This simple method has however several disadvantages. Some of the difficulties can be resolved by employing a technique called four probe method.

Consider a flat semiconducting sample. In the four probe method, four pointed, collinear, equally spaced probes are placed in pressure contact with the plane surface of the sample (Fig. 1). A current is injected into the sample through the outer two probes (1 & 4). The resulting electric potential is measured via the two inner probes (2 & 3). An oven is provided with a heater to heat the sample so that behavior of the sample is studied with increase in temperature.

FORMULA:

The energy gap of the semiconductor is given by the equation

$$E_g = \frac{2K \log \rho}{\frac{1}{T}} \quad \text{eV}$$

$$E_g = \frac{(2 \times 2.303)K \log_{10} \rho}{\frac{1}{T}} \quad \text{eV}$$

Note that $\log = 2.303 \log_{10}$.

K is the Boltzmann constant ($K=8.6 \times 10^{-5}$ eV/deg.), T is the temperature, in Kelvin, ρ the resistivity of the semiconductor crystal is,

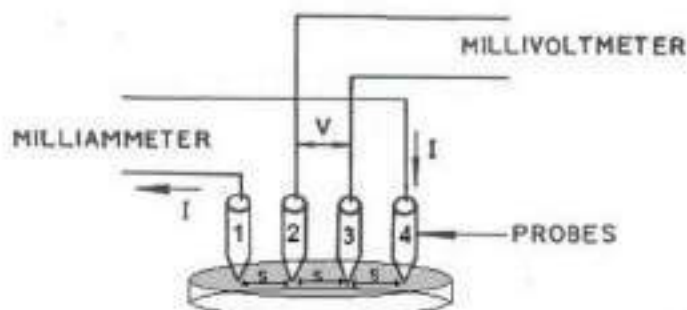


Fig 1. Four probe setup circuit

$$\rho = \frac{\rho_0}{f(W/S)}$$

$$\text{Where, } \rho_0 = \frac{V}{I} \times 2\pi S, \quad \text{in ohm-cm}$$

W is the thickness of the crystal, in mm, S is the distance between the probes, in mm, V is the voltage across the inner probes, I is the current through the crystal. $f(W/S)$ is a function and its value is taken from the data sheet of experiment setup.

If the values of $T^{-1} \times 10^{-3}$ and the corresponding values of $\log_{10}\rho$ are plotted on a graph, a curve is found (Fig. 2). The slope of the curve is calculated from the graph and putting the value of slope in equation, E_g is obtained as

$$E_g = 2 \times 2.303 \times K \times \text{Slope} \quad \text{eV} \quad \text{and}$$

$$\text{Slope} = \frac{\Delta \log_{10} \rho}{\Delta \left(\frac{1}{T} \times 10^{-3} \right)}$$

Symbols have their usual meanings.

PROCEDURE:

1. Connect the outer pair of probes (red/black) leads to the constant current power supply and the inner pair (yellow/green leads) to the probe voltage terminals.
2. Place the four probe arrangement in the oven and fix the thermometer in the oven through the hole provided.
3. Switch on the ac mains of Four Probe Set-up and put the digital panel meter in the current measuring mode through the selector switch. In this position LED facing mA will glow. Adjust the current to a suitable value (Say 5 mA).
4. Now put the digital panel meter in voltage measuring mode. In this position LED facing mV would glow and read the voltage (V) between the probes. Note the value of V and room temperature T in table.
5. Connect the oven with power supply. Rate of heating may be selected with the help of a switch Low or High as desired. Switch on the power to the Oven. The glowing LED indicates the power to the oven is 'ON'. For different temperatures, up to 150°C, note the voltage developed between the probes.

OBSERVATIONS TABLE:

- Probe spacing $S = 0.200$ cm
- Sample Width $W = 0.050$ cm
- $f(W/S)$ function = 5.89
- Current $I = \dots\dots\dots$ mA (Constant)

S.No.	Temperature (°C)	Temperature T (K)	Voltage (mV)	$\rho = \frac{(V/I) \times 2\pi S}{5.89}$ (ohm.cm)	$T^{-1} \times 10^3$	$\log_{10}\rho$
1.	Room Temp					
2.	40					
.	60					
.						
.						
.	150					

CALCULATIONS

- Plot graph for $\log_{10}\rho$ v/s $T^{-1} \times 10^{-3}$
- Find the slope from graph,

$$\text{Slope} = \frac{\Delta \log_{10} \rho}{\Delta \frac{1}{T} \times 10^{-3}}$$

- Calculate band gap,

$$E_g = 2 \times 2.303 \times K \times \text{Slope} \quad \text{eV}$$

symbols have their usual meanings.

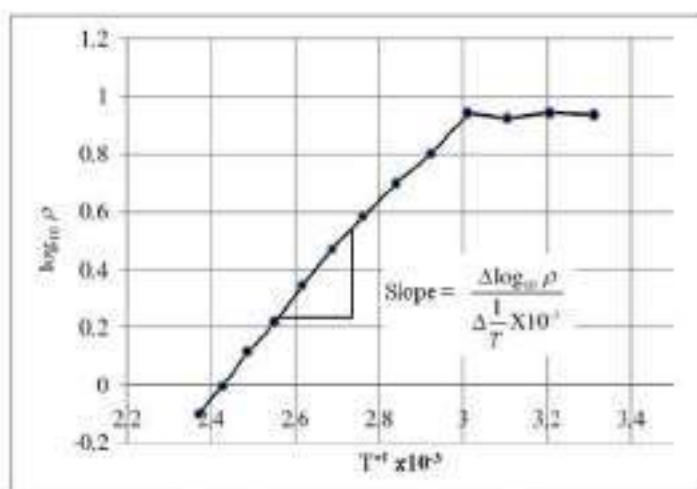


Figure 2 Variation of ρ with temperature

RESULTS:

Experimentally obtained E_g for semiconductor =eV

PRECAUTIONS AND SOURCES OF ERROR:

1. Don't press the probes tightly on the surface of semiconductor film
2. Four probes should lie in a straight line
3. Probe-film contact point should be small compared to

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: 4- प्रोब विधि (4-कांटेक्ट पॉइंट विधि)

उद्देश्य: विभिन्न तापमानों पर फोर प्रोब विधि द्वारा अर्धचालक की प्रतिरोधकता मापना तथा बैंड-गैप निर्धारित करना।

उपकरण: 4-कांटेक्ट पॉइंट सेटअप, अर्धचालक क्रिस्टल फिल्म, ओवन, और वर्तमान और वोल्टेज माप के लिए डिजिटल मीटर आदि।

सिद्धांत:

ठोस पदार्थों में सघन पैकिंग प्राप्त करने के लिए परमाणुओं को आमतौर पर एक नियमित तरीके से व्यवस्थित किया जाता है और इस प्रकार एक क्रिस्टल बनता है। व्यवस्था में बहुत ही वांछनीय विशेषताएँ हैं, यानी इन संरचनाओं में छिद्रों और मुक्त इलेक्ट्रॉनों का परिवहन बहुत आसान है। सिलिकॉन और जर्मेनियम (और कार्बन) एक समान क्रिस्टल संरचना के साथ क्रिस्टलीकृत होते हैं, जिसे हीरा संरचना कहा जाता है। ओम के नियम के अनुसार, किसी पदार्थ में किसी बिंदु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता, उस बिंदु पर प्रेरित धारा घनत्व, J के समानुपाती होती है। आनुपातिकता स्थिरांक को पदार्थ की विद्युत प्रतिरोधकता ρ कहा जाता है, क्योंकि, एक समान क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्र के साथ एक लंबे तार जैसी ज्यामिति वाले नमूने के लिए, ρ को सरल 2-कांटेक्ट पॉइंट विधि द्वारा मापा जा सकता है, नमूने के माध्यम से एक ज्ञात धारा को पारित करना और इसके पार वोल्टेज ड्रॉप को मापना। हालाँकि इस सरल विधि में कई नुकसान हैं। कुछ कठिनाइयों को 4-कांटेक्ट पॉइंट प्रणाली का उपयोग करके हल किया जा सकता है। एक सपाट अर्धचालक

नमूने पर विचार करें। 4-कांटेक्ट पॉइंट विधि में, चार नुकीले, एकसमान दूरी वाले कांटेक्ट पॉइंट अर्धचालक नमूने की समतल सतह के साथ दबाव संपर्क (प्रेसर कॉन्टैक्ट) में रखे जाते हैं (चित्र 1)। बाहरी दो कांटेक्ट पॉइंट (1 और 4) के माध्यम से नमूने में एक धारा (करंट) इंजेक्ट की जाती है। परिणामी विद्युत विभव को दो आंतरिक कांटेक्ट पॉइंट (2 और 3) के माध्यम से मापा जाता है। नमूने को गर्म करने के लिए एक ओवन को हीटर के साथ प्रदान किया जाता है ताकि तापमान में वृद्धि के साथ नमूने के व्यवहार का अध्ययन किया जा सके।

सूत्र: अर्धचालक का ऊर्जा अंतराल निम्नलिखित समीकरण द्वारा दिया जाता है

$$E_g = \frac{2K \log \rho}{\frac{1}{T}} \quad \text{eV}$$

$$E_g = \frac{(2 \times 2.303)K \log_{10} \rho}{\frac{1}{T}} \quad \text{eV}$$

ध्यान दें कि $\log = 2.303 \log_{10}$.

