



## परिचय

किसी भी अन्य विज्ञान विषय की भाँति भौतिकी भी ऐसा विषय है जो कि क्रिया - कलापों के द्वारा अधिक अच्छी तरह से सीखा जा सकता है। निश्चित रूप से उच्चतर माध्यमिक स्तर पर प्रायोगिक भौतिकी, विज्ञान पाठ्यक्रम का एक अभिन्न अंग है।

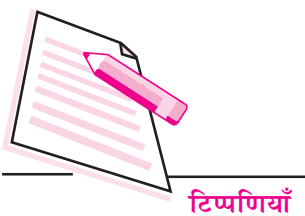
### 1. प्रयोगात्मक भौतिकी के उद्देश्य

यह प्रश्न पूछा जा सकता है कि प्रयोगशाला कार्य के क्या उद्देश्य हैं। इसी संदर्भ में हम यह कह सकते हैं कि प्रयोगात्मक कार्य निम्न उद्देश्यों की पूर्ति करता है:

- आपके भौतिकी पाठ्यक्रम में दिये गये सिद्धान्तों का निरूपण करना।
- उपकरणों से परिचय कराना तथा यंत्रों व उपकरणों के उद्देश्यपूर्ण प्रयोग करने के योग्य बनाना।
- वैज्ञानिक प्रयोगों को करके सीखने में मदद करना।
- प्रायोगिक कार्यों में पूर्णता की अभिवृत्ति का विकास करना।

विज्ञान के किसी भी सिद्धान्त को समझने में उसका प्रायोगिक निरूपण काफी सहायक होता है। उदाहरणार्थ, अन्तर्ज्ञान से हमें यह प्रतीत होता है कि यदि एक लोलक  $1^\circ$  के आयाम से दोलन करता है और फिर  $20^\circ$  के आयाम से तो दूसरी स्थिति में आवर्तकाल काफी अधिक होगा-यदि 20 गुना न भी हो तो भी 2-3 गुना तो होगा ही। गैलीलियो द्वारा अपने हृदय स्पंदों को घड़ी के रूप में प्रयोग करने पर यह पाया गया कि आवर्तकाल आयाम के साथ परिवर्तित नहीं होता व इसी खोज से लोलक घड़ियों का विकास हुआ।

द्वितीय उद्देश्य संभवतः अधिक महत्वपूर्ण है। प्रयोगात्मक कार्यों में आप अनेक उपकरणों का प्रयोग करते हैं। अपने व्यवसाय के रूप में आप किसी वैज्ञानिक शोध या उद्योग में संलग्न हो सकते हैं। उच्चतर माध्यमिक या विश्वविद्यालय-स्तर पर भी प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम में उन समस्त यंत्रों का समावेश सम्भव नहीं है जिन्हें विभिन्न छात्र भविष्य में पयोग कर सकते हैं। प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम जो कि आपको अत्यधिक यंत्रों का परिचय कराने का प्रयास करे, ऊबाऊ व भारस्वरूप सिद्ध होगा। सही प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम कुछ यंत्रों की सहायता से ही, आपको सामान्य यंत्रों के उपयोग के योग्य बनाता है। एक शोधार्थी व तकनीकी व्यक्ति को यंत्रों का उपयोग करते समय एक विशेष मानसिक अभिवृत्ति की आवश्यकता होती है जिसे प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम कुछ आधारभूत कौशल के साथ समाविष्ट करने का प्रयास करता है। यह है पूर्णता की अभिवृत्ति, यंत्रों को सूक्ष्मतम



विस्तारों के साथ जानने की अभिवृत्ति, यंत्रों को उचित रूप से प्रयोग करने का ज्ञान प्राप्त करना व उन्हें समुचित रूप से एवं आवश्यक सावधानियों सहित प्रयोग करना। भारतीय उद्योगों के संदर्भ में, जो कि अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर प्रतिस्पर्धा करने के लिए कृतसंकल्प हैं, इस उद्देश्य की उपयोगिता को कम नहीं आंका जा सकता।

शिक्षण विधि की दृष्टि से तृतीय उद्देश्य संभवतः सर्वाधिक महत्वपूर्ण है। प्रायोगिक कार्य यदि सत्यतापूर्वक व उचित प्रकार से किया जाय तो आप एक अच्छे प्रयोगकर्ता बन सकते हैं। यह आपको नया ज्ञान प्राप्त करने की व्यवस्थित प्रायोगिक विधि (वैज्ञानिक विधि) में प्रशिक्षित करता है। यह केवल शोधार्थी के लिये ही नहीं वरन, सभी के लिये आवश्यक है। हम दैनिक जीवन में अनेक स्थितियों का सामना करते हैं जिनके लिये हम जांच व त्रुटि विधि द्वारा सूचना प्राप्त करते हैं।

## 2. पुस्तिका का प्रारूप

इस पुस्तिका में प्रयोगों का प्रस्तुतीकरण स्व निर्देशक सामग्री द्वारा निम्न प्रारूप में किया जा रहा है।

- 1) **ध्येय:** यह प्रयोग के क्षेत्र को परिभाषित करता है।
- 2) **उद्देश्य:** प्रयोग के उद्देश्य आपको उन कौशल व ज्ञान के विषय में बताते हैं जिन्हें प्रयोगोपरान्त आप द्वारा अर्जित व विकसित किये जाने की अपेक्षा की जाती है।
- 3) **आवश्यक पूर्णज्ञान:** यह आपको प्रयोग को अर्थपूर्ण ढंग से करने के लिये आवश्यक आधारभूत ज्ञान व संकल्पनाओं से अवगत कराता है।
- 4) **आवश्यक सामग्री:** यह प्रयोग करने के लिये आवश्यक उपकरणों व अन्य सामग्री की पूर्ण सूची प्रदान करता है।
- 5) **प्रयोग का समायोजन:** यहाँ क्रमबद्ध रूप से उपकरणों के व्यवस्थापन व प्रयोग करने हेतु विभिन्न पदों का वर्णन करने के साथ-साथ आवश्यक सावधानियों का यथेष्ट समावेश किया गया है।
- 6) **प्रेक्षण:** प्रत्येक प्रयोग में प्रेक्षण अभिलेखन के लिये अनुकूल प्रारूप प्रदान किया गया है।
- 7) **न्यास-विश्लेषण:** प्रत्येक प्रयोग में न्यास-विश्लेषण सम्बन्धी सुझाव दिये गये हैं। कई प्रयोगों में यह उपर्युक्त शीर्षक (6) के साथ सम्मिलित रूप से प्रयुक्त किया गया है।
- 8) **परिणाम:** यह प्रेक्षणों से निकाले गये निष्कर्ष हैं व प्रारम्भ में निर्धारित किये गये उद्देश्यों को पूर्ण करते हैं।
- 9) **त्रुटि के स्रोत:** चूंकि भौतिकी के समस्त प्रयोगों में मापन सन्निहित है और यदि मापन में त्रुटि हो तो परिणाम निश्चित रूपेण त्रुटिपूर्ण होंगे। अतः, आपका ध्यान मापन में त्रुटि के कारणों की ओर आकृष्ट किया गया है।



10) **देखें आपने क्या सीखा:** प्रत्येक प्रयोग के अन्त में कुछ प्रश्नों का समावेश किया गया है ताकि किये गये कार्य को दृढ़ीभूत किया जा सके व उस प्रयोग से सम्बन्धित आप कितना समझ पाये हैं उस विषय ज्ञान का परीक्षण किया जा सके।

किसी भी प्रयोग को करने से पूर्व उस प्रयोग के अन्तर्गत दिये गये विस्तृत सुझावों को पढ़ने की सलाह दी जाती है तदनुसार ही आप अपनी कार्य योजना निर्धारित करें। शंका होने पर अपने अनुशिक्षक (tutor) से आवश्यक स्पष्टीकरण कर लें।

### 3. प्रायोगिक त्रुटियाँ

निम्न सारणी को ध्यानपूर्वक देखें। इसमें प्रकाश के वेग का मान सटीक रूप से ज्ञात करने के कुछ परिणाम दिये गये हैं और संयोगवश इनसे आपको प्रयोगात्मक त्रुटियों के विषय में समुचित रूप से ज्ञान प्राप्त हो जायेगा।

दिनांक	प्रेक्षक, जाँचकर्ता	प्रक्षित वेग km/s	सार्थक अंक
1972	कोर्नू	299990 ± 200	4
1880	माइकेलसन	299910 ± 50	5
1883	न्यूकोन	299860 ± 30	5
1883	माइकेलसन	299850 ± 60	5
1826	माइकेलसन	299796 ± 4	6
1982 को प्राप्त श्रेष्ठतम मान		299792.4590 ± 0.0008	10

इन परिणामों से स्पष्ट होता है कि

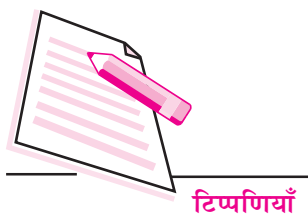
अ) किसी भी प्रयोग द्वारा शत-प्रतिशत शुद्ध मापन सम्भव नहीं है।

ब) वैज्ञानिकों का ध्येय सही मान का निकटतम मूल्य ज्ञात करना है।

स) प्रयोगकर्ताओं को अपने प्रयोगों की सटीकता का समुचित निर्धारण करना पड़ता है।

सम्भावित त्रुटि के ज्ञान के अभाव में किसी प्रयोग के परिणामों की कोई सार्थकता नहीं है अर्थात् परिणाम में दर्शित समस्त अंक अर्थपूर्ण होने चाहिये।

किसी परिणाम के सार्थक अंकों में वह सभी अंक सम्मिलित हैं जो कि विश्वसनीय हैं और एक अन्तिम अंक भी जो कि सन्देहास्पद है। इस प्रकार 1875 में कोर्नू को केवल 4 सार्थक अंकों का परिणाम प्राप्त हो सका उसके प्रयोग की संभावित त्रुटि ± 200 थी यानि उसके परिणाम में चौथा अंक सन्देहास्पद है। पुनः 1883 में माइकेलसन केवल पाँच सार्थक अंकों तक परिणाम प्राप्त कर सका क्योंकि उसके द्वारा आँकलित त्रुटि का मान



टिप्पणियाँ

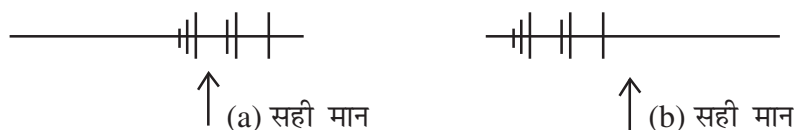
$\pm 60$  किलोमीटर/सेकण्ड था। 1826 में, 50 वर्षों तक प्रकाश-वेग मापन के लिये किये गये प्रयासों में फलस्वरूप वह सार्थक अंकों की संख्या में केवल 1 अंक की वृद्धि कर पाया-अर्थात् अपने मापन की सत्यपरकता बढ़ाने के लिये इतने अधिक प्रयास की आवश्यकता पड़ती है।

### 3.1 विभिन्न प्रकार की त्रुटियाँ

हम प्रयोगात्मक त्रुटियों को निम्न दो वर्गों में विभक्त कर सकते हैं-

**क्रमबद्ध त्रुटियाँ-** ये प्रयोग में होने वाली वह त्रुटियाँ हैं जो सदैव समान रूप से होती हैं। यह उपकरणीय या यॉत्रिक त्रुटि हो सकती है। उदाहरणार्थ, यदि लकड़ी के एक पुराने पैमाने से, जो कि आर्द्रता के कारण फैल गया हो, लम्बाई मापन करें तो लम्बाई हमेशा कम मापी जाएगी। यह त्रुटि यंत्र के समंजन में हुई गलती के फलस्वरूप भी हो सकती है अथवा किसी अवधारणा के त्वरित संप्रेषण हेतु किये गये प्रयोग के सरलीकरण के फलस्वरूप हो सकती है जिसमें कि इस त्रुटि को नगण्य मान लिया गया हो। यहाँ तक कि एक प्रेक्षक अपनी किसी प्रवृत्ति के फलस्वरूप भी मापन की त्रुटि कम या अधिक कर सकता है।

**यदृच्छ त्रुटियाँ-** इन प्रायोगिक त्रुटियों के कारण प्रेक्षणों में प्राप्त मान शुद्ध मान के सापेक्ष कभी कम व कभी अधिक आ जाते हैं। जैसे कि पैमाने को पढ़ने में लंबन त्रुटि। यह त्रुटि प्रेक्षक के कारण भी हो सकती है और उपकरण के कारण भी उदाहरणार्थ, तापमानी द्वारा ताप के मापन में तापमानी की मोटाई के कारण भी लम्बन त्रुटि सम्भव है और प्रेक्षक द्वारा पैमाने के लम्बवत दृष्टिपथ न रखने के कारण भी। बार-बार किये जाने वाले मापनों में प्रेक्षण, यदृच्छ त्रुटियों के फलस्वरूप, शुद्ध मान के इधर उधर (एक लघु परास में) विसरित रहते हैं चित्र 1 (a) को देखें। त्रुटि के अभाव में प्राप्त परिणाम शुद्ध परिणामों के आस पास होते हैं (यद्यपि आप कभी भी शुद्ध मान ज्ञात नहीं कर सकते हैं (चित्र 1b))



**चित्र 1:** परिणामों का समुच्चय (a) बिना क्रमबद्ध त्रुटि (b) क्रमबद्ध त्रुटि के साथ

यहाँ त्रुटियों के संदर्भ में प्रयुक्त दो शब्दों सटीक व परिशुद्ध (Precise) के बीच अन्तर स्पष्ट करना सुविधाजनक होगा। परिणाम को सटीक (accurate) तब माना जाता है जब कि यह सापेक्ष रूप से क्रमबद्ध (Systematic) त्रुटियों से मुक्त हो तथा परिणाम को परिशुद्ध उस समय माना जाता है जबकि यदृच्छ त्रुटियाँ न्यून हों। व्यवहारिक रूप से एक अधिक सटीक (accurate) प्रयोग सामान्यतः अधिक परिशुद्ध भी होता है।

आपको किसी मापन के कम से कम तीन अलग-अलग प्रेक्षण लेने चाहिये और तब उनका माध्य ज्ञात करना चाहिये। इस प्रकार से धनात्मक व ऋणात्मक यदृच्छ त्रुटियाँ एक



दूसरे को निरस्त करने की प्रवृत्त होती हैं। इससे आपको प्रयोग में होने वाली बड़ी त्रुटि का भी ज्ञान हो सकता है व तब आप उसे प्रेक्षण को छोड़ सकते हैं। उदाहरणार्थ, सरल लोलक का दोलन काल ज्ञात करते समय अगर आप 9 आवृत्तियों को गलती से 10 गिनें तो अन्य प्रेक्षणों की तुलना में इस दोलनकाल का मान काफी कम आने के कारण हम इस प्रेक्षण की उपेक्षा करेंगे।

### 3.2 आंशिक त्रुटि व प्रतिशत त्रुटि

प्रायः अनुमानित त्रुटि को प्रेक्षित राशि के माध्य के अंश के रूप में दर्शाना उपयोगी सिद्ध होता है ताकि सापेक्ष त्रुटि का परिमाण ज्ञात हो सके। अतः यदि माध्य मान  $x$  व अनुमानित त्रुटि  $\Delta x$  हो, तो

$$\text{आंशिक त्रुटि} = \frac{\Delta x}{x}$$

$$\text{व प्रतिशत त्रुटि} = \frac{\Delta x}{x} \times 100$$

किसी मापन विशेष में त्रुटि, मात्र एक अनुमान है व इसे केवल एक ही सार्थक अंक तक ज्ञात करना पर्याप्त है।

किसी माप को पढ़ने में अधिकतम त्रुटि सामान्यतः पैमाने के दो क्रमिक मापांकों के मान का माध्य ली जाती है।

अल्पतमांक: किसी यंत्र द्वारा मापे जा सकने वाले न्यूनतम मान को उस यंत्र का अल्पतमांक है। पैमाना पढ़ने में अधिकतम त्रुटि अल्पतमांक की आधी होती है।

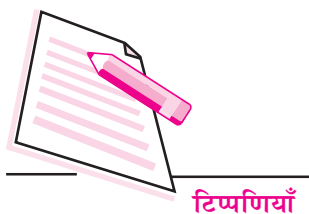
**उदाहरण 1:** एक पैमाना मिलीमीटर में अंकित है। इसके द्वारा एक लोलक की लम्बाई 90 सेन्टीमीटर मापी जाती है। इस मापन में प्रतिशत त्रुटि ज्ञात कीजिए।

**हल:** इस पैमाने द्वारा किसी निकाय के दोनों सिरों की लम्बाई मापन में संभाव्य त्रुटि 0.5 मिलीमीटर है। लम्बाई मापन (दो मापनों के अन्तर) में त्रुटि 0 से 1 मिलीमीटर के बीच हो सकती है। अतः अधिकतम संभव त्रुटि

$$= \frac{1 \text{ mm}}{90.0} \times 100 \text{ या } 0.11\% \text{ , या } 0.1\%$$

इसी प्रकार इसी पैमाने द्वारा 9 सेन्टीमीटर की लम्बाई मापन में प्रतिशत त्रुटि दस गुना यदि 1% होगी। इसी पैमाने से 4 सेन्टीमीटर या 5 सेन्टीमीटर मापन में संभाव्य त्रुटि 20 गुना यानि 2% होगी।

**उदाहरण 2:** एक तापमापी, जिसके पैमाने पर अंकित भागों के बीच का अन्तर  $0.2^\circ\text{C}$  है, से  $20.2^\circ\text{C}$  से  $26.6^\circ\text{C}$  तक तापवृद्धि मापी जाती है। मापन में प्रतिशत त्रुटि ज्ञात करो।



टिप्पणियाँ

हल: प्रत्येक मान पाठन में अनुमानित त्रुटि  $0.1^{\circ}\text{C}$  है। तब ताप मापन में अनुमानित त्रुटि यानि इन दोनों मानों का अन्तर ( $6.4^{\circ}\text{C}$ ) मापने में त्रुटि  $0.2^{\circ}\text{C}$  है। अतः ताप वृद्धि मापन में प्रतिशत त्रुटि

$$= \frac{0.2^{\circ}\text{C}}{6.4^{\circ}\text{C}} \times 100 \text{ या } 3.1\%, \text{ या } 3\%$$

नियम स्वरूप जब दो प्रेक्षणों का योग व अन्तर लिया जाता है तो परिणाम में अनुमानित परम त्रुटि (Absolute error) विभिन्न मापनों में अनुमानित परम त्रुटि के योग के बराबर होती है।

### 3.3 किसी गुणन व भिन्न में प्रतिशत त्रुटि

भौतिक विज्ञान के प्रयोगों में परिणाम की गणना में, सामान्यतः एक से अधिक स्वतंत्र मापनों के परिणाम प्रयुक्त होते हैं। परिणामों का गणन कुछ निम्न प्रकार की समीकरणों पर आधारित होता है। उदाहरणार्थ

(अ) एक आयताकार निकाय का आयतन, जिसकी लम्बाई  $l$ , चौड़ाई  $b$  व ऊँचाई  $h$  है, निम्नवत् है

$$V = l \times b \times h$$

अतः आयतन मापन में प्रतिशत त्रुटि = लम्बाई ( $l$ ), मापन में % त्रुटि + चौड़ाई ( $b$ ) मापन में % त्रुटि + ऊँचाई ( $h$ ) मापन में % त्रुटि

(ब) यदि समीकरण भिन्नात्मक हो यथा

$$\rho = \frac{m}{v}$$

जहाँ कि  $\rho$  = पदार्थ का घनत्व

$$m = \text{पदार्थ का द्रव्यमान}$$

व  $V$  = आयतन है

$\rho$  मापन में प्रतिशत त्रुटि =  $m$  मापन में % त्रुटि +  $V$  मापने में % त्रुटि

(स) यदि किसी सूत्र में किसी राशि के उच्चतर घातोंक निहित हों, यथा,  $r$  त्रिज्या के एक गोले का आयतन

$$v = \frac{4}{3} \pi r^3$$

तो  $V$  में प्रतिशत त्रुटि =  $3 \times r$  के मापन में % त्रुटि



टिप्पणियाँ

(द)  $l$  लम्बाई,  $r$  त्रिज्या व  $R$  प्रतिरोध के तार के पदार्थ की प्रतिरोधकता निम्न प्रकार है।

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{R \times \pi r^2}{l}$$

तब  $\rho$  में प्रतिशत त्रुटि

$$= R \text{ में } \% \text{ त्रुटि} + 2(r \text{ में प्रतिशत त्रुटि}) + l \text{ में } \% \text{ त्रुटि}$$

(य) यदि कोई राशि  $Z$ ,  $A$ ,  $B$  व  $C$  राशियों के रूप में निम्नवत सूत्रबद्ध हो

$$Z = \frac{kA^m B^n}{C^p}$$

जहाँ  $A, B, C$  पूर्णांक या भिन्नांक हों व  $k$  एक नियतांक हो तो

$Z$  के मापन में प्रतिशत त्रुटि

$$= m (A \text{ के मापन में } \% \text{ त्रुटि}) + n (B \text{ के मापन में } \% \text{ त्रुटि})$$

$$+ p (C \text{ के मापन में } \% \text{ त्रुटि})$$

प्राचल	माप	अनुमानित त्रुटि	प्रतिशत त्रुटि
प्रतिरोध ( $R$ )	1250 ओह्म	$\pm 1$ ओह्म	0.08 %
लम्बाई ( $l$ )	2.50 मीटर	$\pm 0.01$ मीटर	0.4 %
व्यास ( $d$ )	0.34 मिलीमीटर	$\pm 0.01$ मिलीमीटर	3 %

तार के पदार्थ की प्रतिरोधकता व परिणाम में अनुमानित त्रुटि ज्ञात करें।

**उदाहरण 3:** मान लीजिए हमारे पास तार के निम्न माप हैं।

**हल:** तार की त्रिज्या =  $\frac{d}{2} = 0.17$  मिलीमीटर =  $\frac{0.17}{1000}$  मीटर

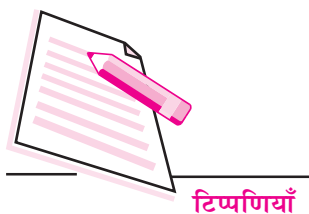
$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{R \times \pi r^2}{l} = \frac{1250 \text{ ohm} \times \pi (0.17/1000)^2 \text{ m}}{2.50 \text{ m}}$$

$$= 4.54 \times 10^{-5} \text{ ओह्म मीटर}$$

$$\rho \text{ मापन में } \% \text{ त्रुटि} = (0.08 + 0.4 + 2 \times 3)\%$$

$$\approx 6.48\%$$

$$\approx 6\%$$



$$\rho \text{ मापन में अनुमानित त्रुटि} = 4.54 \times \frac{6.48}{100} \times 10^{-5} = 0.29 \times 10^{-5} \text{ ओह्म मीटर}$$

अतः दशमलव के एक अंक तक परिणाम लिखने पर

$$\rho = (45 \pm 0.3) 10^{-5} \text{ ओह्म मीटर}$$

दृष्टव्य है कि यदि दशमलव के बाद के अन्तिम अंक का मान 5 से कम हो तो उसको छोड़ देते हैं और पूर्ववर्ती अंक में कोई वृद्धि नहीं होती परन्तु यदि अन्तिम अंक 5 या उससे अधिक हो तो पूर्ववर्ती अंक में एक की वृद्धि हो जाती है।

उपरोक्त उदाहरण से स्पष्ट है कि तार के व्यास-मापन में त्रुटि सर्वाधिक (6%) महत्वपूर्ण है। यदि हम इस प्रयोग को और अधिक परिशुद्ध बनाना चाहें तो व्यास मापन को और अधिक परिशुद्ध बनाना पड़ेगा। अतः सूक्ष्मतर अल्पतमांक के पंचमापी का प्रयोग और तार के विभिन्न स्थानों पर व्यास के कई मान निकालकर उनका माध्य लेना, अधिक सटीक आयतन निकालने की दिशा में महत्वपूर्ण कदम है। इस काम के लिए  $R$  अथवा  $l$  के मापन में सुधार अधिक उपयोगी सिद्ध नहीं होंगे।

#### 4. प्रयोगात्मक भौतिकी में लेखाचित्र

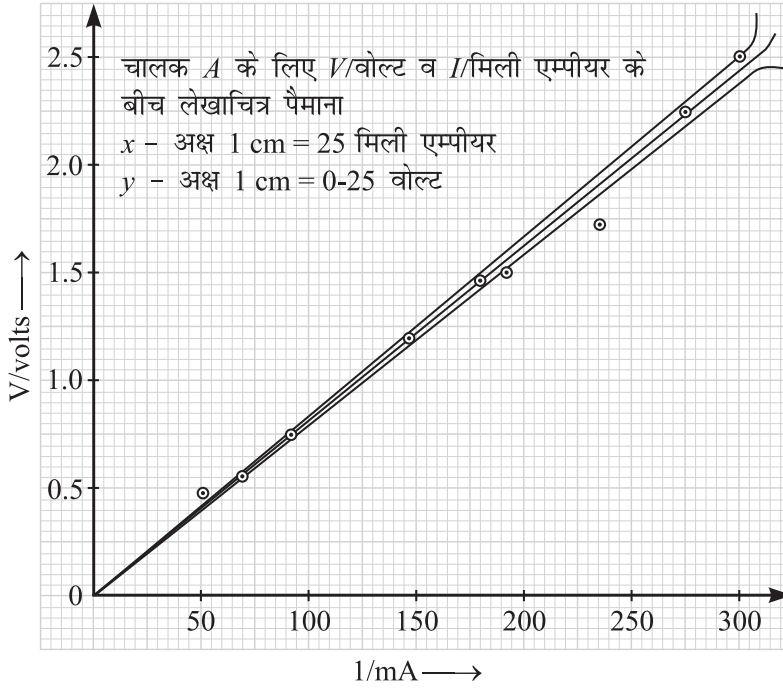
भौतिकी की अधिकतर प्रयोगों में एक भौतिक राशि के कारण दूसरी भौतिक राशियों में होने वाले परिवर्तनों को प्रदर्शित करने वाले लेखाचित्रों की आवश्यकता पड़ती है। पहली राशि स्वतंत्र चर (independent variable) व द्वितीय राशि आश्रित चर (dependent variable) कहलाती है। उदाहरणार्थ किसी चालक में धारा  $I$  के प्रवाह के फलस्वरूप विकसित विभव  $V$  आश्रित चर है व धारा  $I$  स्वतंत्र चर है। स्वतंत्र चर को  $X$ -अक्ष व आश्रित चर को  $Y$ -अक्ष पर दर्शाया जाता है। प्रत्येक मान को लेखाचित्र (graph) में बिंदु से निरूपित किया जाता है। बिन्दुओं को  $\times$  या  $+$  या  $.$  से अंकित करके एक छोटे वृत्त से आवृत ( $\circ$ ) किया जाता है। तब इन बिन्दुओं की समीपतम दूरी से गुजरती हुई एक निष्कोण रेखा खींची जाती है। बिन्दुओं को टेढ़े मेढ़े ढंग से नहीं मिलाया जाता क्योंकि तब यह मापन में शून्य त्रुटि दर्शायेगा जो कि संभव नहीं है।

यदि लेखाचित्र मूल बिन्दु से गुजरने वाली एक सीधी रेखा हो तो चर एक दूसरे के समानुपाती होते हैं। यूरेका तार के लिये, जिसका तापक्रम प्रयोग के क्रम में नगण्य रूप से परिवर्तित होता है,  $V$  व  $I$  का लेखाचित्र एक ऐसा उदाहरण है। (चित्र 2)





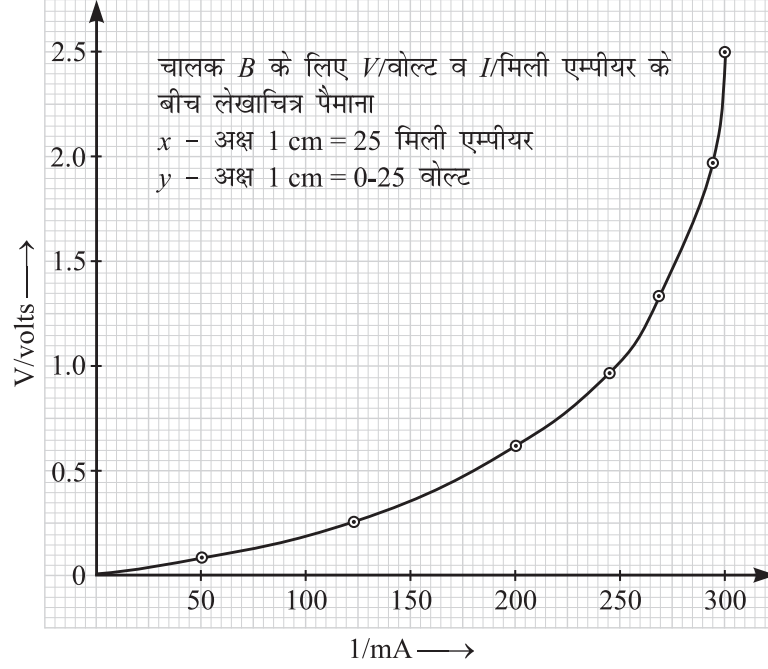
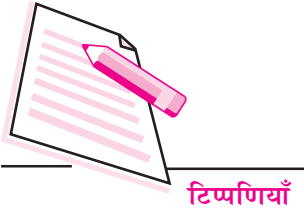
टिप्पणियाँ



चित्र 2: V व I के मध्य लेखाचित्र

$$\text{लेखाचित्र की प्रवणता} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{\text{विभव में परिवर्तन}}{\text{धारा में परिवर्तन}} = R \text{ (तार का प्रतिरोध)}$$

इस प्रकार लेखाचित्र द्वारा प्राप्त प्रवणता सभी प्रेक्षणों का औसत मान दर्शाती है। लेखाचित्र त्याज्य प्रेक्षणों की जाँच का भी अच्छा साधन है। क्योंकि त्याज्य प्रेक्षण-मान निष्कोण लेखाचित्र से पर्याप्त दूरी पर होते हैं। लेखाचित्र इस प्रकार प्रवणता में अनुमानित त्रुटि ज्ञात करने में भी सहायक सिद्ध होते हैं। एक दूसरे के समीप दो रेखायें खींचें ताकि अधिकतर प्रेक्षण बिन्दु इनके मध्य अवस्थित हों। इन रेखाओं की प्रवणताओं का माध्य सर्वश्रेष्ठ (सर्वोचित) अनुमानित प्रवणता व इन दोनों प्रवणताओं के अन्तर का आधा इस प्रवणता में त्रुटि के अनुमानित मान को बताता है। लेखाचित्र बहुधा दो चरों के बीच सम्बन्ध को ज्ञात करने की सर्वोचित विधि है। उदाहरणार्थ, एक बल्ब के लिये V व I के बीच लेखाचित्र से विदित होता है कि V, I के अनुक्रमानुपाती नहीं है। लेखाचित्र की वक्रता दर्शाती है कि I के उच्चतर मानों के लिए V के मान अधिक शीघ्रता से बढ़ते हैं। (चित्र 3)



**चित्र 3:** बल्ब के लिए  $V$  व  $I$  के मध्य वक्र लेखाचित्र

प्राप्त प्रेक्षणों के बीच लेखाचित्र के लिये निम्न तथ्य ज्ञातव्य हैं:

- (i) लेखाचित्र भौतिक राशियों को नहीं बल्कि संख्याओं को निरूपित करते हैं। भौतिकी में एक प्रतीक एक भौतिक राशि को एक उपयुक्त इकाई सहित प्रदर्शित करता है। उदाहरणार्थ, इस कथन को कि “धारा 1.5 एम्पीयर है” सांकेतिक रूप से “ $I = 1.5A$ ” द्वारा निरूपित किया जा सकता है यह कथन “धारा  $IA$  है” निरर्थक है क्योंकि  $I$  में एम्पीयर इकाई समाहित है। अतः  $I/A$ ,  $I/mA$ ,  $V$ /वोल्ट, या  $V/$  मिली वोल्ट विशुद्ध संख्याएँ हैं। लेखाचित्र इन्हीं संख्याओं में निरूपित करते हैं।
- (ii) दो अक्षों के लिये पैमानों के चयन में निम्न बातों का ध्यान रखना चाहिए:
  - (अ) पैमानों का चयन इस प्रकार किया जाय ताकि प्रेक्षण बिन्दु यथासम्भव समुचित रूप से वितरित हों। अर्थात् एक उचित पैमाने का चयन उपलब्ध आंकड़ों की संख्याओं का ध्यान रखते हुए शुरू में ही कर लेना चाहिए और यह भी तय कर लेना चाहिए कि वास्तविक मूल बिन्दु ( $x = 0, y = 0$ ) का चयन करना है या बिन्दु (e.g.  $x = 5, y = 5$ ) को मूल बिन्दु बनाना है।
  - (ब) सरल गणन के लिये सरल पैमानों का प्रयोग, यथा,  $9A$  दर्शाने के लिये  $X$  अक्ष में 4 छोटे-भागों की अपेक्षा 5 छोटे भागों द्वारा  $10 mA$  को दर्शाना अधिक उपयुक्त होगा।
  - (स) यदि लेखाचित्र की प्रवणता मापनी हो तो पैमाने ऐसे रखें ताकि लेखाचित्र व अक्षों के बीच  $30^\circ$  से  $60^\circ$  के बीच कोण बने।



(द) दो भौतिक राशियों के बीच सम्बन्ध ज्ञात करने के लिये कम से कम दोनों राशियों के 6 या 7 युग्मों के मान लिये जाने चाहिये व स्वतन्त्र चर के मानों का फैलाव (विस्तार) यथासम्भव यन्त्र के पूर्ण परास तक होना चाहिए।

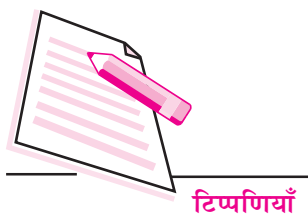
**उदाहरण 4:** निम्न सारणी में धारा के विभिन्न मानों के लिये दो चालकों के सिरों पर उत्पन्न वोल्टता के मान दिये गये हैं। किस चालक के लिये वोल्टता धारा के अनुक्रमानुपाती है? इस चालक का प्रतिरोध ज्ञात करो।

चालक (A)			चालक (A)		
क्रम सं.	ImA	V वोल्ट	क्रम सं.	ImA	V वोल्ट
1	0	0.00	1	0	0.00
2	50	0.45	2	50	0.90
3	100	0.75	3	80	0.15
4	130	1.00	4	120	0.20
5	150	1.20	5	160	0.35
6	150	1.45	6	200	0.60
7	200	1.55	7	240	1.00
8	240	1.70	8	260	1.30
9	90	0.55	9	280	1.70
10	270	2.15	10	290	2.00
11	300	2.45	11	300	2.50

**हल:** माना दोनों चालकों के लिये उपलब्ध आलेख-पत्र का माप 12 सेन्टीमीटर × 18 सेन्टीमीटर है।

चूँकि दोनों लेखा चित्रों में  $V$  एवं  $I$  के परास समान हैं, दोनों में ही हम  $V$ - अक्ष पर 20 मिलीमीटर,  $0.50V$  प्रदर्शित करने के लिए और  $I$ -अक्ष पर 20 मिलीमीटर,  $50\text{ mA}$  को प्रदर्शित करने के लिए अपना पैमाना मान सकते हैं। प्रेक्षणों को देखने से लगता है कि  $V$ -पैमाने के लिये आवश्यक लम्बाई 10 सेन्टीमीटर व  $I$ -पैमाने की 12 सेन्टीमीटर होना आवश्यक है। अतः हम  $V$ -अक्ष को आलेख पत्र के 12 सेन्टीमीटर व  $I$ -अक्ष को अधिक लम्बाई की ओर लेते हैं।

इन प्रेक्षण बिन्दुओं के निरूपण से विदित होता है कि चालक (A) चित्र 2 के लिये  $V \propto I$  चालक B (चित्र 3) के लिये केवल  $I = 120\text{ mA}$  तक ही है तदुपरान्त  $V \propto I$  के उच्चतर मानों के लिये  $V$  के मान में वृद्धि अधिक त्वरित है।



टिप्पणियाँ

चालक (A) के लिए विभिन्न प्रेक्षण बिन्दुओं के लिये सर्वोचित रेखा की प्रवणता ज्ञात करने के लिये हम दो रेखायें OA व OC इस प्रकार लेते हैं जिससे अधिकतर प्रेक्षण बिन्दु इनके बीच में रहें। प्रेक्षण बिन्दु (240 mA, 1.70 V) सर्वाधिक उचित रेखा से अधिक विस्थापित होने के कारण त्याज्य है।

$$\text{सीधी रेखा OA की प्रवणता} = \frac{2.45 \text{ वोल्ट}}{300 \text{ मि० एम्पीयर}} = 8.17 \text{ ओह्म}$$

$$\text{सीधी रेखा OC की प्रवणता} = \frac{2.30 \text{ वोल्ट}}{300 \text{ मि० एम्पीयर}} = 7.67 \text{ ओह्म}$$

$$\therefore (\text{अ}) \text{ का प्रतिरोध} = \frac{8.17 + 7.67}{2} = 7.92 \text{ ओह्म}$$

R के मान के आकलन में अनुमानित त्रुटि

$$= 0.25 \text{ ओह्म}$$

$$= 0.3 \text{ ओह्म (दशमलव के एक अंक तक मान ग्रहण करने पर)}$$

अतः परिणाम इस प्रकार लिखा जा सकता है

$$R = 7.9 \pm 0.3 \text{ ओह्म}$$

#### 4.1 वक्राकार आलेख को सरल रेखीय आलेख में रूपान्तरित करना

समस्त आलेख सरल रेखीय नहीं होते। उदाहरणार्थ बायल का नियम बताता है कि नियत तापक्रम पर गैस की एक निश्चित मात्रा के लिये दबाव इसके आयतन का व्युत्क्रमानुपाती होता है। यदि हम किसी प्रयोग में विभिन्न आयतनों के सापेक्ष दबाव का मापन करके एक लेखाचित्र खीचें तो इसके द्वारा बायल के नियम की पुष्टि कर पाना कठिन होगा।