K बोल्ट्ज़मैन स्थिरांक है ($K=8.6 \times 10^{-5}$ eV/deg.), T तापमान है, केल्विन में, ρ अर्धचालक क्रिस्टल की प्रतिरोधकता है,

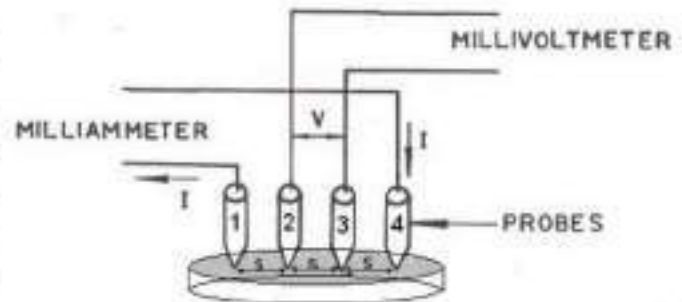


Fig 1. Four probe setup circuit

$$\rho = \frac{\rho_0}{f(W/S)}$$

जहाँ, $\rho_0 = \frac{V}{I} \times 2\pi S$, ओम-सेमी है

w क्रिस्टल की मोटाई है मिमी में, S कांटेक्ट पॉइंट के बीच की दूरी है मिमी में, V आंतरिक कांटेक्ट पॉइंट में वोल्टेज है, I क्रिस्टल के मध्य से प्रवाहित करंट है। $f(W/S)$ एक फ़ंक्शन है और इसका मान प्रयोग सेटअप की डेटा शीट से लिया गया है

यदि $T^{-1} \times 10^{-3}$ तथा $\log_{10} \rho$ के संगत मानों को ग्राफ पर अंकित किया जाए, तो एक वक्र प्राप्त होता है (चित्र 2)। वक्र के ढलान की गणना ग्राफ से की जाती है तथा ढलान के मान को समीकरण में रखने पर, E_g इस प्रकार प्राप्त होता है,

$$E_g = 2 \times 2.303 \times K \times \text{Slope} \quad \text{eV}$$

$$\text{Slope} = \frac{\Delta \log_{10} \rho}{\Delta \frac{1}{T} \times 10^{-3}}$$

प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

प्रक्रिया:

- बाहरी कांटेक्ट पॉइंट की जोड़ी को निरंतर स्थिर करंट की तार (लाल/काली) से और आंतरिक कांटेक्ट पॉइंट की जोड़ी को कांटेक्ट पॉइंट वोल्टेज तार (पीली/हरी) से कनेक्ट करें।
- ओवन में 4-कांटेक्ट पॉइंट रखें और दिए गए छेद के माध्यम से ओवन में थर्मामीटर को एडजस्ट करें।
- 4-कांटेक्ट पॉइंट सेट-अप के एसी मेन को स्विच करें और चयनकर्ता स्विच के माध्यम से डिजिटल पैनल मीटर को करंट मापने वाले मोड में रखें। इस स्थिति में mA वाली एल.ई.डी. चमकेगी। करंट को उचित मान (5 mA) पर एडजस्ट करें।
- अब डिजिटल पैनल मीटर को वोल्टेज मापने वाले मोड में रखें। इस स्थिति में mV वाली एलईडी चमकेगी और मीटर आंतरिक कांटेक्ट पॉइंट के बीच वोल्टेज (V) को नोट करें। तालिका में V और कमरे के तापमान T का मान नोट करें।
- ओवन को बिजली की आपूर्ति से जोड़ें। स्विच की मदद से हीटिंग की दर को इच्छानुसार कम या उच्च चुना जा सकता है। ओवन की बिजली चालू करें। चमकती हुई एलईडी यह संकेत देती है कि ओवन की बिजली 'ON' है। 150 डिग्री सेल्सियस तक के विभिन्न तापमानों के लिए, आंतरिक कांटेक्ट पॉइंट के बीच वोल्टेज (V) को नोट करें।

अवलोकन:

- कांटेक्ट पॉइंट के बीच की दूरी है $S = 0.200$ सेमी
- क्रिस्टल की मोटाई $W = 0.050$ सेमी
- $f(W/S)$ फ़ंक्शन = 5.89
- करंट I = mA (स्थिर)

S.No.	Temperature (°C)	Temperature T (K)	Voltage (mV)	$\rho = \frac{(V/I) \times 2\pi S}{5.89}$ (ohm.cm)	$T^{-1} \times 10^3$	$\log_{10} \rho$
3.	Room Temp					
4.	40					
.	60					
.						
.						
.	150					

गणना :

- $\log_{10} \rho$ v/s $T^{-1} \times 10^{-3}$ के लिए ग्राफ बनाएँ

- ग्राफ से ढलान ज्ञात करें,

$$\text{Slope} = \frac{\Delta \log_{10} \rho}{\Delta \frac{1}{T} \times 10^3}$$

- बैंड गैप की गणना करें,

$$E_g = 2 \times 2.303 \times K \times \text{Slope} \quad \text{eV}$$

प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

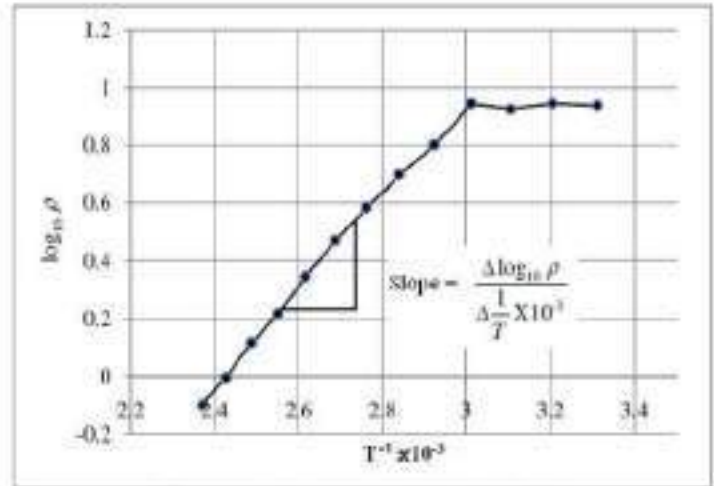


Figure 2 Variation of ρ with temperature

परिणाम:

दिए गए अर्धचालक के लिए प्रयोगात्मक रूप से प्राप्त बैंड गैप =eV

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- सेमीकंडक्टर क्रिस्टल की सतह पर कांटेक्ट पॉइंट को कसकर न दबाएं
- चार कांटेक्ट पॉइंट एक सीधी रेखा में होनी चाहिए
- क्रिस्टल संपर्क बिंदु तुलना में छोटा होना चाहिए

EXPERIMENT: NODAL SLIDE ASSEMBLY

OBJECTIVE:

To verify the formula for the combination of lenses using Nodal Slide assembly.

APPARATUS:

Nodal Slide Assembly, Light source and the convex lenses

THEORY :

When a ray of light passes through a nodal point, its conjugate ray passes through the other nodal point and is always parallel to the incident ray. If the system is rotated slightly about a vertical axis, the image will not shift from its position. The nodal slide assembly is used in optical instruments like microscopes, telescopes, and cameras to precisely adjust the position of the optical component without affecting the image quality.

If, f_1 and f_2 are the focal lengths of the component lenses of a system and the lenses be situated at a distance x apart, then the focal length of the combination is given as

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

Where f_1 and f_2 are focal lengths of first and second lens and x is the separation between them in combination.

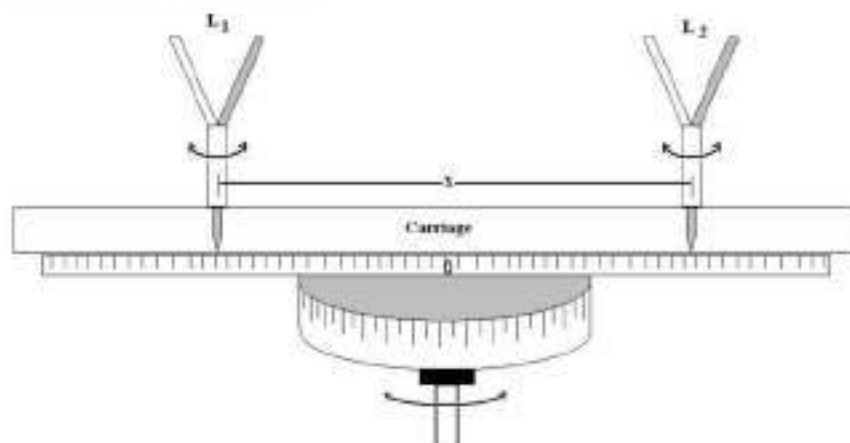


Fig. Nodal slide assembly

PROCEDURE:

- Adjust the lens holder on carriage of lens L_1 , cross slit, light source and plane mirror so that the line joining their centers are parallel to the bench.
- Adjust the alignment of plane mirror so that the image of the cross slit form close to itself.
- Adjust the position of the lens so that axial movement of lens holder through a small angle (by 5°) do not produce any shift in the image. At this point read the position of cross slit, R_1 and the axis of nodal slide R_2 . Their difference will give f_1 (One face).
- Rotate the carriage by 180° axially (Other face). Take the reading again for cross slit, R_1 and the axis of nodal slide R_2 to get f_1 . Their average will give f_1 .
- Repeat the same procedure (step 1 to 3) with second lens L_2 and obtain f_2 .
- And then repeat again with both the lenses on the carriage simultaneously. At this point read the distance between two lenses as x cm.
- Take similar readings after shifting the position of two lenses by rotating carriage 180° .

OBSERVATIONS:

Least count of scale =cm

TABLE 1:

Set	Light on	Position of cross slit R_1 cm	Position of lens on the Nodal slide R_2 cm	Focal length $f = R_1 - R_2$ cm
Individual focal length of lens L_1	One face			
	Other face			
Individual focal length of lens L_2	One face			
	Other face			

TABLE 2:

	Light on	Position of cross slit A cm	Position of axis of Nodal Slides B cm	Focal length of Combination $F = A - B$ cm
Combination of Lenses	One face			
	Other face			

CALCULATION:

$$f_1 = \text{----- cms.}$$

$$f_2 = \text{----- cms.}$$

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

$$\text{Experimental } F = \text{----- cms}$$

RESULT:

Value of Focal length f_1 = ----- cms.