प्रायः एक वक्र आलेख महत्वपूर्ण सूचना प्रदान करता है। लेकिन सामान्यतः एक ऋजुरेखीय आलेख से और अधिक सूचना प्राप्त होत है। अतः जब भी सम्भव हो हम उन राशियों को निदर्शित करते हैं जिनके ऋजुरेखीय आलेख प्राप्त होते हैं। उपरोक्त उदाहरण में हम यह कह सकते हैं कि दाब आयतन के व्युत्क्रम का समानुपाती होता है इस प्रकार हम P को व इसके सापेक्ष I/V मानों के लिये एक आलेख खींच सकते हैं और यह देखते हैं कि क्या यह आलेख मूलबिन्दु से होकर जाने वाली एक ऋजुरेखा है। यदि ऐसा आलेख प्राप्त होता है तो यह उस गैस के लिये बालय के नियम की पुष्टि करता है। इस प्रकार का ऋजुरेखीय रूपान्तरण एक टार्च बल्ब के लिये V व I के बीच संभव नहीं है।

**उदाहरण 5:** नियम तापक्रम पर एक बन्द हवा के नमूने के लिये दाब व आयतन के बीच निम्न आँकड़े (Data) प्राप्त हुये। आलेखीय विधि से जाँच कीजिए कि क्या यह आलेख इस परिकल्पना की पुष्टि करता है कि “दाब हवा के आयतन का व्युत्क्रमानुपाती होता है।”



$V$ (सेन्टीमीटर <sup>3</sup> )	50	40	35	30	25	22
$P$ (मिलीमीटर पारास्तंभ)	460	570	660	760	825	1050

**हल:** सर्वप्रथम हम  $V$ - $I$  के मानों की गणना करते हैं व आकड़ों (Data) को निम्नवत लिखते हैं।

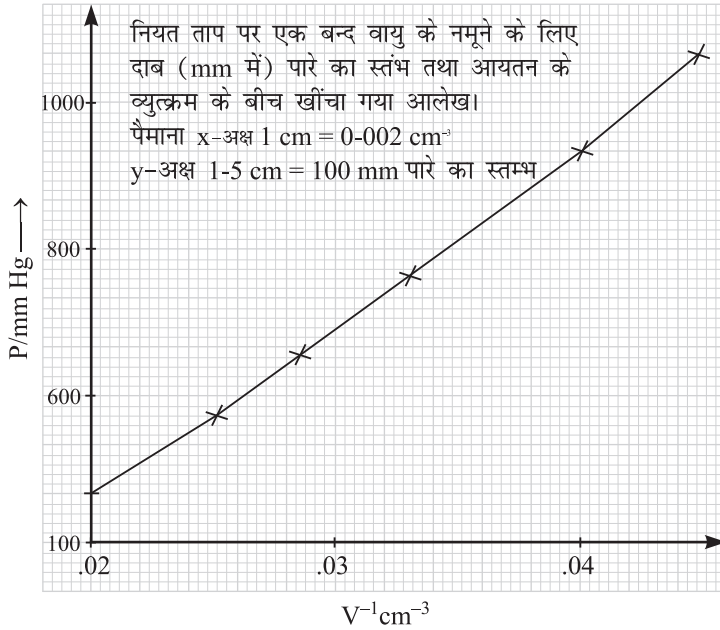
$1/V$ (सेन्टीमीटर <sup>3</sup> )	0.02	0.0250	0.2860	0.333	0.0400	0.0454
$P$ (मिलीमीटर पारास्तंभ)	460	570	660	760	825	1050

$1/V$  (सेन्टीमीटर<sup>3</sup>) के मानों का परास  $X = 0.0200$  से  $0.0454$  तक है।

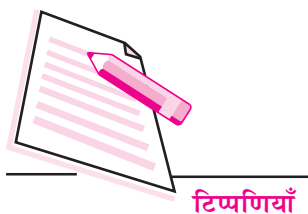
$P$  (मिलीमीटर पारास्तंभ) के मानों का परास  $Y = 460$  से  $1050$  तक है।

अतः एक समुचित सुविस्तृत आलेख प्राप्त करने के लिये एक विस्थापित मूल बिन्दु ( $X = 0.02, Y = 450$ ) का चयन किया जा सकता है। लेकिन इस बात की भी जाँच करनी है कि क्या हमें ऋजुरेखीय आलेख प्राप्त होता है यदि हाँ तो क्या यह मूल बिन्दु से होकर गुजरता है। अतः  $X$  का परास  $0$  से  $0.0454$  व  $Y$  का परास  $0$  से  $1050$  है। यदि आलेख पत्र की विमाएँ  $18$  सेन्टीमीटर  $\times$   $24$  सेन्टीमीटर हो, व  $X$ -अक्ष में  $5$  सेन्टीमीटर  $0.01$  व  $Y$ -अक्ष में  $3$  सेन्टीमीटर  $200$  दर्शाता हो तो  $X$ -अक्ष की लम्बाई  $23$  सेन्टीमीटर व  $Y$ -अक्ष की लम्बाई  $16$  सेन्टीमीटर आवश्यक होगी जो कि दिये गये आलेख पत्र की सीमा में है।

न्यास बिन्दुओं के आलेखीय निरूपण से पता चलता है कि बिन्दुओं की अवस्थिति ऋजुरेखीय है जो कि मूलबिन्दु ( $X = 0, Y = 0$ ) से होकर जाती है। अतः वायु के लिये इस परिकल्पना की पुष्टि होती है।



चित्र 4



टिप्पणियाँ

## 4.2 कौन सा चर स्वतंत्र है?

उपरोक्त विवेचन में हमने धारा  $I$  को  $V$  व  $I$  के बीच सम्बन्ध का अध्ययन करने के लिये स्वतंत्र चर माना था। प्रयोग के वास्तविक क्रियान्वयन में स्वतंत्र चर का चयन बहुधा ऐच्छिक होता है। अतः एक चालक में एक निश्चित मात्रा की धारा के प्रवाहित होने से उत्पन्न हुए विभव (वोल्टेज) के स्थान पर एक निश्चित वोल्टेज लगाने से उत्पन्न धारा का मान ज्ञात कर सकते हैं इसी प्रकार एक निश्चित ताप पर यह  $P$  व  $V$  के बीच के सम्बन्ध में भी लागू हो सकता है।

आलेखन के लिये भी स्वतंत्र चर का चयन प्रायः ऐच्छिक रहता है। सर्वाधिक महत्वपूर्ण बात दो चरों के लिये पैमानों का चयन है ताकि आलेख पत्र का अधिकतम भाग उपयोग में लाया जा सके। आप सुविधानुसार आलेख पत्र की लम्बाई या चौड़ाई को क्षैतिज अक्ष के रूप में प्रयोग कर सकते हैं।

## 5. भौतिकी में गणना के लिये लघुगणकों का प्रयोग

प्रेक्षित आकड़ों से अन्तिम परिणाम प्राप्त करने के लिये की गयी गणनाओं में गुणा या भाग का समावेश रहता है। इस प्रकार की गणनाओं को लघुगणकों की सहायता से अधिक शीघ्रता से व कम त्रुटियों के साथ किया जा सकता है।

किसी अंक का लघुगणक ज्ञात करने के लिये आप एक चार अंकों की लघुगणकीय-सारणी का प्रयोग करते हैं। किसी अंक के लघुगणक में दो भाग होते हैं। पूर्णांक भाग व दशमलव भाग पूर्णांक भाग को कैरक्टरिस्टिक (अभिलाक्षणिक) व दशमलव भाग को मेंटिसा (अपूर्णांक) कहते हैं। जहाँ अपूर्णांक (Mantissa) का मान धनात्मक, पूर्णांक ऋणात्मक पूर्णांक या शून्य हो सकता है।

आप लघुगणकीय सारणी को देखने पर पायेंगे कि 90 से लेकर 99 तक के प्रत्येक अंक के समक्ष चार अंक पंक्तियों में व्यवस्थित हैं। ये चार अंक ही प्रत्येक स्थिति में लघुगणक के अपूर्णांक को दर्शाते हैं।

1 से 10 के बीच किसी संख्या का लघुगणक के अभिलाक्षणिक का मान शून्य होता है। 10 से बड़ी किसी संख्या के लिये अभिलाक्षणिक का मान एक धनात्मक पूर्णांक है जो कि दशमलव के बाँई ओर अंकों की संख्या से एक कम है। एक से कम किसी संख्या के लिये अभिलाक्षणिक का मान ऋणात्मक होता है व इसका मान दशमलव के बाद शून्यांकों की संख्याओं से एक अधिक होता है। इस प्रकार

7,47,300 का अभिलाक्षणिक 5 है।

7,473 का अभिलाक्षणिक 3 है।

74.73 का अभिलाक्षणिक 1 है।



टिप्पणियाँ

7.473 का अभिलाक्षणिक 0 है।

0.7473 का अभिलाक्षणिक -1 या 1 (एक बार) है।

0.07473 का अभिलाक्षणिक -2 या 2 है।

0.007473 का अभिलाक्षणिक 3 या 3 है।

उदाहरण 6: 7.4 का लघुगणक ज्ञात कीजिए।

हल: अंक 74 के सामने स्तम्भ में अपूर्णांश 8682 है

7.4 का अभिलाक्षणिक शून्य है। अतः लघुगणक  $7.4 = 0.8682$

**उदाहरण 7:** 74.7 का लघुगणक ज्ञात कीजिए।

**हल:** सर्वप्रथम हम सारणी के बाँये भाग में 74 अंक देखते हैं। फिर क्षैतिज दिशा में 7 के नीचे का अंक देखते हैं। इस प्रकार हमें पूर्णांश प्राप्त होता है जिसका मान 8733 है। अभिलाक्षणिक का मान 1 है। अतः लघुगणक  $74.7 = 1.8733$

**उदाहरण 8:** लघुगणक 0.07473 का मान ज्ञात कीजिए।

**हल:** इसमें 4 अंक निहित हैं। चार अंकों की स्थिति में सारणी में बाँयी ओर स्थित माध्य अन्तर स्तम्भ का प्रयोग आवश्यक है।

$$747 \text{ का अपूर्णांश} = 0.8733$$

$$\text{चौथी संख्या 3 के लिये माध्य अन्तर} = 2$$

$$7473 \text{ का अपूर्णांश} = 0.8735$$

$$\therefore \text{लघुगणक } 0.07473 = 2.8735$$

## 5.1 प्रतिलघुगणक

दिये गये किसी लघुगणक के तुल्य संख्या का मान प्रतिलघुगणक सारणी के प्रयोग से प्राप्त किया जा सकता है। सर्वप्रथम हम अपूर्णांश का प्रयोग करके वांछित संख्या के अंक प्राप्त करते हैं। तदुपरान्त अभिलाक्षणिक की सहायता से दशमलव का स्थान निर्धारण किया जाता है।

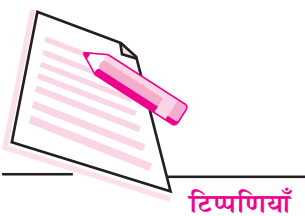
**उदाहरण 9:** वह संख्या ज्ञात कीजिए जिसका लघुगणक 2.6057 हो।

हल : अपूर्णांश के प्रथम तीन अंकों के लिये

$$\text{प्रतिलघुगणक } 0.605 = 4027$$

$$\text{अपूर्णांश के चौथे अंक 7 के लिये माध्य अन्तर} = 7$$

$$= 4034$$



अतः वह संख्या जिसका प्रतिलघुगणक 2.6057 है  
403.4 हुई

इसी प्रकार

वह संख्या जिसका लघुगणक 06057 है  
8.034 हुई

वह संख्या जिसका लघुगणक 2.6057 है  
0.04038 हुई

वह संख्या जिसका लघुगणक 9.6057 है  
0.4034 हुई

## 5.2 गुणन

दो या दो से अधिक संख्याओं के गुणनफल का मान ज्ञात करने के लिये संख्याओं के लघुगणकों का योग कीजिए। यह योग ही संख्याओं के गुणनफल का लघुगणक हुआ। लघुगणकों के योग में यह सावधानी बरतनी है कि अपूर्णाश हमेशा धनात्मक रहे। केवल दशमलव बिन्दु के बाँयी ओर अभिलाक्षणिक ही धनात्मक या ऋणात्मक हो सकता है। वस्तुतः इस रूपान्तरण से लघुगणकों का योग सरल हो जाता है क्योंकि अपूर्णाश के चारों अंकों को धनात्मक अंकों की भाँति जाड़ा जाता है। जब अभिलाक्षणिक में योग के लिये हमारे पास कुछ धनात्मक व ऋणात्मक पूर्णाश ही शेष रह जाते हैं।

**उदाहरण 10:**  $47.45 \times 0.006834 \times 1063$  का मान ज्ञात कीजिए।

**हल:**

$$\text{लघुगणक } 47.45 = 1.6767$$

$$\text{लघुगणक } 0.006834 = 3.8347$$

$$\text{लघुगणक } 1063 = 3.0265$$

$$\text{लघुगणक (गुणन)} = 2.5379$$

प्रतिलघुगणक लेने पर

$$\therefore \text{ गुणनफल} = 838.8$$

## 5.3 विभाजन

गुणनफल ज्ञात करने के लिये जहाँ लघुगणकों का योग किया जाता है उसी भाँति विभाजन के लिये विभाज्य संख्या के लघुगणक से विभाजक संख्या के लघुगणक को घटाया जाता है। यह अन्तर ही भिन्नात्मक संख्या का लघुगणक होता है।





टिप्पणियाँ

**उदाहरण 11:**  $0.4889 \div 256.8$  का मान ज्ञात कीजिए।

**हल:**

$$\text{लघुगणक } 0.4889 = 1.6894$$

$$\text{लघुगणक } 256.8 = 2.4086$$

$$\text{लघुगणक (भिन्न)} = 3.2798$$

प्रतिलघुगणक लेने पर

$$\therefore \text{भिन्न} = 0.001905$$

दृष्टव्य है कि धनात्मक व ऋणात्मक पूर्णाकों की भाँति अभिलाक्षणिक 1 में अभिलाक्षणिक 2 घटाने पर हमें अभिलाक्षणिक का मान 3 प्राप्त होता है।

**उदाहरण 12:** निम्न का मान ज्ञात कीजिए।

$$\frac{51-32 \times 0-04971 \times 1-021}{69-84 \times 42-98 \times 3-982}$$

**हल:**

$$\text{लघुगणक } 51.32 = 1.7103$$

$$\text{लघुगणक } 69.84 = 1.8449$$

$$\text{लघुगणक } 0.04971 = 2.6965$$

$$\text{लघुगणक } 42.98 = 1.6333$$

$$\text{लघुगणक } 1.029 = 0.0090$$

$$\text{लघुगणक } 3.142 = 0.4972$$

$$\text{लघुगणक (अंश)} = 0.4158$$

$$\text{लघुगणक (हर)} = 3.9746$$

$$\text{अतः परिणामी लघुगणक} = 0.4158$$

$$- 3.9746$$

$$= 4.4412$$

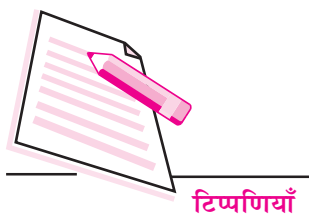
प्रति लघुगणक लेने पर

$$\therefore \text{परिणाम} = 0.0006446$$

दृष्टव्य है कि अंश से हर को घटाने पर अपूर्णांश का धनात्मक माना जाता है। 9 को 3 से घटाने के लिये हम शून्य अभिलाक्षणिक से 1 प्राप्त करके इसे 1 बना देते हैं; तब  $13 - 9 = 4$  (दशमलव बिन्दु के बाद का प्रथम अंक)

## 6. कुछ सामान्य यंत्रों के पाठ्यांक लेने में सावधानियाँ

किसी यंत्र द्वारा मापन में आप इसमें प्रयुक्त पैमाने की सहायता से किसी वस्तु की अन्तिम स्थिति, या तल या संकेतक की स्थिति आदि ज्ञात करते हैं। उदाहरणार्थ

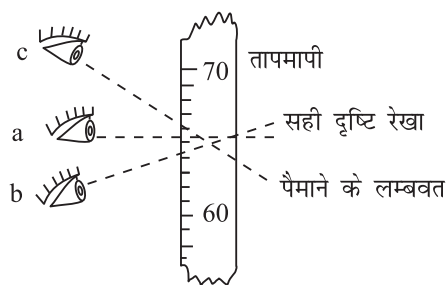


टिप्पणियाँ

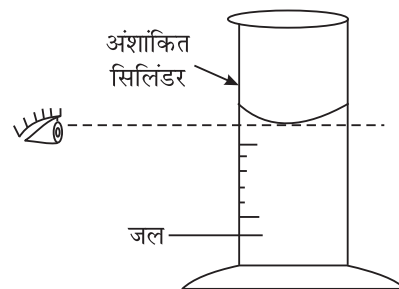
- (अ) आप तापमापी के पैमाने में पारे के स्तम्भ की ऊपरी सतह देखते हैं।  
 (ब) बुनाई की सलाई की लम्बाई ज्ञात करने के लिये आप मीटर पैमाने में इसके नोकों की स्थिति देखते हैं।  
 (स) अंशांकित बेलनाकार धारक के पैमाने में पानी के तल को देखकर आप इसका आयतन पता कर सकते हैं।  
 (द) यदि आप के पास एक अमीटर, या एक वोल्टमीटर, या एक वोल्टमीटर या धारामापी या एक मल्टीमीटर (Multimeter) या एक विराम घड़ी है तो आप उसके वृत्ताकार पैमाने में संकेतक की स्थिति पढ़ते हैं।

इन सभी स्थितियों में सामान्यतः बरती जाने वाली सावधानी यह है कि **आपकी दृष्टि यंत्र के पैमाने के लम्बवत हो ताकि ( लंबन ) त्रुटि का निराकरण किया जा सके**। इसके लिये एक आँख बन्द करके दूसरी आँख से पढ़ने का थोड़ा अभ्यास चाहिये। तब आँख मापे जाने वाले बिन्दु से मिलाने वाली रेखा पैमाने के लम्बवत रखी जाती है।

चित्र (5) के संदर्भ में यदि तापमापी का पाठ्यांक स्थिति (अ) में लिया जाय तो इसका मान  $65^{\circ}\text{C}$  प्राप्त होगा और (ब) या (स) स्थितियों में क्रमशः  $68^{\circ}\text{C}$  या  $66^{\circ}\text{C}$  प्राप्त होगा। इसका कारण तापमापी का बाह्य भाग में अंशांकित होना व आन्तरिक भाग में पारद तन्तु का अवस्थित होना है। ये दोनों कदापि सम्पाती नहीं हो सकते हैं।



चित्र 5: सही दृष्टि रेखा

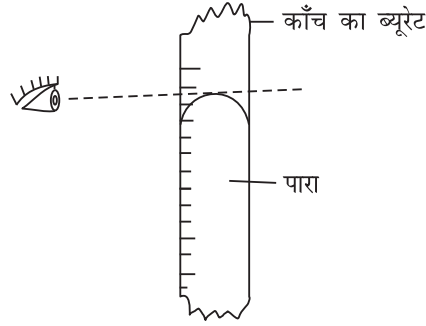


चित्र 6: मापक जार में द्रव तल

चित्र (6) के संदर्भ में, एक मापक जार (jar) या ब्यूरेट में द्रव का तल कभी भी समतल नहीं हो सकता। यह तल जल व अन्य अनेक द्रवों के लिये ऊपर से देखने पर अवतल है। तल के केन्द्र का पाठ्याँक लिया जाना है। परिसीमा से नीचे होने के कारण इसे निचला अर्धेन्दु (Lower Meniscus) कहा जाता है। पाठ्याँक ज्ञात करने के लिये आपका दृष्टिपथ क्षैतिज व बेलनाकार धारक की लम्बाई ऊर्ध्वाधर होनी चाहिए। यदि बेलनाकार धारक बाँयी ओर को झुका हो तो कम व यदि दाँई ओर झुका हो तो पाठ्याँक अधिक आयेगा। इसी प्रकार यदि काँच के ब्यूरेट में पारा भरा हो या विशेष प्लास्टिक के बर्तन में पानी भरा हो तो तल अवतल होता है।

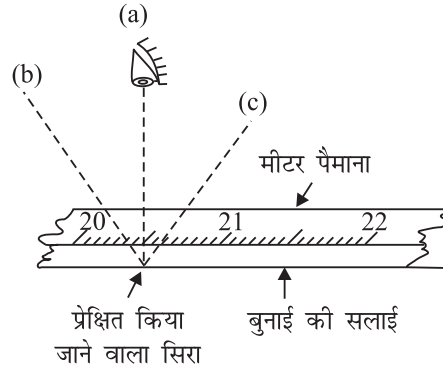


टिप्पणियाँ



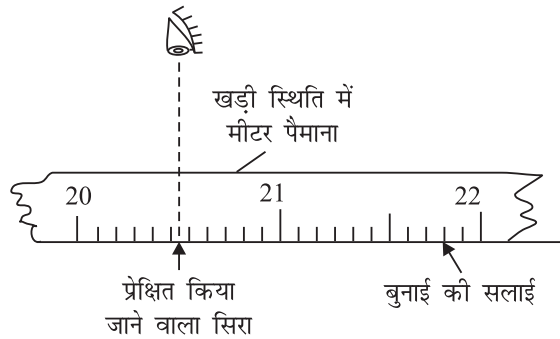
चित्र 7: एक धारक में पारे का तल

आप ऊपरी अर्धेन्दु (Upper meniscus) इस सतह के केन्द्र की स्थिति प्राप्त करना चाहते हैं। बुनाई की सलाई के सिरो की स्थिति मीटर पैमाने से पता करने के लिये पुनः दृष्टिपथ को पैमाने के लम्बवत रखने की आवश्यकता है। (चित्र 8) में (अ) स्थिति में सही व (ब) व (स) स्थितियों में त्रुटिपूर्ण पाठ्यांक प्राप्त होंगे, पैमाने की धार जितनी पतली होगी त्रुटि उतनी ही कम होगी। अतः 30 सेन्टीमीटर के पैमानों में धार काफी पतली बनाई जाती है।

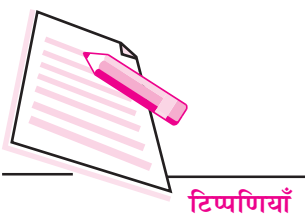


चित्र 8: मीटर पैमाने पर पाठ्यांक लेना

मीटर पैमाने के प्रयोग की अधिक अच्छी विधि पैमाने की मोटी धार में पैमाने को खड़ा करना है (चित्र 9)। इस स्थिति में प्रेक्ष्य अन्त्य भाग अंशांकन के अति समीप होता है और इस प्रकार आपका पथ पैमाने के लम्बवत नहीं होने पर भी लंबन त्रुटि कम हो जाती है। कुछ सीमा तक अंशांकन स्वयं दिक्दर्शक का कार्य करता है जिससे आप अपनी आँख को उचित स्थिति में व्यवस्थित कर सकते हैं।



चित्र 9: खड़ी स्थिति में मीटर पैमाना



एक विराम घड़ी या एक धारामापी में संकेतक पैमाने से थोड़ा ऊपर चलायमान है। अपनी आँखों के प्रतिबिम्ब, जो कि यंत्र के अगले शीशे में दिखायी पड़ता है, की सहायता से आप अपने दृष्टिपथ को पैमाने के ऊर्ध्वाधर व्यवस्थित कर सकते हैं। अच्छे विद्युत उपकरणों में पैमाने के साथ एक दर्पण पट्टिका लगी रहती है जिसमें आप संकेतक का प्रतिबिम्ब देख सकते हैं।

प्रेक्षण के लिए संकेतक को उसके बिम्ब के सम्पाती बनाया जाता है व इस प्रकार सही पाठ्यांक प्राप्त हो जाता है।

## 7. भौतिक प्रयोगशाला में सुरक्षा सम्बन्धी सावधानियाँ

भौतिक प्रयोगशाला में लापरवाही से दुर्घटना हो सकती है जिससे आप या आपके साथी प्रयोगकर्ता को क्षति पहुँच सकती है। कुछ यंत्र काफी कीमती होते हैं जिनके दुर्घटनावश क्षतिग्रस्त होने से सम्पूर्ण कक्षा का कार्य ठप हो सकता है। उपकरणों व अन्य सामग्रियों के समुचित प्रयोग से दुर्घटनाओं को रोका जा सकता है। इस संदर्भ में भौतिक प्रयोगशाला में निम्न बातें जानने व करने योग्य हैं:

- (i) बर्नर की ज्वाला बुझाने के लिये गैस बन्द कर दें। इसके लिये किसी ठोस या द्रव का प्रयोग न करें जैसे एक टोपी रख देना या जल का प्रयोग जैसा कि अग्निशमन में किया जाता है।
- (ii) सिंक में टूटे काँच के उपकरणों को न डालें। इस प्रकार की सामग्री को कूड़ेदान में ही डालें।
- (iii) प्रयोगशाला में प्रयोग करते समय अन्य लोगों से वार्तालाप न करें। यदि आपको कोई कठिनाई हो तो अपने शिक्षक से संपर्क करें। वस्तुतः यदि दो या तीन छात्र एक ही उपकरण का प्रयोग करते हुए एक ही प्रयोग कर रहें हों तो आपस में शंका समाधान किया जा सकता है। दल के प्रत्येक सदस्य को बारी-बारी से प्रेक्षण लेने चाहिये।
- (iv) कभी भी किसी तार में धारा प्रवाह का परीक्षण करने हेतु उसे स्पर्श न करें। उचित परास के वोल्टमापी या परीक्षक पेचकस (tester) का प्रयोग करें।
- (v) धारदार यंत्रों जैसे झिरी बनाने के लिये प्रयुक्त ब्लेड युग्म आदि को सावधानी पूर्वक प्रयोग करें ताकि आपकी त्वचा क्षतिग्रस्त न हो।
- (vi) संवेदनशील उपकरणों जैसे धारामापी आदि के प्रयोग में इस बात का पूर्ण ध्यान रखा जाय कि उसमें अधिक धारा प्रवाहित न हो अन्यथा उपकरण जल सकता है। प्रारम्भ में शून्य बिन्दु ज्ञात करने के लिये उच्च श्रेणी प्रतिरोध का प्रयोग करें। जब आप शून्य बिन्दु के समीप पहुँचते हैं तो उस स्थिति में प्रतिरोध हटाकर यंत्र को संवेदनशील बनायें तथा शून्य बिन्दु का सूक्ष्म समायोजन करें।
- (vii) यदि जल किसी प्रयोग का ही अंग न हो तो यह सावधानी बरतें कि उपकरण गीले न हों।



टिप्पणियाँ

## कटना व जलना

- टूटे हुए काँच या किसी धारदार किनारे से कटने पर घाव से काँच के टुकड़े को निकालें। एक साफ कपड़े या रूमाल के प्रयोग से रक्त प्रवाह नियंत्रित करें व मरहम पट्टी करें इसके लिये थोड़े से डेटाल, स्प्रीट, बर्नोल या सेवलान का प्रयोग करें व इसे एक साफ कपड़े की मिट्टी से ढक दें।
- गरम वस्तु के छूने या जलने के फलस्वरूप बने घावों की स्थिति में जले हुए हिस्से को 15 से 30 मिनट तक ठंडे पानी के अंदर रखें व तदोपरान्त बर्नोल लगायें।

## 8. प्रयोग पुस्तिका तैयार करना

अब आप अवश्य ही प्रयोगों को लिखने के लिए प्रयोग पुस्तिका तैयार करने के विषय में जानना चाहेंगे। सम्भवतया प्रयोग करने में आपने इस मैनुअल में दिये गये पदों का अनुकरण किया होगा। कुछ विशिष्ट परिस्थितियों में आपने इस पुस्तिका में वर्णित विधि की सहायता से भिन्न प्रकार से प्रयोग किये होंगे जिसके लिये आपके अनुशिक्षक ने आपका मार्गदर्शन किया होगा। प्रयोग पुस्तिका में प्रयोग लिखने के लिये आप निम्न प्रारूप का प्रयोग कर सकते हैं

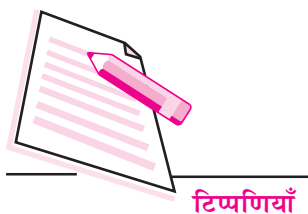
- प्रयोग का उद्देश्य
- प्रयोग में उपयोगी यन्त्र व सामग्री
- प्रयोग विधि यदि यह इस पुस्तिका में वर्णित विधि से भिन्न हो।
- प्रयोग करते समय लिये गये प्रेक्षण
- प्रेक्षणोपरान्त की गई गणनाएँ
- प्रेक्षणों व गणनाओं के फलस्वरूप प्राप्त परिणाम
- प्रयोग करते समय अपनायी गई सावधानियाँ

### प्रयोगात्मक परीक्षा की योजना

अवधि: 3 घन्टे

भौतिकी की सैद्धान्तिक परीक्षा के साथ 20 अंकों की प्रयोगात्मक परीक्षा होगी। 20 अंकों का बंटन निम्नवत है।

(i) मौखिक परीक्षा	3 अंक
(ii) अभिलेख पुस्तिका (प्रेक्षण पुस्तिका)	3 अंक
(iii) विभिन्न समूहों से 7-7 अंकों के दो प्रयोग	14 अंक



## प्रयोग-1

वर्नियर कैलिपर्स द्वारा किसी बेलनाकार धारक (टिन केन, ऊष्मामापी) के आन्तरिक व्यास व गहराई का मापन करके इसकी धारिता ज्ञात कीजिए व एक अंशाकित बेलनाकार धारक का प्रयोग करके परिणाम की पुष्टि कीजिए।



### 1.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के उपरान्त आप:

- वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमांक व शून्य त्रुटि निर्धारण कर सकेंगे;
- अंशाकित बेलनाकार धारक के अल्पतमांक का निर्धारण कर सकेंगे;
- वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से एक बेलनाकार धारक का आन्तरिक व्यास व गहराई माप सकेंगे; तथा
- एक अंशाकित बेलनाकार धारक द्वारा दूसरे बेलनाकार धारक की धारिता ज्ञात कर पायेंगे।

### 1.2 आवश्यक पूर्व-ज्ञान

जैसा कि आप जानते हैं कि बेलन का आयतन निम्न प्रकार से सूत्रबद्ध किया जाता है,

$$V = \pi r^2 h = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

जहाँ  $d$  = बेलन का आन्तरिक व्यास,

$r$  = बेलन की आन्तरिक त्रिज्या, तथा

$h$  = बेलन की गहराई

#### आवश्यक सामग्री

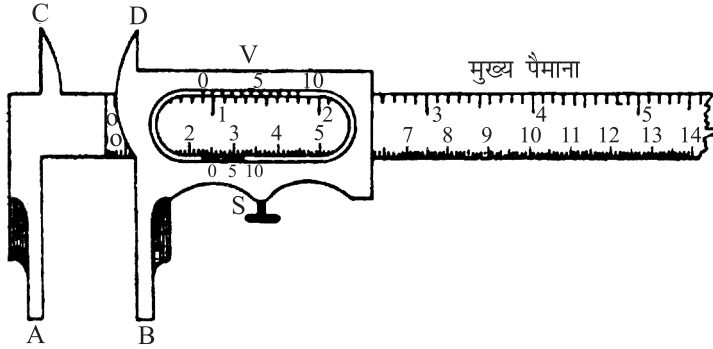
एक वर्नियर कैलिपर्स, एक ऊष्मामापी या बेलनाकार धारक (बर्तन) एक अंशाकित बेलन, एक काँच की पट्टिका।



टिप्पणियाँ

### 1.3 प्रयोग का समायोजन

आपने वर्नियर कैलिपर्स के विषय में अध्ययन किया होगा। इसमें कैलिपर्स के एक जोड़े के साथ एक मुख्य व एक वर्नियर पैमाने की व्यवस्था होती है। यंत्र के (A व B) दो जबड़े होते हैं। वर्नियर पैमाना, जो B के साथ जुड़ा होता है, मुख्य पैमाने के ऊपर सरलतापूर्वक फिसल सकता है। वर्नियर पैमाने का अंशांकन इस प्रकार किया जाता है जिससे कि वर्नियर कैलिपर्स के कुछ भाग मान लीजिए 10 भाग, मुख्य पैमाने के 9 भागों पर सम्पाती हों। मुख्य पैमाने के एक भाग व वर्नियर पैमाने के एक भाग का अन्तर वर्नियर नियतांक कहलाता है जो इस यंत्र का अल्पतमांक भी कहा जाता है।



चित्र 1.1: वर्नियर कैलिपर्स

### 1.4 प्रयोग विधि

#### (अ) अल्पतमांक या वर्नियर नियतांक का मान ज्ञात करना

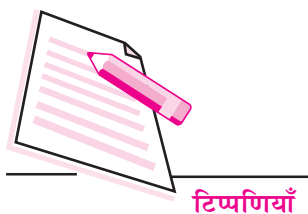
- ध्यान देने योग्य है कि वर्नियर पैमाने के भाग मुख्य पैमाने के भागों से छोटे हैं। मुख्य पैमाने के एक भाग व वर्नियर पैमाने के एक भाग का अन्तर वर्नियर नियतांक या अल्पतमांक कहलाता है।
- वर्नियर पैमाने के उन भागों की संख्या ( $n$ ) नोट करो जो मुख्य पैमाने के एक कम भागों ( $n - 1$ ) से ठीक-ठीक मिलते हों।
- अब निम्न प्रकार अल्पतमांक ज्ञात करें

$$\text{वर्नियर पैमाने का एक भाग} = \text{मुख्य पैमाने का } \frac{n-1}{n} \text{ भाग}$$

- वर्नियर पैमाने के एक भाग का मान

= मुख्य पैमाने के एक भाग का मान

- मुख्य पैमाने का  $\frac{n-1}{n}$  भाग का मान

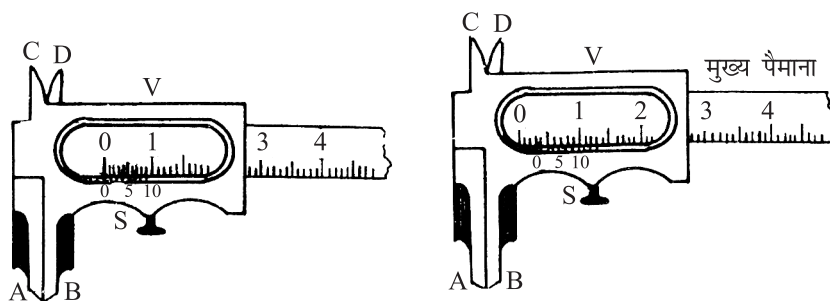


$$= \text{मुख्य पैमाने का } \left(1 - \frac{n-1}{n}\right) \text{वां भाग}$$

$$= \text{मुख्य पैमाने का } 1/n \text{ वां भाग}$$

### (ब) वर्नियर पैमाने की शून्यांक त्रुटि ज्ञात करना

- (iv) यदि वर्नियर कैलिपर्स के जबड़ों को मिलाने पर मुख्य पैमाने पर अंकित शून्य वर्नियर पैमाने पर अंकित शून्य पर सम्पाती न हो तो उपकरण में शून्यांक-त्रुटि होती है। यदि वर्नियर पैमाने का शून्यांक मुख्य पैमाने के शून्यांक के बाँयी ओर हो तो उपकरण में ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि होती है जैसा कि चित्र 1.2 (अ) में दिखाया गया है और यदि वर्नियर पैमाने का शून्यांक मुख्य पैमाने के शून्यांक के दाँई ओर हो तो धनात्मक शून्यांक त्रुटि होती है। चित्र 1.2 (ब)



चित्र 1.2 (अ): ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि चित्र 1.2 (ब): धनात्मक शून्यांक त्रुटि

- (v) यदि उपकरण में शून्यांक त्रुटि हो तो दोनों जबड़े मिलाकर यह देखें कि वर्नियर पैमाने का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के किसी भी भाग पर सम्पाती है। धनात्मक शून्यांक त्रुटि होने पर शून्यांक त्रुटि का मान वर्नियर पैमाने के मुख्य पैमाने पर सम्पाती भाग व वर्नियर पैमाने के अल्पतमांक के गुणनफल के बराबर होता है। ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि होने पर वर्नियर पैमाने के अन्त से पीछे की ओर सम्पाती भाग देखा जाता है।
- (vi) यह भी सम्भव है कि वर्नियर पैमाने का कोई भी भाग मुख्य पैमाने के किसी भाग पर सम्पाती न हो। ऐसी स्थिति में वर्नियर पैमाने का जो भी भाग ज्यादा निकट रूप से मुख्य पैमाने के किसी भाग से मिलता है उसे लिया जाता है।

### (स) वर्नियर पैमाने पर शून्यांक त्रुटि संशोधन ज्ञात करना

- (vii) यह शून्यांक त्रुटि का ऋणात्मक है, अर्थात्  
 शून्यांक त्रुटि संशोधन = - (शून्यांक त्रुटि)  
 शून्यांक त्रुटि संशोधन को बीजगणितीय रूप से प्रेक्षित मान में जोड़ने पर संशोधित मान प्राप्त होता है।





टिप्पणियाँ

### (द) आन्तरिक व्यास का मान ज्ञात करना

- (viii) (चित्र) 1 की भाँति वर्नियर कैलिपर्स के ऊपरी जबड़ों को ऊष्मामापी के अन्दर समायोजित करें। ऊपरी जबड़े ऊष्मामापी को सुदृढ़ रूप से स्पर्श करने चाहिये। इस प्रकार आन्तरिक व्यास प्राप्त किया जा सकता है।
- (ix) वर्नियर पैमाने के शून्य के ठीक पूर्ववर्ती मुख्य पैमाने का मान ज्ञात करें और यह ज्ञात करें कि वर्नियर पैमाने का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के किसी भी भाग से मिलता है।
- (x) ऊष्मामापी के पूर्णतया बेलनाकार न होने की सम्भावना होने के कारण पिछले प्रेक्षण से लम्बवत समायोजन करके उसी स्थान पर एक और प्रेक्षण लेना चाहिये।
- (xi) प्रेक्षण युग्मों की पुनरावृत्ति कम से कम तीन बार करें व उन्हें सारणी में अंकित करें।

### (स) गहराई मापन

- (xi) अब वर्नियर कैलिपर्स के किनारे को एक काँच पट्टिका में रखिये व इसके गहराई मापक पैमाने (केन्द्रीय चल पट्टिका) को इस भाँति व्यवस्थित कीजिए कि यह भी अच्छी तरह से काँच पट्टिका को स्पर्श करे। तब गहराई मापक की शून्यांक त्रुटि पूर्व वर्णित विधि के अनुसार ज्ञात कीजिए।
- (xii) अगले चरण में वर्नियर कैलिपर्स के सिरे को ऊष्मामापी के ऊपरी सिरे (किनारे) पर टिका कर इस प्रकार रखिये कि गहराई मापक का सिरा आन्तरिक तल को स्पर्श करे। इस प्रकार ऊष्मामापी की प्रेक्षित गहराई का मान प्राप्त हो जायेगा। इसमें शून्यांक त्रुटि संशोधन करने पर गहराई का संशोधित माप प्राप्त हो जायेगा।

### सत्यापन

- (xiv) वर्नियर कैलिपर्स द्वारा मापी गई ऊष्मामापी की धारिता के सत्यापन के लिये इसे जल से पूर्णरूपेण भरें। उसके बाद इस जल का आयतन ज्ञात करने के लिये इसे एक खाली अंशांकित बेलनाकार बर्तन में उड़ें। इस प्रकार प्रयोग द्वारा निकाले गये आयतन व वास्तविक आयतन का मान प्राप्त हो जायेगा जिससे दोनों मानों की तुलना की जा सकती है।

## 1.5 प्रेक्षण

- मुख्य पैमाने का एक भाग = ..... mm
- वर्नियर पैमाने के ..... भाग = मुख्य पैमाने के ..... भाग
- वर्नियर पैमाने का एक भाग = मुख्य पैमाने का ..... भाग
- अल्पतमांक = मुख्य पैमाने के एक भाग का मान
- वर्नियर पैमाने के एक भाग का मान



टिप्पणियाँ

व्यास मापन में शून्यांक त्रुटि = ..... mm  
 = ..... cm  
 व्यास मापन में शून्यांक त्रुटि = (1) ..... (2) .....  
 (3) .....  
 माध्य शून्यांक त्रुटि = ..... cm  
 माध्य शून्यांक संशोधन = - (माध्य शून्यांक त्रुटि) = ..... cm

**सारणी 1.1:** ऊष्मामापी का आन्तरिक व्यास ज्ञात करने के लिये

क्रम सं.	मुख्य पैमाने का पाठ्यांक (y)	वर्नियर पैमाने का सम्पाती भाग (n)	वर्नियर का पाठ्यांक $x = n \times$ अलपतामंक	प्रेक्षित मान $= y + x$
1 (a)				
(b)				
2 (a)				
(b)				
3 (a)				
(b)				

प्रेक्षित मान का माध्य = .....  
 $d =$  औसत संशोधित व्यास = .....

**गहराई मापन में शून्यांक त्रुटि**

शून्यांक त्रुटि = (1) ..... (2) ..... (3) .....  
 औसत शून्यांक त्रुटि = ..... cm  
 शून्यांक संशोधन का मान = - (शून्यांक त्रुटि का माध्य) = ..... cm

**सारणी 9.2:** ऊष्मामापी की गहराई (h) मापन के लिए

क्रम सं.	मुख्य पैमाने का पाठ्यांक (y)	वर्नियर पैमाने का सम्पाती भाग (n)	वर्नियर का पाठ्यांक $x = n \times$ अलपतामंक	प्रेक्षित मान $= y + x$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

प्रेक्षित गहराई का औसत मान = .....  
 $h =$  औसत संशोधित गहराई = .....



टिप्पणियाँ

## 1.6 परिणाम व विवेचन

$$\begin{aligned} \text{बेलन का आन्तरिक आयतन} &= \frac{1}{4} \pi^2 dh \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

### सत्यापन

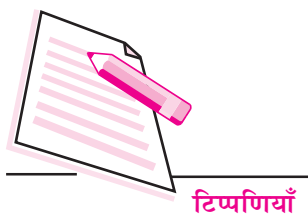
अंशांकित बेलनाकार धारक द्वारा मापा गया ऊष्मामापी का आयतन = .....

## 1.7 त्रुटि के स्रोत

- (i) हो सकता है कि वर्नियर पैमाने का कोई भाग मुख्य पैमाने के किसी भी भाग पर पूर्णतया संपाती न हो।
- (ii) वर्नियर पैमाना ढीला हो सकता है, या हो सकता है कि यह समान रूप से अंशांकित न हो, या वर्नियर पैमाने के जबड़े इसके मुख्य पैमाने के लम्बवत न हों। सस्ते उपकरणों में प्रायः ये त्रुटियाँ पायी जाती हैं

## 1.8 देखें आपने क्या सीखा

- (i) वर्नियर पैमाना क्या है और इसे इस नाम से क्यों जाना जाता है?  
.....
- (ii) वर्नियर नियताँ का क्या अर्थ है?  
.....
- (iii) यदि वर्नियर पैमाने का शून्य मुख्य पैमाने के शून्य के बाँयी ओर हो तो शून्याँक त्रुटि कैसी होगी धनात्मक या ऋणात्मक?  
.....
- (iv) शून्याँक त्रुटि का निर्धारण कैसे किया जाता है?  
.....
- (v) वर्नियर पैमाने का क्या लाभ है?  
.....
- (vi) यदि शून्याँक त्रुटि  $-0.03 \text{ cm}$  हो तो शून्याँक संशोधन का मान क्या होगा?  
.....
- (vii) आप वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से खोखले बेलन के तल की मोटाई कैसे माप सकते हैं।  
.....



## प्रयोग-2

पेंचमापी द्वारा किसी दिए गए तार का व्यास ज्ञात करना ।



### 2.1 उद्देश्य

प्रयोग करने के उपरान्त आप:

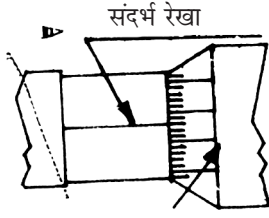
- पेंचमापी का अल्पतमांक ज्ञात कर सकेंगे;
- पेंचमापी की शून्यांक त्रुटि ज्ञात कर सकेंगे;
- पेंचमापी द्वारा एक तार का व्यास ज्ञात कर सकेंगे;

### आवश्यक सामग्री

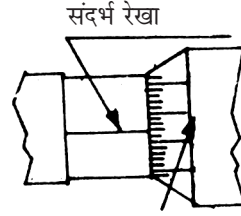
तार एवं पेंचमापी

### 2.2 आवश्यक पूर्वज्ञान

- चूड़ी अंतराल:** किसी पेंच का चूड़ी अन्तराल उसके एक पूर्ण घुमाव में मुख्य पैमाने पर तय की गयी दूरी को कहते हैं।
- अल्पतमांक:** वृत्ताकार पैमाने के एक भाग को आगे बढ़ाने पर पेंच मापी द्वारा मुख्य पैमाने पर तय की गई दूरी को पेंचमापी का अल्पतमांक कहते हैं।
- शून्यांक त्रुटि मापन व इसका निराकरण:** यदि पेंचमापी के सिरो को मिलाने पर वृत्ताकार व मुख्य पैमाने के शून्य न मिलते हों तो यंत्र में शून्यांक त्रुटि होती है। वृत्ताकार पैमाने के कुछ भाग मुख्य पैमाने के शून्य से आगे या पीछे रह जाते हैं। यदि वृत्तीय पैमाने का शून्य मुख्य पैमाने के शून्य से आगे हो तो शून्यांक त्रुटि ऋणात्मक होती है (चित्र 2.1 अ) और यदि इसके विपरीत होने पर शून्यांक त्रुटि धनात्मक होती है। (चित्र 2.1 ब)
- पिच्छट त्रुटि:** पेंच व नट के बीच के घिसाव या समायोजन न होने के कारण वृत्ताकार पैमाने वाले शीर्ष को घुमाने पर पेंच अपने अक्ष में तुरन्त चलायमान नहीं हो पाता। इस प्रकार की त्रुटि को पिच्छट त्रुटि कहते हैं। शून्यांक त्रुटि ज्ञात करने या तार के व्यास का मान निकालने के लिये किये सूक्ष्म समायोजन के लिये रेचेट को छानने से पकड़ते हुये आप पेंच को आगे बढ़ायें।



शून्य संदर्भ रेखा से 3 भाग नीचे है।



शून्य संदर्भ रेखा से 3 भाग आगे बढ़ गया है।

चित्र 2.1 अ: ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि

चित्र 2.1 (ब): धनात्मक शून्यांक त्रुटि



टिप्पणियाँ

## 2.3 प्रयोग विधि

- (i) **चूड़ी अन्तराल मापन:** इसके लिये पंचमापी में बने वृत्ताकार पैमाने को कई पूर्ण घुमाव दिये जाते हैं व मुख्य पैमाने पर इसके द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात कर ली जाती है। फिर चूड़ी अन्तराल निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात कर लिया जाता है।

$$\text{चूड़ी अन्तराल} = \frac{\text{तय की गयी दूरी}}{\text{पूर्ण घुमावों की संख्या}}$$

- (ii) **अल्पतमांक मापन:** अल्पतमांक मापन के लिए वृत्ताकार पैमाने पर अंकित भागों की संख्या नोट कीजिए और निम्न सूत्र द्वारा पंचमापी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।

$$\text{अल्पतमांक} = \frac{\text{पंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या}}$$

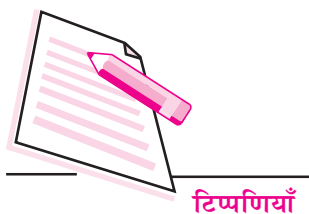
- (iii) **शून्यांक त्रुटि मापन:** पंचमापी के सिरों को मिलाने पर देखें कि वृत्ताकार पैमाने का शून्य मुख्य पैमाने के शून्य से कितना भाग आगे या पीछे है। इस संख्या को अल्पतमांक से गुणा किये जाने पर शून्यांक त्रुटि ज्ञात हो जाएगी।

- (iv) **शून्यांक संशोधन की गणना:** शून्यांक संशोधन शून्यांक त्रुटि का ऋणात्मक मान होता है।

$$\text{शून्यांक संशोधन शून्यांक} = - \text{शून्यांक त्रुटि}$$

तार के प्रेक्षित व्यास में शून्यांक संशोधन को बीजगणितीय विधि से जोड़ने पर हमें सही मान प्राप्त हो जाएगा।

- (v) **व्यास मापन:** इसके लिये पंच को पीछे हटाकर फिर रैचेट द्वारा आगे बढ़ाते हुए तार को पंचमापी के शीर्षों के बीच इस प्रकार व्यवस्थित करें कि यह दोनों सिरों को स्पर्श करे।



(vi) वृत्ताकार पैमाने पर वह निकटतम भाग पढ़ें जो कि मुख्य पैमाने की संदर्भ रेखा की सीध में हो। अब मुख्य पैमाने की सहायता से पेंच के पूर्ण घुमावों की संख्या भी ज्ञात करें।

इस प्रकार व्यास का मान निम्नवत ज्ञात किया जा सकता है-

$$\text{प्रेक्षित व्यास} = (\text{चूड़ी अन्तराल}) \times \text{पूर्ण घुमावों की संख्या} \\ + \text{अल्पतमांक} \times \text{वृत्ताकार पैमाने का पाठ्यांक}$$

(vii) तार की लम्बाई में विभिन्न स्थानों पर 5 प्रेक्षण लें। इनका औसत मान लेकर शून्यांक संशोधन करने पर हमें व्यास का सही मान प्राप्त हो जाता है।

### प्रेक्षण:

चार पूर्ण घुमावों में तय की गई रेखीय दूरी = ..... mm

एक पूर्ण घुमाव में तय की गई रेखीय दूरी = ..... mm

∴ पेंच का चूड़ी अन्तराल (Pitch) = ..... mm = ..... cm

वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या = .....

$$\text{अल्पतमांक} = \frac{\text{पेंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या}} = \text{..... cm}$$

शून्यांक त्रुटि (1) ....., (2) ....., (3) .....

औसत शून्यांक त्रुटि = .....

औसत शून्यांक संशोधन = - (औसत शून्यांक त्रुटि)

= ..... बीजगणितीय विधि से जोड़ी जानी है।

**सारणी 2.1:** व्यास के लिये पेंचमापी के पाठ्याँक

क्रम सं.	रेखीय पैमाना m ( भाग )	वृत्ताकार पैमाना n ( भाग )	प्रेक्षित व्यास = m x चूड़ी अन्तराल + n x अल्पतमांक
1			
2			
3			
4			
5			

औसत प्रेक्षित व्यास = ..... cm

औसत संशोधित व्यास =  $D = \text{..... cm}$



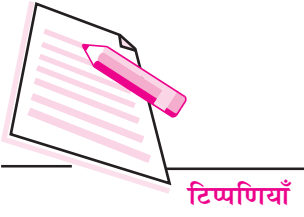
टिप्पणियाँ

## 2.6 त्रुटि के स्रोत

- (i) शून्याँक त्रुटि ज्ञात करते समय या तार का व्यास ज्ञात करते समय पेंचमापी के पेंच का अधिक कसा जाना तार को विरूपित कर सकता है जिससे माप त्रुटिपूर्ण होने की संभावना रहेगी।
- (ii) रैचेट शीर्ष को घुमाने पर यदि पेंच नहीं घूमता है तो पेंच के दबाव से तार विरूपित हो सकता है।
- (iii) जैसा कि पहले स्पष्ट किया जा चुका है पिच्छट त्रुटि के निराकरण के लिये पेंच केवल एक ही दिशा (अग्रिम दिशा) में घुमाया जाना चाहिये जबकि अन्तिम समायोजन किया जा रहा हो। इस बात पर ध्यान न देने पर बड़ी त्रुटि संभव है।

## 1.7 देखें आपने क्या सीखा

- (i) इस यंत्र को पेंचमापी क्यों कहते हैं?  
.....
- (ii) पेंचमापी के चूड़ी अन्तराल से आप क्या समझते हैं?  
.....
- (iii) पेंचमापी के अल्पतमांक से क्या तात्पर्य है?  
.....
- (iv) त्रुटि क्या है और इससे कैसे बचा जा सकता है?  
.....
- (v) पेंचमापी में रैचेट व्यवस्था की क्या उपयोगिता है?  
.....
- (vi) यदि वृत्ताकार पैमाने का शून्य मुख्य पैमाने के सदर्थ रेखा से 7 भाग आगे हो और अल्पतमांक 0.005 मिलीमीटर हो तो शून्याँक त्रुटि व शून्याँक संशोधन क्या होगा?  
.....



## प्रयोग-3

गोलाई मापी द्वारा एक अवतल दर्पण की वक्रता-त्रिज्या ज्ञात करना।



### 3.1 उद्देश्य

यह प्रयोग करने के बाद आप:

- गोलाई मापी का अल्पतमांक ज्ञात कर सकेंगे;
- गोलाई मापी द्वारा गोलीय तलों के उभार या गहराई नाप कर उनकी वक्रता त्रिज्या ज्ञात कर सकेंगे;
- गोलीय दर्पण के सामने पिन को इस प्रकार समायोजित करना कि पिन और दर्पण द्वारा बने इसके वास्तविक प्रतिबिम्ब में कोई लम्बन न रहे; तथा
- इन्डैक्स संशोधन और दर्पण की सही त्रिज्या ज्ञात कर सकेंगे।

### 3.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

जब गोलाई मापी को किसी गोलीय तल पर इस प्रकार रखा जाता है कि उसकी चारों टाँगें उस गोलीय तल को स्पर्श करती हों तो बीच वाली टाँग, बाह्य टाँगों के तल से थोड़ी दूरी,  $h$  ऊपर उठी होगी या नीचे उतरी होगी। यह दूरी  $h$  गोलाईमापी द्वारा मापी जा सकती है और गोलीय तल की वक्रता त्रिज्या  $R$  के साथ इसका संबंध है। चित्र 3.1 में

$$GH = h$$

$$GE = 2R \text{ तथा}$$

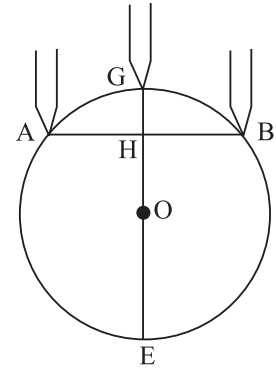
$AH = a$ , बाह्य टाँग और केन्द्रीय टाँग के बीच की दूरी है। ज्यामिति से-

$$AH \times HB = GH \times HE$$

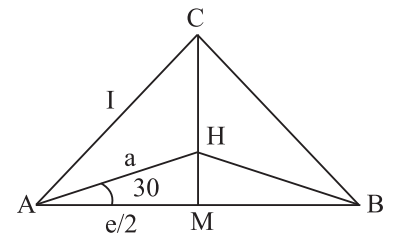
$$a \times a = h(2R - h)$$

$$a^2 = 2Rh - h^2$$

$$2Rh = a^2 + h^2$$



चित्र 3.1: तल की वक्रता त्रिज्या



चित्र 3.2:





टिप्पणियाँ

$$R = \frac{a^2}{2h} + \frac{h^2}{2}$$

चित्र (3.2) को देखिये। यहाँ  $H$ , गोलीय मापी की बाह्य टांगों  $A, B, C$  से बने समबाहु त्रिभुज का केन्द्र है।

$$\text{इस त्रिभुज में } \cos 30^\circ = \frac{AM}{AH}$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{l/2}{a} = \frac{l}{2a}$$

$$\text{अर्थात् } a = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

$$\therefore R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

### आवश्यक सामग्री

गोलाई मापी, समतल काँच-पट्टिका, आधा-मीटर-पैमाना

## 3.3 प्रयोग विधि

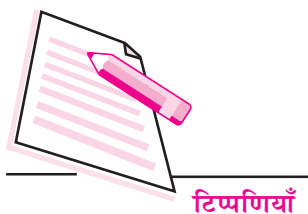
- (i) गोलाईमापी की जाँच करें। यह सुनिश्चित कर लें कि इसके पाद व ऊर्ध्वाधर पैमाना हिलते न हों और केन्द्रीय पेंच बहुत ढीला न हो।
- (ii) पेंच का चूड़ी अन्तराल इसके द्वारा 4 या 5 घुमावों में तय की गई ऊर्ध्वाधर दूरी माप कर निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

$$\text{चूड़ी अन्तराल} = \frac{\text{तय की गयी दूरी}}{\text{पूर्ण घुमावों की संख्या}}$$

- (iii) अल्पतमांक ज्ञात करने के लिये चूड़ी अन्तराल को वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की कुल संख्या से विभाजित करें।

$$\text{अल्पतमांक} = \frac{\text{पेंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या}}$$

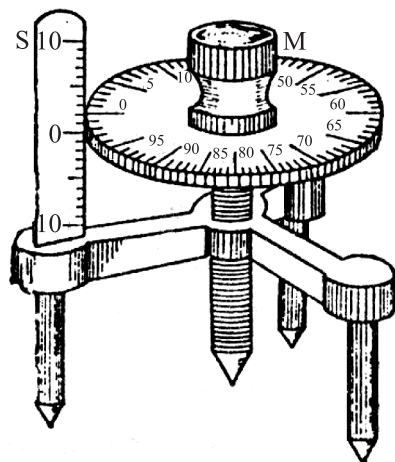
- (iv) दिये हुए अवतल दर्पण को दृढ़तापूर्वक क्षैतिज समतल में रखें और इस पर गोलाईमापी को रखते हुये गोलाईमापी के केन्द्रीय पाद को इस प्रकार समायोजित करें



टिप्पणियाँ

कि वह तल को स्पर्श करे। इस स्थिति में गोलाईमापी के चारों पाद अवतल दर्पण के तल को स्पर्श करते हैं।

- (v) पिच्छट त्रुटि को कम करने के लिये जब केन्द्रीय पाद दर्पण तल के बहुत पास हो तो धीरे-धीरे बढ़ें व केन्द्रीय पाद के तल को स्पर्श करते ही रुक जाएँ। इसी स्थिति में केन्द्रीय पाद को थोड़ा आगे बढ़ाने पर केन्द्रीय पाद पर ही गोलाईमापी टिका रहता है व घूर्णन के लिये उद्यत होता है।



चित्र 3.3: गोलाई मापी

- (vi) ऊर्ध्वाधर मुख्य पैमाने पर पाठ्याँक लें व वृत्ताकार पैमाने का वह पाठ्याँक लें जो कि मुख्य पैमाने के किसी भाग से मिलता हो इस प्रकार पूर्ण पाठ्याँक प्राप्त हो जायेगा।
- (vii) अतः आप गोलाईमापी को एक समतल काँच पट्टिका में रखें व यह ज्ञात करें कि केन्द्रीय पाद को पट्टिका के तल से स्पर्श कराने के लिये कितने घुमाव पूर्ण करने पड़ते हैं। पूर्ववर्ती पाठ्याँक से इसके अन्त द्वारा  $h$  का मान ज्ञात करें।
- (viii) गोलाईमापी को हल्के दबाव के साथ अभ्यास पुस्तिका पर रखें इसके बाह्य पेंचों की नोकें पृष्ठ पर चिन्हित हो जायेंगी। दो चिन्हों के प्रत्येक जोड़ों के बीचकी दूरी ज्ञात करें व उनका औसत मान निकालें इससे  $l$  मान प्राप्त हो जायेगा।

### 3.4 प्रेक्षण

#### (a) गोलाईमापी के लिये सारणी

..... पूर्ण घुमावों में तय की गयी ऊर्ध्वाधर दूरी = ..... mm

1 पूरे चक्कर में तय की गयी ऊर्ध्वाधर दूरी = ..... mm

पेंच का चूड़ी अन्तराल = ..... mm = ..... cm

वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या = .....

अल्पतमांक =  $\frac{\text{पेंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या}}$  = ..... cm



टिप्पणियाँ

सारणी 3.1

क्रम सं.	अवतल दर्पण			काँच पट्टिका		
	मुख्य पैमाने का पाठ्यांक	वृत्ताकार पैमाने का पाठ्यांक	कुल पाठ्यांक	मुख्य पैमाने का पाठ्यांक	वृत्ताकार पैमाने का पाठ्यांक	कुल पाठ्यांक

माध्य .....

$h$  दर्पण का कुल माध्य पाठ्यांक - काँ पट्टिका का कुल माध्य पाठ्यांक

= ..... mm = ..... cm

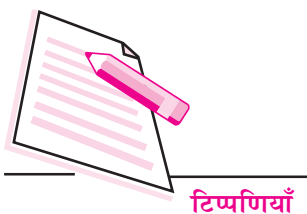
गोलाईमापी के पादों को हल्के दबाव के साथ अभ्यास पुस्तिका रमें रखने पर बने त्रिभुज के दो पदों के बीच की क्षैतिज दूरी  $l_1$ , ..... cm  $l_2$ , ..... cm,  $l_3$ , ..... cm

माध्य = ..... cm

**3.6 गणना व परिणाम**

(a) गोलाईमापी द्वारा दर्पण की वक्रता त्रिज्या का मान निम्न सूत्र से ज्ञात किया जाता है।

$$R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2} \text{ ..... cm}$$



टिप्पणियाँ

### 3.7 त्रुटि के स्रोत

- (i) गोलाईमापी द्वारा हम दर्पण के अग्रपृष्ठ की वक्रता त्रिज्या निकालते हैं। जबकि दर्पण का पृष्ठतल चमकीला होता है।
- (ii) चूँकि  $l$  काफी छोटा है, इसके मापन में हुई त्रुटि से परिणाम में बहुत अधिक प्रतिशत त्रुटि का समावेश हो जायेगा।
- (iii) पिच्छट त्रुटि का निराकरण केवल गोलाईमापी के भार से सम्भव है। चूँकि यह काफी हल्का है, इसलिये इसके द्वारा चिच्छट त्रुटि का केवल आंशिक संशोधन ही संभव है।

### 3.8 देखें आपने क्या समझा

- (i) गोलाईमापी को इस नाम से क्यों जाना जाता है?  
.....
- (ii) चूड़ी अन्तराल क्या है व यह किस प्रकार अल्पतमांक से सम्बन्धित है?  
.....
- (iii) गोलाईमापी के तीन पाद क्यों होते हैं?  
.....
- (iv) पिच्छट त्रुटि क्या है और इससे किस प्रकार बचा जाता है?  
.....



## प्रयोग-4

साधारण लोलक के न्यून आयामी दोलों के लिये आवर्तकाल ज्ञात कीजिये व लोलक की लम्बाई व आवर्तकाल के वर्ग के बीच लेखाचित्र बनाकर सेकेंड लोलक की लम्बाई ज्ञात कीजिए।



### 4.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

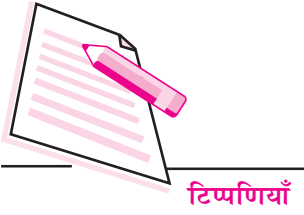
- एक निलंबन बिंदु से एक साधारण लोलक को लटकाकर तथा इसे स्वतंत्र दोलन करवा कर इसके आवर्तकाल का मापन कर सकेंगे;
- निलंबित अवस्था में लोलक की लम्बाई ज्ञात कर सकेंगे;
- लोलक की लम्बाई व समय अन्तराल के वर्ग के बीच लेखाचित्र खींचकर सेकेंड लोलक की लम्बाई ज्ञात कर सकेंगे;
- इस तथ्य से परिचित हो जायेंगे कि सेकेंड लोलक की लम्बाई अलग-अलग स्थानों में अलग-अलग होती है;
- यह बात जान जायेंगे कि लम्बाई में वृद्धि के साथ आवर्तकाल में वृद्धि होती है और आवर्तकाल लम्बाई के अनुक्रमानुपाती न होकर लम्बाई के वर्गमूल का अनुक्रमानुपाती होता है।

### 4.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

साधारण लोलक में एक छोटे परन्तु भारी गोलक B को एक हल्के व अतन्य धागे S (चित्र 4.1) की सहायता से एक दृढ़ बिन्दु से लटकाया जाता है। साम्य स्थिति में धागा ऊर्ध्वाधर होता है। दोलन करने की स्थिति में दोलों का आयाम धागे द्वारा ऊर्ध्वाधर स्थिति से बनाया गया अधिकतम कोण या दोलक का अधिकतम क्षैतिज विस्थापन है। इसका आवर्तकाल  $T$ , जो कि एक दोलन करने में लिया गया समय है, इसकी लम्बाई यानि निलंबन बिंदु से गोलक B के गुरुत्व केन्द्र के बीच की दूरी पर निर्भर करता है। (चित्र 4.3)

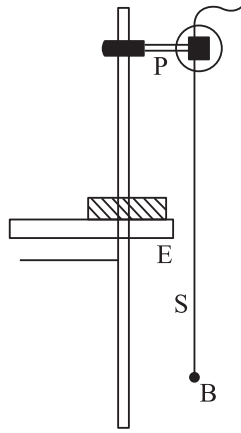
$$T \propto \sqrt{l}$$

$$T^2 \propto l$$

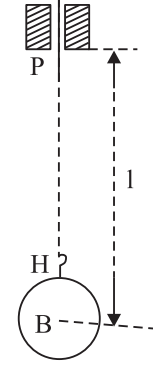


टिप्पणियाँ

अतः  $T^2$  और  $l$  के बीच खींचा गया लेखाचित्र मूल बिन्दु से गुजरने वाली सरल रेखा है। यहाँ इस बात पर ध्यान दें कि बहुत अधिक आयाम वाले दोलनों के लिए आवर्त काल दोलन-आयाम बढ़ने के साथ बढ़ता है परन्तु न्यून आयामी दोलनों के लिए आवर्तकाल अचर रहता है।



चित्र 4.1:



चित्र 4.2:

सेकेन्ड-लोलक वह सरल लोलक है जो दोलन के एक छोर से दूसरे छोर तक जाने में 1 सेन्टीमीटर का समय लेता है। यानि जो एक दोलन 2 सेकेन्ड में पूरा करता है।

### आवश्यक सामग्री

एक धात्विक गोलक, विराम-घड़ी (जिसका अल्पतमाँक 0.1 सेकेन्ड या इससे कम हो), शिकन्जा युक्त 1 मीटर ऊँचा प्रयोगशाला स्टैंड, दो टुकड़ों में कटी कॉर्क, पतला धागा, दो छोटे लकड़ी के गुटके, मीटर-पैमाना।

## 4.3 प्रयोग का समायोजन एवं विधि

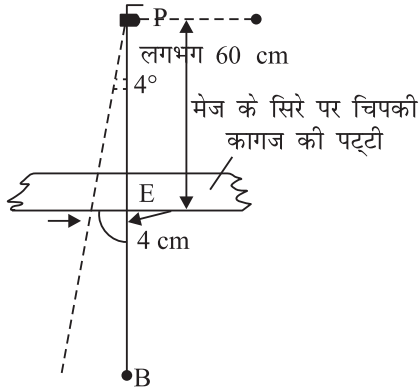
- मीटर पैमाने एवं, दोनों लकड़ी के गुटकों का प्रयोग करके लोलक का व्यास ज्ञात करें। फिर गोलक के हुक में धागे का एक सिर बाधें।
- धागे का दूसरा सिरा कॉर्क के टुकड़ों के बीच से गुजरें एवं कॉर्क के इन टुकड़ों को स्टैंड के क्लैम्प में कस दें। (देखें चित्र 4.1)। इस व्यवस्था में, बिन्दु P जहाँ धागा कॉर्क के टुकड़ों से बाहर आता है, एक तीक्ष्ण निलम्बन बिन्दु की तरह व्यवहार करता है जिसकी स्थिति लोलक के दोलनों के साथ परिवर्तित नहीं होती। यह सुनिश्चित करने के लिए देखें कि P के पास कॉर्क के दोनों टुकड़ों के सिरे आपस में मिले हों।
- प्रथम प्रेक्षण समूह के लिए लोलक की लम्बाई 125 सेन्टीमीटर समायोजित करें। यह लम्बाई हुक के आधार H से निलम्बन बिन्दु P तक मापी जानी चाहिए (चित्र 4.2)। L का मान प्राप्त करने के लिए लम्बाई PH में गोलक का अर्धव्यास जोड़ें।



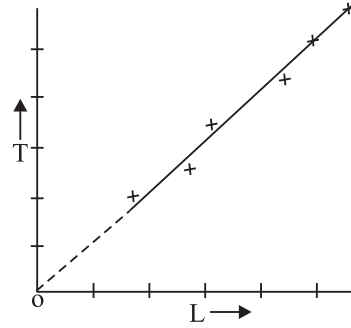
टिप्पणियाँ

लम्बाई PH, गोलक को धागे पर लटका कर ही मापें क्योंकि गोलक के भार के कारण धागे की लम्बाई में वृद्धि हो सकती है।

- (iv) स्टैंड को मेज के सिरे के पास इस प्रकार समायोजित करें कि लोलक का धागा मेज के सिरे के आगे स्वतंत्रतापूर्वक लटकता रहे (चित्र 4.1)। सफेद कागज की एक पट्टी मेज के सिरे की ऊर्ध्वाधर सतह पर चिपका कर इस पर एक ऊर्ध्वाधर रेखा खींचें और स्टैंड को पुनर्समायोजित कर धागे को इस ऊर्ध्वाधर रेखा के समान्तर इस प्रकार लटकने दें कि सामने से देखने पर रेखा धागे के पीछे छिप जाय।
- (v) गोलक को मध्य स्थिति से थोड़ा सा एक ओर हटाकर छोड़ दें ताकि यह  $4^\circ$  से कम आयाम वाले दोलन करे (चित्र 4.3)। बिन्दु P की मेज से ऊँचाई 60 सेन्टीमीटर से अधिक नहीं होनी चाहिए।



चित्र 4.3:



चित्र 4.4

- (vi) विराम घड़ी की सहायता से लोलक के 20 दोलनों का समय ज्ञात करें। दोलन गिनते समय जब धागा मध्य स्थिति से किसी एक दिशा में जाने लगे तो शून्य से गणना शुरू करें और विराम घड़ी को शुरू कर दें। बीसवीं बार जब धागा मध्य स्थिति को पार करने लगे तो विराम घड़ी को बन्द कर दें। गणन में गलती की संभावना से बचने के लिए कम से कम 3 प्रेक्षण लें। अब एक दोलन का समय 'T' ज्ञात करें।
- (vii) लोलक की लम्बाई कम करके (iii) से (vi) तक के पद दोहरायें और इस प्रकार तब तक प्रेक्षण लें जब तक कि धागे की लम्बाई 20 सेन्टीमीटर न रह जाय।
- (viii) प्रत्येक लम्बाई के लिए  $T^2$  के मान की गणना करें।  $T^2$  और  $l$  में लेखाचित्र बनायें (चित्र 4.4)। लेखाचित्र  $T_2 = 4S^2$  के सापेक्ष  $l$  का मान पढ़ें।

## 4.4 प्रेक्षण एवं आंकड़ों का विश्लेषण

गोलक का व्यास = (1) ..... (2) ..... (3) .....

माध्य व्यास = .....

गोलक का अर्धव्यास,  $r = 1/2$  (व्यास) = .....



टिप्पणियाँ

सारणी 4.1: दोलन काल मापन

अनुक्रमांक	लम्बाई PH	$l = PH + r$	20 दोलनों का समय					T(s)	T <sup>2</sup> (s <sup>2</sup> )
			1	2	3	माध्य			

$T^2$  और  $l$  के बीच खींचे गये लेखा चित्र से  $T^2 = 4s^2$  के सापेक्ष  $l$  का मान = ..... Cm

### 4.5 परिणाम

- $T^2$  और  $l$  के बीच लेखा चित्र मूलबिन्दु से होकर जाने वाली एक ऋजु रेखा है। अतः  $T \propto \sqrt{l}$
- प्रयोग के स्थान पर सेकेन्ड लोलक की लम्बाई
  - ..... लेखाचित्र से
  - ..... गणना से ..... (सेकेन्ड लोलक के लिये  $T = 2$  सेकेन्ड लें और प्रयोग के स्थान पर  $g$  (गुरुत्व जनित त्वरण) का मान मानक भौतिक नियतांक सारिणी से नोट करें।

### 4.6 त्रुटि के स्रोत

- यदि आलंबन सतह सुदृढ़ न हो तो लोलक के दोलन के समय निलम्बन बिन्दु क्षैतिज गति कर सकता है। इससे आवर्तमाल-मापन प्रभावित हो सकता है।
- धागे की प्रत्यास्थता के कारण लोलक की लम्बाई मापन में त्रुटि हो सकती है।

### 4.7 देखें आपने क्या समझा

- आवर्तकाल वह समय अन्तराल है जिसमें लोलक एक पूर्ण दोलन करता है। इसे ज्ञात करने के लिये आपको 20 दोलनों में लिये गये समय से एक दोलन में लिये गये समय का मान ज्ञात करने की सलाह क्यों दी जाती है बजाय इसके कि विराम-घड़ी से एक ही दोलन का समय मापा जाय?

.....





टिप्पणियाँ

(ii) ज्यादा सही आवर्तकाल मापन के लिए 20 दोलनों में लिये गये समय की अपेक्षा 50 दोलनों में लिया गया समय मापन कैसे ज्यादा सहायत है?

.....

(iii) यदि किसी लोलक की लम्बाई ( $a$ ) 8 गुना घटा दी जाती है ( $b$ ) नौ गुना बढ़ा दी जाती है तो इसका आवर्तकाल (दोनों स्थितियों के लिये सही उत्तर का चयन करें।

.....

(i)  $1/8$  (ii) 8 गुना (iii)  $1/81$  गुना (iv) 81 गुना (v)  $1/3$  गुना (vi) 3 गुना हो जायेगा

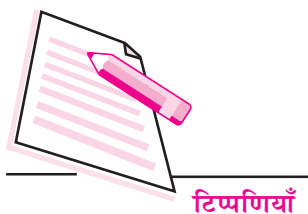
.....

(iv) अपने लोलक की लम्बाई की लम्बाई में परिवर्तन किये बिना इसे आप एक ऐसे स्थान में ले जाते हैं जहाँ गुरुत्वजनित त्वरण का मान ज्यादा है।

(a) क्या इसका आवर्तकाल परिवर्तित होगा? यदि हाँ तो कैसे?

(b) क्या सेकेन्ड लोलक की लम्बाई परिवर्तित होगी? यदि हाँ तो कैसे?

.....