Value of Focal length f_2 = ----- cms.

Value of Experimental Focal length of combination lens F = ----- cms.

Value of F (calculated) = ----- cms.

% error between calculated and experimental

= ----- cms.

SOURCES OF ERRORS AND PRECAUTIONS:

1. The cross slit must be properly and intensely illuminated by the light coming from the lamp, so that the image obtained is bright and distinct.
2. Since the image is formed on the principle focus of the which lays on the principle axis , the lenses must be so mounted on the lens holders that the principle axis of the system passes through the point of intersection of the cross slits. If this condition is not adhered to the image of the cross slit won't form.
3. Sometimes a bright image is formed on the metal plate screen by reflection from the surface of the lens . This is termed as ghost image and it must not be confused with the one we desire to obtain. If the plane mirror is slightly turned the genuine image shifts slightly whereas the fake one remains stationary. As the other way out we can obstruct the light from falling on the plane mirror by hiding it behind our palms.
4. The rotation of the nodal slide about the vertical axis while testing it's coincidence with the nodal point should not exceed 5° , for if it does the image may leave the cross slit and has to be adjusted again to get a bright and distinct image.
5. The image of cross slit will not shift on rotating the nodal slide, if the axis of rotation of nodal slide passes through the nodal point. So we can always switch the position of nodal slide until we end up with the apt one.
6. In order that a sharp and well defined image forms on metal plate screen , use of small aperture lens is recommended .
7. The mirror employed should be a perfect plane so that all the incident rays are reflected back without suffering any change.

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर
प्रयोग: नोडल स्लाइड असेंबली

सिद्धांतः

छवि
की

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

जहाँ f_1 और f_2 पहले और दूसरे लेंस की फोकल लंबाई हैं और x संयोजन में उनके बीच की दूरी है

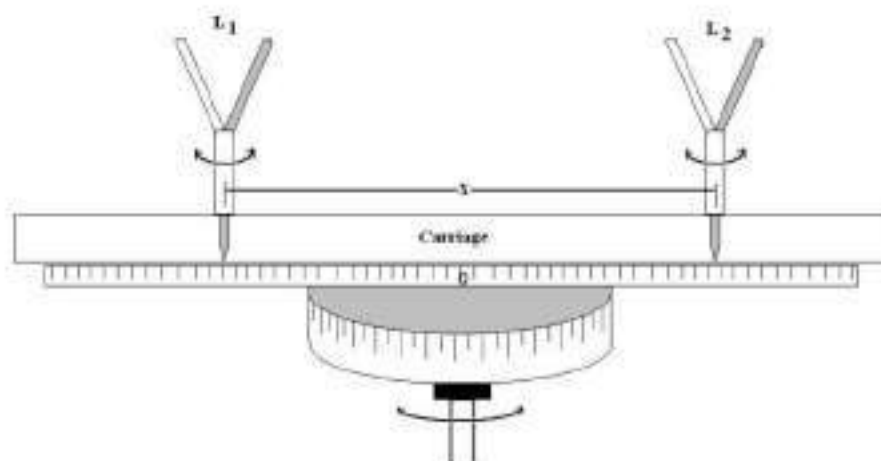


Fig. Nodal slide assembly

सत्रः

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

जहाँ f_1 और f_2 पहले और दूसरे लेंस की फोकल लंबाई हैं और x संयोजन में उनके बीच की दूरी है

प्रक्रिया:

- लेंस L₁, क्रॉस स्लिट, प्रकाश स्रोत और समतल दर्पण के कैरिज पर लेंस धारक को इस तरह से समायोजित करें कि उनके केंद्रों को जोड़ने वाली रेखा बेंच के समानांतर हो।
- समतल दर्पण के संरक्षण को इस तरह से समायोजित करें कि क्रॉस स्लिट का प्रतिबिंब उसके करीब बने।
- लेंस की स्थिति को इस तरह से समायोजित करें कि लेंस धारक की अक्षीय गति एक छोटे कोण (5°) के माध्यम से छवि में कोई बदलाव न करे। इस बिंदु पर क्रॉस स्लिट, R₁ और नोडल स्लाइड R₂ की धुरी की स्थिति पढ़ें। उनका अंतर f_1 (प्रथम ओर) देगा।
- घ) गाड़ी को 180° अक्षीय रूप से घुमाएँ (एक ओर)। क्रॉस स्लिट, R₁ और नोडल स्लाइड R₂ की धुरी के लिए फिर से रीडिंग लें ताकि f_1 प्राप्त हो। उनका औसत f_1 देगा।
- दूसरे लेंस L₂ के साथ उसी प्रक्रिया (चरण 1 से 3) को दोहराएं और f_2 प्राप्त करें।
- और फिर कैरिज पर दोनों लेंसों के साथ एक साथ दोहराएं। इस बिंदु पर दो लेंसों के बीच की दूरी x सेमी के रूप में पढ़ें।
- कैरिज को 180° घुमाकर दो लेंसों की स्थिति को स्थानांतरित करने के बाद समान रीडिंग लें।

अवलोकन:

स्केल का लघुत्तमांक = सेमी

तालिका 1:

Set	Light on	Position of cross slit R ₁ cm	Position of lens on the Nodal slide R ₂ cm	Focal length $f_f = R_1 - R_2$ cm
Individual focal length of lens L ₁	One face			
	Other face			
Individual focal length of lens L ₂	One face			
	Other face			

तालिका 2:

	Light on	Position of cross slit A cm	Position of axis of Nodal Slides B cm	Focal length of Combination $F = A - B$ cm
Combination of Lenses	One face			
	Other face			

गणना:

$$f_1 = \dots\dots\dots \text{सेमी.}$$

$$f_2 = \dots\dots\dots \text{सेमी.}$$

$$\text{प्रायोगिक } F = \dots\dots\dots \text{सेमी.}$$

परिणाम:

$$\text{फोकल लंबाई } f_1 \text{ का मान} = \dots\dots\dots \text{सेमी.}$$

$$\text{फोकल लंबाई } f_2 \text{ का मान} = \dots\dots\dots \text{सेमी.}$$

$$\text{संयुक्त लेंस } F \text{ की प्रायोगिक फोकल लंबाई का मान} = \dots\dots\dots \text{सेमी.}$$

$$F \text{ की गणना कर फोकल लंबाई का मान} = \dots\dots\dots \text{सेमी.}$$

$$\text{गणना और प्रायोगिक के बीच \% त्रुटि} = \dots\dots\dots \text{सेमी.}$$

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- i. क्रॉस स्लिट को लेंप से आने वाली रोशनी से ठीक से और तीव्रता से प्रकाशित किया जाना चाहिए, ताकि प्राप्त छवि उज्ज्वल और अलग हो।
- ii. चूँकि छवि मुख्य फोकस पर बनती है जो मुख्य अक्ष पर स्थित होती है, इसलिए लेंस को लेंस धारकों पर इस तरह से लगाया जाना चाहिए कि सिस्टम की मुख्य अक्ष क्रॉस स्लिट के प्रतिच्छेद बिंदु से गुज़रे। यदि इस शर्त का पालन नहीं किया जाता है तो क्रॉस स्लिट की छवि नहीं बनेगी।
- iii. कभी-कभी लेंस की सतह से परावर्तन द्वारा धातु की प्लेट स्क्रीन पर एक उज्ज्वल छवि बनती है। इसे भूत छवि कहा जाता है और इसे उस छवि के साथ भ्रमित नहीं होना चाहिए जिसे हम प्राप्त करना चाहते हैं। यदि समतल दर्पण को थोड़ा घुमाया जाता है तो असली छवि थोड़ी सी बदल जाती है जबकि नकली स्थिर रहती है। दूसरे तरीके के रूप में हम अपनी हथेलियों के पीछे इसे छिपाकर समतल दर्पण पर पड़ने वाले प्रकाश को रोक सकते हैं। 4. नोडल बिंदु के साथ इसके संयोग का परीक्षण करते समय ऊर्ध्वाधर अक्ष के बारे में नोडल स्लाइड का घुमाव 5° से अधिक नहीं होना चाहिए, क्योंकि यदि ऐसा होता है तो छवि क्रॉस स्लिट को छोड़ सकती है और एक उज्ज्वल और अलग छवि प्राप्त करने के लिए इसे फिर से समायोजित करना होगा। 5. नोडल स्लाइड को घुमाने पर क्रॉस स्लिट की छवि नहीं बदलेगी, अगर नोडल स्लाइड के रोटेशन की धुरी नोडल बिंदु से गुजरती है। इसलिए हम नोडल स्लाइड की स्थिति को हमेशा बदल सकते हैं जब तक कि हम उपयुक्त स्थिति पर न पहुँच जाएँ। 6. धातु की प्लेट स्क्रीन पर एक स्पष्ट और अच्छी तरह से परिभाषित छवि बनाने के लिए, छोटे एपर्चर लेंस का उपयोग करने की सलाह दी जाती है। 7. उपयोग किया जाने वाला दर्पण एकदम समतल होना चाहिए ताकि सभी घटना किरणें बिना किसी परिवर्तन के वापस परावर्तित हो जाएँ।

EXPERIMENT: PHOTO CELL CHARACTERISTICS

AIM: To study the characteristics of a Photo cell.

APPARATUS USED: Photo cell, D.C Power Supply and Digital meters, Light source (lamp of 100W), optical bench, scale etc.

BRIEF THEORY: Photocells are of two types (i) Vacuum filled Photocell and (ii) Gas filled Photocell.

- (i) **Vacuum filled Photocell:** It consists of a semi cylindrical plate C coated with very thin layer of Photo sensitive material (like potassium or cesium) and a wire of platinum or nickel is connected along the axis of this cylinder. The whole system is fixed on an ebonite base and is enclosed by an evacuated glass cover as shown in fig. 1. When radiation falls on the semi cylindrical plate (cathode) C, electrons are emitted from it and are collected by anode A. The two important characteristics of this Photocell are (a) Photocurrent Vs anode voltage (I-V) characteristic at different light intensity and (b) Photocurrent Vs Light intensity (I-X) characteristic at different anode voltage. Since the light intensity X falling on the photocell is proportional to $1/d^2$, where d is the distance of the photocell from the source, a plot of I Vs $1/d^2$ plot will be same as I Vs X plot.

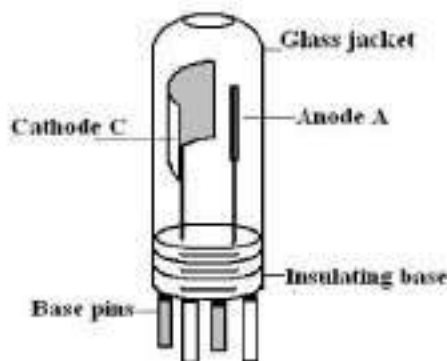


Fig 1: A Photocell

- (ii) **Gas filled Photocell:** Its construction is exactly similar to Vacuum filled Photocell except that the gas filled photocell is filled with inert gas. Like Vacuum filled Photocell, this cell has also two important characteristics, (a) I-V characteristic and (b) I-X characteristic.

PROCEDURE:

- Keep the photo cell in sunlight for 15 to 20 minutes so that it gets properly activated
- Make connections as per Fig-2.
- Keep micro-ammeter's selector switch towards $200\mu A$ side, voltmeter range selector's switch towards 20V side and output switch towards 20V side.
- Place the lamp (100W) close to cell so that the light from the lamp falls on cell. Note the distance as d_1
- For I-V characteristic,** Keep the lamp from photocell at fix distance and note as d_1 . Now increase the positive potential to anode in steps of 5V and note the corresponding reading of the micro ammeter as I in table 1. Repeat the experiment with two other distances d_2 and d_3 to change the incident intensities. Note the readings in **Table 1**.
- Plot a graph by taking anode voltage on x-axis and corresponding reading in micro ammeter on y-axis to obtain *I-V* characteristic (Fig 3a).

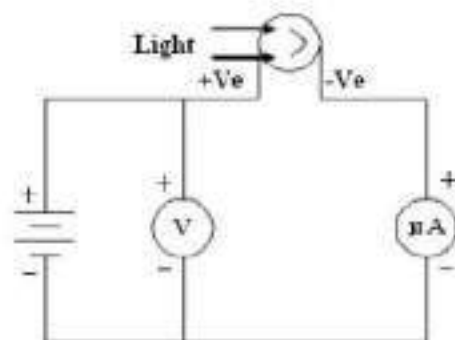


Fig 2 Circuit diagram

- g) **For I-X characteristic**, Keep the anode voltage at certain fix value, note as V_{a1} . Change the distance (d) of lamp from the photocell in steps of 5cm and note the corresponding reading in the micro ammeter (I). Repeat the experiment with two other with two other anode voltage V_{a2} and V_{a3} . Note the readings in **Table 2**.
- h) Plot a graph by taking by taking intensity (X) on x -axis and corresponding reading in micro ammeter (I) on y -axis to obtain **I-X characteristic** (Fig 3b).

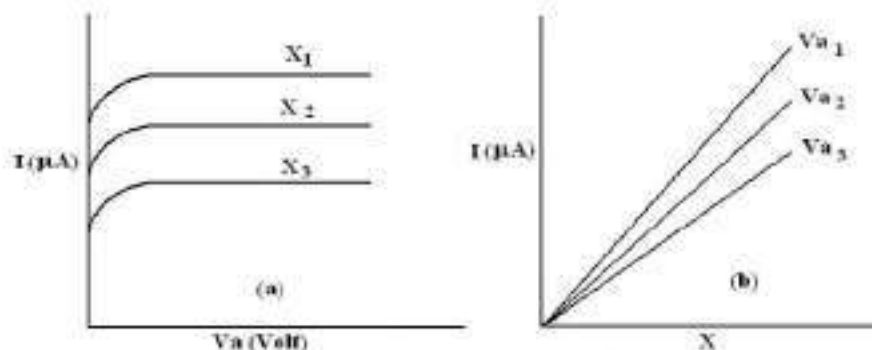


Fig 3 (a) I-V characteristics (b) I-X characteristics

OSERVATIONS:

Least count of Micro-ammeter = μA

Least count of Voltmeter = V

TABLE 1: For I-V characteristic

S.No.	Anode potential V_a (Volt)	Corresponding Micro-ammeter Reading I (μA)		
		for $d_1 = \dots 20\text{cm}$	for $d_2 = \dots 30\text{cm}$	for $d_3 = \dots 40\text{cm}$
1.	0			
2.	2			
....	4			
5	.			

TABLE 2: For I-X characteristic

S.No.	Distance d (cm)	$X=1/d^2$ (cm^{-2})	Corresponding Micro-ammeter Reading I (μA)		
			$V_{a1} = 3$ volt	$V_{a2} = 8$ volt	$V_{a3} = 13$ volt
1.	20				
2.	25				
....	30				
5	.				

CALCULATIONS:

Since no parameters are to be obtained, draw characteristic curves from the data of Table1 and Table 2.

RESULT:

- The I-V characteristic curves of given photocell is given in graph.....
- The I-X characteristic curves of given photocell is given in graph.....

PRECAUTIONS:

- Avoid the extra light falling on photocell
- Set the photocell such that it yields maximum current.
- Close the opening window of photocell when it is not in use.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल
भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: फोटो सेल की विशिष्टताएँ

उद्देश्य: फोटो सेल की विशिष्टताओं का अध्ययन करना।

उपकरण: फोटो सेल, डी.सी. पावर सप्लाई और डिजिटल मीटर, प्रकाश स्रोत (100W का लैंप), ऑप्टिकल बेंच, स्केल आदि।

सिद्धांत:

फोटोसेल दो प्रकार के होते हैं (i) वैक्यूम भरा फोटोसेल और (ii) गैस भरा फोटोसेल।

(i) वैक्यूम भरा फोटोसेल: इसमें एक अर्द्ध बेलनाकार प्लेट C होती है, जो प्रकाश संवेदनशील (सेंसिटिव) पदार्थ (जैसे पोटेशियम या सीज़ियम) की बहुत पतली परत से लेपित होती है तथा इस बेलन की धुरी के साथ प्लैटिनम या निकल का एक तार जुड़ा होता है। पूरा सिस्टम एक एबोनाइट बेस पर फिक्स होता है और एक वैक्यूम ग्लास कवर द्वारा संलग्न होता है जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है। जब विकिरण अर्द्ध बेलनाकार प्लेट (कैथोड) C पर पड़ता है, तो उसमें से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं तथा एनोड A द्वारा एकत्रित हो जाते हैं। इस फोटोसेल की दो महत्वपूर्ण विशेषताएँ हैं (ए) फोटोकंट बनाम एनोड वोल्टेज (I-V) विभिन्न प्रकाश तीव्रता पर विशिष्टता और (बी) फोटोकंट बनाम प्रकाश तीव्रता (I-X) विभिन्न एनोड वोल्टेज पर विशिष्टता। चूँकि फोटोसेल पर पड़ने वाली प्रकाश तीव्रता X , $1/d^2$ के समानुपाती होती है, जहाँ d स्रोत से फोटोसेल की दूरी है, $I \propto 1/d^2$ प्लॉट का प्लॉट $I \propto X$ प्लॉट के समान होगा।

(ii) गैस भरा फोटोसेल: इसका निर्माण वैक्यूम भरे फोटोसेल के समान ही होता है, सिवाय इसके कि गैस भरा फोटोसेल निष्क्रिय गैस से भरा होता है। वैक्यूम भरे फोटोसेल की तरह, इस सेल में भी दो महत्वपूर्ण विशेषताएँ हैं, (a) I-V विशेषता और (b) I-X विशेषता।

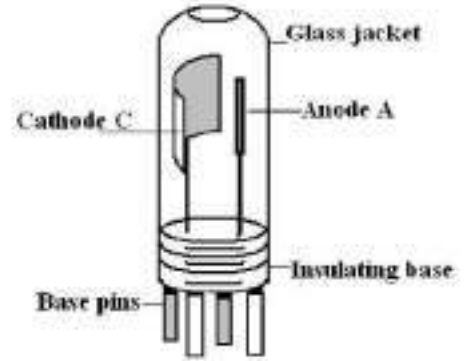


Fig 1: A Photocell

प्रक्रिया:

- फोटोसेल को 15 से 20 मिनट तक धूप में रखें ताकि यह ठीक से सक्रिय हो जाए।
- चित्र-3 के अनुसार कनेक्शन बनाएँ।
- माइक्रो-एमीटर के चयनकर्ता स्विच को 200 μ A की ओर, वोल्टमीटर रेंज चयनकर्ता स्विच को 20V की ओर तथा आउटपुट स्विच को 20V की ओर रखें।
- लैंप (100W) को सेल के पास रखें ताकि लैंप से प्रकाश सेल पर पड़े। दूरी को d_1 के रूप में नोट करें।