## प्रयोग-5

सदिशों के, समान्तर चतुर्भुज के नियम द्वारा किसी वस्तु का भार ज्ञात करना।



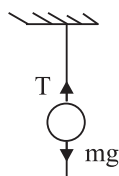
### 5.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- तीन बलों के अन्तर्गत एक बिंदु को संतुलित कर सकेंगे;
- डोरी में तनाव पहचान सकेंगे;
- यह जान सकेंगे कि गुरुत्व के प्रभाव से वस्तुएं हमेशा ऊर्ध्वाधर लटकती हैं;
- भार को पृथ्वी द्वारा किसी वस्तु पर लगाये गये बल के रूप में जान सकेंगे;
- यह जान सकेंगे कि किसी वस्तु के ऊपर लगे कई बलों के समतुल्य बल हो सकता है जिसका मान सभी बलों में परिमाण के बराबर होता है।

### 5.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

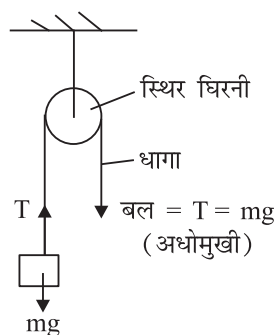
- (i) न्यूटन के तृतीय नियम के अनुसार एक वस्तु को आलम्बन प्रदान करने वाली डोरी का तनाव वस्तु के भार के बराबर होता है।



चित्र 5.1:

किसी  $m$  द्रव्यमान की वस्तु का भार =  $mg$  (चित्र 5.1)

अतः डोरी में तनाव  $F_1 = mg$

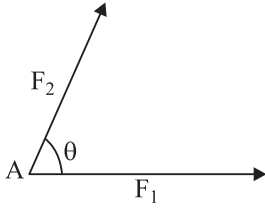


चित्र 5.2:

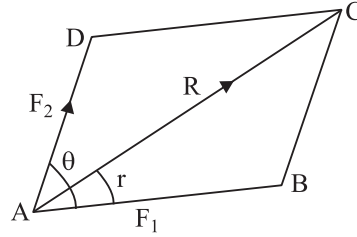


टिप्पणियाँ

- (ii) एक स्थिर पुली केवल बल की दिशा में परिवर्तन करती है, उसके मान में नहीं, (चित्र 5.2)
- (iii) बल सदिश होने के कारण अंकगणितीय विधि द्वारा योज्य नहीं है। परिणामी बल वह एकल बल है जो कि वस्तु पर लगने वाले सभी बलों के तुल्य प्रभाव पैदा करता है। एक वस्तु संतुलन की अवस्था में कही जाती है यदि उस पर कार्यकारी परिणामी बल शून्य हो।
- (iv) सदिशों के समान्तर चतुर्भुज का नियम- यदि किसी बिंदु पर कार्यरत दो बलों के परिणाम व दिशा को समान्तर चतुर्भुज की दो आसन्न भुजाओं द्वारा निरूपित किया जा सके तो उनके परिणामी बल के परिमाण व दिशा को उस बिंदु से खींचे हुए विकर्ण द्वारा निरूपित किया जा सकता है।



चित्र 5.3 (a):



चित्र 5.3 (b)

चित्र 5.3 (a) में बिंदु A पर स्थित वस्तु पर लगे बलों  $F_1$  व  $F_2$  के बीच का कोण  $\theta$  है। इन्हें परिमाण व दिशा में समान्तर चतुर्भुज ABCD की भुजाओं AB व AD द्वारा निरूपित किया गया है।

विकर्ण AC परिणामी बल को दर्शाता है।

$$R = F_1 + F_2$$

$$|R| = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta$$

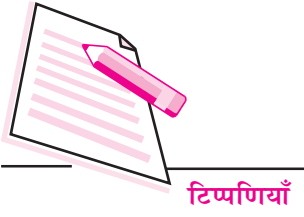
पुनः  $\tan \alpha = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}$

जहाँ  $\alpha$ ,  $F_1$  व  $R$  के बीच का कोण है।

यदि  $F_1$  व  $F_2$  के मानों में परिवर्तन हो तो  $R$  का मान भी बदल जाता है।

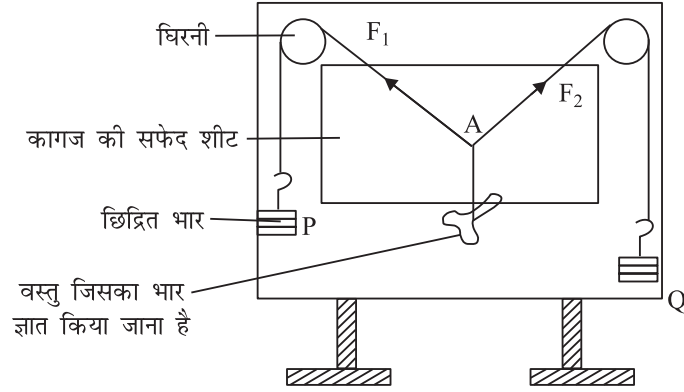
### आवश्यक सामग्री

बलों के चतुर्भुज नियम का उपकरण (ग्रेव सेन्ड का उपकरण), साहुल रेखा, भार, पतली मजबूत डोरी, सफेद कागज, ड्राइंग पिन्, दर्पण पट्टी, पेंसिल, सेट स्क्वायर/प्रोटेक्टर, वस्तु जिसका द्रव्यमान ज्ञात किया जाना है।



### 5.3 प्रयोग विधि

- (i) ग्रेवसेण्ड के उपकरण के पट को ऊर्ध्वाधर रखते हुए दृढ़ आधार में समायोजित करें। साहुल रेखा द्वारा इसकी जाँच कर लें। (चित्र 5.4)



चित्र 5.4: ग्रेवसेण्ड का उपकरण

- (ii) पुली (धिरनी) की धुरी में तेल प्रयोग करें ताकि वह आसानी से घूम सके  
 (iii) पिनो की सहायता से बोर्ड में सफेद ड्राइंग शीट नियत करें।  
 (iv) एक मीटर लम्बा धागा लें व छिद्रित भारों के हुकों को इनके किनारे में बाँधें।  
 (v) धागे को दानों पुलियों (धिरनियों) के ऊपर से गुजारें ताकि हैंगर बिना बोर्ड या जमीन को स्पर्श किये हुए स्वतंत्रतापूर्वक लटक रहे।  
 (vi) 50 सेन्टीमीटर लम्बा धागा काटें। वस्तु को, जिसका भार ज्ञात किया जाना है, धागे से बाँधें।  
 (vii) धागे के दूसरे सिरे को 1 मीटर धागे के केन्द्र बिंदु A पर नियत करें।  
 (viii) तीनों भारों का समायोजन इस प्रकार करें कि संधि साम्यावस्था में पेपर के बीच (मध्य) से थोड़ा नीचे रहे। तीन कार्यकारी बल निम्नवत हैं-

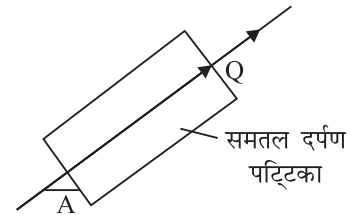
$F_1$  छिद्रित भार P द्वारा लगा बल

$F_2$  छिद्रित भार R द्वारा लगा बल

R वस्तु के भार द्वारा लगा बल

$F_1 = P$  (छिद्रित भार + हैंगर का भार)

$F_2 = R$  (छिद्रित भार + हैंगर का भार)



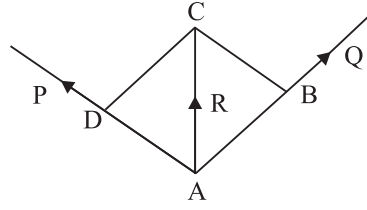
चित्र 5.5: समतल दर्पण पट्टिका

किन्हीं P व R भारों के लिये व अज्ञात भार की वस्तु के लिये केन्द्रीय संधि A एक वृत्त के अन्दर ही अवस्थित होती है। इसका केन्द्र ज्ञात करने का प्रयास करें व संधि को वहाँ लायें।



टिप्पणियाँ

- (ix) बलों की दिशा दर्शाने हेतु लम्बाई की दिशा में बारी बारी से प्रत्येक धागे के नीचे समतल दर्पण पट्टी रखें। दर्पण के दोनों सिरों के अन्त में दो बिंदु इस प्रकार लें ताकि धागा व उसका प्रतिबिम्ब सम्पाती हो। भारों के स्थिर रहने पर ही बिंदु निर्धारण (अंकन) किया जाना चाहिये।



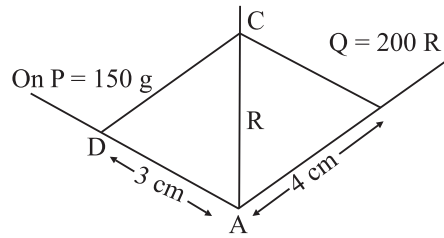
चित्र 5.6:

- (x)  $P$  व  $R$  भारों के मान लिखें। भारों में हैंगर का भार जोड़ना न भूलें। हैंगर का भार स्प्रिंग तुला द्वारा ज्ञात करें।
- (xi) पेपर की शीट हटायें व अंकित बिंदुओं को मिलाकर बलों की दिशाये दर्शाये (चित्र 5.6)।
- (xii) बलों को दर्शाने के लिये एक उचित पैमाने का प्रयोग करें ताकि एक बड़ा समान्तर दर्शाये ताकि  $AB = \frac{Q}{n}$  व  $AD = \frac{P}{n}$  इसी प्रकार यहाँ  $n$  ग्राम भार को 1 सेन्टीमीटर द्वारा दर्शाया गया है।  $n$  का चयन इस प्रकार किया जाना चाहिये ताकि समान्तर चतुर्भुज पेपर के अन्दर समा जाय।

निम्न उदाहरण से यह स्पष्ट हो जायेगा।

एक प्रयोग में  $P = 150$  ग्राम व  $Q = 200$  ग्राम है व उनकी अंकित दिशाये चित्र (5.7) की भाँति हैं।

50 ग्राम = 1 cm के पैमाने का चयन करें।



चित्र 5.7:

$$\therefore AD \frac{150}{50} = 3 \text{ cm}$$

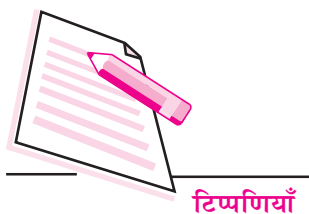
$$\text{व } AB \frac{200}{50} = 4 \text{ cm}$$

समान्तर चतुर्भुज पूरा करके  $AC$  की नाम 4.4 cm प्राप्त होती है।

$$\therefore R = 4.4 \times 50 = 220.0 \text{ ग्राम}$$

कर्ण  $AC$  परिणामी बल का मान (अर्थात् अज्ञात भार का मान) प्रदान करता है।

- (xiii) हैंगरों के भारों को परिवर्तित करके प्रयोग दोहरायें व अज्ञात भार का औसत मान ज्ञात करें।



## 5.4 प्रेक्षण

- (i) हैंगर का भार = ..... ग्राम  
 (ii) समान्तर चतुर्भुज खींचने के लिये पैमाना, 50 ग्राम = 1 cm  
 (या कोई अन्य) 1 cm = n ग्राम

**सारणी 5.1:** वस्तु के भार के लिये सारणी

क्रम सं०	बल (खांचेदार भार + हैंगर)		कर्ण AC y (cm)	परिणामी बल R = y × n (ग्राम भार)	दी गयी वस्तु का भार
	P	R			

औसत भार = ..... ग्राम

## 5.5 परिणाम

- (i) एक दी गयी वस्तु का भार = g (ग्राम)  
 (सदिशों के समान्तर चतुर्भुज नियम द्वारा)

## 5.6 आप अपनी समझ का परीक्षण करें

- (i) आप कब कहते हैं कि कोई वस्तु विराम अवस्था में है?  
 .....
- (ii) धागों का जोड़ (सन्धि) सदैव एक ही स्थान में क्यों नहीं ठहरती?  
 .....
- (iii) लटकाये गये भारों को बोर्ड या मेज से दूर क्यों रखा जाता है?  
 .....
- (iv) एक छात्र के पास प्रेक्षणों में  $P = 200$  ग्राम,  $R = 250$  ग्राम व उनके बीच के काणे (a)  $90^\circ$ , (b)  $60^\circ$ , (c)  $30^\circ$  हैं। उपयुक्त समान्तर चतुर्भुज खींचकर उनका परिणामी ज्ञात करें (50 ग्राम = 1 सेन्टीमीटर पैमाना लें)।  
 .....
- (v) एक पेड़ को नीचे खींचने के लिये रस्सियों को एक दूसरे से न्यूनकोण बनाते हुये दो विभिन्न दिशाओं में क्यों खींचा जाता है?  
 .....



## प्रयोग-6

ऊष्मामापी एवं वातावरण के बीच तापान्तर तथा प्रशीतन समय के बीच लेखाचित्र खींचकर न्यूटन के प्रशीतन नियम का अध्ययन करना।



### 6.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- सुनिश्चित कर सकेंगे कि कोई भी निकाय अपने व वातावरण के बीच तापान्तर के कारण ऊष्मा खोता या प्राप्त करता है। यदि निकाय से वातावरण का ताप कम हो तो ऊष्मा खोता है और यदि ज्यादा हो तो प्राप्त करता है।
- जान जायेंगे कि कोई भी निकाय अचानक ही ऊष्मा पाता या खोता नहीं है वरन एक समय-अन्तराल में ऐसा होता है। अर्थात् निकाय स्थाई ताप प्राप्त करने में समय लेते हैं।
- जान जायेंगे कि कमरे का तापक्रम काफी लम्बे समय तक स्थिर रहता है।
- समझ जायेंगे कि किसी निकाय द्वारा ऊष्मा का ह्रास नग्न सतह की प्रकृति व इसके व वातावरण के बीच तापान्तर पर निर्भर करता है।

### 6.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

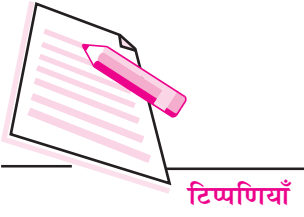
किसी बर्तन से ऊष्मा ह्रास की दर संभावित रूप से नग्न सतह के क्षेत्रफल, उस सतह की प्रकृति, सतह व चारों ओर के ताप पर निर्भर करती है।

न्यूटन का शीतलन नियम बताता है कि किसी निकाय से ऊष्मा ह्रास की दर उस निकाय व वातावरण के बीच तापान्तर के अनुक्रमानुपाती होती है। यह नियम थोड़े तापान्तर के लिये लागू होता है।

शीतलन की दर  $\alpha$  निकाय व वातावरण के बीच तापान्तर

माना कि एक निकाय, जिसका द्रव्यमान  $m$ , विशिष्ट ऊष्मा  $S$  व तापमान  $T$  है, एक ऐसे वातावरण में रखा गया है जिसका तापक्रम  $T_R$  हो यदि इससे  $\Delta t$  समय में  $\Delta Q$  ऊष्मा का ह्रास होता है, तो

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = ms \frac{\Delta T}{\Delta t}$$



टिप्पणियाँ

न्यूटन के शीतलन के नियम के अनुसार

$$ms \frac{\Delta T}{\Delta t} \times (T - T_R)$$

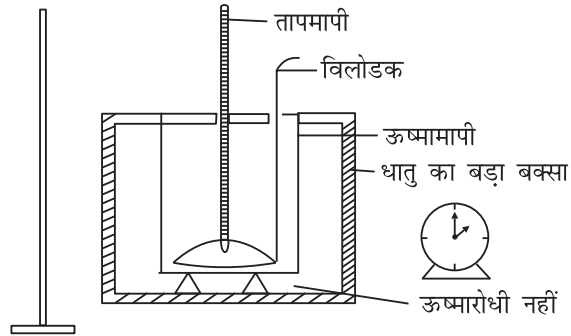
अतः,  $ms \frac{\Delta T}{\Delta t} \times (T - T_R)$ , क्योंकि  $ms$  एक नियतांक है।

### आवश्यक सामग्री

विलोडक के साथ ऊष्मामापी,  $1/2^\circ$  अंशांकन वाला तापमापी, विरामघड़ी, ऊष्मा देने वाली युक्ति, पानी, तेल (सरसों का या कोई अन्य) लगभग 100 मिलीलीटर, अन्दर व बाहर काला किया हुआ बड़ा धातु का बक्सा।

## 6.3 प्रयोग विधि

- घर का एक साफ सुथर कोना चुनें।
- ताँबे के ऊष्मामापी को साफ करके सुखा लें लेकिन इसके बाहरी भाग को चमकायों नहीं।
- कमरे का तापमान अंकित करें। तापमापी से सही प्रकार से तापमापन करें।
- चित्र 6.1 की भाँति समायोजन करें।



चित्र 6.1: न्यूटन के नियम को दर्शाने का उपकरण

यदि दोहरी दीवारों वाला न्यूटन का उपकरण उपलब्ध नहीं हो तो किसी बड़े धातु के बक्सा को अन्दर व बाहर काला करके प्रयोग करें आप ताँबे के ऊष्मामापी को किसी लकड़ी की मेज में रखकर प्रयोगशाला के कोने में भी प्रयोग कर सकते हैं।

- पानी को लगभग  $80^\circ$  सेल्सियस तक गरम करें।
- कैलोरीमीटर का  $2/3$  भाग पानी से भरें।





टिप्पणियाँ

- (vii) तापमापी को पानी में रखें।
- (viii) विराम घड़ी को शून्य में रखें व इसका अल्पतमांक ज्ञात करें।
- (ix) ऊष्मामापी के पानी को विलोडित करना प्रारम्भ करें ताकि पानी का समान रूप से शीतलन हो सके।
- (x) जब पानी का तापमान  $70^{\circ}$  सेल्सियस के लगभग हो जाय तो विराम घड़ी आरम्भ कर दें।
- (xi) विलोडन जारी रखें व प्रत्येक एक मिनट के अन्तराल में तापमान लें।
- (xii) जब जल के तापमान के ह्रास की गति धीमी होने लगे तो दो मिनट के अन्तराल, व इसके बाद पाँच मिनट व दस मिनट के अन्तराल में तब तक प्रेक्षण लें जब तक कि पानी का तापमान कमरे के तापमान के लगभग बराबर न हो जाय।

## 6.4 प्रेक्षण

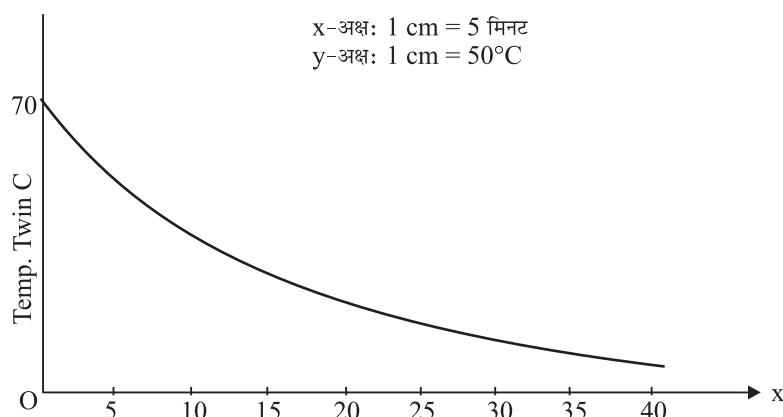
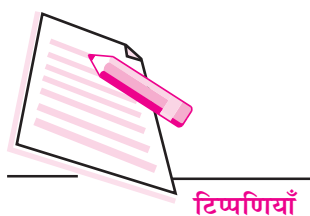
- (i) तापमापी का अल्पतमांक = .....
- (ii) विराम घड़ी का अल्पतमांक = .....
- (iii) प्रयोग के प्रारम्भ में करने का तापमान =  $T_1$
- (iv) प्रयोग के अन्त में करने का तापमान =  $T_2$
- (v) कमरे का औसत तापमान  $T_R = \frac{T_1 + T_2}{2}$

सारणी 6.1: विभिन्न समय पर तापमान

समय (t) मिनट	जल का तापमान $T_0$ (°C.)	तेल का तापमान (°C.)	$T_w - T_R$ (°C.)	$T_0 - T_R$ (°C.)

## 6.5 लेखाचित्र

समय व जल के तापमान के बीच एक लेखाचित्र खींचें। समय को X - अक्ष की दिशा में व जल के तापमान ( $T_w$ ) को Y- अक्ष की दिशा में। इस वक्र को शीतलन वक्र कहते हैं।



चित्र 6.2: तापमान व समय के बीच लेखाचित्र

इसी प्रकार इसी पैमाने पर जल के स्थान पर तेल का प्रयोग करके लेखाचित्र खींचें।

## 6.6 परिणाम

प्रारम्भ में तापमान शीघ्रतापूर्वक कम होता है और फिर धीरे-धीरे कम होता है क्योंकि तापान्तर ( $T_w - T_R$ ) क्रमशः कम होता जाता है। यह न्यूटन के शीतलन नियम के साथ मेल खाता है।

टिप्पणी: यदि ऊष्मामापी का क्षेत्रफल अधिक हो तो शीतलन अधिक द्रुत होता है। काला रंग किये सहत का शीतलन शीघ्र व रंग किये धातु सतह का शीतलन मंद होता है। अच्छे चालक बर्तनों का शीतलन शीघ्र व बुरे चालकों का शीतलन अपेक्षाकृत मंद गति से होता है। एक प्रकल्प के रूप में आप अपने उपकरणों में सामान्य परिवर्तन करके इन तथ्यों की सत्यता जाँच सकते हैं।

### सावधानियाँ

- (i) समांग (समान) शीतलन के लिये जल/तेल को विलोडित करें।
- (ii) प्रयोग के स्थान से किसी अन्य ऊष्मा के स्रोत को दूर रखें ताकि कमरे का तापमान स्थिर रहे।
- (iii) यदि ऊष्मामापी दोहरी दीवार वाला न हो तो कमरे में वायु का प्रवाह बन्द रखें।

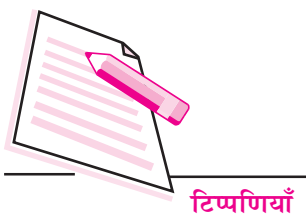
## 6.7 देखें आपने क्या सीखा

- (i) जल व तल दोनों के लिए लेखाचित्र एक जैसे क्यों हैं?
- .....



टिप्पणियाँ

- (ii) जानवर जाड़ों में सोते समय अपने शरीर को क्यों मोड़ लेते हैं?  
.....
- (iii) वातावरण के समान तापान्तर के लिये तेल की शीतलन- दर पानी की शीतलन-दर से अधिक क्यों होती है?  
.....
- (iv) क्या डाक्टर का तापमापी प्रयोग करने में इस्तेमाल किया जा सकता है? अपने उत्तर को कारण सहित स्पष्ट करें।  
.....
- (v) द्रव को सतत रूप से क्यों विलोडित करना चाहिये?  
.....
- (vi) यदि बड़ा ऊष्मामापी लिया जाय तो क्या आलेख प्रकृति में परिवर्तन आयेगा?  
.....
- (vii) प्रयोग में तेल व पानी का समान आयतन क्यों प्रयुक्त होना चाहिये? इससे आपको लेखाचित्रों की तुलना करने में कैसे सहायता मिलती है?  
.....



## प्रयोग-7

### मिश्रण-विधि से दिये गये ठोस की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करना



#### 7.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- ऊष्मा आदान प्रदान के नियम को समझ जायेंगे;
- यह जान जायेंगे कि जब भी गर्म वस्तुएँ अपेक्षाकृत ठंडे वातावरण में रखी जाती हैं तो ऊष्मा का वातावरण में क्षरण होता है। अर्थात् ऊष्मा उच्च ताप से निम्न ताप की ओर प्रवाहित होती है;
- यह जान जायेंगे कि ऊर्जा हमेशा संरक्षित रहती है। अतः ऊष्मीय ऊर्जा भी संरक्षित रहती है;
- यह जान जायेंगे कि विभिन्न पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा भिन्न-भिन्न होती है; और
- एक ठोस की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात कर पायेंगे।

#### 7.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

- विशिष्ट ऊष्मा:** किसी पदार्थ के इकाई द्रव्यमान का तापमान  $1^{\circ}$  सेल्सियस बढ़ाने के लिये आवश्यक ऊष्मा को उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं।  
विशिष्ट ऊष्मा की इकाई कैलोरी ग्राम  $^{-1}$  सेल्सियस  $^{-1}$  या जूल किलोग्राम  $^{-1}$  सेल्सियस  $^{-1}$  है। और इसे कैलोरी प्रति ग्राम प्रति डिग्री सेल्सियस  $^{-1}$  या जूल प्रति किलोग्राम प्रति डिग्री सेल्सियस पढ़ा जाता है।
- किसी वस्तु द्वारा प्राप्त की गई या खोई गई ऊष्मा :  $m$  द्रव्यमान,  $s$  विशिष्ट ऊष्मा व  $\Delta t$  तापान्तर के लिये  
वस्तु द्वारा प्राप्त की गई ऊष्मा =  $ms \Delta t$  { $\Delta t$  = ताप में वृद्धि}  
और खोई गयी ऊष्मा =  $ms \Delta t$  { $\Delta t$  = ताप में ह्रास}
- ठोस पदार्थों, द्रवों व वातावरण के बीच ऊष्मा का आदान प्रदान होता है। एक गरम वस्तु द्वारा खोई गई ऊष्मा संरक्षित रहती है। इसे ऊष्मा आदान प्रदान का नियम कहते हैं जो निम्न प्रकार से भी लिखा जा सकता है।



ठंडी वस्तु द्वारा प्राप्त ऊष्मा = गरम वस्तु द्वारा खोयी गयी ऊष्मा

इसका प्रयोग ठोसों व द्रवों की विशिष्ट ऊष्मा-मापन में किया जा सकता है।

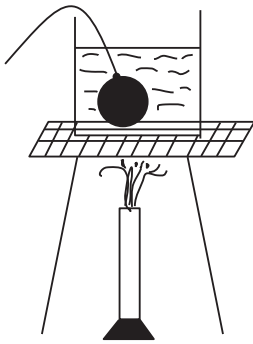
- (iv) **मिश्रण विधि:** यदि किसी ठोस गर्म वस्तु को ऐसे ठंडे द्रव में रखा जाय जिसके साथ इसकी कोई क्रिया नहीं होती तो ठोस निकाय द्वारा खोई ऊष्मा द्रव द्वारा प्राप्त की गई ऊष्मा के बराबर होती है। (यदि यह माना जाय कि ऊष्मा का वातावरण में कोई ह्रास नहीं होता।)

### आवश्यक सामग्री

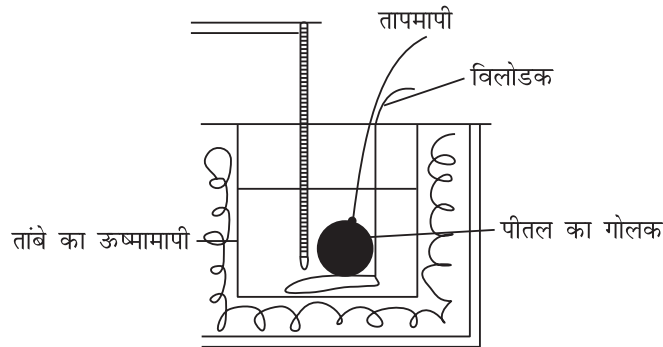
एक विलोडक व ऊष्मारोधी बक्स युक्त ऊष्मामापी, गर्म करने का प्रबन्ध, पीतल का गोलक, दो तापमापी, कांच का बेलन, रुई, धागा, स्प्रिंग तुला (गोलक का द्रव्यमान ज्ञात करने के लिये।)

## 7.3 प्रयोग विधि

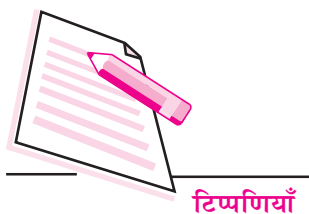
- स्प्रिंग तुला की सहायता से साफ किये हुए ऊष्मामापी व विलोडक का भार ज्ञात करें।
- ऊष्मामापी को इसके ऊष्मारोधी बक्स में रखें।
- मापक बेलन की सहायता से 60 मिलीलीटर जल मापकर सावधानीपूर्वक ऊष्मामापी में उड़ें।
- तापमापी को ऊर्ध्वाधरतः स्टैंड में लगा दें और इस ठंडे पानी का तापमान ज्ञात करें।



**चित्र 7.1:** पीतल के गोलक को ऊष्मामापी के जल में स्थानान्तरित करने से पूर्व सावधानी पूर्वक गर्म करना



**चित्र 7.2:** ऊष्मामापी बक्स तापमापी एवं विलोडक की गोलक को ऊष्मामापी में डालते समय उपयुक्त व्यवस्था दर्शाता है।



- (v) पीतल के गोलक को धागे में बाँधकर कुछ समय के लिये उबलते पानी में लटका दें और गरम होने दें। इस उबलते पानी का तापमान एक दूसरे आधार में लगे दूसरे तापमापी द्वारा नापें।
- (vi) तुरन्त पीतल के गोलक को ऊष्मामापी के पानी में डालकर ढक्कन बन्द करें व इसे विलोडित करें।
- (vii) पानी का तापमान बढ़ेगा व फिर स्थिर हो जायेगा। इसके बाद यह ऊष्मा का वातावरण में ह्रास होने के कारण धीरे-धीरे कम होता है।
- (viii) पानी का अन्तिम स्थिर तापमान ज्ञात करें।

### 7.4 प्रेक्षण

- (i) मापक का अल्पतमांक = .....
- (ii) स्प्रिंग का अल्पतमांक = .....
- (iii) पीतल के गोलक का द्रव्यमान  $m_b =$  .....
- (iv) ऊष्मामापी व विलोडक का द्रव्यमान  $m_c =$  .....
- (v) तापमापी का अल्पतमांक = .....
- (vi) ऊष्मामापी के जल का प्रारम्भिक तापमान  $t_1 =$  .....
- (vii) उबलते जल का तापमान  $t_3 =$  .....
- (viii) जल व गोलक का अन्तिम तापमान  $t_2 =$  .....
- (ix) तांबे की विशिष्ट ऊष्मा =  $S_c$  (सारणी) = 0.093 कैलोरी ग्राम<sup>-1</sup>सेल्सियस<sup>-1</sup>
- (x) ऊष्मामापी में ठंडे जल का आयतन = 60 मिलिलीटर  
ठंडे जल का द्रव्यमान = 60 ग्राम (जल का घनत्व = 1 ग्राम/मिलीलीटर)

### 7.5 गणना

- (i) गर्म पीतल के गोलक द्वारा दी गई ऊष्मा =  $m_b \times S \times (t_3 - t_2)$  कैलोरी
- (ii) ऊष्मामापी के जल द्वारा दी गई ऊष्मा =  $60 \times 1 \times (t_2 - t_1)$  कैलोरी  
(जल की विशिष्ट ऊष्मा = 1 कैलोरी ग्राम<sup>-1</sup>सेल्सियस<sup>-1</sup>)
- (iii) ऊष्मामापी द्वारा ली गयी ऊष्मा =  $m_c \times S_c \times (t_2 - t_1)$  कैलोरी मिश्रण विधि से हम जानते हैं कि

$$m_b \times S \times (t_3 - t_2) = \{60 + m_c \times S_c\} (t_2 - t_1)$$

$$\frac{(60 + m_c S_c)(t_2 - t_1)}{m_b(t_3 - t_2)} = \dots\dots\dots \text{कैलोरी ग्राम}^{-1}\text{सेल्सियस}^{-1}$$



टिप्पणियाँ

**टिप्पणी:** यह रोचक बात है कि इस विधि का प्रयोग घर के सरल प्रयोगों में किया जा सकता है। आप अपना प्रयोग करने के लिये ऊष्मामापी के स्थान पर एक प्लास्टिक का प्याला उपयोग में ला सकते हैं। संगमरमर की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करने के लिये संगमरमर के टुकड़े लें। आपको तापमापन के लिये एक प्रयोगशाला तापमापी की आवश्यकता होगी। संगमरमर के टुकड़े किसी परचून की दुकान में तोले जा सकते हैं। जल का मापन किसी खाली दवा की शीशी से किया जा सकता है। खेल-खेल में इसे आजमाइये। वस्तुतः आप प्लास्टिक के प्याले द्वारा ली गयी ऊष्मा को नगण्य मानते हैं। आप खौलते पानी का तापमान लगभग  $100^{\circ}$  सेल्सियस ले लें इससे दूसरे तापमापी की आवश्यकता नहीं रहेगी।

## 7.6 देखें आपने क्या समझा

- (i) क्या आप पीतल के गोलक की विशिष्ट ऊष्मा ठंडे गोलक को ऊष्मामापी के गरम जल में डाल कर ज्ञात कर सकते हैं? व्याख्या करें। क्या आप इस स्थिति में भी अन्तिम स्थिर ताप प्राप्त कर सकते हैं। कैसे?  
.....
- (ii) क्या आप इस विधि से लकड़ी के गोलक की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात कर सकते हैं? व्याख्या करें।  
.....
- (iii) नल का पानी  $100^{\circ}$  सेल्सियस पर क्यों नहीं उबलता है?  
.....
- (iv) आप मिश्रण का अन्तिम तापमान कैसे ज्ञात करते हैं?  
.....
- (v) मिश्रण को निरन्तर क्यों विलोडित करना चाहिये?  
.....
- (vi)  $100^{\circ}$  सेल्सियस तापमान वाले 200 ग्राम पीतल के टुकड़े को  $20^{\circ}$  सेल्सियस तापमान वाले 500 मिलीलीटर जल में डाला जाता है। अन्तिम तापमान  $23^{\circ}$  सेल्सियस है। पीतल की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करें।  
.....
- (vii) इस कथन का क्या आशय है कि विशिष्ट ऊष्मा  $0.215$  कैलोरी ग्राम<sup>-1</sup>सेल्सियस<sup>-1</sup> या एल्युमीनियम की  $100$  जूल किलोग्राम<sup>-1</sup>सेल्सियस<sup>-1</sup> है?  
.....



टिप्पणियाँ

(viii) क्या आप मिश्रण विधि का उपयोग किसी द्रव की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करने में कर सकते हैं? व्याख्या करें।

.....

(ix) क्या यह आवश्यक है कि ठोस पिंड की आकृति गोलाकार हो?

.....

### ( क्रिया सुझाव )

इस विधि का उपयोग किसी तेल की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करने में करें।

**संकेत:** पीतल के गोलक व जल द्वारा किये गये प्रयोग को जल के स्थान पर तेल का प्रयोग करके दोहरायें।





## प्रयोग-8

किसी कुंडलित कमानी पर लगाए गए भार में वृद्धि करके संगत लम्बाई वृद्धि मापिए। भार-लम्बाई वृद्धि ग्राफ बनकार इस स्प्रिंग (कमानी) का स्प्रिंग नियतांक ज्ञात कीजिए।



### 8.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- एक स्प्रिंग को ऊर्ध्वाधर लटकाकर इस पर लटकाए गए विभिन्न भारों के संगत इसकी लम्बाई मापने की व्यवस्था स्थापित कर सकेंगे;
- इस कमानी की लम्बाई में एक भार द्वारा उत्पन्न वृद्धि का मान ज्ञात कर सकेंगे;
- भारत व कमानी की लम्बाई में वृद्धि के बीच आलेख खींच सकेंगे व नियतांक ज्ञात कर सकेंगे;
- ग्राफ का उपयोग करके स्प्रिंग नियतांक की गणना कर सकेंगे।

### 8.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

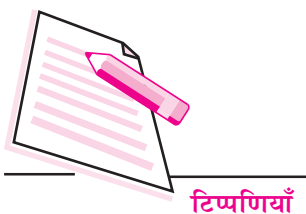
- (i) हुक का नियम बताता है कि स्प्रिंग पर लटकाये गये द्रव्यमान  $m$  पर लगा गुरुत्वाकर्षण बल व इस बल द्वारा कमानी की लम्बाई में वृद्धि  $l$  एक दूसरे के अनुक्रमानुपाती होते हैं। अर्थात  $Mg \propto l$

$$\text{या } \mu = \frac{mg}{l} \quad \dots(8.1)$$

या  $\mu$  न्यूटन में बल का वह परिमाण  $g$  जो स्प्रिंग में इकाई लम्बाई वृद्धि करेगा। इसे स्प्रिंग का स्प्रिंग नियतांक कहते हैं। यदि हम लम्बाई वृद्धि  $l$  को  $y$ -अक्ष पर तथा भार  $Mg$  को  $x$ -अक्ष पर लेकर ग्राफ बनाएं तो

$$\mu = \frac{\text{भार में परिवर्तन}}{\text{लम्बाई में परिवर्तन}} = \text{लम्बाई-भार ग्राफ की प्रवणता} \quad \dots(8.2)$$

समीकरण (8.2) से ज्ञात होता है कि  $\mu$  का  $SI$  मात्रक  $Nm^{-1}$  है।



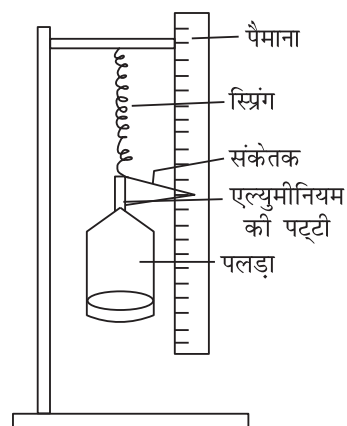
टिप्पणियाँ

### आवश्यक सामग्री

स्प्रिंग, स्प्रिंग से लटकाया जा सकने वाला पलड़ा, भार बॉक्स, पैमाना (आधा मीटर), प्रयोगशाला स्टैंड, संकेतक सहित एल्युमीनियम की हल्की पत्ती।

### 8.3 प्रयोग का समायोजन

लोहे के स्टैंड में ऊर्ध्व स्थिति में एक पैमाना नियत करें और उसी स्टैंड के क्लैम्प से कमानी लटकायें। इसके नीचे एक हल्की एल्युमीनियम की पत्ती लगा दें जिसमें कि एक कागज का हल्का संकेतक लगा हो (चित्र 8.1) पट्टी के निचले सिरे में एक पलड़ा लटकायें। जब पलड़े में भार रखे जाते हैं तो कमानी की लम्बाई बढ़ती है, व संकेतक का सिरा पैमाने पर नीचे की ओर बिना इसे स्पर्श किये हुए बढ़ता है संकेतक के सिरे की स्थिति को पैमाने पर पढ़ा जा सकता है।



चित्र 8.1:

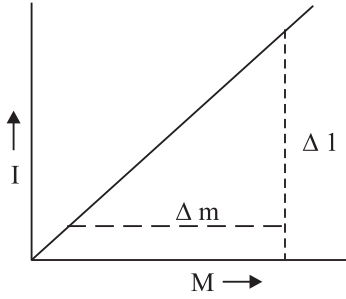
### 8.4 प्रयोग विधि

- पलड़े पर कोई भार न रखे जाने की स्थिति में पैमाने पर संकेतक की शून्य स्थिति ज्ञात करें। एक उपयुक्त भार  $M$  रखने पर नया पाठ्याँक ज्ञात करें। दो पाठ्याँकों का अन्तर लम्बाई में वृद्धि  $l$  को दर्शाता है।
- धीरे-धीरे क्रमिक चरणों में पलड़े में भार बढ़ायें व प्रत्येक भार के लिये संकेतक की स्थिति ज्ञात करें।
- एक उचित अधिकतम भार की स्थिति तक पहुँचने के बाद समान रूप से भार घटायें। पुनः प्रत्येक भार के लिये संकेतक की स्थिति का पाठ्याँक लें। कमानी पर अधिकतम भार के कारण यदि यह स्थाई रूप से तन न गई हो तो प्रत्येक भार के लिये संकेतक अपनी पूर्व स्थिति में आ जायेगा (कुछ पाठ्याँक-त्रुटि सम्भव है) अतः दोनों पाठ्याँकों का माध्य-मान लें।
- भार  $M$  ( $X$ -अक्ष) व लम्बाई में वृद्धि  $\Delta L$  ( $Y$ -अक्ष) में रखते हुए लेखाचित्र खीचें। इन बिंदुओं व मूल बिंदु से होकर गुजरने वाली सर्वश्रेष्ठ सीधी रेखा खीचें जो कि शून्य भार के तुल्य वृद्धि को दर्शाती है।
- लेखाचित्र का ढाल ज्ञात करें व तब स्थिरांक निकालें।

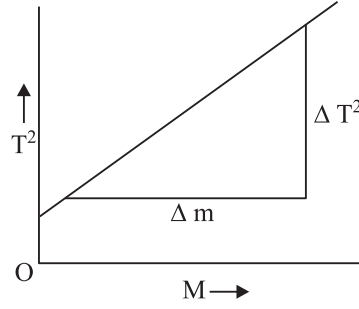
$$\mu = \frac{\text{डमें परिवर्तन}}{\text{समें परिवर्तन}} = \frac{1}{\text{लेखाचित्र का ढाल}}$$



टिप्पणियाँ



चित्र 8.2:  $M$  व  $L$  के बीच लेखाचित्र



चित्र 8.3:  $M$  व  $T^2$  के बीच लेखाचित्र

## 8.5 प्रेक्षण व न्यास विश्लेषण

सारणी: लम्बाई में वृद्धि व भार के खींचने के लिए प्रेक्षण

क्रम सं.	भार $M$ kg	पैमाने का पाठ्याँक		माध्य	लम्बाई में वृद्धि ( cm )
		बढ़ते भार के साथ	घटते भार के साथ		

लम्बाई में वृद्धि व भार के बीच लेखाचित्र का ढाल

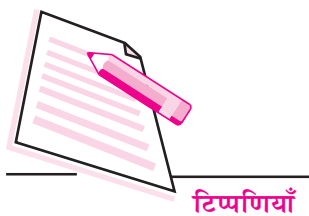
$$= \frac{\Delta l}{\Delta M} \dots\dots\dots m/N$$

स्थिरांक  $\mu = (\text{ढाल})^{-1} = Nm^{-1}$

## 8.6 परिणाम

(i) भार व इसके कारण लम्बाई में वृद्धि का लेखाचित्र मूलबिंदु से होकर गुजरने वाली एक सरल रेखा है। अतः लम्बाई में वृद्धि भार के अनुक्रमानुपाती है। अतः हुक का नियम सत्य सिद्ध हुआ।

(ii) स्थिरांक  $\mu$  (इकाई वृद्धि के लिये लटकाया द्रव्यमान) = .....  $kg\ m^{-1}$



## 8.7 त्रुटि के स्रोत

- (i) यदि बढ़ते व घटते क्रम में समान भारों के लिए पाठ्यक समान न हों तो इससे विदित होता है कि अधिकतम भार लगाये जाने पर कमानी में स्थायी खिंचाव हो गया है। इस अधिकतम भार के लिये हुक का नियम लागू नहीं होता है।

## 8.8 देखें आपने क्या समझा

- (i) दोलनों का आयाम कम क्यों होना चाहिए?  
.....
- (ii) दोलन केवल ऊर्ध्वाधर ही क्यों होने चाहिये?  
.....
- (iii) अधिक आयाम के ऊर्ध्वाधर दोलनों के आवर्तमाल (प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर) और न्यून आयामों के ऊर्ध्वाधर दोलनों के आवर्तकाल की तुलना कैसे की जा सकती है?  
.....
- (iv) एक कमानी से विशिष्ट भार लटकाकर इसे चन्द्रमा में ले जाया जाता है। भार का मान गुरुत्वजनित त्वरण के (चन्द्रमा के) कम हो जाने पर कम हो जाता है। इसकी लम्बाई में क्या अन्तर आयेगा? कारण स्पष्ट कीजिए।  
.....



## प्रयोग-9

किसी ब्यूरेट में भरे पानी के आयतन का  $1/2$ ,  $1/4$ ,  $1/8$  इत्यादि भाग खाली करने में लगे समय का मान ज्ञात कीजिए। ब्यूरेट में बचे जल के आयतन और उतना आयतन खाली करने में लगे समय के बीच एक लेखाचित्र बनाइये। लेखाचित्र

द्वारा दिखाइये कि जल निर्गम की आंशिक दर  $(\frac{1}{v} \frac{dv}{dt})$  प्रतिपल समान रहती है और इस प्रकार रेडियोधर्मिता के साथ इस प्रक्रिया की समानता प्रदर्शित कीजिए।



### 9.1 उद्देश्य

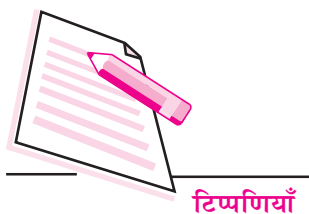
इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- इस बात का प्रेक्षण ले सकेंगे कि ब्यूरेट में जल का आयतन जल बहिर्प्रवाह के कारण समय के साथ कैसे परिवर्तित होता है;
- जल के आयतन व समय के बीच लेखाचित्र खींच सकेंगे;
- लेखाचित्र की व्याख्या कर यह समझ सकेंगे कि जलप्रवाह दर एवं ब्यूरेट में बचे जल के आयतन में समय के साथ परिवर्तन एक रेडियोधर्मी समस्थानिक (Radio active isotope) में समय के साथ मात्रा परिवर्तन के समान होता है;
- आंशिक जलप्रवाह की दर विभिन्न स्थितियों में ज्ञात कर सकेंगे व इस बात को देख सकेंगे कि यह स्थिर है।

### 9.2 आवश्यक पूर्वज्ञान

जब एक रेडियोधर्मी पदार्थ का क्षय होता है तो रेडियोधर्मी क्षय की दर (रेडियोधर्मी विकिरण की तीव्रता से मापी जाने वाली) बराबर गुणक से घटती है। समय अन्तरालों में अवशिष्ट पदार्थ की मात्रा भी समान समय अन्तराल में समान रूप से कम होती है। अतः

$$\begin{aligned} \text{आंशिक क्षय की दर} &= \frac{\text{किसी क्षण पदार्थ के क्षय होने की दर}}{\text{उस क्षण अवशिष्ट पदार्थ की मात्रा}} \\ &= \text{एक नियतांक} \end{aligned}$$



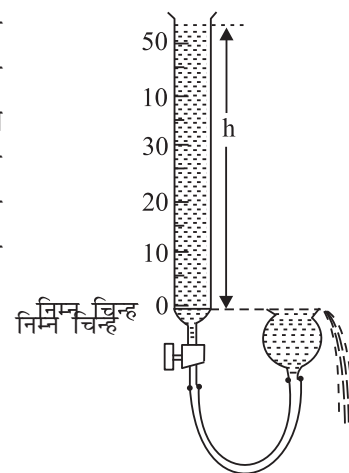
टिप्पणियाँ

इसी प्रकार ब्यूरेट के संकीर्ण सिरे से जल का एक फनल में व तदुपरान्त सिंक में प्रवाहित होने दें। तक किसी भी क्षण जल प्रवाह की दर थिसिल फनल में जल स्तर व ब्यूरेट में मुक्त जल स्तर के अन्तर  $h$  के अनुक्रमानुपाती होती है। चित्र 9.1 अतः निम्न चिन्ह के ऊपर ब्यूरेट में अवशिष्ट जल के आयतन के भी अनुक्रमानुपाती होती है।

अतः आंशिक द्रव प्रवाह की दर =

जल प्रवाह की दर

ब्यूरेट में निम्न चिन्ह के ऊपर जल का आयतन



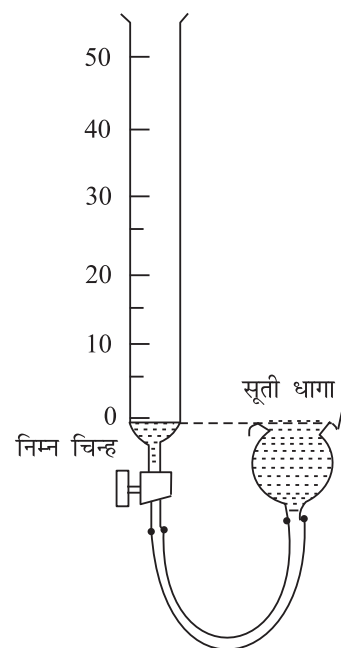
चित्र 9.1

### आवश्यक सामग्री

एक 50 mL का ब्यूरेट जिसका अल्पतमांक 0.2 mL या 0.1 mL हो, एक थिसिल फनल, रबर की नली, दो प्रयोगशाला स्टैंड, विराम घड़ी।

### 9.3 प्रयोग का समायोजन

थिसिल फनल को एक स्टैंड में व ब्यूरेट को दूसरे स्टैंड से लगायें। उनके निचले सिरे को रबर की नली से जोड़ें। थिसिल फनल को ऐसी स्थिति में रखें ताकि इससे बहकर गिरने वाला पानी सिंक में गिरे। दोनों स्टैंड्स की ऊँचाई का समायोजन इस प्रकार करें कि थिसिल फनल का खुला मुँह व ब्यूरेट का निम्नतम चिन्ह एक क्षैतिज रेखा में आ जाए। इसका परीक्षण करने के लिये ब्यूरेट में कुछ पानी लें और इसके स्टॉपर को पूरा खोल कर देखें कि ब्यूरेट में निम्न चिन्ह तक पानी के आ जाने पर क्या पानी का थिसिल फनल से बाहर बहना बंद हो जाता है (चित्र 9.2)। यह इस बात को सुनिश्चित करता है कि केवल इस चिन्ह से ऊपर के जल स्तम्भ के दाब के कारण ही प्रयोग की अवधि में जल प्रवाह होता है। थिसिल फनल के ऊपर इसके व्यास की दिशा में एक धागा रखें। ऐसा करने पर थोड़े तलान्तर के लिये भी जल प्रवाह होता है, जिसके अन्यथा जल के पृष्ठ तनाव के कारण रुकने की संभावना रहती।



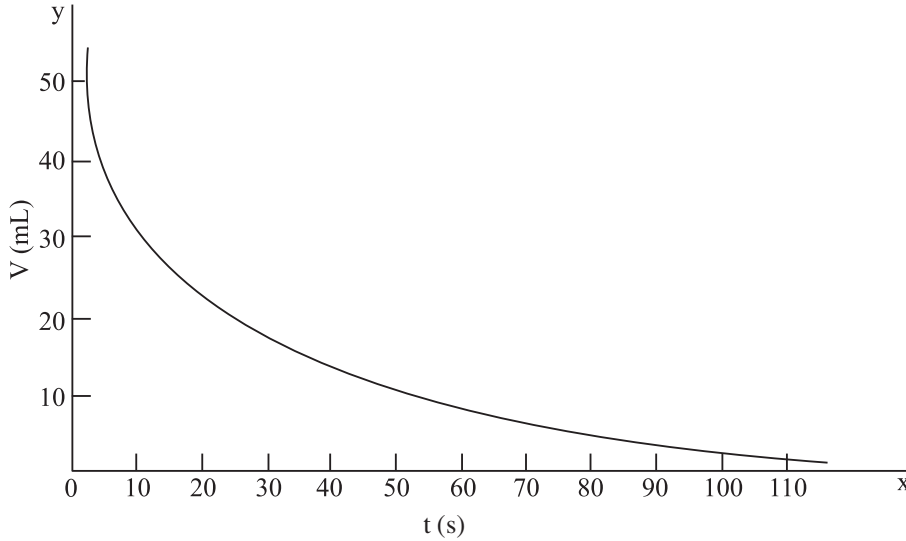
चित्र 9.2

## 9.4 प्रयोग विधि



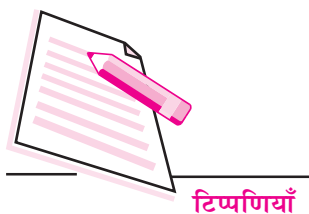
टिप्पणियाँ

- (i) उपरोक्त विधि से उपकरण का समायोजन करने पर ब्यूरेट में निचले चिन्ह तक व थिसिल फनल में पानी भरा रहता है। अब ब्यूरेट की टॉपी बन्द कर दें एवं ब्यूरेट पर अंकित उच्चतम चिन्ह से थोड़ा ऊपर तक पानी इसमें भरें।
- (ii) धीरे से स्टापर को थोड़ा खोलें जिससे कि धीरे-धीरे जल प्रवाह आरम्भ हो जाय। ठीक इसी समय विराम घड़ी चलायें। जल प्रवाह धीमा होना चाहिए। स्टापर के संकीर्ण छिद्र से होकर प्रवाहित होने वाला जल विक्षुब्ध न हो।
- (iii) ब्यूरेट में जल का तल उच्चतम अंकित चिन्ह तक पहुंचने पर तो घड़ी द्वारा दर्शाया गया सम लिख लें। (बिना घड़ी रोके हुए)
- (iv) ब्यूरेट में प्रत्येक 5 mL जल स्तर के द्वास के लिये गये समय का मान लिखें (बिना विराम घड़ी को रोके)। एक निश्चित चिन्ह तक जल स्तर के प्रेक्षण व मापन में निश्चित ही कुछ समयान्तर होता है। किन्तु इस समयान्तर को कुछ अभ्यास द्वारा लगभग स्थिर रखा जा सकता है।



**चित्र 9.3:** ब्यूरेट में बचे जल के आयतन व प्रेक्षित समय के बीच लेखाचित्र

- (v) ब्यूरेट में बचे जल के आयतन  $V$  (जिसे  $Y$ -अक्ष पर प्रदर्शित करें) एवं विराम घड़ी द्वारा मापे गये समय  $T$  (जिसे  $X$ -अक्ष पर प्रदर्शित करें) में लेखाचित्र बनायें (चित्र 9.3)
- (vi) आलेख की सहायता से ब्यूरेट में जल के 40 mL, 20 mL, 10 mL, 5 mL, 2.5 mL आदि मानों के समय ज्ञात करें। व  $V = 40$  mL से इन मानों में पहुंचने में लगे समय अन्तरालों  $T(1/2)$ ,  $T(1/4)/2$ ,  $T(1/8)/3$ ,  $T(1/16)$  आदि के मान ज्ञात करें।



(vii)  $V$  के इन पांचों मानों को लेखाचित्र में दर्शाने वाले बिन्दुओं पर स्पर्श रेखायें खींचकर उनकी ढाल ज्ञात करें और इस प्रकार जल प्रवाह की दर ज्ञात करें।

$$\therefore \text{जल प्रवाह की दर} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

(viii)  $V$  के इन पांचों मानों के लिये भिन्नात्मक प्रवाह दर ज्ञात करें।

$$\text{भिन्नात्मक प्रवाह दर} = \frac{\text{किसी क्षण जल प्रवाह की दर}}{\text{उस क्षण ब्यूरेट में जल का आयतन}}$$

## 9.5 प्रेक्षण

सारणी 9.1:  $V$  व  $t$  में प्रेक्षण

$V$ (mL)	50	45	40	35	30	25	20	18	16	14	12
$t$ (s)											
$V$ (mL)	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$t$ (s)											

## 9.6 न्यास-विश्लेषण

सारणी 9.2: जल प्रवाह की अर्धायु व भिन्नात्मक प्रवाह दर

$V$ (mL)	$t$ (s)	समयान्तराल $v = 0$ से	जल प्रवाह की अर्धायु	प्रवाह दर = ढाल	भिन्नात्मक प्रवाह दर
40					
20					
10					
5					
2.5					

## 9.7 परिणाम

- (i) प्रवाह के किसी भी स्तर पर किसी आयतन को आधा होने में लिया गया समय समान होता है। इस प्रयोग में जल प्रवाह की अर्धायु = .....
- (ii) प्रयोग की अवधि में भिन्नात्मक जल प्रवाह की दर नियत है। इस प्रयोग में इसका मान = .....  $s^{-1}$  है।





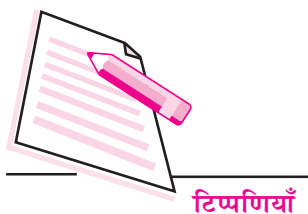
टिप्पणियाँ

## 9.8 त्रुटि के स्रोत

- (i) यह हो सकता है कि ब्यूरेट में जल स्तर-मापन और विराम घड़ी द्वारा इस जल स्तर के सापेक्ष समय-मापन के बीच समयान्तर हो।
- (ii) प्रयोग के प्रारंभिक दौर में  $V$  के उच्चतर मानों के लिये यदि जल प्रवाह थोड़ा भी विक्षुब्ध हो तो उक्त समय में भिन्नात्मक प्रवाह दर अति न्यून होगी।

## 9.9 देखें आपने क्या सीखा

- (i)  $V$  के कम मानों के लिये भिन्नात्मक प्रवाह-दर सामान्य से कम होती है। जबकि शेष प्रयोग के दौरान इसका मान अचर बना रहता है। क्यों?  
.....
- (ii)  $V$  के उच्चतर मानों के लिये कभी-कभी भिन्नात्मक प्रवाह दर नियत प्रायोगिक दर से भिन्न हो जाती है क्यों?  
.....
- (iii) हम ब्यूरेट के निचले सिरे में अंशांकन के स्तर पर थिसिल फनल क्यों संलग्न करते हैं।  
.....
- (iv) कौन सा समय अन्तराल अधिक होगा:  
ब्यूरेट में जल स्तर  $V = 50$  से  $40$  mL आने आने में लिया गया  
ब्यूरेट में जल स्तर  $V = 40$  से  $30$  mL आने आने में लिया गया  
.....
- (v) एक दिये गये  $C - 14$  नमूने की रेडियोधर्मी विकिरण की तीव्रता इस प्रयोग में जल प्रवाह की भाँति क्षय होती है। इस प्रयोग में रेडियोधर्मिता के सापेक्ष भौतिक राशियों को अभिनिर्धारित करें।  
(अ) नमूने में रेडियोधर्मी विकिरण की तीव्रता  
(ब) किसी क्षण अवशिष्ट  $C - 14$  कार्बन अणुओं की संख्या  
(स) रेडियोधर्मी क्षय की अर्धायु  
.....
- (vi) रेडियोधर्मी  $C-14$  नमूने के लगभग पूर्ण क्षय के लिये अनुमानित अर्धायुओं की संख्या क्या होगी? (अर्थात् तीव्रता के आरम्भिक मान के 1 प्रतिशत से कम होने के लिये।)  
.....
- (vii) आप  $V$  व  $t$  के बीच आलेख का बहिर्वेशन करें व बतायें कि कितने समय में  $V$  का मान इसके आरम्भिक मान 1 प्रतिशत रह जाएगा।?  
.....



## खण्ड-( ब )

### B.1 परिचय

हमारी दो सबसे महत्वपूर्ण ज्ञानेन्द्रियाँ आँख व कान बाह्य उद्दीपनों को प्रकाश (विद्युत चुम्बकीय तरंगों) व ध्वनि (यांत्रिक तरंगों) के रूप में प्राप्त करती हैं। इसलिये तरंगों का अध्ययन अति आवश्यक है।

प्रकाशिकी यानि प्रकाश ऊर्जा के अध्ययन से हमें कई उपकरण जैसे, दृष्टि में सहायक सूक्ष्मदर्शी, दूरदर्शी, चश्मे, फोटोग्राफी- कैमरा जैसे यंत्र व कैलिडोस्कोप जैसे खिलौने प्राप्त हुये हैं। इन सब चीजों ने न केवल सूक्ष्म जगत बल्कि स्थूल ब्रह्माण्ड सम्बंधी ज्ञान में भी हमें एक नवीन अन्तर्दृष्टि प्रदान की है व साथ ही हमारे जीवन की गुणवत्ता में सुधार किया है।

यह सब प्रकाश ऊर्जा व द्रव्यों पर इसके प्रभाव के अध्ययन के फलस्वरूप संभव हुआ है। इसके अलावा प्रकाश ऊर्जा का अध्ययन सरल व मनोरंजक है तथा इसके लिये सरल व कम मूल्य के उपकरणों की आवश्यकता होती है।

### प्रकाशिकी-प्रयोगों के लिये सामान्य अनुदेश

- वस्तु व पिन प्रतिबिम्बों को देखने के लिये समीपतम पिन की दूरी आँख से कम से कम 25 cm होनी चाहिए।
- पिनों का ऊर्ध्वाधर रखा जाना चाहिये व आवश्यक पिनों के सिरों के बीच लंबन-त्रुटि का निराकरण करना चाहिये।
- प्रतिबिम्ब निर्माण के लिए रेखा चित्र खींचने चाहिये व किरणों को तीर-शीर्ष से प्रदर्शित किया जाना चाहिए।

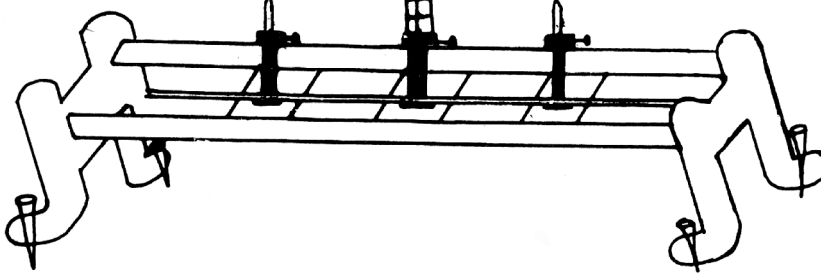
### B.2 प्रकाश मंच ( प्रकाश वेदिका )

प्रकाश वेदिका 1 मीटर, 1.5 मीटर या 2 मीटर लंबा लकड़ी या लोहे का बना एक क्षैतिज तल होता है (चित्र B-1) वेदिका दोनों ओर दो समतलक पेंचों के ऊपर टिकी रहती है व इसकी लम्बाई मे एक ओर एक मीटर पैमाना लगा रहता है। वेदिका के साथ तीन या चार स्तंभ रहते हैं जिनमें पिन आदि लगाई जा सकें। एक स्तम्भ को वेदिका पर इच्छित



टिप्पणियाँ

स्थान पर नियत किया जा सकता है व इसमें लगे दर्पण या पिन की स्थिति को इसके आधार के बीच में लगे रेखा-चिन्ह द्वारा पढ़ा जा सकता है।



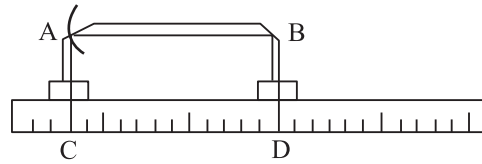
चित्र B-1

### प्रकाश वेदिका का समायोजन

- वेदिका को स्प्रिट लेबल व समतलक पेंचों की सहायता से समतल करें। इसके लिए एक स्तंभ (upright) के आधार पर लम्बाई की दिशा में स्प्रिट लेबल को रखें ताकि बुलबुला बीच में आ जाय। पुनः चौड़ाई की दिशा में लेबल को रख कर यही समायोजन करें। इसके बाद स्तम्भों के आधार पर स्प्रिट लेबल रखकर पूर्णरूपेण समतलन कर लें।
- प्रयोग की आवश्यकता के अनुसार स्तम्भों (uprights) पर लेंस या दर्पण या पिनो को नियत कर लें। उनकी ऊर्ध्वाधर ऊँचाइयों को इस प्रकार समायोजित करें कि पिनो के शीर्ष व लेन्स/ दर्पण के केन्द्र वेदिका के समान्तर एक क्षैतिज रेखा में आ जाएँ।

### बेंच संशोधन ( वेदिका संशोधन )

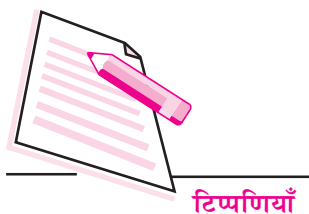
प्रकाश वेदिका द्वारा मापन के लिय हम स्तम्भों की सूचक रेखाओं के बीच की दूरी का मापन करते हैं व इसे पिनो के शीर्ष व दर्पण के ध्रुव (या लेन्स के प्रकाश केन्द्र) के बीच की दूरी मानते हैं। स्तम्भ पर अंकित सूचक रेखाएँ पिन के



चित्र B-2

शीर्ष या दर्पण के ध्रुव का सम्भवतया सही मान नहीं दे पाती। इस कारण हुई त्रुटि को वेदिका त्रुटि (Bench error) कहते हैं। इस त्रुटि का निराकरण एक दूसरे प्रयोग द्वारा किया जाता है और यह सभी मापों पर लागू होता है।

$$\begin{aligned}
 \text{वेदिका संशोधन} &= - (\text{वेदिका त्रुटि}) \\
 &= - (\text{मापी गई दूरी} - \text{वास्तविक दूरी}) \\
 &= \text{वास्तविक दूरी} - \text{मापी गयी दूरी}
 \end{aligned}$$



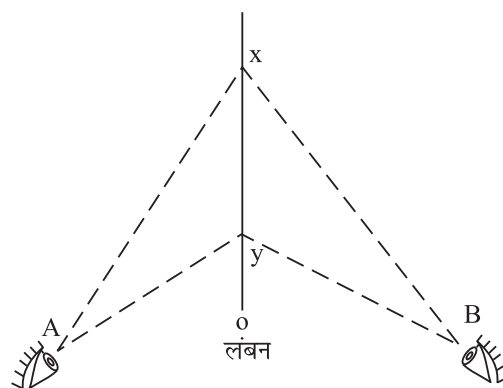
वेदिका संशोधन के लिए दर्पण (या लेंसों) वे पिन शीर्ष एक नियत दूरी पर समायोजित किये जाते हैं। यह समायोजन एक बुनाई की सलाई द्वारा किया जाता है। तब बुनाई की सलाई की लम्बाई पिन व (लेन्स) दर्पण के बीच की दूरी वास्तविक दूरी को दर्शाती है और इनके स्तम्भों के स्तम्भों पर अंकित सूचक रेखाओं के बीच की दूरी से प्रेक्षित मान ज्ञात होता है। चित्र B-2 से

$$\text{वेदिका संशोधन (Bench correction)} = AB - CD$$

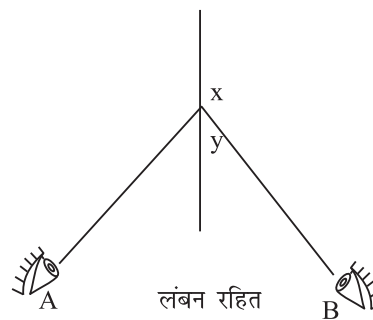
बहुधा वेदिका संशोधन को सूचकांक संशोधन भी कहा जाता है।

### लंबन विधि

दो विभिन्न स्थितियों से देखे जाने पर दो वस्तुओं के बीच सापेक्ष अलगाव को लंबन कहा जाता है। यह अलगाव जितना अधिक होता है उतना ही अधिक उन दो वस्तुओं के बीच लंबन होता है।



चित्र B-3



चित्र B-4

चित्र B-3 में आँख को O से A की ओर ले जाने में पिन X अपने बाँयी ओर चलती है व आँख को O से B की ओर ले जाने में यह दायी ओर चलती है। लेकिन जब X और Y एक दूसरे के ऊपर हों तो कोई लंबन नहीं पाया जाता (चित्र B-4)।

लंबन विधि का उपयोग वास्तविक प्रतिबिम्ब की स्थिति पता करने के लिये किया जाता है। यदि आँख को एक ओर से दूसरी ओर ले जाने में प्रतिबिम्ब पिन का शीर्ष व प्रतिबिम्ब का शीर्ष सम्पाती हों तो उनके बीच बिल्कुल लंबन नहीं होता और प्रतिबिम्ब पिन वास्तविक प्रतिबिम्ब की स्थिति को दर्शाती है।



## प्रयोग-10

- (i) वायु स्तंभ में उत्पन्न ध्वनि की तरंग-दैर्घ्य ज्ञात करना।
- (ii) अनुनाद स्तंभ व स्वरित्र द्विभुज की सहायता से कमरे के तापमान पर ध्वनि का वेग ज्ञात करना।



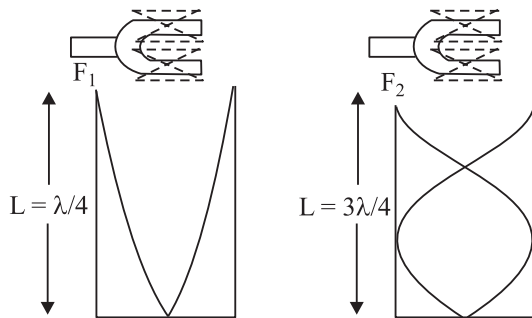
### 10.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप निम्न बातें जान जाएंगे:

- अनुनाद नली उपकरण का समायोजन;
- अनुनाद की प्रथम व द्वितीय स्थितियाँ ज्ञात करना;
- वायु में ध्वनि तरंग-दैर्घ्य ज्ञात करना;
- वायु में ध्वनि के वेग की गणना करना एवं अनुनाद प्रक्रम को समझना।

### 10.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आप जानते हैं कि एक नियत लम्बाई के पाइप में बने वायु स्तंभ में ध्वनि की अपनी विशिष्ट स्वाभाविक आवृत्तियाँ होती हैं। उदाहरणार्थ, एक आर्गन पाइप में जो कि एक ओर से बंद हो, व जिसकी लम्बाई  $L$  हो, वायु स्तंभ को एक विशिष्ट आवृत्ति के स्वरित्र-त्रिभुज द्वारा कंपित करने पर यह अनुनादित होता है। ट्यूब के नीचे जाने वाली व परावर्तित होर ऊपर आने वाली तरंगों के एक दूसरे पर आरोपित होने पर अनुदैर्घ्य अप्रगामी तरंगें उत्पन्न होती हैं जिनमें बंद सिरे पर एक निस्पंद व खुले सिरे पर एक प्रस्पंद बनता है। (चित्र 10.1)



चित्र 10.1 : विभिन्न आवृत्तियों के लिये एक पाइप में उत्पन्न अप्रगामी अनुदैर्घ्य तरंगें



टिप्पणियाँ

किसी वायु स्तंभ की अनुनाद आवृत्तियाँ केवल इसकी लम्बाई पर निर्भर करती हैं। यदि बन्द सिरे, पर एक निस्पंद (node) व खुले सिरे पर प्रस्पंद (antinode) बने तो इस स्थिति में वायु स्तंभ में केवल सीमित संख्या में ही तरंग दैर्घ्य समा सकती है। किन्तु, आप जानते हैं कि एक निस्पंद व प्रस्पंद के बीच की दूरी  $\lambda/4$  होती है पर वायु स्तंभ में अनुनाद की स्थिति उत्पन्न होती है अर्थात् वायु स्तंभ की लम्बाई  $\lambda/4$  की एक विषम गुणक होने पर

$$L = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4} \dots \dots \dots \text{आदि}$$

या व्यापक रूप से  $L = \frac{n\lambda}{4}$  जहाँ  $n = 1, 3, 5, \dots \dots \dots$  (10.1)

इस समीकरण में  $\lambda$  ध्वनि का तरंग दैर्घ्य है। आपको ज्ञात है कि ध्वनि के तरंग दैर्घ्य व आवृत्ति के बीच निम्न संबंध है।

$$v = f\lambda \tag{10.2}$$

(10.1) व (10.2) को संयुक्त करने पर एक बंद पाइप के लिये

$$f_n = \frac{nv}{4L}, n=1,3,5,\dots \dots \dots \tag{10.3}$$

निम्नतम आवृत्ति ( $n=1$ ) को मूलभूत आवृत्ति व उच्चतर आवृत्तियों को अधिस्वरक कहते हैं। अतः एक  $L$  लम्बाई के वायु स्तंभ की विशेष अनुनाद आवृत्तियाँ होती हैं जो कि परिचालक आवृत्तियों के साथ अनुनाद की स्थिति में हैं।

जैसा कि समीकरण (10.3) से स्पष्ट है कि वायु स्तंभ के अनुनाद की स्थिति में तीन प्राचल (Parameters)  $f, V$  और  $L$  निहित हैं। इस प्रयोग में अनुनाद के अध्ययन के लिये वायु स्तंभ की लम्बाई  $L$  को एक दी हुई परिचालक आवृत्ति के लिये परिवर्तित किया जाता है। (वायु में तरंग वेग सापेक्ष रूप से नियत है।)

समीकरण (10.1) से स्पष्ट है कि क्रमिक (उत्तरोत्तर) अनुनाद की स्थितियों में वायु स्तंभ की लम्बाइयों में अंतर

$$\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$$

$$L_3 - L_2 = \frac{5\lambda}{4} - \frac{3\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$$

जहाँ  $L_1, L_2, L_3$  वायु स्तंभ की प्रथम द्वितीय व तृतीय अनुनाद स्थितियों में लम्बाई है।

अतः  $\lambda = 2\Delta L$  (10.4)



हम  $\Delta L$  का मापन करके ध्वनि तरंगों की तरंग-दैर्घ्य ज्ञात कर सकते हैं। तब परिचालक स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति ज्ञात होने पर कमरे के ताप पर वायु का वेग निम्नवत ज्ञात किया जा सकता है।

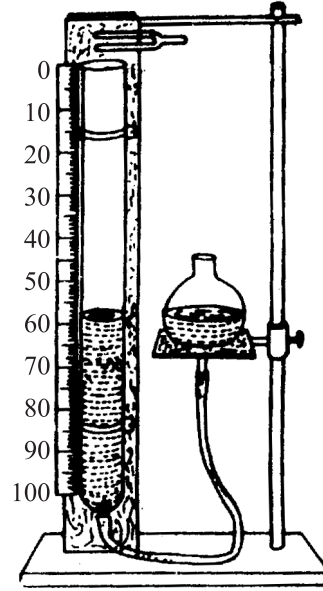
$$\Delta v = f\lambda = 2f(L_2 - L_1) \quad (10.5)$$

### आवश्यक सामग्री

अनुनादी ट्यूब उपकरण, स्वरित्र, रबर का गुटका, मीटर छड़ी (यदि अनुनादी ट्यूब में मापक पैमाना न हो) व एक तापमापी

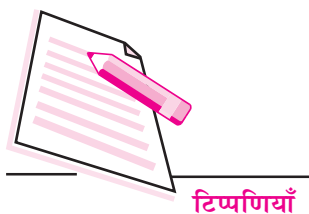
## 10.3 प्रयोग-विधि

- (i) कमरे का तापक्रम तापमापी द्वारा पढ़ें।
- (ii) स्वरित्रों की आवृत्तियाँ नोट करें।
- (iii) चित्र 10.2 में अनुनादी ट्यूब उपकरण दर्शाया गया है। इसके तल में लगे समतलक पेंचों व स्प्रिट लेबल की सहायता से इसे ऊर्ध्वाधर करें। जल संग्राहक को पानी से भरकर ऊपर उठाये जिससे कि लंबी ट्यूब में शीर्ष के पास एक बिंदु तक जल का समायोजन हो सके। संग्राहक (Reservoir) को ज्यादा न भरें अन्यथा इसे नीचे किये जाने पर पानी बाहर बहने लगेगा। जल को ट्यूब के ऊपर नीचे करने का अभ्यास कर लें।



चित्र 10.2: अनुनाद नली उपकरण

- (iv) ट्यूब के शीर्ष के समीप जल-स्तर का समायोजन करें और फिर स्वरित्र द्विभुज को रबर गुटिका से टकरा करके इसके कंपन उत्पन्न करें। स्वरित्र द्विभुज को कदापि किसी ठोस (सख्त) वस्तु से न टकरायें। इससे स्वरित्र द्विभुज खराब हो सकता है व उसकी अभिलाक्षणिक आवृत्ति में अन्तर आ सकता है। कंपन करते हुये स्वरित्र द्विभुज को ट्यूब के खुले मुँह से थोड़ा ऊपर क्षैतिज स्थिति में पकड़ें जिससे कि ध्वनि ट्यूब में प्रवेश कर सके (ज्ञातव्य है कि स्वरित्र द्विभुज से उत्पन्न ध्वनि का संचरण दिशा आधारित है। एक कंपन करते द्विभुज व अपने कान द्वारा ध्वनि के इस दिशिक अभिलक्षण का अध्ययन करें।
- (v) संग्राहक को आधार स्तंभ पर एक निम्नतर स्थिति में लाइये। एक पिंच-कार्क (Pinch cork) की सहायता से ट्यूब में जल स्तर को इस प्रकार समायोजित करें



टिप्पणियाँ

ताकि तल 1 सेन्टीमीटर के चरणों में कम हो। स्वरित्र को प्रत्येक बार ट्यूब के मुह के पास लायें। इस क्रिया को तब तक करें जब तक कि तेज ध्वनि न सनायी दे।

- (vi) अत तल स्तर को 1 मिलीमीटर के चरणों में घटा-बढ़ा कर वह स्थिति ज्ञात करें जबकि अधिकतम ध्वनि सुनाई दे। यह प्रथम अनुनाद की स्थिति है।
- (vii) पैमाने पर प्रथम अनुनाद के लिये जल स्तर की वास्तविक स्थिति ज्ञात करें (स्थिति पता करने के लिये ट्यूब के ऊपरी सिरे से लम्बाई मापें)। प्रयोग की तीन बार पुनरावृत्ति करें।
- (viii) इस प्रयोग को द्वितीय अनुनाद स्थिति के लिये दोहरायें। इस समय वायु स्तम्भ की लम्बाई पहली लम्बाई की लगभग तीन गुनी होगी।
- (ix) प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थितियों में वायु स्तम्भ की औसत लम्बाई ज्ञात करें। तब उनके बीच अन्तर द्वारा तरंग दैर्घ्य ज्ञात करें व द्विभुज की ज्ञात आवृत्ति से ध्वनि का वेग ज्ञात करें।

## 10.4 प्रेक्षण

वायु का तापमान = .....