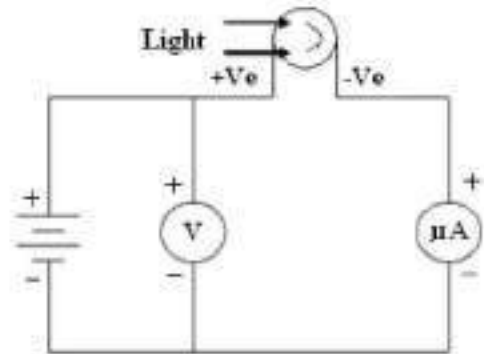


Fig 2 Circuit diagram

- I-V विशेषता के लिए** लैंप को फोटोसेल से एक निश्चित दूरी d_1 पर रखें तथा नोट करें। अब 5V के चरणों में एनोड के लिए पॉजिटिव पोटेंशियल (धनात्मक विभव) बढ़ाएँ तथा माइक्रो एमीटर में से संगत रीडिंग I को तालिका 1 में नोट करें। आपतित प्रकाश तीव्रता को बदलने के लिए दो अन्य दूरियों d_2 तथा d_3 के साथ प्रयोग को दोहराएँ। तालिका 1 में रीडिंग नोट करें।
- I-V विशेषता प्राप्त करने के लिए x-अक्ष पर एनोड वोल्टेज और y-अक्ष पर माइक्रो एमीटर में से संबंधित रीडिंग लेकर ग्राफ बनाएँ (चित्र 2a)।

- g) अब **I-X विशेषता के लिए** एनोड वोल्टेज को एक निश्चित मान पर रखें, V_{a1} के रूप में नोट करें। फोटोसेल से लैंप की दूरी (d) को 5 सेमी के चरणों में बदलें और माइक्रो एमीटर में से संगत रीडिंग I को तालिका 2 में नोट करें। दो अन्य एनोड वोल्टेज V_{a2} और V_{a3} के साथ प्रयोग को दोहराएं। तालिका 2 में रीडिंग नोट करें।
- h) **I-X विशेषता प्राप्त करने के लिए** x-अक्ष पर तीव्रता (X) और y-अक्ष पर माइक्रो एमीटर (I) में से संबंधित रीडिंग लेकर ग्राफ बनाएं (चित्र 2b)।

अवलोकन:

- a) माइक्रो एमीटर का लघुत्तमांक = μA
 b) वोल्टमीटर का लघुत्तमांक = V

तालिका 1: I-V विशेषता के लिए

S.No.	Anode potential V_a (Volt)	Corresponding Micro-ammeter Reading I (μA)		
		for $d_1 = \dots 20\text{cm}$	for $d_2 = \dots 30\text{cm}$	for $d_3 = \dots 40\text{cm}$
3.	0			
4.	2			
.	4			
.	.			
.	.			

तालिका 2: I-X विशेषता के लिए

S.No.	Distance d (cm)	$X=1/d^2$ (cm^{-2})	Corresponding Micro-ammeter Reading I (μA)		
			$V_{a1} = 3 \text{ volt}$	$V_{a2} = 8 \text{ volt}$	$V_{a3} = 13 \text{ volt}$
3.	20				
4.	25				
.	30				
.	.				
.	.				

गणना :

चूंकि कोई पैरामीटर प्राप्त नहीं करना है, इसलिए तालिका 1 और तालिका 2 के डेटा से अभिलक्षणिक वक्र बनाएं।

परिणाम:

- दिए गए फोटोसेल के I-V अभिलक्षणिक वक्र, ग्राफ में दिए गए हैं
- दिए गए फोटोसेल के I-X अभिलक्षणिक वक्र ग्राफ में दिए गए हैं

त्रुटि का स्रोत और सावधानियाँ:

- फोटोसेल पर पड़ने वाली अतिरिक्त रोशनी से बचें
- फोटोसेल को इस तरह सेट करें कि यह अधिकतम करंट दे।
- जब फोटोसेल का उपयोग न हो तो उसकी खुली हुई खिड़की को बंद कर दें।

MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS

B.Tech. I and II Sem

EXPERIMENT: DETERMINE THE PLANCK'S CONSTANT

OBJECT:

To determine the Planck's Constant using LED.

APPARATUS USED:

Variable Voltage source (0-2V DC), Current meter (0-20 mA/2000μA), Temperature controlled Oven (ambient to 60°C), LED (Red, Yellow).

THEORY:

We employ light emitting diodes (LEDs) to determine Planck's constant. From the Einstein's relation, the photon energy $E_\gamma = h\nu$ which is equal to the energy gap E_g between the valance and conduction bands of the diode. Energy gap is in turn equal to the height of energy barrier eV_o . Those electrons have to overcome to go from the n-doped side of diode junction to the p-doped side when no external voltage V is applied to the diode. In the p-diode side they recombine with holes releasing the energy E_g as photon with $E_\gamma = E_g = eV_o$. Thus a measurement of V_o indirectly yields E_γ and planck's constant. If ν is known or measured. However there are practical and conceptual problems in actual measurement.

Let us consider the LED diode equation:

$$I \propto \exp(-V_o/V_t) [\exp(V/V_t) - 1], \quad V = V_m - RI$$

$$\text{where } V_t = \frac{\eta k T}{e}$$

K = boltzmann constant, T =absolute temperature & e = electronic charge.

V_m is voltmeter reading in external diode circuit and R is the contact resistance. The constant η is material constant, which depends on type of diode, location of recombination region etc. The energy barrier eV_o is equal to the gap energy E_g when no external voltage V is applied. The 'one' in the rectifier is negligible if $I \geq 2\text{nA}$, and the equation becomes,

$$I \propto \exp[(V - V_o)/V_t] \\ \propto \exp[e(V - V_o)/\eta k T]$$

The height of potential barrier is obtained by directly measuring the dependency of diode current on the temperature keeping the applied voltage and thus the height of barrier fixed. The external voltage is kept fixed at a value lower than the barrier.

In our experimental set-up the variation of current I with temperature is measured over about a range of about 30 °C at a fixed voltage V (=1.8volts) kept slightly below V_o . The slope of $\ln I$ vs $1/T$ curve gives

$$V_o = V - \left[\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}} \times \frac{K}{e} \times \eta \right]$$

The value of η is already is known

The Planck's constant is then obtained by relation

$$h = eV_o \lambda / c$$

The contact resistance of LED is usually around 1ohm, while overall internal resistance of LED at applied voltage (1.8V) is few hundred ohms. The factor RI in expression $V=V_m - RI$ may therefore be neglected.

FORMULA:

The Planck's Constant,

$$h = \frac{e \times V_o \times \lambda}{c}$$

Where,

$$V_o = V - \left[\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}} \times \frac{K}{e} \times \eta \right]$$

slope of curve of graph, $\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}}$

K = Boltzmann constant

e = Electronic charge

η = Material constant

λ = Wavelength of LED

c = velocity of light

PROCEDURE:

Dependence of current (I) on temperature (T) at constant applied voltage to find Temperature coefficient

1. Keep the mode switch on V-I side and adjust the voltage across LED slightly below the band-gap of LED ie 1.8V for both yellow and red.
2. Change the mode of two -way switch to T-I side.
3. Insert LED in the oven and connect the other end of LED in the socket provided on set up. Before connecting the oven check that oven switch is in OFF position and SET Temperature knob is at minimum position. Now 1st DPM would read ambient temperature.
4. Set the different temperature 20, 25, 30.....C with the help of set -Temperature knob. Allow about 5 minutes on each set temperature to stabilize and take the reading of temperature and current.
5. Find the inverse of temperature and draw the graph between in I & (1/T).

OBSERVATIONS:

- Sample: (RED / **Yellow**) LED
- Voltage = 1.803V (constant for whole set of readings)
- Material constant of Red LED (η) = 1.755



Figure 1: The experimental setup.



Figure 2: A close view of the LED.

- Material constant of Yellow LED (η) = 1.782
- Boltzmann Constant $K = 1.38 \times 10^{-23}$ J/Kelvin
- Electric Charge $e = 1.602 \times 10^{-19}$ Coulombs
- Wavelength of yellow light $\lambda = 5800 \times 10^{-8}$ cm
- Wavelength of Red light $\lambda = 6400 \times 10^{-8}$ cm

Table: Determination of temperature coefficient of Current

S.No.	Temperature (°C)	Temperature (°K)	1/T (K ⁻¹)	Current I (mA)	ln I (I in mA)
1.	30				
2.	35				
3.	40				
4.	45				
5.	50				
6.	55				
7.	60				

CALCULATIONS:

Draw graph between $\ln I \rightarrow 1/T$ and find Slope of curve as

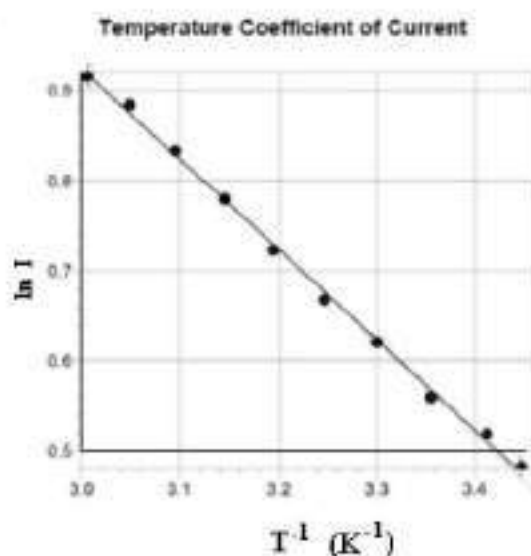
$$\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}} =$$

$$V_o = V - \left[\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}} \times \frac{K}{e} \times \eta \right]$$

The Planck's Constant,

$$h = \frac{e \times V_o \times \lambda}{c}$$

$$h = \dots\dots\dots \text{Joules.sec}$$



RESULT:

The Planck's Constant $h = \dots\dots\dots$ Joules.sec

PRECAUTIONS:

- V-I characteristic of LED should be drawn at very low current upto = 1000 μ A only, so that disturbance to V_o is minimum.
- In T-I mode, make sure that the oven switch is 'OFF' and SET temp knob is at minimum position before connecting the oven.
- On each setting of temperature, please allow sufficient time for the temperature to stabilized, between 5-6 minutes.

मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल

भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर

प्रयोग: प्लांक का स्थिरांक

उद्देश्य: एलईडी (प्रकाश उत्सर्जक डायोड) का उपयोग करके प्लांक का स्थिरांक (h) निर्धारित करना।

उपकरण: परिवर्तनीय वोल्टेज स्रोत (0-2V DC), करंट मीटर (0-20 mA/2000 μ A), तापमान नियंत्रित ओवन (पर्यावरण तापमान से 60°C तक), एलईडी (लाल, पीली)

सिद्धांत:

हम प्लांक का स्थिरांक निर्धारित करने के लिए प्रकाश उत्सर्जक डायोड (एलईडी) का उपयोग करते हैं। आइंस्टीन के संबंध से, फोटॉन ऊर्जा $E_\gamma = h\nu$ डायोड के वैलेंस और कंडक्शन बैंड के बीच ऊर्जा अंतर E_g के बराबर है। यह ऊर्जा अंतर E_g ऊर्जा अवरोध की ऊँचाई eV_0 के बराबर होता है, जिसे इलेक्ट्रॉनों को n -डोप साइड से p -डोप साइड तक जाने के लिए पार करना पड़ता है, जब डायोड पर कोई बाहरी वोल्टेज V लागू नहीं होता है। p -डोप साइड पर, वे होल्स के साथ पुनर्संयोजित होते हैं और ऊर्जा E_g को फोटॉन के रूप में उत्सर्जित करते हैं, जो $E_\gamma = E_g = eV_0$ होता है। इस प्रकार V_0 का मापन अप्रत्यक्ष रूप से E_γ और प्लांक का स्थिरांक h प्रदान करता है, यदि ν ज्ञात या मापा गया हो।

$$I \propto \exp(-V_0/V_t) [\exp(V/V_t) - 1], \quad V_t = kT/e$$

$$\text{जहाँ } V_t = \frac{\eta k T}{e}$$

k बोल्ट्ज़मान स्थिरांक, e इलेक्ट्रॉन का चार्ज, T तापमान (केल्विन में) है

जब कोई बाहरी वोल्टेज V लागू नहीं किया जाता है, तो ऊर्जा अवरोध eV_0 ऊर्जा अंतर E_g के बराबर होता है। इसके अलावा, कुछ स्थिरांक होते हैं जो एलईडी की गुणधर्मों पर निर्भर करते हैं, जैसे कि सामग्री स्थिरांक η , जो डायोड के प्रकार, पुनर्संयोजन क्षेत्र की स्थिति आदि पर निर्भर करता है। और जब $I \geq 2\text{nA}$ होता है, तो समीकरण में -1 अंश को नजरअंदाज किया जा सकता है। इस स्थिति में समीकरण निम्नलिखित हो जाता है:

$$I \propto \exp[(V - V_0)/V_t] \\ \propto \exp[e(V - V_0)/\eta k T]$$

अवरोध विभव (पोटेंशियल बैरियर) की ऊँचाई को प्राप्त करने के लिए डायोड के करंट की तापमान पर निर्भरता को सीधे मापकर किया जाता है, जिससे लागू वोल्टेज और इस प्रकार विभव की ऊँचाई स्थिर रहती है। बाहरी वोल्टेज को विभव की ऊँचाई से कम मान पर स्थिर रखा जाता है। हमारे प्रयोगात्मक सेट-अप में, तापमान के साथ धारा I का परिवर्तन लगभग 30 डिग्री सेल्सियस की सीमा में मापा जाता है, एक निश्चित वोल्टेज V (जो 1.8 वोल्ट्स है) पर जो V_0 से थोड़ी कम रखी जाती है। $\ln I$ बनाम $1/T$ ग्राफ़ की ढलान (स्लोप) से प्लांक के स्थिरांक h की गणना की जा सकती है

$$V_0 = V - \left[\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}} \times \frac{k}{e} \times \eta \right]$$

$$h = eV_0 \lambda / c$$

एलईडी की संपर्क प्रतिरोध सामान्यतः लगभग 1 ओम के आसपास होती है, जबकि लागू वोल्टेज (1.8V) पर एलईडी की कुल आंतरिक प्रतिरोध कुछ सौ ओम होता है। इसलिए, समीकरण $V = V_m - RI$, में I को नकारा जा सकता है।

फॉर्मूला:

प्लांक का स्थिरांक,

$$h = \frac{e \times V_o \times \lambda}{c}$$

जहां

$$V_o = V - \left[\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}} \times \frac{K}{e} \times \eta \right]$$

ग्राफ की ढलान (स्लोप), $\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}}$

K = बोल्ट्ज़मान स्थिरांक

e = इलेक्ट्रॉन का चार्ज

η = सामग्री स्थिरांक

λ = LED की तरंगदैर्घ्य

c = प्रकाश की गति

प्रक्रिया:

तापमान गुणांक को खोजने के लिए स्थिर लागू वोल्टेज पर तापमान (T) पर धारा (I) की निर्भरता के लिए:

1. मोड स्विच को V-I साइड पर रखें और LED के बैंड-गैप से थोड़ा नीचे, यानी पीले और लाल LED दोनों के लिए 1.8V, वोल्टेज को एडजस्ट करें।
2. दो-तरफा स्विच के मोड को T-I साइड में बदलें।
3. LED को ओवन में डालें और LED के दूसरे सिरे को सेटअप पर प्रदान किए गए सर्किट में कनेक्ट करें। ओवन को कनेक्ट करने से पहले, जांच लें कि ओवन स्विच बंद स्थिति में है और सेट तापमान नॉब न्यूनतम स्थिति में है। अब पहला DPM परिवेश तापमान को पढ़ें।
4. सेट-तापमान नॉब की सहायता से विभिन्न तापमान 20, 25, 30... डिग्री सेल्सियस सेट करें। प्रत्येक सेट तापमान पर लगभग 5 मिनट प्रतीक्षा करें ताकि तापमान स्थिर हो जाए और तापमान और तब धारा की रीडिंग लें।
5. तापमान का व्युत्क्रम (inverse) निकालें और $\ln I$ v/s $(1/T)$ के बीच ग्राफ खींचें।

अवलोकन:

- नमूना: (लाल / पीला) एलईडी



Figure 1: The experimental setup.



Figure 2: A close view of the LED.

- वोल्टेज: 1.803V (सम्पूर्ण रीडिंग सेट के लिए स्थिर)
- लाल एलईडी का सामग्री स्थिरांक (η) = 1.755
- पीला एलईडी का सामग्री स्थिरांक (η) = 1.782
- बोल्ट्ज़मान स्थिरांक (k) = 1.38×10^{-23} J/Kelvin
- इलेक्ट्रॉन चार्ज (e) = 1.602×10^{-19} कूलॉम्ब
- पीले प्रकाश की तरंगदैर्घ्य (λ) = 5800×10^{-8} सेमी
- लाल प्रकाश की तरंगदैर्घ्य (λ) = 6400×10^{-8} सेमी

तालिका: करंट के तापमान गुणांक की निर्धारण

S.No.	Temperature (°C)	Temperature (°K)	1/T (K ⁻¹)	Current I (mA)	ln I (I in mA)
1.	30				
2.	35				
3.	40				
4.	45				
5.	50				
6.	55				
7.	60				

गणनाएँ:

ln I v/s (1/T) के बीच ग्राफ खींचें,
ग्राफ की ढलान (स्लोप) निकालें,

$$\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}} =$$

और V_o की गणना करें

$$V_o = V - \left[\frac{\Delta \ln I}{\Delta T^{-1}} \times \frac{K}{e} \times \eta \right]$$

प्लांक का स्थिरांक (h) की गणना करें

$$h = \frac{e \times V_o \times \lambda}{c}$$

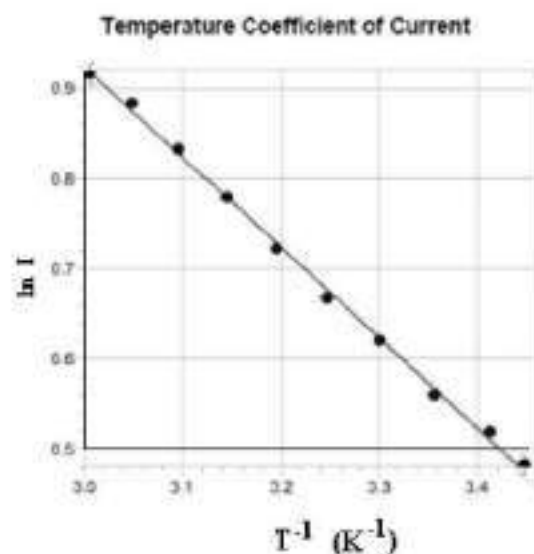
$$h = \dots \dots \dots \text{Joules.sec}$$

परिणाम:

प्लांक का स्थिरांक (h) = $\dots \dots \dots$ Joules.sec

सावधानियाँ:

- एलईडी के V-IV-IV-I विशेषताओं को बहुत कम करंट (1000 μ A तक) पर ही मापें, ताकि V0V_0V0 में न्यूनतम परिवर्तन हो।
- T-IT-IT-I मोड में, सुनिश्चित करें कि ओवन स्विच 'OFF' पर हो और सेट तापमान नॉब न्यूनतम स्थिति पर हो, इससे पहले कि ओवन को कनेक्ट किया जाए।
- प्रत्येक तापमान सेटिंग पर, तापमान को स्थिर होने के लिए पर्याप्त समय दें, लगभग 5-6 मिनट।



MAULANA AZAD
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BHOPAL
DEPARTMENT OF PHYSICS

B.Tech. I Sem/II sem

EXPERIMENT: PHOTOCONDUCTIVITY

OBJECTIVE: To measure the I-V characteristic of CdS as a function of irradiance and applied voltage, respectively

APPARATUS: light source (yellow light bulb), lamp housing, adjustable slit, polarizer, analyzer, voltage source 1) 2-12V 2) 0-16 V, focusing lense, optical bench.

INTRODUCTION: When the light radiations fall on a semiconducting or insulating crystal an increase in the electrical conductivity of the material results. This is recognized as the phenomenon of photoconductivity. The prime features of photoconductivity are

- 1) Photoconductivity of a given material depends upon the wavelength of light.
- 2) Presence of impurities substantially affects photoconductivity of the material since some impurities may reduce its photosensitivity.
- 3) Illumination has a direct impact on charge carrier concentration of the material.

THEORY:

When a material is exposed to the illumination of an appropriate wavelength that is equivalent or more than its bandgap (E_g) then there is a higher probability for transition of its charge carriers from valence to conduction band. The free electron-hole pairs produced in this manner serve as carriers of electrical conductivity. This excitation of charge carriers results into photoconductivity when there is potential difference applied to the material. Photoconduction however is not an intrinsic phenomenon of a material. It depends upon the parameters like irradiance, temperature and the trap distribution across its band gap. Traps are nothing but the discrete energy levels of certain imperfections distributed across forbidden band gap of the material. Role of imperfections or traps is vital in the sense that traps of the form of recombination centers reduce photoconductivity whereas the activation centers tend to increase or contribute to it. Hence evaluation of photoconductivity of the given material (CdS) is targeted as, 1) Study of photoconductivity (I-V) characteristic of CdS with respect to the variation in irradiance. 2) Study of photoconductivity (I-V) characteristic of CdS with respect to the variation in potential difference applied to CdS.

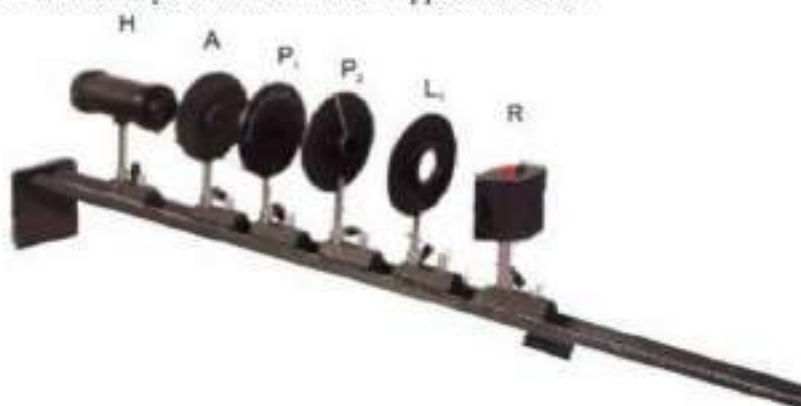


Figure 1: set-up for measurement of photoconductivity of the given crystal. Lamp housing (H), lamp housing (H), adjustable slit (A), polarizer (P_1), analyser (P_2), lense (L) and photo-resistor material (R)

PROCEDURE:

- (1) Mount the lamp housing (H), adjustable slit (A), polarizer (P_1), analyser (P_2), lense (L) and photo-resistor material (R) on the optical bench as in following Fig.1.
- (2) Connect the leads of the lamp housing to the power supply (0-12 V A.C./ D.C., 5 amp.) and apply 10V A.C. to the lamp
- (3) Adjust the heights of lamp housing (H), adjustable slit (A), polarizer (P_1), analyzer (P_2), lens (L) and photo-resistor material (R), so that all these are fixed on the same optical axis.
- (4) Make the connections to photo-resistor and the given photo-current measuring unit (multimeter) as shown in the following Fig. 2.
- (5) Set both of polarizer and analyzer at the 0° mark initially.
- (6) Adjust the lamp, lense, and photoresistor to make a homogeneous beam of light fall straight on the surface of photoresistor.
- (7) Apply a D.C. voltage of 12 V to the photoresistor.
- (8) Adjust the width of slit to make a 9 mA current flow through the photo-resistor. Keep this width fixed throughout the experimentation.

(a) Measurement of photocurrent as function of irradiance (α) at constant voltage.

- (9) Apply a constant voltage 2.0V D.C. to the photoreistor, vary the angle of polarizer and analyser $90^\circ, 60^\circ, \dots$ to 0° and record the corresponding variation in the photocurrent I_{ph} .
- (10) Similarly measure photocurrent for each fixed voltage 6.0 and 12.0 by vary the angle of polarizer and analyser and record in table 1.

(b) Measurement of photocurrent as function of D. C. voltage applied to the crystal at constant irradiance

- (11) Fix the angle 90° and vary the applied voltage 2.0V D.C. to 12.0V D.C. and measure the corresponding variation in the photocurrent I_{ph} .
- (12) Similarly measure photocurrent for fixed angle $60^\circ, 30^\circ$ and 0° by vary the voltage and record in table 2.

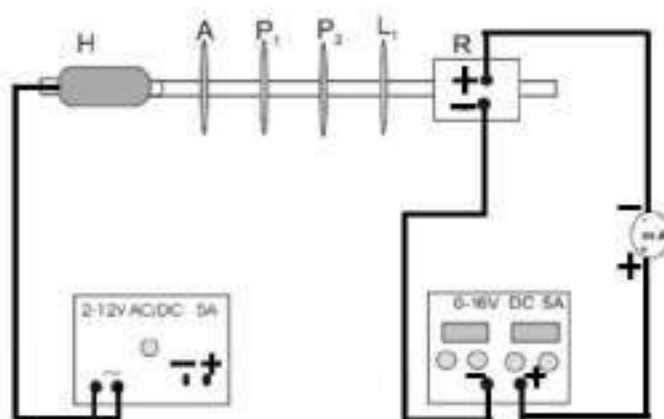


Figure 2: schematic representation of circuit connections for measurement set-up for measurement of photoconductivity of the given crystal.

OBSERVATIONS:**TABLE 1**

S.No.	Irradiance (α)	$\cos^2 \alpha$	Photocurrent with respect to the varying voltage (I_{ph} mA)		
			2V	6V	12V
1.	90°				
2.	60°				
3.	45°				
4.	30°				
5.	15°				
6.	0°				

TABLE 2:

S.No.	D.C. Voltage applied to the CdS crystal (V)	Photocurrent with respect to the varying irradiance, (I_{ph} mA)			
		90°	60°	30°	0°
1.	2				
2.	4				
3.	6				
4.	8				
5.	10				
6.	12				

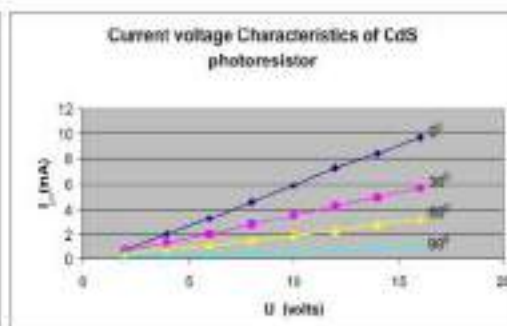
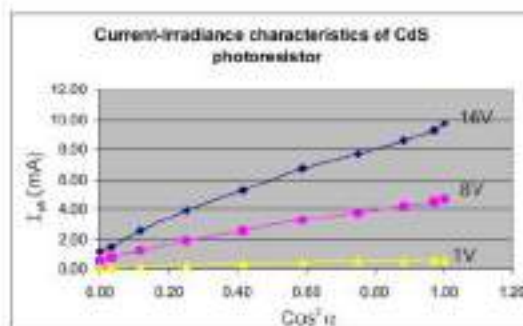
CALCULATION/PLOT THE GRAPH:

- Calculate $\cos^2 \alpha$ in table 1 and draw a $\cos^2 \alpha$ V/S I_{ph} graph.
- Draw a Voltage V/S I_{ph} graph using the data of table 2.

RESULT: The photoconducting CdS crystals behave like an ohmic resistance that depends on irradiance

SOURCES OF ERRORS AND PRECAUTIONS:

- Use a stable and calibrated light source to ensure consistent irradiance during measurements.
- Maintain a constant temperature, as photoconductivity is temperature-dependent also.
- Ensure that the light beam is accurately aligned with the photoconductive material.
- Apply the appropriate voltage to avoid damaging the photoconductive material.



मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, भोपाल
भौतिकी विभाग

बी.टेक. प्रथम / द्वितीय सेमेस्टर
प्रयोग: प्रकाशचालकता (फोटोकंडक्टिविटी)

उद्देश्य: प्रकाश-विकिरण और लागू वोल्टेज के फलन रूप में CdS की I-V विशेषता को समझें।

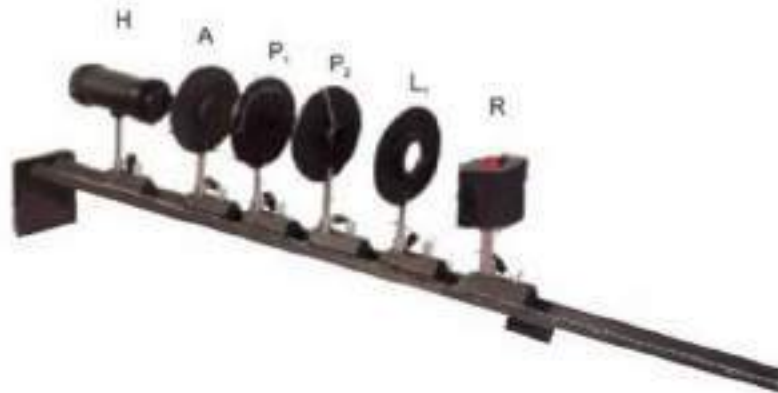
उपकरण: प्रकाश स्रोत (पीला प्रकाश बल्ब), लैंप हाउसिंग, एडजस्टेबल स्लिट, पोलराइज़र, विश्लेषक, वोल्टेज स्रोत 1) 2-12 वी 2) 0-16 वी, फोकसिंग लेंस, ऑप्टिकल बेंच।

सिद्धांत:

परिचय: जब प्रकाश विकिरण अर्धचालक या इन्सुलेटिंग क्रिस्टल पर पड़ता है, तो पदार्थ की विद्युत चालकता में वृद्धि होती है। इसे फोटोकंडक्टिविटी की घटना के रूप में पहचाना जाता है। फोटोकंडक्टिविटी की मुख्य विशेषताएं हैं,

- 1) किसी दिए गए पदार्थ की फोटोकंडक्टिविटी प्रकाश की तरंग दैर्घ्य पर निर्भर करती है।
- 2) अशुद्धियों की उपस्थिति पदार्थ की फोटोकंडक्टिविटी को काफी हद तक प्रभावित करती है क्योंकि कुछ अशुद्धियाँ इसकी फोटोसेंसिटिविटी को कम कर सकती हैं।
- 3) प्रकाश का पदार्थ के चार्ज वाहक सांद्रता (चार्ज कर्रिएर कंसंट्रेशन) पर सीधा प्रभाव पड़ता है।

जब कोई सामग्री उचित तरंग दैर्घ्य की रोशनी के संपर्क में आती है जो उसके बैंडगैप (जैसे) के बराबर या उससे अधिक होती है तो उसके चार्ज वाहक के वैलेंस से कंडक्शन बैंड में संक्रमण की उच्च संभावना होती है। इस तरीके से उत्पादित मुक्त इलेक्ट्रॉन-होल जोड़े विद्युत चालकता के वाहक के रूप में कार्य करते हैं। जब सामग्री पर विभवांतर (पोटेंशियल डिफरेंस) लागू होता है तो चार्ज वाहकों की यह उत्तेजना फोटोकंडक्टिविटी में परिणत होती है। हालांकि फोटोकंडक्टिविटी किसी पदार्थ की आंतरिक घटना नहीं है। यह विकिरण, तापमान और उसके बैंडगैप में ट्रैप वितरण जैसे मापदंडों पर निर्भर करता है। ट्रैप पदार्थ के निषिद्ध बैंडगैप में वितरित कुछ खामियों के असतत ऊर्जा स्तर हैं। खामियों या ट्रैप की भूमिका इस मापने में महत्वपूर्ण है कि पुनर्संयोजन (रिकॉम्बिनेशन) केंद्रों के रूप के ट्रैप फोटोकंडक्टिविटी को कम करते हैं जबकि सक्रियण (एक्टिवेशन) केंद्र इसे बढ़ाते हैं या इसमें योगदान देते हैं। इसलिए दिए गए पदार्थ (CdS) की फोटोकंडक्टिविटी का मूल्यांकन इस प्रकार लक्षित है, 1) विकिरण में भिन्नता के संबंध में CdS की फोटोकंडक्टिविटी (I-V) विशेषता का अध्ययन। 2) सीडीएस पर लागू विभवांतर में परिवर्तन के संबंध में सीडीएस की फोटोकंडक्टिविटी (I-V) विशेषता का अध्ययन।



चित्र 1: दिए गए क्रिस्टल की फोटोकंडक्टिविटी मापने के लिए सेट-अप। लैंप हाउसिंग (H), लैंप हाउसिंग (H), एडजस्टेबल स्लिट (A), ओलराइज़र (P1), एनालाइज़र (P2), लेंस (L) और फोटो-रेज़िस्टर मटीरियल (R)

प्रक्रिया:

स्थिर वोल्टेज पर विकिरण (α) के कार्य के रूप में फोटोकंट का मापन।

(1) लैप हाउसिंग (एच), समायोज्य स्लिट (ए), पोलराइज़र (पी1), विश्लेषक (पी2), लेंस (एल) और फोटो-रेजिस्टर सामग्री (आर) को ऑप्टिकल बेंच पर निम्न चित्र 1 के अनुसार माउंट करें।

(2) लैप हाउसिंग के लीड को बिजली की आपूर्ति (0-12 वी ए.सी./ डी.सी., 5 एम्पियर) से कनेक्ट करें और लैप पर 10 वी ए.सी. लागू करें।

(3) लैप हाउसिंग (H), समायोज्य स्लिट (A), पोलराइज़र (P1), विश्लेषक (P2), लेंस (L) और फोटो-रेजिस्टर सामग्री (R) की ऊँचाइयों को समायोजित करें, ताकि ये सभी एक ही ऑप्टिकल अक्ष पर स्थिर हो जाएं।

(4) फोटो-रेजिस्टर और दिए गए फोटो-कंट मापने वाली इकाई (मल्टीमीटर) के कनेक्शन को निम्न चित्र 2 में दिखाए अनुसार बनाएँ।

(5) पोलराइज़र और एनालाइज़र दोनों को शुरू में 00 मार्क पर सेट करें।

(6) लैप, लेंस और फोटोरेजिस्टर को इस तरह से एडजस्ट करें कि प्रकाश की एकसमान किरण सीधे फोटोरेजिस्टर की सतह पर पड़े।

(7) फोटोरेजिस्टर पर 12 V का D.C. वोल्टेज लगाएँ।

(8) फोटोरेजिस्टर से 9 mA करंट प्रवाहित करने के लिए स्लिट की चौड़ाई को एडजस्ट करें। पूरे प्रयोग के दौरान इस चौड़ाई को स्थिर रखें।

(ए) स्थिर वोल्टेज पर विकिरण (α) के फलन के रूप में फोटोकंट का मापन।

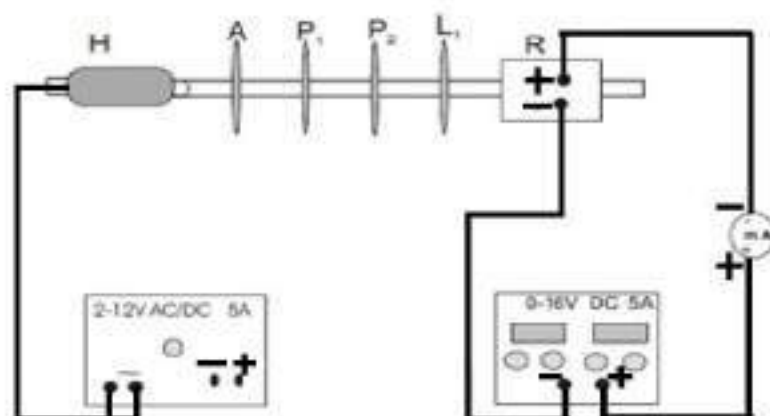
(9) फोटोरेजिस्टर पर स्थिर वोल्टेज 2.0V D.C. लागू करें, पोलराइज़र और विश्लेषक के कोण को $90^\circ, 60^\circ, \dots$ to 0° तक बदलें और फोटोकंट I_{ph} में संगत परिवर्तन रिकॉर्ड करें।

(10) इसी तरह पोलराइज़र और विश्लेषक के कोण को बदलकर प्रत्येक स्थिर वोल्टेज 6.0 और 12.0 के लिए फोटोकंट मापें और तालिका 1 में रिकॉर्ड करें।

(बी) स्थिर विकिरण पर क्रिस्टल पर लागू डी.सी. वोल्टेज के फलन के रूप में फोटोकंट का मापन

(11) कोण 90° तय करें और लागू वोल्टेज 2.0V D.C. को 12.0V D.C. तक बदलें और फोटोकंट I_{ph} में संगत परिवर्तन मापें।

(12) इसी तरह वोल्टेज को बदलकर स्थिर कोण $60^\circ, 30^\circ$ और 0° के लिए फोटोकंट मापें और तालिका 2 में रिकॉर्ड करें।



चित्र 2: दिए गए क्रिस्टल की प्रकाशचालकता के मापन हेतु सेट-अप का सर्किट कनेक्शन।

प्रेक्षण/ अवलोकन:

तालिका 1:

S.No.	Irradiance (α)	$\cos^2 \alpha$	Photocurrent with respect to the varying voltage (I_{ph} mA)		
			2V	6V	12V
7.	90°				
8.	60°				
9.	45°				
10.	30°				
11.	15°				
12.	0°				

तालिका 2:

S.No.	D.C. Voltage applied to the CdS crystal (V)	Photocurrent with respect to the varying irradiance, (I_{ph} mA)			
		90°	60°	30°	0°
7.	2				
8.	4				
9.	6				
10.	8				
11.	10				
12.	12				

गणना/ग्राफ प्लॉट करें:

- तालिका 1 में $\cos 2\alpha$ की गणना करें और $\cos 2\alpha$ V/S I_{ph} ग्राफ बनाएं।
- तालिका 2 के डेटा का उपयोग करके वोल्टेज V/S I_{ph} ग्राफ बनाएं।

परिणाम: फोटोकंडक्टिंग CdS क्रिस्टल एक ओमिक प्रतिरोध की तरह व्यवहार करते हैं जो विकिरण पर निर्भर करता है।

त्रुटियों के स्रोत और सावधानियाँ:

- माप के दौरान लगातार विकिरण सुनिश्चित करने के लिए एक स्थिर और कैलिब्रेटेड प्रकाश स्रोत का उपयोग करें।
- एक स्थिर तापमान बनाए रखें, क्योंकि फोटोकंडक्टिविटी तापमान पर भी निर्भर है।
- सुनिश्चित करें कि प्रकाश किरण फोटोकंडक्टिव सामग्री के साथ सटीक रूप से संरेखित है।
- फोटोकंडक्टिव सामग्री को नुकसान पहुंचाने से बचने के लिए उचित वोल्टेज लागू करें।