**सारणी 10.1:** अनुनाद स्थितियों के लिये सारणी

क्र० सं०	स्रोत आवृत्ति ( $H_z$ )	अनुनाद की प्रथम स्थिति				अनुनाद की द्वितीय स्थिति				
		1 cm	2 cm	3 cm	औसत cm	$L_1$ cm	1 cm	2 cm	3 cm	औसत $L_2$ cm
1										
2										
3										
4										

## 10.5 गणनाएँ

(a) प्रथम अनुनाद के लिये वायु स्तम्भ की लम्बाई  $L_1 = \dots\dots\dots$  cm

द्वितीय अनुनाद के लिये वायुस्तम्भ की लम्बाई  $L_2 = \dots\dots\dots$  cm

$$\Delta L = L_2 - L_1 = \dots\dots\dots \text{ cm}$$

(b) वायु में ध्वनि का वेग  $2f \Delta L = \dots\dots\dots \text{ ms}^{-1}$





टिप्पणियाँ

(c) कमरे के तापमान पर वायु वेग का शुद्ध मान (नियतांक सारणी से देख कर)  
= .....

(d) परिणाम में प्रतिशत त्रुटि =  $\frac{\text{प्रेक्षित मान} - \text{शुद्ध मान}}{\text{शुद्ध मान}} \times 100$   
= .....%

## 10.6 परिणाम

- (i) वायुस्तंभ में तरंगों का तरंगदैर्घ्य = ..... m
- (ii) ..... °C तापमान पर वायु में ध्वनि का वेग = .....ms<sup>-1</sup> प्राप्त हुआ। शुद्ध मान ..... है व प्रतिशत त्रुटि ..... है।

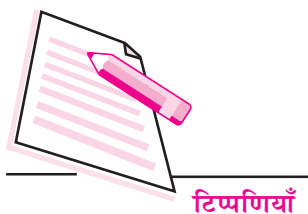
## 10.7 देखें आपने क्या समझा

- (i) एक 128 हर्ट्ज के ध्वनि स्रोत को एक अनुनाद नली के ऊपर पकड़ते हैं। वायु स्तंभ की 20 °C पर प्रथम व द्वितीय अनुनाद लम्बाइयाँ ज्ञात करें (वायु में ध्वनि का वेग तापमान पर निर्भर करता है और इसे निम्न संबंध से प्रदर्शित किया जाता है

$$V_t = 331.4 + 0.6 t \text{ m/s जहाँ } t^{\circ} \text{ सेल्सियस में वायु का तापमान है।}$$

- (ii) आप वायु में ध्वनि का वेग व तरंगदैर्घ्य ज्ञात करने के लिये प्रथम व द्वितीय स्थिति में अनुनादित वायु स्तंभों की लम्बाई में अन्तर का उपयोग क्यों करते हैं?

- (iii) माना कि किसी समय प्रयोगशाला का तापक्रम आपके प्रयोग में वातावरण के तापक्रम से 5° सेल्सियस अधिक है। इस तापान्तर का अनुनादित वायु स्तंभ की लम्बाई पर क्या प्रभाव होगा?



## प्रयोग-11

एक अनुनाद में प्रथम व द्वितीय अनुनाद की स्थितियाँ उत्पन्न करके दो स्वरित्र-द्विभुजों की आवृत्तियों की तुलना करना।



### 11.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- अनुनाद नली उपकरण का प्रयोग कर सकेंगे;
- प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थितियाँ उत्पन्न करना और उन्हें पहचानना सीख सकेंगे;
- दिये गये स्वरित्र द्विभुजों की आवृत्तियों की तुलना करना सीख सकेंगे।

### 11.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

पिछले प्रयोग से आपका ज्ञात है कि एक कपित स्वरित्र द्विभुज की सहायता से एक वायु स्तंभ को अनुनादित किया जा सकता है। जब वायु-स्तंभ की लम्बाई  $\lambda/4$  की विषम गुणक हो तो यह अनुनादित होता है। हमें यह भी ज्ञात है कि यदि दो क्रमिक अनुनादों के लिये वायु स्तंभों की लम्बाई में अन्तर  $\Delta L$  हो तो, ध्वनि तरंग की तरंग दैर्घ्य

$$\lambda = 2\Delta L \quad (11.1)$$

यदि  $f$  ध्वनि स्रोत की आवृत्ति हो तो वायु वेग

$$v = f\lambda \quad (11.2)$$

चूँकि एक दी गई स्थिति में वायु का वेग नियत होता है इसलिये तो दो स्वरित्र द्विभुजों के लिये जिनकी आवृत्तियाँ  $f_1$  व  $f_2$  हों

$$f_1 \lambda_1 = f_2 \lambda_2 \quad (11.3)$$

इसे (11.1) के साथ संयोजित करने पर

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\Delta L_2}{\Delta L_1} \quad (11.4)$$



### आवश्यक सामग्री

अनुनाद ट्यूब उपकरण, स्वरित्र द्विभुज, रबर का गुटका, मीटर छड़ी (यदि अनुनाद नली में मापक पैमाना न लगा हो तो)।

## 11.3 प्रयोग का समायोजन

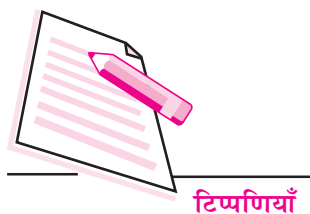
- प्रयोग (11) में दी गयी विधि के (i) से (vii) तक के चरणों का अनुकरण करें।
- दूसरे स्वरित्र द्विभुज के लिये प्रयोग को दोहरायें।
- प्रेक्षण सारणी में दोनों स्वरित्र द्विभुजों की प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थिति के मान लिखें।
- प्रत्येक अनुनादित स्तंभ लम्बाई के लिये तीन प्रेक्षणों का माध्य ज्ञात करें।
- दोनों स्वरित्र द्विभुजों के लिये प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थितियों में वायु स्तंभ की लम्बाईयों का अन्तर  $\Delta L$  ज्ञात करें।
- दोनों स्वरित्र द्विभुजों के लिये  $\Delta L$  का अनुपात ज्ञात करें।

## 11.4 प्रेक्षण

क्र.सं.	स्वरित्र द्विभुज	प्रथम अनुनाद की स्थिति				द्वितीय अनुनाद की स्थिति			
		1	2	3	औसत	1	2	3	औसत
1	प्रथम								
2									
3									
1	द्वितीय								
2									
3									

## 11.5 गणनायें

- प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थितियों के बीच का अन्तर (प्रथम स्वरित्र द्विभुज के लिये) = ..... cm
- प्रथम व द्वितीय अनुनाद स्थितियों के बीच का अन्तर (द्वितीय स्वरित्र द्विभुज के लिये) = ..... cm



(iii)  $\frac{f_1}{f_2} = \frac{\Delta L_2}{\Delta L_1} = \dots\dots\dots \text{cm}$

### 11.6 परिणाम

दिये गये स्वरित्र द्विभुजों की आवृत्तियों के अनुपात का मान ..... प्राप्त हुआ।

### 11.7 देखें आपने क्या समझा

(i) स्वरित्र द्विभुज को एक रबर के गुटके से टकरा कर कंपित किया जाना चाहिये या किसी दृढ़ वस्तु से? व्याख्या करें।

.....

(ii) एक अनुनाद नली की पूर्ण लम्बाई 1 मीटर है। इस पूरी लम्बाई में कितनी अनुनाद स्थितियों के प्रेक्षण प्राप्त किये जा सकते हैं।

(a) 500 हर्ट्ज, (b) 1000 हर्ट्ज हो (वायु में ध्वनि का वेग =  $347 \text{ ms}^{-1}$ )

.....

(iii) एक ध्वनि के स्रोत को अनुनाद नली के ऊपर पकड़ा जाता है व इस स्थिति में स्रोत से नली में जल स्तर के बीच दूरी 10 सेन्टीमीटर होने पर अनुनाद होता है। पुनः यह दूरी 26 सेन्टीमीटर होने पर अनुनाद प्राप्त होता है। यदि वायु का तापमान  $20^\circ\text{C}$  हो तो स्रोत की आवृत्ति की गणना करें।  $t$  तापक्रम पर वायु का वेग  $V$  निम्नवत है-

$$V_t = 331.4 + 0.6 t \text{ ms}^{-1}$$

.....



## प्रयोग-12

एक स्वरित्र द्विभुज के साथ अनुनादित सोनोमीटर के तार की लम्बाई व तनाव में लेखाचित्र बनाकर सम्बन्ध स्थापित करें व इस लेखा चित्र की सहायता से तार का इकाई लम्बाई के लिए द्रव्यमान ज्ञात करें।



### 12.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- एक दिये गये स्वरित्र द्विभुज द्वारा अनुनादित होने वाली सोनोमीटर के तार की लम्बाई को व्यवस्थित कर सकेंगे;
- तनाव के विभिन्न मानों के लिये एक स्वरित्र द्विभुज अनुनादित तार की लम्बाई ज्ञात कर सकेंगे;
- लेखाचित्र द्वारा लम्बाई व तनाव के बीच संबंध स्थापित कर सकेंगे व
- तार की प्रति इकाई लम्बाई का द्रव्यमान ज्ञात कर सकेंगे।

### 12.2 आवश्यक पूर्वज्ञान

आपको ज्ञात है कि एक खिंचे तार को कंपित करने पर एक मधुर ध्वनि उत्पन्न होती है। जब दो बिंदुओं के बीच खिंचे तार को इसकी साम्य स्थिति से विस्थापित किया जाता है तो इसमें बहुविध कम्पन उत्पन्न होते हैं। सरलतम विधा में कंपित होने पर यह खंड में ही कंपन करता है और इसकी आवृत्ति को कंपन की मूलभूत आवृत्ति कहा जाता है। यह निम्न प्रकार से सूत्रबद्ध है।

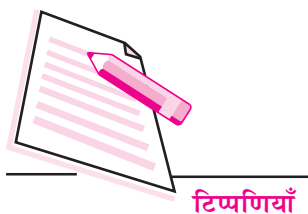
$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (12.1)$$

जहाँ  $L$  कंपित खण्ड की लम्बाई है  $F$  तार का तनाव व  $\mu$  तार की इकाई लम्बाई का द्रव्यमान। दिये गये तार व आवृत्ति के लिये  $f$  व  $\mu$  नियत होते हैं।

$$\text{अतः } \sqrt{F} \propto L \quad (f, \mu \text{ नियत हैं}) \quad (12.2)$$

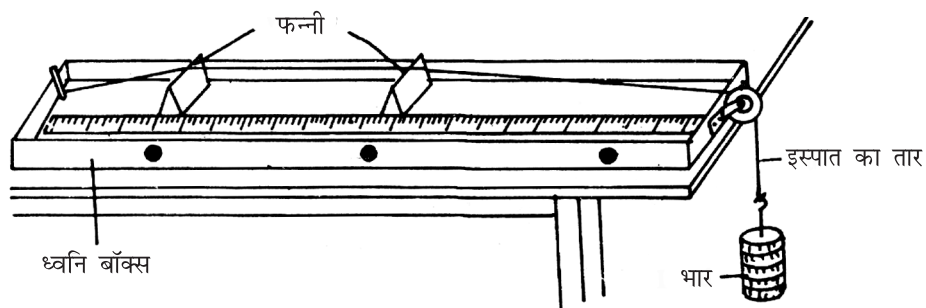
अर्थात् तार में तनाव अनुनाद की स्थिति में तार की लम्बाई के वर्ग का अनुक्रमानुपाती होता है।

इस प्रयोग में हम उपरोक्त संबंध को एक सोनोमीटर की सहायता से स्थापित करेंगे। सोनोमीटर में एक नाद पट के ऊपर से खिंचे एक या दो पियानो के तार होते हैं। प्रत्येक



टिप्पणियाँ

तार का एक सिरा जुड़ा होता है और दूसरा एक धिरनी के ऊपर से गुजार कर उस पर लटकाये गये हैंगर व भारों की सहायता से इनमें तनाव पैदा किया जा सकता है। प्रभावी लंबाई को समायोजित करने के लिए तार के नीचे विस्थापित किये जा सकने वाले सेतुओं का प्रयोग किया जाता है। सोनोमीटर का सामान्य रूप नीचे दिखाया गया है।



चित्र 12.1: एक स्वरमापी (सोनोमीटर)

### आवश्यक सामग्री

सोनोमीटर, भार लटकाने का हैंगर, 1/2 किलोग्राम के भार, स्वरित्र-द्विभुज, रबड़ का गुटका, मीटर पैमाना (यदि सोनोमीटर में लम्बाई का पैमाना न हो), व दो कार्तीय आलेख पत्र (Cartesian graph paper)

### 12.3 प्रयोग विधि

- (i) सोनोमीटर को प्रयोगशाला मेज के सिरे के पास इस प्रकार रखें ताकि हैंगर पर भारों को मुक्त रूप से लटकाया जा सके।
- (ii) दोनों सेतुओं को तार के सिरों के पास समायोजित करें ताकि तार की अधिकतम लम्बाई उपयोग में लायी जा सके। हैंगर में भार-वृद्धि करें (चेतावनी: अपने पैरों को हैंगर में लटकाये गये भारों से दूर रखें ताकि तार टूटने की स्थिति में पैरों में चोट न लगे।)
- (iii) एक छोटे से कागज के टुकड़े को V-आकृति में मोड़कर तार के मध्य में एक आरोही की भाँति रखें।
- (iv) स्वरित्र द्विभुज को रबड़ के गुटके से टकरा कर कंपित करें। स्वरित्र द्विभुज को कदापि ठोस वस्तु (जैसे मेज) में न मारें। इससे स्वरित्र नष्ट हो सकता है व इसकी स्वाभाविक आवृत्ति बदल सकती है। कंपित द्विभुज के आधार को सोनोमीटर के शीर्ष में रखें व आरोही कागज के कंपन देखें। अब समायोजन सेतुओं की सहायता से तार की कंपित लंबाई में तब तक परिवर्तन करें जब तक कि तार स्वरित्र द्विभुज के साथ अनुनादित न हो जाय। इस स्थिति में ऊँची आवाज सुनाई पड़ती है व आरोही कागज



अत्यधिक फड़फड़ाकर नीचे गिर जाता है। तार की इस कंपन की लम्बाई को माप लें व लिख लें। यह दो सेतुओं के बीच की दूरी है स्मरण रहे तार मूलभूत कंपन की स्थिति में यह एक ही खंड में कंपित होता है।

- (v) हैंगर पर भार बढ़ाकर तार के तनाव में वृद्धि करें व उपरोक्त चरण (iv) को दोहरायें।  
 (vi) तनाव के 6 या अधिक मानों के लिये प्रयोग को दोहरायें।

## 12.4 प्रेक्षण

स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति = .....

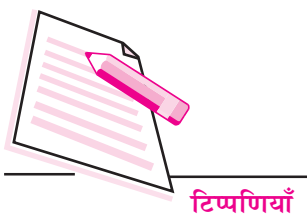
तनाव के साथ लम्बाई में परिवर्तन

**सारणी 12.1:** तनाव व लम्बाई के लिये सारणी

क्र०सं०	कुल लटकाया गया द्रव्यमान (kg)	तनाव $F (N)$	$\sqrt{F}$	लम्बाई $L (m)$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

## 12.5 न्यास-विश्लेषण

- (i) एक दिये गये स्वरित्र द्विभुज के लिये  $F$  व  $L$  के बीच आलेख खींचे व बिन्दुओं को मिलायें। आलेख की आकृति से  $F$  व  $L$  के बीच सम्भावित सम्बन्ध का अनुमान लगायें। क्या आप इस वक्र रेखा से दो राशियों के बीच सही सम्बन्ध पता कर सकते हैं?
- (ii) एक दिये गये स्वरित्र द्विभुज के लिये  $\sqrt{F}$  ( $y$ -अक्ष में) व  $L$  ( $x$ -अक्ष) में दर्शाते हुए लेखाचित्र खींचें। इस प्रकार प्राप्त सरल रेखीय लेखाचित्र का ढाल ज्ञात करें। इसका मान  $2f\sqrt{\mu}$  है। इस ढाल को  $2f$  से विभाजित करें व इस प्रकार प्राप्त राशि का वर्ग करें, इससे  $\mu$  प्राप्त हो जायेगा जो कि तार की इकाई लम्बाई का द्रव्यमान है।



## 12.6 परिणाम

- (i)  $\sqrt{F}$  व  $L$  के बीच लेखाचित्र खींचने पर एक ऋजु रेखा प्राप्त हुई। अतः तार के अपने मूल स्वरक में कंपित होने की स्थिति में तार का तनाव इसकी लम्बाई के वर्ग का अनुक्रमानुपाती होता है।
- (ii) ऋजु रेखा के ढाल से तार की इकाई लम्बाई का द्रव्यमान .....  $\text{kg m}^{-1}$  प्राप्त हुआ।

## 12.7 देखें आप क्या समझे

- (i) दर्शायें कि समीकरण (12.1) के दोनों पक्षों की विमायें समान हैं।  
.....
- (ii) सोनोमीटर में नादपेटी का क्या उद्देश्य है?  
.....
- (iii) एक  $0.0003 \text{ kg m}^{-1}$  का  $0.5 \text{ m}$  लम्बा तार प्रति सेकण्ड 200 बार कंपित होता है। तार का तनाव न्यूटन में ज्ञात करें। इस तनाव को उत्पन्न करने हेतु कितने द्रव्यमान को तार में लटकाने की आवश्यकता है?  
.....
- (iv) यदि  $50.8 \text{ cm}$  लम्बाई का तार 128 हर्ट्ज आवृत्ति की ध्वनि देता है तो  $25.4 \text{ cm}$  लम्बाई का उसी तार का टुकड़ा समान तनाव के लिये कितने हर्ट्ज आवृत्ति की ध्वनि उत्पन्न करेगा?  
.....
- (v) दो समान तनाव वाले तारों की कंपित लंबाई समान है लेकिन एक तार का रेखीय द्रव्यमान घनत्व दूसरे तार के रेखीय द्रव्यमान घनत्व से दो गुना है। क्या अधिक द्रव्यमान घनत्व वाले तार की मूल स्वरक आवृत्ति दूसरे तार की मूल स्वरक आवृत्ति की आधी होगी? व्याख्या करें।  
.....





## प्रयोग-13

दिये गये अवतल दर्पण के लिये  $u$  के विभिन्न मानों के सापेक्ष  $v$  के मान ज्ञात करें व  $1/u$  एवं  $1/v$  के बीच लेखाचित्र बनाकर उसके द्वारा फोकस-दूरी ज्ञात करें।



### 13.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप

- प्रकाश वेदिका का समायोजन कर सकेंगे;
- वेदिका त्रुटि ज्ञात कर सकेंगे;
- दर्पण की अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे;
- $u$  के विभिन्न मानों के लिये  $v$  के मान ज्ञात कर सकेंगे;
- $1/u$  व  $1/v$  के बीच लेखाचित्र बना सकेंगे;
- लेखाचित्र का विश्लेषण करना और उसके द्वारा दिये गये अवतल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे।

### 13.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

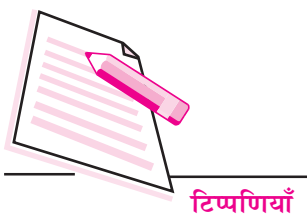
आपको ज्ञात है कि अवतल दर्पण के लिए  $f$  फोकस दूरी  $u$  (वस्तु की दूरी) एवं  $v$  (प्रतिबिम्ब की दूरी) में निम्न संबंध है।

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} \Rightarrow \frac{1}{v} = -\frac{1}{u} + \frac{1}{f} \quad (13.1)$$

समीकरण (13.1) की तुलना ऋजु रेखा के मानक समीकरण  $y = mx + c$  से करने पर हम पाते हैं कि  $1/v$  व  $1/u$  के बीच आलेख एक ऋजु रेखा है जिसकी ढाल  $(-1)$  है व यह  $y$ -अक्ष को  $1/f$  लम्बाई पर काटती है। इसकी सहायता से हम दिये गये दर्पण की नाभीय लम्बाई ज्ञात कर सकते हैं।

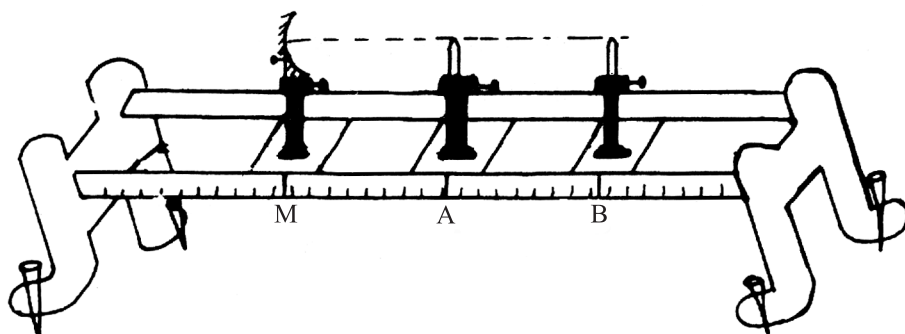
#### आवश्यक सामग्री

अवतल दर्पण, प्रकाश वेदिका जिसमें तीन स्तंभ हों, दर्पण पकड़ने की व्यवस्था (मिरर होल्डर), दो पिनें, बुनाई की सलाइयाँ, मीटर दंड, स्पिट लेबल।



### 13.3 प्रयोग का समायोजन

- एक स्तंभ को प्रकाश वेदिका में शून्य अंक पर स्थापित करें व इसमें एक दर्पण होल्डर रखें।
- दो अन्य पिन लगे स्तंभों को प्रकाश वेदिका में विभिन्न स्थानों पर रखें।
- प्रकाश वेदिका को समतलन पेचों व स्पिट लेबल की सहायता से समतल करें।
- दर्पण को मिरर होल्डर में लगायें व पिनों को इस प्रकार लगायें ताकि पिनों के सिरे व दर्पण का ध्रुव एक क्षैतिज रेखा में हो (चित्र 13.1)

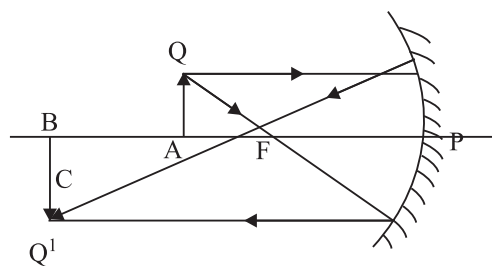


चित्र 13.1: प्रयोगिक समायोजन

### 13.4 प्रयोग विधि

#### (a) वेदिका त्रुटि का मापन

- बुनाई की सलाई को मीटर पैमाने की दिशा में रखें व इसके दो किनारों की स्थिति को पैमाने पर पढ़ें। लम्बन त्रुटि का निराकरण बुनाई की सलाई की लम्बाई  $l$  ज्ञात करें।
- बुनाई की सलाई के प्रयोग से वस्तु पिन को इस प्रकार समायोजित करें ताकि पिन के शीर्ष व दर्पण के ध्रुव के बीच की दूरी  $l$  हो। अब दर्पण व वस्तु पिन A की स्थितियाँ वेदिका पैमाने पर पढ़ें और प्रकाश वेदिका पैमाने पर उसी बुनाई वाली सलाई की प्रेक्षित लम्बाई,  $l'$  ज्ञात करें।



चित्र 13.1: किरण आरेख



टिप्पणियाँ

- (iii) पिन A के लिये वेदिका संशोधन  $l-l_1$ , प्राप्त करें।
- (iv) प्रतिबिम्ब पिन B के लिये भी समान विधि का प्रयोग करें।

**(b) दर्पण की अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात करना**

- (v) दर्पण धारक से दर्पण को निकाल कर इस प्रकार पकड़ें कि किसी दूर की वस्तु का स्पष्ट प्रतिबिम्ब दीवार पर प्राप्त हो।
- (vi) मीटर पैमाने की सहायता से दर्पण व दीवार के बीच की दूरी मापें। यह दर्पण की अनुमानित फोकस दूरी ( $f_1$ ) हुई।

**(c) u के विभिन्न मानों के लिए v के मान ज्ञात करना**

- (vii) दर्पण को पुनः दर्पण-धारक पर नियत करें।
- (viii) वस्तु पिन A को  $f_1$  व  $2f_2$  के बीच एक बिंदु पर इस प्रकार रखें ताकि दर्पण पर देखने पर A का स्पष्ट, वास्तविक व काफी बड़ा प्रतिबिम्ब दिखायी दे।
- (ix) प्रतिबिम्ब पिन B को  $2f_1$ , से दूर इस प्रकार रखें ताकि पिन B व A के प्रतिबिम्ब के शीर्षों के बीच कोई लंबन त्रुटि न हो।
- (x) पिन B को नियत करें।
- (xi) (ii) व (iii) चरणों को  $f_1$  व  $2f_1$  के बीच पिन A की विभिन्न स्थितियों के लिये दोहरायें यह देखते हुये कि प्रतिबिम्ब काफी बड़ा प्राप्त हो।
- (xii) प्रेक्षणों का अभिलेखन सारिणी 13.1 के समान करें।
- (xiii) प्रत्येक प्रेक्षण के लिये  $1/u$  व  $1/v$  मान  $u$  व  $v$  के मान मीटर में लेते हुये ज्ञात करें।
- (xiv)  $1/u$  को x-अक्ष व  $1/v$  को y-अक्ष में लेकर एक लेखाचित्र बनायें।
- (xv) y-अक्ष में रेखा द्वारा कटे अंतः खंड का मान पढ़ें। इसका व्युत्क्रम फोकस दूरी का मान देता है।

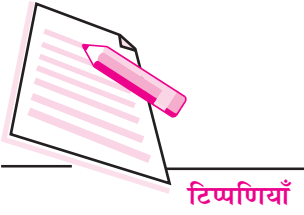
## 13.5 प्रेक्षण

**(a) वेदिका त्रुटि ज्ञात करना**

बुनाई की सलाई की लम्बाई  $l = \dots\dots\dots$  cm

दर्पण का ध्रुव व पिन A से  $l$  दूरी पर रखें हो तो प्रकाश वेदिका पैमाने पर प्रेक्षित यह अलगाव दूरी

अर्थात्  $L_1 = \dots\dots\dots$  cm



दर्पण व पिन B के बीच का प्रेक्षित अलगाव  $l_2 = \dots\dots\dots$  cm

$u$  के लिये वेदिका संशोधन  $(l - l_1) = X_1 = \dots\dots\dots$  cm

$u$  के लिये वेदिका संशोधन =  $(l - l_2) = X_2 = \dots\dots\dots$  cm

**(b) मोटे अनुमान द्वारा दर्पण की फोकस-दूरी**

(i)  $f_1 = \dots\dots\dots$  cm, (ii)  $\dots\dots\dots$  cm, (iii)  $\dots\dots\dots$  cm

अनुमानित फोकस दूरी का माध्य मान =  $\dots\dots\dots$  cm

**सारणी 13.1:**  $u$  और  $v$  के प्रेक्षण

क्रम सं०	स्थिति			वस्तु की दूरी		प्रतिबिम्ब की दूरी		1/u m <sup>-1</sup>	1/v m <sup>-1</sup>
	दर्पण cm	वस्तुपिन cm	प्रतिबिम्ब cm	प्रेक्षित मान cm	संशोधित cm	प्रेक्षित मान cm	संशोधित cm		
1									
2									
3									
4									
5									
6									

**13.6 न्यास-विश्लेषण**

$\frac{1}{u}$  व  $\frac{1}{v}$  के बीच लेखाचित्र पार्श्व चित्र में दर्शाया गया है।

बिंदु D का Y - निर्देशांक =  $OD = \dots\dots\dots$  m<sup>-1</sup>

$\Rightarrow f = \frac{1}{OD} = \dots\dots\dots m$

बिंदु C का X - निर्देशांक =  $OC = \dots\dots\dots$  m<sup>-1</sup>

ढाल =  $- OD/OC = \dots\dots\dots$

**13.7 निष्कर्ष**

(i)  $1/u$  व  $1/v$  के बीच आलेख एक ऋजु रेखा है जिसका ढाल  $\dots\dots\dots$  है।

(ii) दिये गये अवतल दर्पण की फोकस दूरी =  $\dots\dots\dots$  m

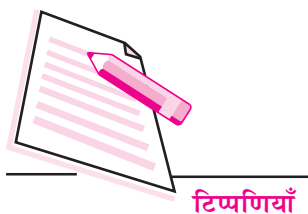


### 13.8 त्रुटि के स्रोत

- (i) बहुधा लंबन-त्रुटि के कारण मापन में त्रुटि होती है अतः इसे सावधानी पूर्वक दूर करना चाहिये।

### 13.9 देखें आपने क्या समझा

- (i) लंबन से आप क्या समझते हैं? एक पिन के शीर्ष व दूसरे पिन के वास्तविक प्रतिबिम्ब की नोंक के बीच इसे किस प्रकार दूर किया जाता है?  
.....
- (ii) एक वस्तु को अवतल दर्पण से दूर ले जाने पर प्रतिबिम्ब का आकार कैसे परिवर्तित होता है?  
.....
- (iii) आपको अवतल दर्पण के समक्ष कब किसी वस्तु का आभासी प्रतिबिम्ब प्राप्त होगा?  
.....
- (iv) वास्तविक प्रयोग से पूर्व अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात करने का क्या महत्व है?  
.....
- (v) आपको एक वृत्ताकार दर्पण दिया गया है। आप कैसे ज्ञात करेंगे कि यह अवतल है, समतल है या उत्तल है?  
.....
- (vi) हम छोटे गोलीय दर्पणों का प्रयोग क्यों करते हैं?  
.....
- (vii) क्या आप इस विधि से उत्तल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात कर सकते हैं? व्याख्या करें।  
.....
- (viii) इस प्रयोग में  $f$  का ज्ञात करने के लिये कोई वैकल्पिक विधि सुझायें जिसमें लेखाचित्र द्वारा ही यह मान ज्ञात किया जाय।  
.....
- (ix) इस प्रयोग में यदि दो पिनों के स्थान पर मोमबत्ती व पर्दा दिया जाय तो क्या तब भी आप इस प्रयोग को कर सकेंगे? व्याख्या करें।  
.....
- (x) यदि आपको केवल एक ही पिन दी जाय तो क्या इसके प्रयोग द्वारा दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात पर पायेंगे? व्याख्या करें।  
.....



टिप्पणियाँ

## प्रयोग-14

$1/u$  एवं  $1/v$  के बीच लेखाचित्र बनाकर एक उत्तल लेंस की फोकस ( $f$ ) दूरी ज्ञात करना।



### 14.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- प्रकाश वेदिका का समायोजन कर सकेंगे;
- वेदिका संशोधन ज्ञात कर सकेंगे;
- लेन्स की अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे;
- $u$  के विभिन्न मानों के लिये  $v$  की गणना कर सकेंगे;
- $1/u$  एवं  $1/v$  के बीच लेखाचित्र बना सकेंगे; और
- लेखाचित्र के विश्लेषण द्वारा लेन्स की फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे।

### 14.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आप जानते हैं कि हवा में रखे एक लेन्स के लिये वस्तु की दूरी  $u$  व प्रतिबिंब की दूरी  $v$  के बीच निम्न संबंध है।

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} \Rightarrow \frac{1}{v} = -\left(\frac{1}{u}\right) + \frac{1}{f} \quad (14.1)$$

इस समीकरण की तुलना ऋजु रेखा के मानक समीकरण अर्थात्  $y = mx + c$  से करने पर, हमें ज्ञात होता है कि  $1/u$  व  $1/v$  के बीच आलेख एक ऋजु रेखा है जिसका ढाल  $(-1)$  है व यह  $y$ - अक्ष पर  $1/f$  लम्बाई का अंतः खण्ड बनाती है।

#### आवश्यक सामग्री

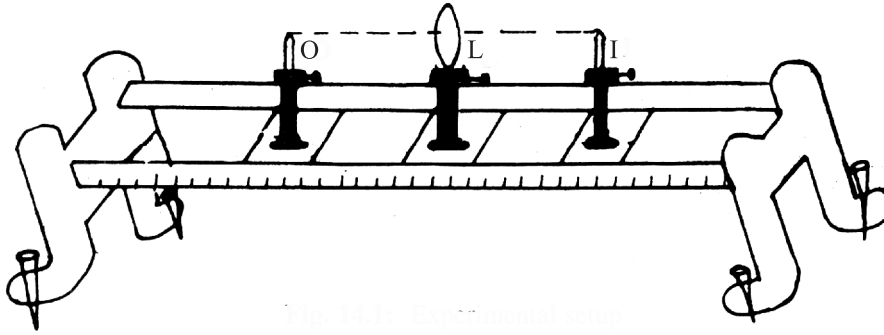
उत्तल लेंस, स्तम्भों सहित प्रकाश वेदिका, लेन्स धारक, दो पिनें, बुनाई की सलाई, मीटर छड़, स्प्रीट लेबल।



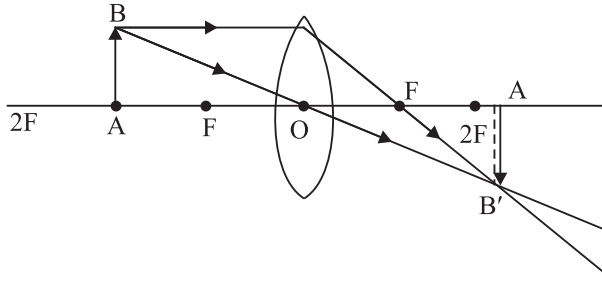
टिप्पणियाँ

### 14.3 प्रयोग का समायोजन

- एक स्तंभ को 50 सेन्टीमीटर चिन्ह पर नियत करें व इसमें एक लेंस-धारक व लेंस लगायें।
- लेंस के दोनों ओर अन्य दो पिन लगे स्तंभ प्रकाश वेदिका में समायोजित करें।
- प्रकाश वेदिका को स्पिट लेबल व समतलक पेंचों की सहायता से समतल करे।
- चित्र 14.1 की भाँति लेंस के केन्द्र व पिनों के शीर्षों को एक क्षैतिज रेखा में समायोजित करें।



चित्र 14.1: प्रायोगिक समायोजन



चित्र 14.2: किरण आरेख

### 14.4 प्रयोग-विधि

#### (A) वेदिका संशोधन ज्ञात करना

- बुनाई की सलाई को पैमाने की लम्बाई की दिशा में रखें व पैमाने पर इसके दोनों सिरो का पाठ्याँक लें (लंबन का निराकरण करते हुये)। बुनाई की सलाई की लम्बाई  $l$  ज्ञात करें।
- वस्तु पिन O की स्थिति का समायोजन इस प्रकार करें कि लेन्स के केन्द्र व पिन के शीर्ष की दूरी  $l$  हो। प्रकाश वेदिका पैमाने पर लेंस व वस्तु पिन O की स्थिति



टिप्पणियाँ

को नोट करें और बुनाई की सलाई की प्रेक्षित लम्बाई  $l$  ज्ञात करें।

- (iii) वस्तु पिन O के लिये वेदिका संशोधन  $(l - l_1)$  का मान ज्ञात करें।
- (iv) प्रतिबिम्ब पिन I के लिये भी यही विधि दोहरायें व वेदिका संशोधन  $(l - l_2)$  ज्ञात करें।

### (B) लेंस की अनुमानित फोकस दूरी ज्ञात करना

- (v) लेंस को लेंस धारक से अलग करके इस प्रकार पकड़ें ताकि एक दूर की वस्तु का स्पष्ट प्रतिबिम्ब दीवार पर मिले।
- (vi) मीटर पैमाने की सहायता से लेन्स व दीवार की दूरी ज्ञात करें।
- (vii) यही लेन्स की सन्निकट फोकस दूरी  $f$  है।

### (C) $u$ के विभिन्न मानों के लिये $v$ के मान ज्ञात करना।

- (viii) वस्तु पिन O को लेन्स के सापेक्ष  $f_1$  व  $2f_1$  के बीच नियत करें। लेंस के दूसरी ओर से देखें ताकि लेंस द्वारा बना स्पष्ट, वास्तविक बड़ा व उल्टा प्रतिबिम्ब प्राप्त हो।
- (x) प्रतिबिम्ब पिन I को  $2f_1$  के परे ले जायें व O के प्रतिबिम्ब की नोक व I की नोक के बीच लंबन को दूर करें (यह देखें कि आँख को दाँये, बाँये घुमाने पर दोनों नोकें हमेशा सम्पर्क में रहती हैं।) लेंस के दूसरी ओर भी देख लें कि पिन O की नोक व पिन I के प्रतिबिम्ब की नोक के बीच लंबन दूर हो गया है। (I को वस्तु लेकर)
- (xi) I को भी नियत करें। प्रकाश वेदिका पैमाने पर स्तंभों L व O के बीच की अलगाव दूरी (यानि  $u$ ) ज्ञात करें तथा व I के बीच की दूरी (यानि  $v$ ) भी निकालें।
- (xii) वस्तु पिन O की विभिन्न स्थितियों के लिये पाँच या छह बार (ii) से (iv) तक के चरणों की पुनरावृत्ति करें। इसे हमेशा  $f_1$  से बाहर रखें ताकि उल्टा प्रतिबिम्ब प्राप्त हो।

### (D) लेखाचित्र बनाकर $f$ की गणना

- (xiii)  $u$  व  $v$  को मीटर में लेते हुये  $1/u$  व  $1/v$  के मान प्राप्त करें।
- (xiv)  $\left(\frac{1}{u}\right)$  को x-अक्ष व  $\left(\frac{1}{v}\right)$  को y-अक्ष में लेकर लेखाचित्र बनायें। दोनों अक्षों पर पैमाना समान रखें। प्रत्येक अक्ष पर शून्य मान से प्रारम्भ करें। इस आलेख में उन मानों को भी दर्शायें जो  $u$  व  $v$  के मानों के आपस में विनिमय करने पर प्राप्त होते हों क्योंकि आपने I को वस्तु लेकर लेंस के दूसरी ओर भी लंबन त्रुटि का निराकरण किया था।
- (xv) किसी भी अक्ष पर अंतः खण्ड के मान को पढ़ें। इसका व्युत्क्रम ही फोकस दूरी का मान देता है।





टिप्पणियाँ

## 14.5 प्रेक्षण

### (A) वेदिका संशोधन का मान ज्ञात करना

बनुई की सलाई की लम्बाई  $l$  ..... cm

प्रकाश वेदिका पैमाने पर लेन्स व वस्तु पिन  $O$  के बीच की प्रेक्षित दूरी जबकि उनका अलगाव  $l$  हो अर्थात  $l_1 =$  ..... cm

लेंस व प्रतिबिम्ब पिन के बीच की दूरी का प्रेक्षित मान जबकि उनका अलगाव  $l$  हो अर्थात  $l_2 =$  ..... cm

वस्तु की दूरी के लिये वेदिका संशोधन  $x = (l - l_1)$  cm

प्रतिबिम्ब की दूरी के लिये वेदिका संशोधन  $y = (l - l_2)$  cm

### (B) अनुमानित फोकस दूरी

$f_1 =$  .....cm, .....cm, .....cm

अनुमानित लम्बाई का माध्य मान = .....cm

### (C) $u$ व $v$ के लिये प्रेक्षण

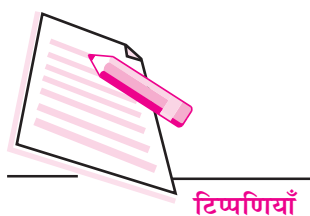
क्रम. सं.	स्थिति			वस्तु की दूरी		प्रतिबिम्ब की दूरी		$1/u$	$1/v$
	लेंस $O$ cm	वस्तु पिन $A$ cm	प्रतिबिम्ब पिन $A_1$ cm	प्रेक्षित मान $OA$ cm	संशोधित मान $OA$ cm	प्रेक्षित मान $OA'$ cm	संशोधित मान $OA'$ cm		
1									
2									
3									
4									
5									
6									

## 14.6 न्यास विश्लेषण

$1/u$  व  $1/v$  का आलेख चित्र 14.3 में दर्शाया गया है।

बिंदु  $C$  का  $x$ -निर्देशांक

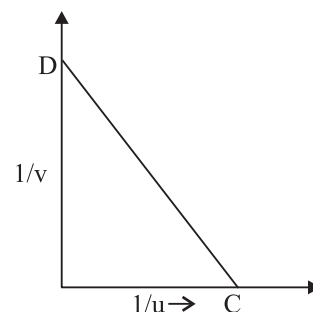
$$PC = \text{..... m}^{-1} \quad f = \frac{1}{OC} m = a$$



बिंदु  $D$  का  $y$ - निर्देशांक  $OC = \dots\dots\dots m^{-1}$

$$f = \frac{1}{OD} m = a$$

$$\text{माध्य मान} = \frac{a+b}{2} m$$



चित्र 14.3:

### 14.7 निष्कर्ष

- (i)  $1/u$  व  $1/v$  के बीच आलेख एक सीधी रेखा है जिसका ढाल =  $-1$  (क्योंकि  $a = b$ )
- (ii) दिये गये उत्तल लेंस की फोकस दूरी  $f = \dots\dots\dots cm$

### 14.8 त्रुटि के स्रोत

- (i) इस प्रयोग में लेंस की मोटाई को नगण्य (शून्य) मान लिया गया है।

### 14.9 देखें आपने क्या समझा

- (i) लेंसों के कुछ व्यावहारिक उपयोग बताएं।  
.....
- (ii) आपके पास एक समतलोत्तल लेन्स है जिसका अपवर्तनांक  $\mu = 1.5$  व वक्रता त्रिज्या  $R$  है। इसकी फोकस दूरी का  $R$  के साथ क्या संबंध है।  
.....
- (iii) एक लेंस की शक्ति  $-2.5$  डायोप्टर है।  
(a) इसकी फोकस दूरी क्या है? (b) यह अभिसारी है या अपसारी?  
.....
- (iv) क्या आप एक मोमबत्ती व एक पर्दे की सहायता से प्रयोग कर सकते हैं?  
.....
- (v) यदि एक लेंस का अपवर्तनांक  $\mu = 1.5$  हो और इसे  $\mu = 4/3$  के द्रव में डुबाया जाये तो इसकी फोकस दूरी कैसे परिवर्तित होगी।



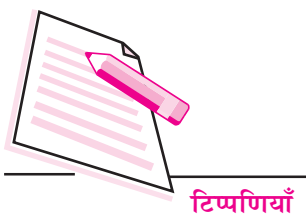
टिप्पणियाँ

.....  
(vi) किसी वस्तु को उत्तल लेंस के सामने किस स्थिति में रखें जिससे कि प्रतिबिंब की लम्बाई वस्तु की लम्बाई के बराबर हो?

.....  
(vii) क्या उत्तल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिम्ब सदैव वास्तविक होता है?

.....  
(viii) एक पिन व एक समतल दर्पण की सहायता से आप एक उत्तल लेंस की फोकस दूरी कैसे ज्ञात करेंगे।

.....



## प्रयोग-15

एक उत्तल लेंस की सहायता से उत्तल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात करें।



### 15.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- उत्तल लेंस की सहायता से उत्तल दर्पण से एक वास्तविक प्रतिबिम्ब प्राप्त कर सकेंगे;
- प्रकाश वेदिका का समायोजन कर सकेंगे;
- प्रयोग करने के लिए उपयुक्त उत्तल लेंस का चयन कर सकेंगे;
- वेदिका संशोधन ज्ञात कर सकेंगे;
- उत्तल लेंस की फोकस दूरी का सन्निकट मान बतला सकेंगे;
- उत्तल दर्पण की वक्रता-त्रिज्या ज्ञात कर सकेंगे;
- उत्तल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे।

### 15.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

जैसा कि आप जानते हैं उत्तल दर्पण में वास्तविक वस्तु का सदैव एक आभासी प्रतिबिम्ब बनता है अतः  $v$  का मान (प्रतिबिम्ब की स्थिति) प्रत्यक्ष रूप से ज्ञात नहीं की जा सकती। इसलिए एक उत्तल लेंस का प्रयोग किया जाता है ताकि दर्पण के साथ इसके संयोजन से एक वास्तविक प्रतिबिम्ब प्राप्त किया जा सके।

माना वस्तु  $O$  को लेंस  $L$  के  $f$  व  $2f$  के बीच रखा जाता है और  $I$  पर इसका प्रतिबिम्ब बनता है जिसे हम प्रतिबिम्ब पिन  $I$  व  $O$  के प्रतिबिम्ब के बीच लंबन दूर करके प्राप्त करते हैं। (चित्र 15.1)

अब  $O$  व  $L$  की स्थितियाँ नियत करके  $L$  व  $I$  के बीच उत्तल दर्पण को इस प्रकार समायोजित करते हैं जिससे कि  $O$  का प्रतिबिम्ब ठीक इसके ऊपर बने (चित्र 15.2)। ऐसी स्थिति तब आती है जब किरणें अपने पथ में दुबारा वापस आती हैं। अर्थात् किरणें दर्पण पर अभिलम्बवत पड़ती हैं। इसका स्पष्ट अर्थ यह हुआ कि  $MI$  दर्पण की वक्रता त्रिज्या है।

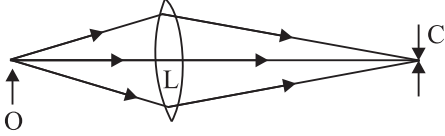


चूँकि  $R = 2f$

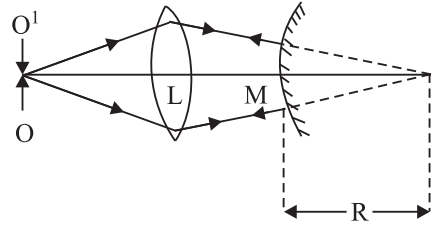
$$\therefore f = \frac{MI}{2}$$

### आवश्यक सामग्री

उत्तल दर्पण, उत्तल लेंस (जिसकी फोकस दूरी दर्पण की फोकस दूरी से अधिक हो लेकिन इसके दो गुना से अधिक न हो), चार स्तंभों से युक्त प्रकाश वेदिका, बुनाई की सलाई, मीटर छड़, स्पिरिट लेबल।



चित्र 15.1



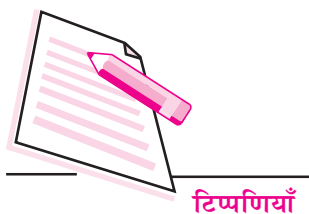
चित्र 15.2

## 15.3 प्रयोग का समायोजन

- स्पिरिट लेबल व समतलक पेंचों की सहायता से प्रकाश वेदिका को समतल करें।
- वेदिका के मध्य में लेन्स  $L$  को आरूढ़ करें व इसके दोनों ओर एक-एक पिन लगायें। लेन्स के केन्द्र व पिनों के शीर्षों को एक क्षैतिज रेखा में लायें।
- पिन  $I$  को दर्पण  $M$  से प्रतिस्थापित करें।  $M$  को  $L$  के समीप लाकर यह निश्चित करें कि  $M$  व  $L$  का संयोजन एक अवतल दर्पण की भाँति व्यवहार करता है और हमें  $O$  का उल्टा प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है। यदि उल्टा प्रतिबिम्ब प्राप्त न हो तो इसका अभिप्राय है कि संयोजन अभी भी उत्तल दर्पण की भाँति व्यवहार कर रहा है। तब लेन्स को कम फोकस दूरी वाले लेन्स से प्रतिस्थापित करें।

## 15.4 प्रयोग विधि

- उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी  $F_1$  ज्ञात करें।
- दर्पण  $M$  व पिन  $I$  के बीच सूचकांक संशोधन प्राप्त करें।
- वस्तु पिन  $O$  को  $f_1$  से अधिक दूरी पर रखें व  $O$  के शीर्ष व लेन्स संयोजन से प्राप्त



वास्तविक व उल्टे प्रतिबिंब के शीर्ष बीच लंबन दूर करें। ( $M$  के स्थिति समायोजन करके)

- (iv)  $O, L, M$  की स्थितियाँ नियत करके उनके पाठ्याँक लें।
- (v) दर्पण को इसके स्तंभ से हटायें व इसके स्थान पर प्रतिबिंब पिन  $I$  लगायें  $O$  व  $L$  को विस्थापित किये बिना  $O$  के उल्टे प्रतिबिंब व प्रतिबिंब पिन  $I$  के बीच लंबन दूर करें व  $I$  की स्थिति का पाठ्याँक लें।
- (vi)  $MI$  दूरी उत्तल दर्पण की वक्रता त्रिज्या का प्रेक्षित मान है।
- (vii) वस्तु पिन व उत्तल लेन्स के बीच की दूरी बदलकर प्रयोग की 4-5 बार पुनरावृत्ति करें।
- (viii)  $R$  का माध्य मान ज्ञात करें व तब  $f = \frac{R}{2}$  से  $f$  ज्ञात करें।

### 15.5 प्रेक्षण

- (i) लेन्स (उत्तल लेन्स) की सन्निकट फोकस दूरी  
 $f_1$  (i) ..... cm, (ii) ..... cm, (iii) ..... cm,  
 $f_1$  का माध्य मान  $f_1 =$  ..... cm
- (ii) बुनाई की सलाई की वास्तविक लम्बाई  $L =$  .....cm  
उत्तल दर्पण  $M$  व प्रतिबिंब सुई  $I$  के बीच की प्रेक्षित लम्बाई  
 $l_1 =$  .....cm  
सूचकांक संशोधन  $x = (l - l_1) =$  .....cm
- (iii) दर्पण की वक्रता त्रिज्या की माप के प्रेक्षण

क्रम सं.	स्तंभ की स्थिति				प्रेक्षित त्रिज्या $R_1$ cm	संशोधित $R = R_1 + x$ cm
	$O$ cm	$l$ cm	$M$ cm	$I$ cm		



टिप्पणियाँ

## 15.6 परिणाम व विवेचन

उत्तल दर्पण की माध्य फोकस दूरी

$$f = \frac{R}{2} = \dots\dots\dots\text{cm}$$

अतः दिये गये उत्तल दर्पण की फोकस दूरी

$$= \dots\dots\dots\text{cm}$$

## 15.7 त्रुटि के स्रोत

(i) यदि  $I$  पर लेन्स द्वारा बना पिन  $O$  का प्रतिबिम्ब अत्याधिक आवर्धित हो तो इसकी स्थिति का परिशुद्ध मापन संभव नहीं है।  $I$  की कई स्थितियों में लंबन इतना कम हो सकता है जिसे मापा न जा सके।

## 15.6 देखें आपने क्या समझा

(i) आप गोलाईमापी के प्रयोग द्वारा उत्तल दर्पण की फोकस दूरी कैसे ज्ञात करेंगे?

.....

(ii) हमें उत्तल दर्पण द्वारा हमेशा आभासी व छोटा प्रतिबिम्ब क्यों प्राप्त होता है?

.....

(iii) मोटर गाड़ियों में उत्तल दर्पण क्यों प्रयोग किया जाता है?

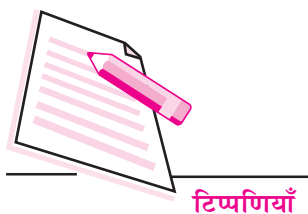
.....

(iv) इस प्रयोग में उत्तल लेन्स की फोकस दूरी उत्तल दर्पण की फोकस दूरी से अधिक लेने की बात कही गयी है। इसके विपरीत होने पर क्या इस प्रयोग को किया जा सकता है? यदि हाँ तो कैसे?

.....

(v) उत्तल दर्पण द्वारा वास्तविक वस्तु का हमेशा आभासी प्रतिबिंब प्राप्त होता है लेकिन यह आभासी प्रतिबिम्ब वस्तु का वास्तविक प्रतिबिंब दे सकता है। एक उदाहरण द्वारा इस कथन को समझायें।

.....



## प्रयोग-16

एक उपयुक्त उत्तल लेंस के साथ संयुक्त करके दिये गये अवतल लेंस की फोकस दूरी ज्ञात करें।



### 16.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- एक उपयुक्त उत्तल लेंस का चयन कर सकेंगे जो कि दिये हुये अवतल लेंस के साथ अभिसारी संयोग बनाता है;
- लेंस सूत्र के लिये प्रकाश वेदिका का समायोजन कर सकेंगे;
- वेदिका संशोधन ज्ञात कर सकेंगे;
- उत्तल लेंस की व लेंस-युग्म की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कर सकेंगे;
- उत्तल लेंस व लेंस युग्म दानों के लिए  $u$  के विभिन्न मानों को सापेक्ष  $v$  के मान ज्ञात कर सकेंगे;
- उत्तल लेंस, लेंस युग्म व अवतल लेंसों की फोकस दूरियों की गणना कर सकेंगे।

### 16.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

यदि  $f_1$  व  $f_2$  फोकस दूरी के लेंसों को सम्पर्क में रखा जाय तो युग्म की फोकस दूरी  $F$  निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात की जाती है।

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (16.1)$$

नयी कार्टिजन चिन्ह परिपाटी के अनुसार अवतल लेंस की फोकस दूरी ऋणात्मक व उत्तल लेन्स की धनात्मक होती है।

अतः यदि प्रथम लेन्स उत्तल व द्वितीय लेन्स अवतल हो तो युग्म की फोकस दूरी  $F$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \Rightarrow F = \frac{f_1 f_2}{f_2 - f_1} \quad (16.2)$$





टिप्पणियाँ

जहाँ  $f_1$  व  $f_2$  फोकस दूरियों के परिमाण हैं।

समीकरण (16.1) से स्पष्ट होता है कि यदि  $f_2$  का मान  $f_1$  से अधिक है तो युग्म एक अभिसारी (उत्तल लेंस) की भाँति व्यवहार करेगा।

दो पिन विधि द्वारा उत्तल लेंस की फोकस दूरी  $f_1$  व युग्म की फोकस दूरी  $f$  ज्ञात करें। अवतल लेंस की फोकस दूरी निम्न सूत्र से ज्ञात की जा सकती है।

$$f_2 = \frac{f_1 F}{f_1 - F} \quad (16.3)$$

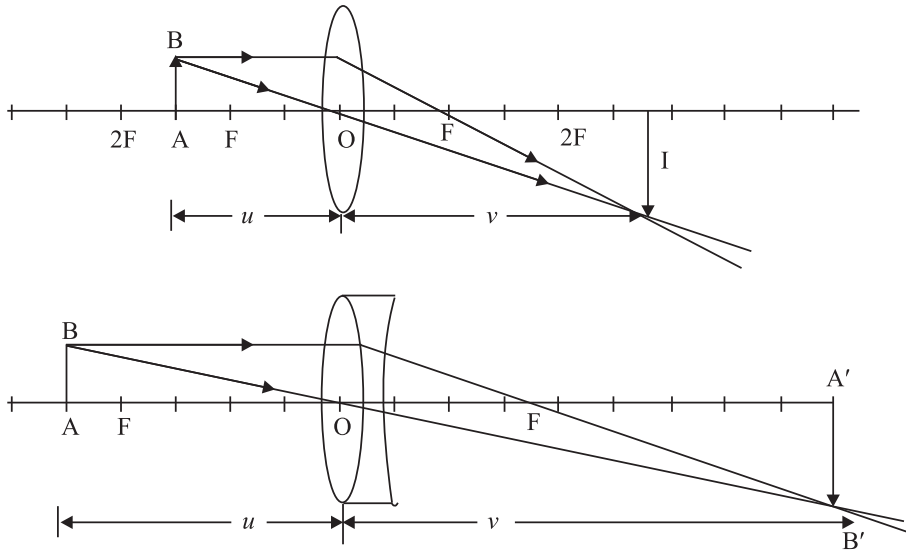
### आवश्यक सामग्री

प्रकाश वेदिका (तीन स्तंभों सहित), बुनाई की सलाई, दो पिन, लेंस धारक, अवतल लेन्स, सेलोटेप, स्पिट लेबल, आधा मीटर की छड़।

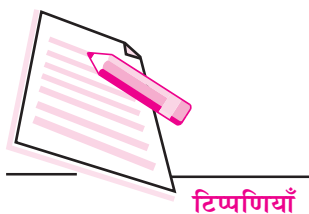
**टिप्पणी:** लेंसों का चयन इस प्रकार करना चाहिए कि लेंसों के युग्म की फोकस दूरी 20 cm से अधिक न हो। उदाहरण के लिए 10 cm एवं 20 cm।

## 16.3 प्रयोग का समायोजन

- समतलक पेंचों व स्पिट लेबल की सहायता से प्रकाश वेदिका को समतल करें।
- इस बात की जाँच करें कि दिये गये अवतल लेन्स के सम्पर्क में उत्तल लेन्स पास की वस्तु का बड़ा प्रतिबिम्ब बनाता है। यदि यह छोटा प्रतिबिम्ब बनाये तो इसे कम फोकस दूरी वाले उत्तल लेंस से प्रतिस्थापित करें।



चित्र 17.1: किरण आरेख



- (iii) उत्तल लेंस को प्रकाश वेदिका के बीच में नियत करें व इसके दोनों ओर एक-एक पिन रखें। लेन्स के केन्द्र व पिनों के शीर्षों का समायोजन एक सीधी (क्षैतिज) रेखा में करें।

## 16.4 प्रयोग-विधि

- (i) मीटर पैमाने द्वारा उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात करें (एक दूर की वस्तु का प्रतिबिम्ब दीवार पर बनाकर)।
- (ii) बीच के स्तंभ में एक लेन्स धारक में लेन्स को नियत करें। वस्तु पिन  $AB$  को लेन्स के एक ओर अनुमानित फोकस दूरी से कुछ दूरी पर रखें।
- (iii) प्रतिबिम्ब पिन को विस्थापित करें व इसके शीर्ष व लेंस द्वारा  $AB$  के प्रतिबिम्ब  $A'B'$  के बीच लंबन दूर करें।
- (iv)  $u$  व  $v$  के संशोधित सूचकांक मान ज्ञात करें।
- (v) प्रयोग को  $u$  के चार या पाँच विभिन्न मानों के लिये दोहरायें।
- (vi) अवतल लेंस को उत्तल लेन्स के सम्पर्क में रखें व इनके किनारों को सेलोटैप की सहायता से नियत करें।
- (vii) (ii), (iii), (iv) व (v) चरणों की पुनरावृत्ति करके उत्तल लेंस की फोकस दूरी ज्ञात करें।

## 16.5 प्रेक्षण

- (i) उत्तल लेन्स की सन्निकट फोकस दूरी = ..... cm  
 युग्म की सन्निकट फोकस दूरी = ..... cm  
 बुनाई की सलाई की वास्तविक लम्बाई  $l = \dots\dots\dots$  cm  
 उत्तल लेन्स व प्रतिबिम्ब पिन के बीच बुनाई की सलाई की लंबाई के सापेक्ष प्रेक्षित मान  $l_1 = \dots\dots\dots$  cm  
 उत्तल लेन्स व प्रतिबिम्ब पिन के बीच बुनाई की सलाई की लंबाई के सापेक्ष प्रेक्षित मान  $l_2 = \dots\dots\dots$  cm  
 वस्तु पिन के लिये सूचकांक संशोधन  $x = l - l_1 = \dots\dots\dots$  cm  
 प्रतिबिम्ब पिन के लिये सूचकांक संशोधन  $y = l - l_2 = \dots\dots\dots$  cm  
 मापे गये मान में सूचकांक संशोधन को जोड़कर संशोधित मान प्राप्त किया जाता है।



टिप्पणियाँ

(ii) उत्तल लेंस की फोकस दूरी सारणी

क्रम सं.	स्तंभ की स्थिति			प्रेक्षित दूरियां		संशोधित दूरियां		$f_1 = uv/v-u$ cm
	वस्तु पिन cm	उत्तल लेंस cm	प्रतिबिंब पिन cm	OA cm	OA' cm	$\mu OA$ cm	$v OA'$ cm	

(iii) लेंस युगम की फोकस दूरी के लिए सारणी

क्र.सं.	स्तंभ की स्थिति			प्रेक्षित दूरियां		संशोधित दूरियां		$F = \frac{uv}{u-v}$ (cm)
	वस्तु पिन cm	युगम लेंस O (cm)	प्रतिबिम्ब पिन A' (cm)	OA (cm)	OA' (cm)	OA (cm)	OA'(cm)	

$F$  का माध्य = ..... cm

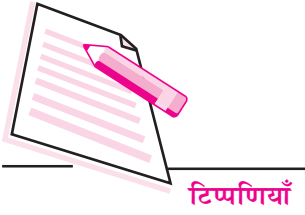
## 16.6 गणनायें

अवतल लेन्स की फोकस दूरी  $f_2$  (चिन्ह के साथ)

$$= -\frac{Ff_1}{f_1 - F} = \dots\dots\dots \text{cm}$$

## 16.7 परिणाम

दिये गये अवतल लेन्स की फोकस दूरी = ..... cm



## 16.8 त्रुटि के स्रोत

- (i) प्रयुक्त सिद्धान्त पतले लेन्सों के लिये प्रयुक्त होता है जबकि दिये गये लेन्स की कुछ मोटाई होती है।

## 16.9 देखें आपने क्या समझा

- (i) एक लेन्स की फोकस दूरी किन कारकों पर निर्भर करती है?  
.....
- (ii) लाल व बैंगनी रंग के प्रकाश में किसका वेग अधिक है?  
(1) वायु में (2) जल में?  
.....
- (iii) एक लेन्स की फोकस दूरी किसके लिये अधिक होती है  
बैंगनी प्रकाश के लिये या लाल प्रकाश के लिए?  
.....
- (iv) क्या आप किसी अवतल लेन्स के लिये सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कर सकते हैं?  
.....
- (v) एक लेंस द्वारा बने किसी वस्तु के वास्तविक प्रतिबिम्ब की स्थिति एवं उस वस्तु की स्थिति के बीच कम से कम दूरी कितनी हो सकती है?  
.....
- (vi) आपके द्वारा किये गये प्रयोग में उत्तल लेन्स की फोकस दूरी अवतल लेन्स की फोकस दूरी से कम होनी चाहिये। आप इसका परीक्षण कैसे करेंगे? यह क्यों आवश्यक है?  
.....
- (vii) एक ही स्तंभ में दो मोटे लेंसों को संयोजित करना कठिन है। क्या आप अलग अलग स्तंभों में लेंसों को समायोजित करके प्रयोग कर सकते हैं? प्रयोग का विवरण दें।  
.....



## प्रयोग-17

एक काँच के प्रिज्म के लिये आपतन कोण ( $i$ ) व विचलन कोण ( $r$ ) के बीच लेखाचित्र खींचें व इसका उपयोग करते हुये काँच का अपवर्तनांक ज्ञात करें।



### 17.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

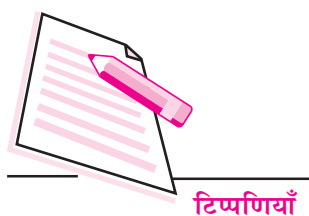
- प्रिज्म के किसी एक तल पर विभिन्न कोणों से आपतित किरणों के संगत निर्गत किरणों के किरण-पथ दर्शा सकेंगे;
- विभिन्न आपतन कोणों ( $i$ ) के लिये विचलन ( $\delta$ ) कोण ज्ञात कर सकेंगे;
- प्रिज्म कोण ज्ञात कर सकेंगे;
- आपतन कोण के साथ विचलन कोण में परिवर्तन का लेखाचित्र खींच सकेंगे व न्यूनतम विचलन कोण ( $\delta_m$ ) ज्ञात कर सकेंगे, एवं
- प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक ज्ञात कर सकेंगे।

### 17.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

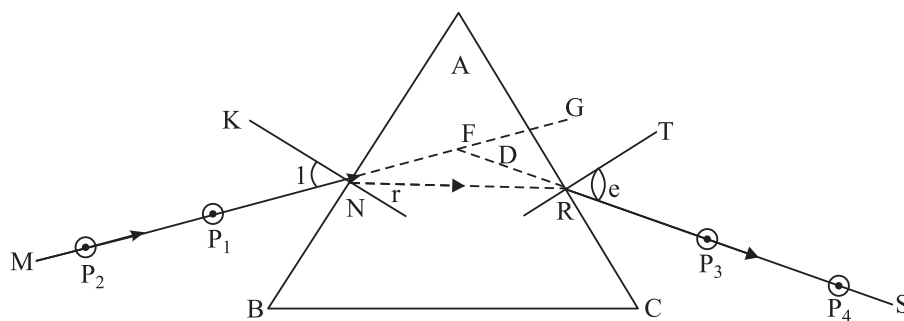
आप जानते हैं कि जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाता है तो उसकी चाल में परिवर्तन होता है व गति की दिशा बदल जाती है। यदि प्रकाश की गति प्रथम माध्यम में द्वितीय माध्यम की अपेक्षा कम हो तो किरण अभिलम्ब से दूर हटती है और यदि प्रकाश की गति प्रथम माध्यम में अधिक हो तो किरण अभिलम्ब की ओर मुड़ती है। निर्वात में आपतन कोण ( $i$ ) व पारदर्शी माध्यम में अपवर्तन कोण ( $r$ ) की ज्याओं का अनुपात निर्वात में प्रकाश के वेग व माध्यम में प्रकाश के वेग के अनुपात के बराबर होता है।

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = n \quad (17.1)$$

जहाँ कि  $n$  पदार्थ का अपवर्तनांक कहलाता है।



टिप्पणियाँ



चित्र 17.1: कांच के प्रिज्म द्वारा अपवर्तन

यदि एक प्रकाश किरण  $MN$  (चित्र 17.1) प्रिज्म के एक तल  $ABC$  पर अपतित हो, तो यह पहले प्रवेश तल पर मुड़ती है फिर निर्गत तल पर अतः निर्गम-किरण  $RS$  आपतित किरण के समानान्तर नहीं होती बल्कि अपने पथ में एक कोण पर विचलित होती है। विचलन प्रिज्म के कोण  $A$ , प्रिज्म के पदार्थ के अपवर्तनांक ( $n$ ) व प्रथम तल पर आपतन कोण ( $i$ ) पर निर्भर करता है। जब आपतन कोण का मान कम किया जाता है तो विचलन कोण का मान पहले कम होता है और पुनः बढ़ता है और इसका मान न्यूनतम तब होता है जबकि किरण प्रिज्म में से सममित होकर गुजरती है (चित्र 17.1) इस स्थिति में विचलन कोण  $\delta m$  को न्यूनतम-विचलन-कोण कहते हैं।  $\delta m$ ,  $A$  एवं  $n$  के बीच नीचे दिया गया संबंध है।

$$n = \frac{\sin i (A + \delta m)}{\sin (A/2)} \quad (17.1)$$

### आवश्यक सामग्री

कला-पट, सफेद कागज, प्रिज्म, नियतक पिन, पेंसिल, पैमाना, आलपिन, कोण-मापक।

### 17.3 प्रयोग-विधि

- कला पट पर एक सफेद कागज की शीट नियतक पिन की सहायता से लगाइये।
- प्रिज्म के तल को दर्शाने वाली एक रेखा  $AB$  खींचें। इस रेखा के  $N$  बिंदु पर एक अभिलम्ब  $KN$  व आपतन कोण ( $i$ ) दर्शाने वाली रेखा  $MN$  खींचें।  $i$  का मान  $30^\circ$  से कम न रखें क्योंकि ऐसी स्थिति में किरण का प्रिज्म के अन्दर पूर्ण परावर्तन हो सकता है।
- प्रिज्म को शीट पर इस प्रकार रखें कि इसका एक तल रेखा  $AB$  पर संपाती हो। प्रिज्म की अपवर्तनकारी धार  $A$  ऊर्ध्वाधर होनी चाहिये।



टिप्पणियाँ

- (iv) रेखा  $MN$  में दो पिन  $P_1$  व  $P_2$  ऊर्ध्वाधर लगायें। प्रिज्म के आवर्तनकारी तल  $AC$  की ओर से देखते हुए अपनी आँख इस प्रकार समायोजित करें ताकि  $P_1$  व  $P_2$  एक दूसरे के पीछे दिखें। अब दो पिन  $P_3$  व  $P_4$  को इन पिनों के साथ एक सरल रेखा में करते हुये नियत करें।
- (v) पिनों को हटायें व उनकी स्थितियाँ अंकित करें।  $AC$  की दिशा में एक पैमाना रखें प्रिज्म को हटायें व तल  $AC$  को दर्शाती हुई एक रेखा खींचें  $P_3$  व  $P_1$  को मिलाते हुये एक रेखा खींचें।  $P_2$  व  $P_1$  और  $P_4$  व  $P_3$  रेखाओं को बढ़ायें ताकि वे  $F$  बिंदु पर मिलें आपतन कोण  $MNK$  ( $i$ ) व विचलन कोण  $RFG$  ( $\delta$ ) व प्रिज्म का कोण =  $BAC$  कोण मापक की सहायता से मापें।
- (vi) आपतन कोण का मान  $30^\circ$  व  $60^\circ$  के बीच रखकर  $5^\circ$  के अन्तराल पर कम से कम पाँच प्रेक्षण लें।

## 17.4 प्रेक्षण

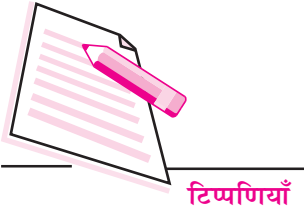
**सारणी:** आपतन कोण के साथ विचलन कोण का परिवर्तन

क्रम सं.	आपतन कोण ( $i$ ) अंश	विचलन कोण ( $\delta$ ) अंश	प्रिज्म का कोण $A$ अंश
1			
2			
3			
4			
5			
6			

## 17.5 न्यास-विश्लेषण

$\delta$  को  $y$  अक्ष पर रखते हुए  $i$  व  $\delta$  के बीच लेखाचित्र बनायें। लेखाचित्र से न्यूनतम विचलन कोण का मान ज्ञात करें। समीकरण 17.2 में इन मानों का प्रयोग करके प्रिज्म के काँच का अपवर्तनांक ज्ञात करें।

$$n = \frac{\text{Sin} \frac{(A + \delta_m)}{2}}{\text{Sin}(A/2)}$$



$$= \frac{\sin \dots}{\sin \dots} = \dots$$

$$A = \dots \text{ अंश}$$

$$\delta m = \dots \text{ अंश}$$

### 17.6 परिणाम

प्रिज्म के काँच का अपवर्तनांक = .....

### 17.7 सावधानियाँ

सामान्यतः प्रिज्मों के किनारे काफी छोटे (2.5 cm या 3 cm) होते हैं। अतः प्रिज्म की सीमा रेखा खींचकर इससे A का सही मान ज्ञात करना संभव नहीं है। इसलिए यह सुझाव दिया जाता है कि AB व AC तलों के लिये लम्बी रेखायें खींचकर उनके साथ पैमाना खड़ा करें और उसे स्पर्श करते हुये प्रिज्म को रखें।

### 17.8 देखें आपने क्या समझा

- (i) 1.5 अपवर्तनांक व  $60^\circ$  अपवर्तन कोण के काँच के प्रिज्म को न्यूनतम विचलन की स्थिति में रखा है। आपतन कोण का मान क्या है?  
.....
- (ii) न्यूनतम विचलन कोण प्राप्त करने की क्या शर्त है? विशेष रूप से प्रिज्म में संचरित किरण (Transmitted ray) का प्रिज्म आधार से क्या सम्बन्ध है?  
.....
- (iii)  $60^\circ$  के प्रिज्म का अपवर्तनांक ज्ञात करें जिसका न्यूनतम विचलन कोण  $50^\circ$  है।  
.....
- (iv) क्या प्रकाश की विभिन्न तरंग देर्घ्यों के लिये प्रिज्म के काँच का अपवर्तनांक भिन्न भिन्न होगा?  
.....
- (v) एक प्रिज्म का  $n = 1.5$  व अपवर्तन कोण  $60^\circ$  है। न्यूनतम विचलन कोण ज्ञात कीजिए।  
.....





## प्रयोग-18

एक पिन व अवतल दर्पण की सहायता से दो पारदर्शी द्रवों के अपवर्तनांकों की तुलना करना।



### 18.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- यह सीख व समझ जायेंगे कि जब प्रकाश की किरण एक विरल माध्यम से एक सघन माध्यम में जाती है तो यह आपतन बिंदु पर अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है।
- यह सीख व समझ जायेंगे कि अवतल दर्पण की गुहा (Cavity) में किसी द्रव को भरने पर यह कम फोकस दूरी व वक्रता त्रिज्या के अवतल-दर्पण की भाँति व्यवहार करता है।
- यह बात समझ जायेंगे कि किसी द्रव का अपवर्तनांक ज्ञात करने की एक विधि किसी अवतल दर्पण की वास्तविक वक्रता त्रिज्या व द्रव भरने के बाद आभासी वक्रता त्रिज्या की तुलना से भी सम्भव है।
- दो भिन्न पारदर्शी द्रवों के अपवर्तनांकों की तुलना कर पायेंगे।

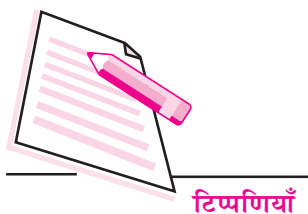
### 18.2 आवश्यक पूर्वज्ञान

- यदि किसी वस्तु को अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र पर रखा जाय तो इसी स्थान पर उसका एक वास्तविक व उल्टा प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है।
- जब अवतल दर्पण पर एक प्रकाश किरण अभिलम्बवत पड़ती है तो दर्पण से परावर्तित होकर वह अपने पूर्वमार्ग पर ही वापस लौट जाती है।

$$(iii) \text{ किसी द्रव का अपवर्तनांक} = \frac{\text{दर्पण की वास्तविक वक्रता त्रिज्या}}{\text{पारदर्शी द्रव भरे जाने पर आभासी वक्रता त्रिज्या}}$$

#### आवश्यक सामग्री

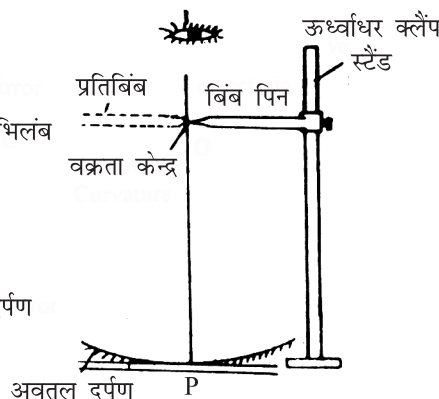
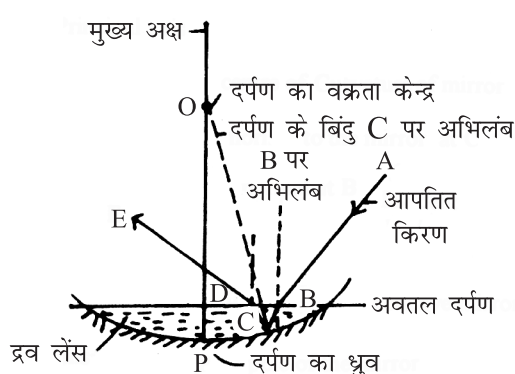
एक ऊर्ध्वाधर क्लैम्प स्टैंड, साहुल रेखा व मीटर स्केल, एक पिन, एक अवतल दर्पण व प्रयोगात्मक द्रव



टिप्पणियाँ

## 18.3 प्रयोग का समायोजन

- अवतल दर्पण को एक क्षैतिज तल (मेज) पर रखें।
- दर्पण के पास एक ऊर्ध्वाधर क्लैम्प स्टैंड रखें व इसकी ऊर्ध्वाधर छड़ द्वारा एक पिन को क्लैम्प में इस प्रकार लगायें कि पिन की नोक अवतल दर्पण के केन्द्र के ठीक ऊपर हो। (चित्र 18.1)।



चित्र 18.1: किरण आरेख

चित्र 18.2: प्रकाश करण पथ  $ABCDE$  को दर्शाते हुये

## 18.4 प्रयोग विधि

- वस्तु पिन को स्टैंड में दर्पण से पर्याप्त ऊँचाई पर नियत करें।
- अपनी आँख को पिन के ऊर्ध्वाधर ऊपर रखकर दर्पण में पिन का उल्टा, वास्तविक प्रतिबिम्ब देखें।
- अपनी आँख को दोनों ओर थोड़ा ले जाकर वस्तु पिन व इसके वास्तविक प्रतिबिम्ब के बीच लंबन देखें।
- वस्तु पिन को थोड़ा ऊपर या नीचे समायोजित करें ताकि वस्तु व इसका प्रतिबिम्ब संपाती हों। अब सावधानीपूर्वक वस्तु पिन व इसके प्रतिबिम्ब के बीच लंबन दूर करें। इस स्थिति में प्रतिबिम्ब व वस्तु पिन की दर्पण से ऊँचाई समान होती है।
- एक साहुल रेखा व मीटर पैमाने की सहायता से पिन के नोक व अवतल दर्पण के ध्रुव के बीच की दूरी ज्ञात करें। इससे आपको अवतल दर्पण की वास्तविक वक्रता त्रिज्या  $h_1$  ज्ञात हो जायेगी।
- इस स्थिति में पुनः वस्तु पिन का प्रतिबिम्ब प्राप्त करें। अब प्रतिबिम्ब अधिक समीप बनाता है। वस्तु पिन को आधार में नीचे लाय



टिप्पणियाँ

हों। पहले की भाँति दोनों के बीच लम्बन दूर करें। इससे द्रव व दर्पण के संयोग द्वारा प्राप्त वक्रता त्रिज्या  $h_2$  ज्ञात हो जायेगी।

(viii) इस क्रिया की तीन बार पुनरावृत्ति करें व  $h_1$  व  $h_2$  के माध्य मान प्राप्त करें।

(ix) अब द्रव का अपवर्तनांक =  $\frac{h_1}{h_2}$   $\frac{\text{दर्पण से वस्तु पिन की दूरी (बिना द्रव)}}{\text{दर्पण से वस्तु पिन की दूरी (द्रव के साथ)}}$

(x)  $h_2$  के लिये प्रेक्षणों को दूसरे पारदर्शी द्रव के लिये दोहरायें व उनके अपवर्तनाकों की तुलना करें।

(xi) अपने प्रयोग में प्रतिशत त्रुटि ज्ञात करें।

द्रव के अपवर्तनांक का मानक मान =  $x$  (पुस्तक से)

मापा गया मान  $n$  (=.....)

त्रुटि =  $n - x = \dots\dots\dots$

प्रतिशत त्रुटि =  $\left(\frac{n-x}{x}\right) \times (100) = \dots\dots$

## 18.5 प्रेक्षण

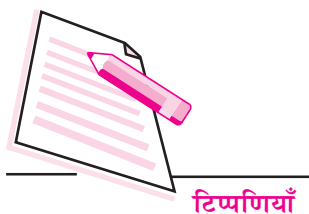
द्रव	क्र. स.	दर्पण व वस्तु पिन के बीच की दूरी				दिये गये द्रव का अपवर्तनांक $n = h_1/h_2$
		जब दर्पण रिक्त है		जब दर्पण में द्रव भरा है		
		$h_1$ cm	माध्य ( $h_1$ ) cm	$h_2$ cm	माध्य ( $h_2$ ) cm	
पानी	1					
	2					
	3					
तारपीन का तेल	1					
	2					
	3					

## 18.6 परिणाम व विवेचन

जल का अपवर्तनांक =  $n_1$  .....

तारपीन तेल का अपवर्तनांक =  $n_2$  .....

अनुपात =  $\frac{\text{जल का अपवर्तनांक}}{\text{तेल का अपवर्तनांक}} = \frac{n_1}{n_2} = \dots\dots\dots$



पानी के लिये अपवर्तनांक का मानक मान = .....

प्रतिशत त्रुटि = .....

तेल के लिये अपवर्तनांक का मानक मान = .....

प्रतिशत त्रुटि = .....

ध्यान देने योग्य है कि तेल का प्रकाशिक घनत्व जल से अधिक है ( $n_2 > n_1$ ) परन्तु इसका घनत्व कम है।

### 18.7 त्रुटि के स्रोत

- (i) यदि लम्बन दूर करते समय वस्तु पिन व प्रतिबिम्ब पिन के शीर्ष एक दूसरे से न मिलें तो अलंबन की सही स्थिति ज्ञात करने में कठिनाई प्रतीत हो सकती है। यदि पिन क्षैतिज न हो तो भी  $h_1$  व  $h_2$  के मापन में त्रुटि हो सकती है।
- (ii)  $h_1$  व  $h_2$  दूरियाँ दर्पण के ध्रुव से मापी जाती हैं। यदि दर्पण की गुहा में द्रव भरा जाय तो यह ध्रुव जरा ऊपर उठ जाता है जिससे  $h_2$  के मापन में त्रुटि हो सकती है और इसके फलस्वरूप गलत परिणाम प्राप्त होंगे।
- (iii) यदि वह तल, जिसमें अवतल दर्पण रखा गया है, सही रूप से क्षैतिज न हो तो इसकी मुख्य अक्ष ऊर्ध्वाधर न होकर थोड़ा तिरछी होगी जिससे  $h_1$  व  $h_2$  के मानों में त्रुटि आ जायेगी।

### 18.8 त्रुटि कम करने के उपाय

- (i) दर्पण रखने के लिये एक क्षैतिज आधार लगा हुआ ऊर्ध्वाधर शिकंजा प्रयोग करें।
- (ii)  $h_1$  व  $h_2$  के मापन के लिये साहुल रेखा का प्रयोग करें ताकि वस्तु पिन के क्षैतिज न होने के कारण त्रुटि का निराकरण हो सके।

### 18.9 देखें आपने क्या सीखा

- (i) यदि वस्तु पिन को अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र पर रखा जाये तो प्रतिबिम्ब कहाँ बनेगा?  
.....
- (ii) अवतल दर्पण के मुख्य अक्ष पर एक वस्तु पिन को वक्रता केन्द्र से परे रखा जाय तो प्रतिबिम्ब कहाँ प्राप्त होगा?



टिप्पणियाँ

.....  
 (iii) अवतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या के आधे से कम दूरी पर वस्तु पिन रखे जाने पर प्रतिबिंब कहाँ मिलेगा?

.....  
 (iv) आपने बिना पानी के अवतल दर्पण में वस्तु पिन व उसके प्रतिबिम्ब के बीच लंबन दूर करते हुये समायोजन करके  $h_1$  का मान प्राप्त किया है। दर्पण में द्रव भरे जाने पर वस्तु पिन को कहाँ (दर्पण से दूर या समीप) ले जाना पड़ेगा ताकि वस्तु पिन व उसके प्रतिबिंब के बीच लंबन का निराकरण हो सके?

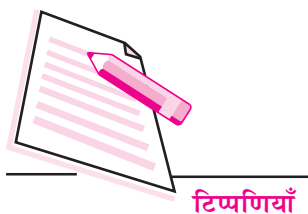
.....  
 (v) वस्तु पिन को दर्पण की ओर ले जाने पर प्रतिबिंब की स्थिति नियत रहेगी या परिवर्तित होगी?

.....  
 (vi) माना एक वस्तु पिन व उसके प्रतिबिंब की दूरियाँ अवतल दर्पण से क्रमशः 30 cm व 20 cm है। वस्तु पिन को दर्पण की ओर कितना विस्थापित करने पर यह अपने प्रतिबिंब पर सम्पाती होगी?

(a) 10 cm, (b) 10 cm से कम (c) 10 cm से अधिक

.....  
 (vii) अवतल दर्पण को 1.3 अपवर्तनांक के द्रव से भरने पर  $h_2 = 25$  cm प्राप्त होता है। यदि इसे 1.25 अपवर्तनांक के द्रव से भरा जाय तो  $h_2$  का मान क्या होगा?

.....  
 (viii) क्या आप इस विधि से पारे का अपवर्तनांक ज्ञात कर सकते हैं? व्याख्या करें।



## प्रयोग-19

खगोलीय दूरदर्शी का समायोजन करना व इसकी आवर्धन-क्षमता ज्ञात करना।



### 19.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- अभिनेत्र लेन्स व अभिदृश्यक लेन्स को प्रकाश वेदिका में ठीक-ठीक समायोजित कर सकेंगे ताकि यह एक खगोलीय दूरदर्शी बन जाय;
- इस दूरदर्शी को दूर की वस्तु पर फोकस करने तथा अभिनेत्रक का इस प्रकार समायोजन कर सकेंगे ताकि वस्तु का स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त हो;
- दूरदर्शी से एक दूर की वस्तु के आवर्धित प्रतिबिम्ब को देखकर और एक बड़े चिन्हों वाले पैमाने को सीधा देखकर कुछ शुद्धता तक वस्तु की आभासी लम्बाई ज्ञात कर सकेंगे;
- दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता ज्ञात कर सकेंगे।

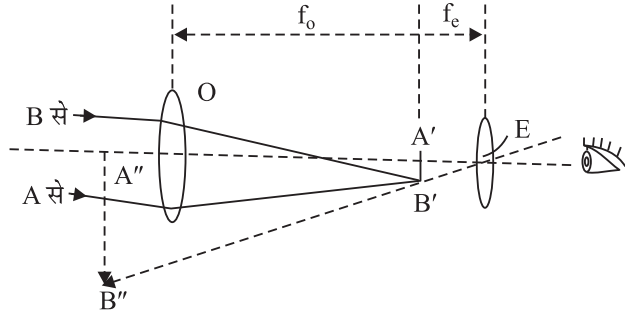
### 19.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

खगोलीय दूरदर्शी दो अभिसारी लेन्सों के संयोग से बनता है। एक लेन्स को अभिदृश्यक लेन्स (Objective Lens) व दूसरे को अभिनेत्रक लेन्स (Eye Lens) कहते हैं। इनकी फोकस दूरियाँ क्रमशः  $f_o$  व  $f_e$  हैं। अभिदृश्यक लेन्स को वस्तु की ओर रखकर एक दूर की वस्तु को देखा जाता है। सरलीकरण के लिये मान लें कि दूरदर्शी की अक्ष  $EO$  वस्तु  $AB$  के आधार  $A$  की ओर इंगित करती है। अभिदृश्यक लेन्स  $AB$  का छोटा, उल्टा व वास्तविक प्रतिबिम्ब  $A'B'$  बनाता है।

किरण के अभिनेत्र लेन्स में प्रवेश करने पर  $A'B'$  एक नयी वस्तु की भाँति कार्य करता है और इसका आभासी आवर्धित प्रतिबिम्ब  $A''B''$  बनता है। इस प्रकार आप अभिनेत्र लेन्स द्वारा  $A'B'$  के सूक्ष्म विवरण देखते हैं। प्रतिबिम्ब  $A'B'$  लेन्स  $O$  की नाभि पर बनता और यह ही  $E$  की नाभि की सन्निकट स्थिति है।



टिप्पणियाँ



चित्र 19.1: दूरदर्शी का किरण-आरेख

अतः दो लेंसों के बीच पृथक्करण

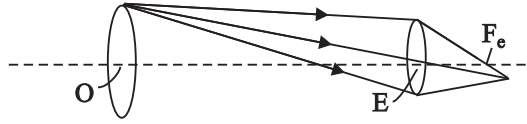
$$OE = f_o + f_e$$

दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता

$$m = \frac{A''B'' \text{ द्वारा } E \text{ पर बना कोण}}{\text{वस्तु } AB \text{ द्वारा } O \text{ पर बना कोण}} \quad (19.1)$$

$$= \frac{\angle A'EB'}{\angle A'OB'} = \frac{A'B'/f_e}{A'B'/f_o} = \frac{f_o}{f_e} \quad (19.2)$$

दूरदर्शी द्वारा किसी दूर की वस्तु का प्रतिबिम्ब देखने के लिये आपकी आँख अभिनेत्र लेंस  $E'$  के बहुत समीप नहीं होनी चाहिये। यह लेन्स  $I$  पर लेन्स  $O$  द्वारा प्राप्त प्रतिबिम्ब का वास्तविक प्रतिबिम्ब बनाता है। (चित्र 19.2)



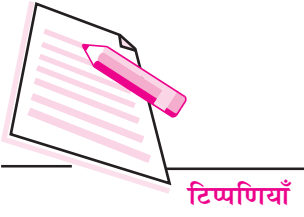
चित्र 19.2:

जिसकी स्थिति लेन्स  $E$  की बाहरी फोकस दूरी  $F_e$  के ठीक बाद है।

$O$  से प्रवेश करने व लेन्स  $E$  से गुजरने वाली सभी प्रकाश किरणें इस प्रतिबिम्ब से होकर गुजरती हैं। इसे दूरदर्शी की निकासी पुतली (Exit pupil) कहते हैं। अभिदृश्यक व अभिनेत्रक से गुजरने वाले सम्पूर्ण प्रकाश को प्राप्त करने के लिये आपकी आँख इस प्रतिबिम्ब पर सम्पाती होनी चाहिये। इससे आप दूरदर्शी द्वारा दिखायी देने वाली समस्त वस्तुओं को एक ही समय में देख पायेंगे। (चित्र 19.2)

### आवश्यक सामग्री

अभिदृश्यक लेन्स ( $f = 50 \text{ cm}$  से  $80 \text{ cm}$ , व्यास  $50 \text{ mm}$ ) अभिनेत्र लेन्स ( $f = 5 \text{ cm}$  से  $10 \text{ cm}$ , व्यास  $20 \text{ mm}$ - $50 \text{ mm}$ ) वृत्ताकार गत्ते का डायफ्राम (बाहरी व्यास =  $50 \text{ mm}$ , केन्द्रीय छिद्र का व्यास =  $15 \text{ mm}$ ) एक बड़े चिन्हों वाला पैमाना, मीटर पैमाना।

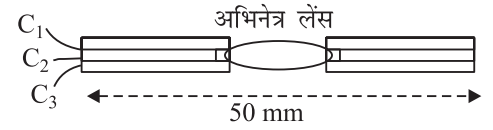


टिप्पणियाँ

### टिप्पणी

- दोनों लेंस अच्छे काँच के बने हों न कि सस्ते काँच के। ऐसा होने पर हम  $A'B'$  के पर्याप्त विवरण देख सकते हैं।
- लेंसों का समतलोत्तल होना अधिक वाँछनीय है। ऐसा होने पर दोनों लेंसों के समतल किनारे आँख की ओर ही होंगे लेकिन अच्छा काँच प्रयुक्त होने पर दोहरे उत्तल लेन्सों से भी एक अच्छा दूरदर्शी बन सकता है।

- यदि अभिनेत्र लेंस का व्यास बहुत छोटा होने के कारण इसे प्रकाश वेदिका के स्तंभ में समायोजित न किया जा सके (उदाहरणार्थ 20 mm), तो इसे एक वृत्ताकार ढाँचे के केन्द्र में समायोजित किया जा सकता है। (ढाँचे का बाह्य व्यास = 50 mm)। आप



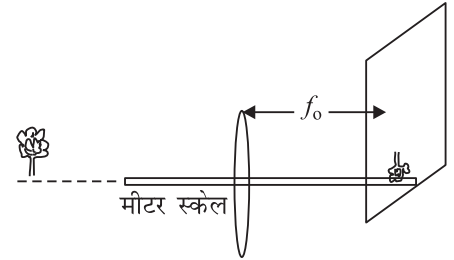
चित्र 19.3

ऐसा ढाँचा एक गत्ते का भी बना सकते हैं (चित्र 19.3)।  $C_2$  एक 50 mm व्यास की तश्तरीनुमा वस्तु है। इसके केन्द्र में लेंस के बराबर छिद्र हैं, जिसमें लेन्स लगाया जाता है।  $C_1$  व  $C_3$  के बाह्य व्यास समान हैं लेकिन केन्द्रीय छिद्र लेंस से छोटे हैं व लेंस को  $C_2$  से बाहर गिरने से रोकते हैं।

## 19.3 प्रयोग विधि

### (A) दूरदर्शी का समायोजन

- एक दूर की वस्तु का प्रतिबिम्ब पर्दे या दीवार पर बनाकर व दीवार से लेंस की दूरी ज्ञात करके अभिदृश्यक लेंस की फोकस दूरी  $f_o$  ज्ञात करें (चित्र 19.4)। इसी प्रकार अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरी  $f_e$  भी ज्ञात करें। ये केवल सन्निकट मान हैं।



चित्र 19.4

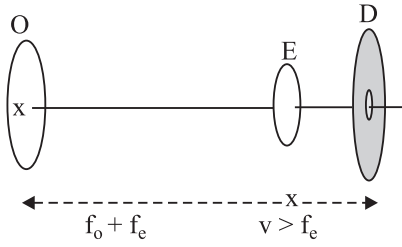
- दूरदर्शी बनाने के लिये लेंसों के बीच की सन्निकट दूरी  $f_o + f_e$  ज्ञात करें। अभिनेत्र लेंस को प्रकाश वेदिका में 10 cm के निशान पर एक स्तम्भ में नियत करें।
- अभिदृश्यक लेंस के केन्द्र में एक छोटा सा चिन्ह बनाकर इसे दूसरे स्तंभ में नियत करें। इसके केन्द्र को प्रकाश वेदिका में अभिनेत्र लेंस के केन्द्र के बराबर ऊँचाई पर समायोजित करें। फिर इसे प्रकाश वेदिका में अभिनेत्र लेंस से  $f_o + f_e$  दूरी पर रखें।



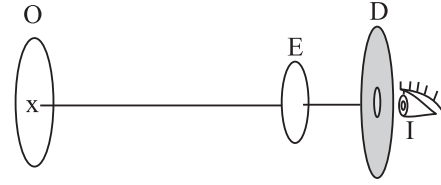


टिप्पणियाँ

- (v) डायफ्राम  $D$  को तीसरे स्तंभ पर नियत करें। इसकी केन्द्रीय ऊँचाई को प्रकाश वेदिका से ऊपर नेत्रिका के केन्द्र की ऊँचाई पर समायोजित करें। तब इसे प्रकाश वेदिका पर नेत्रिका के बाहरी फोकस  $f_e$  से जरा अधिक दूरी पर समायोजित करें (चित्र 19.5)। अब आप अभिनेत्र लेंस द्वारा अभिदृश्यक के केन्द्र पर बने  $x$  चिन्ह का प्रतिबिम्ब डायफ्राम पर देखें और ऊर्ध्वाधर व क्षैतिज रूप से एवं प्रकाश वेदिका की लम्बाई की दिशा में डायफ्राम की स्थिति का समायोजन करके दूरदर्शी की निकासी पुतली की स्थिति ज्ञात करें।



चित्र 19.5

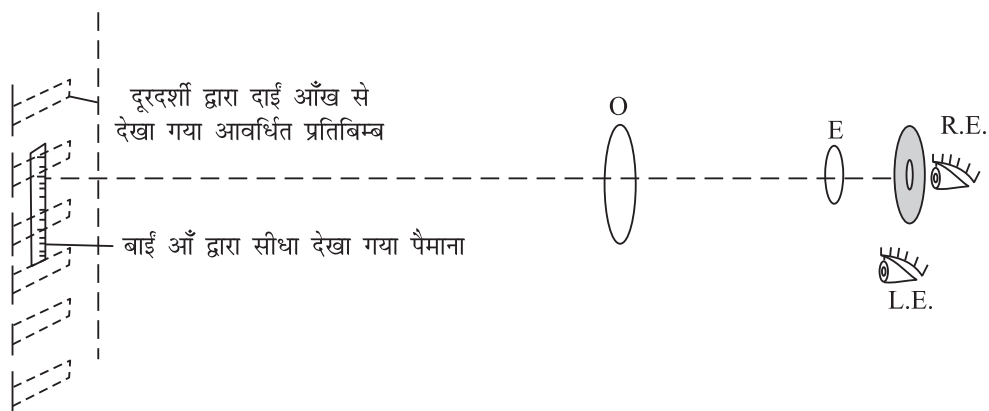
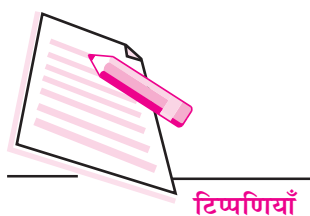


चित्र 19.6

- (vi) अब इस दूरदर्शी के अभिदृश्यक को किसी दूर की वस्तु की दिशा में रखें। अपनी आँख को डायफ्राम  $D$  के छिद्र में लगाकर वस्तु का उल्टा प्रतिबिम्ब देखें (चित्र 19.6)। आपको डायफ्राम को थोड़ा आगे बढ़ाने की आवश्यकता होगी। वस्तु का साफ प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिये लेंसों  $O$  व  $E$  की स्थितियों में भी परिवर्तन करना पड़ सकता है।

### (B) आवर्धन क्षमता ज्ञात करना

- (vii) एक स्थूल अंकन वाले पैमाने को दूरदर्शी के आगे ऊर्ध्वाधर कम से कम 10 मीटर की दूरी पर रखें। यदि प्रयोगशाला छोटी हो तो इस प्रयोग को बरामदे में करें।
- (viii) अभिनेत्र लेंस का समायोजन इस प्रकार करें ताकि पैमाने का अन्तिम प्रतिबिम्ब लगभग उसी स्थिति पर बने जहाँ पैमाना रखा है। इस समायोजन के लिये आप एक आँख से दूरदर्शी के अन्दर व दूसरी आँख से सीधे पैमाने पर देख सकते हैं। यदि उचित समायोजन किया जाय तो पैमाना व इसका आवर्धित प्रतिबिम्ब एक दूसरे से सटे हुए प्रतीत होते हैं।
- (ix) आपका स्थूल अंकन वाला पैमाना इस प्रकार है कि यह लगभग 20 मीटर की दूरी तक साफ साफ देखा जा सकता है। इस पर बने एक छोटे भाग का आवर्धित प्रतिबिम्ब दूरदर्शी की सहायता से देखें (चित्र 19.7)। इस आवर्धित प्रतिबिम्ब व इस भाग के वास्तविक मान का अनुपात दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता बताता है।



दाँयी आँख से देखा गया दूरदर्शी द्वारा आवर्धित प्रतिबिम्ब  
बाँयी आँख द्वारा सीधा देखा गया पैमाना

चित्र 19.7

### टिप्पणी

- (i) यदि पैमाने को समुचित दूरी पर नहीं रखा गया हो तो आवर्धन क्षमता सूत्र  $f_o/f_e$  द्वारा प्राप्त सैद्धान्तिक मान से अधिक प्राप्त होती है। अपने परिणामों की सैद्धान्तिक मानों से तुलना करें व अन्तर का कारण स्पष्ट करें।
- (ii) यदि आप दूर दृष्टि के लिये आम तौर पर चश्मा पहनते हों तो इस प्रयोग के लिये उसे उतारें नहीं। लेकिन चश्मे व आँख की पुतली के बीच की दूरी करीब 2 cm होने के कारण आपको दूरदर्शी की निकासी पुतली की स्थिति पता करने के बाद डायफ्राम को 2 cm आगे खिसकाना पड़ेगा।

## 19.4 प्रेक्षण व गणनायें

### (A) दूरदर्शी का समायोजन

अभिदृश्यक की सन्निकट फोकस दूरी  $f_o = \dots\dots\dots$  cm

अभिनेत्र लेंस की सन्निकट फोकस दूरी  $f_e = \dots\dots\dots$  cm

प्रकाश वेदिका में अभिनेत्र लेंस की स्थिति =  $\dots\dots\dots$  cm

प्रकाश वेदिका में अभिदृश्यक लेंस की स्थिति =  $\dots\dots\dots$  cm

प्रकाश वेदिका में डायफ्राम की स्थिति =  $\dots\dots\dots$  cm



टिप्पणियाँ

**( B ) आवर्धन क्षमता का मापन**

क्रम सं.	प्रेक्षित छोटे भागों की संख्या (n)	छोटे भागों की संख्या जो प्रेक्षित भागों पर सम्पाती हो (n')	आवर्धन क्षमता (m = n'/n)
1			
2			
3			
4			

m का माध्य मान = .....

**( C ) सत्यता की जाँच**

आवर्धन क्षमता का सैद्धान्तिक मान  $f_o/f_e = \dots\dots\dots$

**19.5 निष्कर्ष**

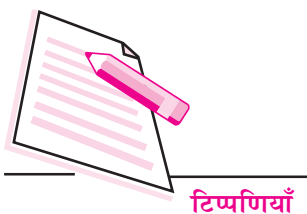
- (i) एक दूर की वस्तु का प्रतिबिंब दूरदर्शी द्वारा देखने पर उल्टा व बड़ा दिखाई देता है।
- (ii) दूरदर्शी की प्रेक्षित आवर्धन क्षमता = .....
- (iii)  $f_o/f_e = \dots\dots\dots$

**19.6 त्रुटि के स्रोत**

- (i)  $f_o$  व  $f_e$  का सन्निकट मान ही प्राप्त किया गया है।
- (ii) वस्तु व इसके अन्तिम प्रतिबिम्ब दोनों के अनन्त दूरी पर होने पर ही  $m = f_o/f_e$  लागू होता है। लेकिन प्रयोग में यह स्थिति नहीं है।
- (iii) इस प्रयोग में प्रयुक्त लेंस अवर्णक न होने के कारण स्पष्ट प्रतिबिंब प्राप्त नहीं होता जैसा कि एक मानक दूरदर्शी व अवर्णक-लेंसों के प्रयोग से प्राप्त होता है। अतः आवर्धन क्षमता का सटीक मान प्राप्त नहीं किया जा सकता।

**19.7 देखें आपने क्या समझा**

- (i) फोकस दूरी  $f_o = 80$  cm वाले अभिदृश्यक लेंस व  $f_e = 100$  mm वाले अभिनेत्रक लेंस के प्रयोग से बने खगोलीय दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता ज्ञात करें जबकि वस्तु व उसका प्रतिबिंब दोनों अनंत दूरी पर बनते हैं।
- .....



(ii) उपरोक्त प्रश्न में अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्रक के बीच की दूरी क्या है? यदि आप अभिनेत्र लेंस से 8 मीटर की दूरी पर स्थित किसी वस्तु को देखें तो इन लेंसों के बीच की दूरी क्या होनी चाहिये?

.....

(iii) एक खगोलीय दूरदर्शी की निकासी पुतली क्या है?

.....

(iv) आँख की पुतली को निकासी पुतली के पास रखा जाना क्यों आवश्यक है?

.....

(v) प्रश्न (i) में दूरदर्शी की निकासी पुतली से अभिनेत्र लेन्स की दूरी क्या है?

.....

(vi) अभिनेत्र लेंस व अभिदृश्यक लेंस के बीच की दूरी 52 cm रखते हुये 25 आवर्धन क्षमता वाले दूरदर्शी का निर्माण करें।

.....

(vii) एक समाचार पत्र को निकट रखकर सुविधापूर्वक पढ़े जाने की स्थिति में खड़ा रखा जाता है। लेकिन इसे दूर से एक खगोलीय दूरदर्शी की सहायता से देखा जा रहा है ताकि शब्द स्पष्ट दिखायी दें। तब क्या आप इसे सुविधापूर्वक पढ़ पायेंगे? अपने उत्तर को कारण सहित स्पष्ट करें।

.....

(viii) एक समाचार पत्र का शीर्षक नंगी आँख द्वारा अधिकतम 4 मीटर की दूरी से पढ़ा जा सकता है। अवर्णक लेन्सों का प्रयोग करते हुये 10 आवर्धन क्षमता वाला दूरदर्शी इस प्रयोग में उपयोग किया जाता है। इस दूरदर्शी की सहायता से हम शब्दों को उल्टा करके 40 m की दूरी से पढ़ने का प्रयास करते हैं। क्या दूरदर्शी की सहायता से शब्दों को सुविधापूर्वक पढ़ा जा सकता है? उत्तर कारण सहित स्पष्ट करें।

.....



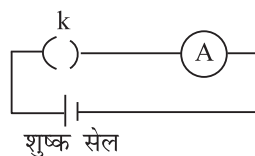
## खण्ड-स ( C )

### C. 1 परिचय

इस खण्ड में आप विद्युत के मूल सिद्धान्तों को दर्शाने वाले प्रयोग करेंगे। विद्युत सम्भवतया आधुनिक विज्ञान की मानव जाति को सबसे महत्वपूर्ण देन है। अब हम कुछ विषयों की चर्चा करेंगे जो कि इस खण्ड के सभी प्रयोगों के लिए उपयोगी हैं।

### C. 2 शुष्क सेल

आपके प्रयोगों के लिये शुष्क-सेल विद्युत धारा का सबसे महत्वपूर्ण स्रोत है। एक नये सेल का विद्युत वाहक बल 1.5 वोल्ट से थोड़ा अधिक होता है। 6 सेलों की एक नयी बैटरी का विद्युत वाहक बल 9.2 वोल्ट हो सकता है। परन्तु जब यह परिपथ में धारा प्रदान करता है तो इसके सिरो का विभवान्तर इसके उच्च आन्तरिक प्रतिरोध के कारण काफी कम हो सकता है। शुष्क सेल कितना पुराना है यह इसके द्वारा प्रदत्त लघु परिपथ धारा यानि आमीटर द्वारा पढ़ी गई उस धारा के मान से ज्ञात होता है जो इसके सिरो को सीधे आमीटर से जोड़ देने पर (चित्र 1) प्राप्त होती है। जब इसका मान नये सेल के विद्युत वाहक बल के मान का 25 प्रतिशत या 20 प्रतिशत रह जाय तो इसे फेंक दिया जाता है। इसे फिर से आवेशित नहीं किया जा सकता और पुनः उपयोग में भी नहीं लाया जा सकता है।

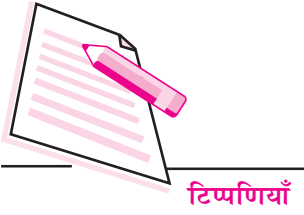


चित्र 1:

### C. 3 सीसा संचायक

जैसा कि नाम से स्पष्ट है यह सेल विद्युत-ऊर्जा को संग्रहित करता है। पूर्ण रूप से आवेशित सेल का विद्युत वाहक बल लगभग 2.08 वोल्ट होता है। जब इसका मान 1.9 वोल्ट तक गिर जाता है तो इसे पुनः आवेशित करना पड़ता है। यदि आप इसे फिर भी प्रयोग में लाते रहें तो (इसके विद्युत वाहक बल का मान लगभग 1.8 वोल्ट होने पर) इसका 'सल्फेटीकरण' (Shilphated) हो जाता है व इसे पुनः आवेशित नहीं किया जा सकता।

इसे आवेशित करने की प्रक्रिया में इसके पूर्णतः आवेशित होने के उपरान्त भी इसे आवेशित करते रहने पर इसके विद्युत अपघट्य में उपस्थित जल  $O_2$  व  $H_2$  में विघटित होता रहता है। इस प्रकार का अति आवेशन (over charging) हानिकारक नहीं है केवल सेल



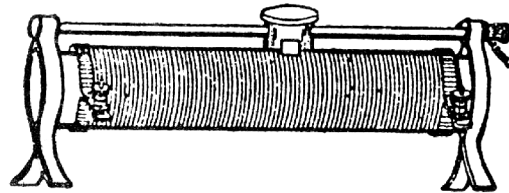
टिप्पणियाँ

में जल का स्तर नीचे गिर जाता है। अतः बार-बार जल स्तर की जाँच की जानी चाहिए तथा बाष्पीकृत जल की पूर्ति आसवित जल द्वारा की जानी चाहिए। अपेक्षित यह है कि इसे पुनर्आवेशित किये जाने की स्थिति में या कम से कम एक माह में, एक बार जल स्तर की जाँच अवश्य कर ली जाय। यदि इसे सही भाँति प्रयोग में लाया जाय तो इसे 500 बार या 1000 बार तक आवेशित करके प्रयोग में लाया जा सकता है। इसके उपरान्त भी इसका जीवन काल लगभग 3 या 4 साल है।

शुष्क-सेल की भाँति आप सीसा-संचायक की लघु परिपथ धारा (Short circuit current) नहीं मापते हैं। इसका आन्तरिक प्रतिरोध नगण्य होता है। अतः यदि इसके दोनों सिरों को सीधे जोड़ दिया जाय तो परिपथ में अति उच्च धारा प्रवाहित होती है। जिससे सेल नष्ट हो सकता है। इस उच्च धारा की स्थिति में जब विद्युत परिपथ भंग किया जाता है तो तारों के स्वप्रेरकत्व (self-induction) के कारण स्विच के सिरों के बीच एक चिंगारी (Spark) उत्पन्न होती है। सीसा संचायक की स्थिति का एक अच्छा सूचक इसका विद्युत वाहक बल व दूसरा सूचक इसमें उपस्थित  $H_2SO_4$  का घनत्व है।

### C. 4 धारा नियंत्रक

एक धारा नियंत्रक (rheostat) किसी विद्युत परिपथ में धारा नियंत्रित करने की सबसे सरल युक्ति है। इसमें अचालक पदार्थ की नली के ऊपर एक परत में प्रतिरोध तार लिपटा रहता है। तार के दोनों सिरों संयोजक पेंचों A व B से जुड़े रहते हैं। (चित्र 2) एक तीसरा सिरा सरकने वाले संपर्क की सहायता से तार में कहीं भी स्पर्श कर सकता है। इसे दो तरीकों से प्रयोग किया जा सकता है।



चित्र 2: रिहोस्टेट

- चर प्रतिरोधक की भाँति:** जब इसे एक परिपथ में A व B या B व C सिरों द्वारा श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है तो यह चर प्रतिरोधक (variable resistor) की भाँति कार्य करता है जिसे परिपथ में धारा नियंत्रण के लिये प्रयोग किया जा सकता है।
- विभव-विभाजक की भाँति:** जब A व B सिरों के आर पार एक बैटरी का विभवान्तर लगाकर तार की पूरी लम्बाई में धारा प्रवाहित करते हैं तो यह, तब चल स्पर्शी (sliding contact) की स्थिति के अनुसार C सिरा A व C के बीच कोई भी वांछित विभवान्तर प्रदान करता है।

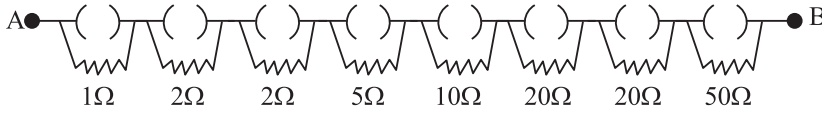


एक धारा नियंत्रक के प्रयोग में ध्यान देने योग्य महत्वपूर्ण बात यह है कि तार को लम्बाई की दिशा में, जहाँ इसे चल स्पर्शी छूता है, साफ रखा जाय और चल स्पर्शी के ब्रुश (brush) ढीले न पड़ें। इन्हें तार के साथ दृढ़तापूर्वक स्पर्श करना चाहिये ताकि C सिरे व तार के बीच का स्पर्श प्रतिरोध नगण्य हो।

## C. 5 प्रतिरोध बाक्स

प्रतिरोध बाक्स एक ऐसी युक्ति है जो आपको एक निश्चित उच्चतम सीमा तक मानक प्रतिरोध प्रदान कर सकता है। उदाहरणार्थ, इसमें 1, 2, 2, 5, 10, 20, 20 व 50 ओह्म के प्रतिरोध तार श्रेणीक्रम में हो सकते हैं। प्रत्येक प्रतिरोध के समान्तर क्रम में एक प्लग कुंजी होती है। (चित्र 3)

एक वांछित प्रतिरोध प्राप्त करने के लिये कुंजियों का उपयुक्त संयोजन (Combination) खुला रखा जाता है व शेष कुंजियाँ बन्द की जाती हैं। बन्द कुंजियों का प्रतिरोध शून्य माना जाता है क्योंकि इनके प्लगों का प्रतिरोध नगण्य होता है। A सिरे पर प्रवेश करने वाली धारा केवल खुली कुंजी वाले तारों से प्रवाहित होती है अतः खुली कुंजी वाले तारों के प्रतिरोध का योग करके कुल प्रतिरोध का मान प्राप्त किया जा सकता है। इस प्रकार ऊपर वर्णित प्रतिरोध बक्स की बनावट (design) 1 ओह्म के चरणों में 110 ओह्म तक के मान प्रदान कर सकता है।

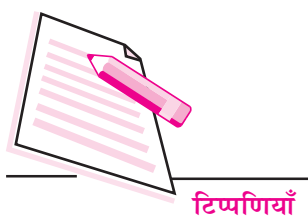


चित्र 3:

प्रतिरोध बाक्स के प्रयोग में इस बात की सावधानी रखी जानी चाहिये कि सभी प्लग कुंजियाँ पूर्णतया साफ हों। यदि ये साफ न हों तो प्रत्येक बंद कुंजी का कुछ स्पर्श प्रतिरोध होगा जिसका योग कुछ ओह्म तक हो सकता है। यदि आप 5 ओह्म के मापन में त्रुटि 0.01 Ω से कम रखना चाहें तो प्रत्येक कुंजी का प्रतिरोध 0.001 Ω से अधिक नहीं होना चाहिये। कुंजियों को ब्रासों (brasso) की सहायता से साफ किया जा सकता है। इस कार्य के लिये रेगमाल का प्रयोग नहीं किया जाना चाहिये। रेगमाल के प्रयोग से सतह खुरदरी हो जाती है जिसके कारण पलंग व पीतल के ब्लॉक के बीच कुछ ही बिन्दुओं पर स्पर्श होता है।

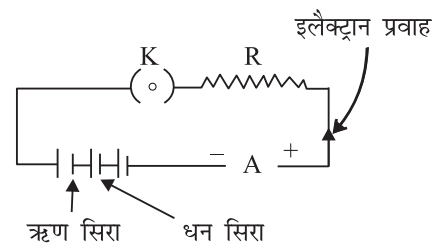
## C. 6 परिपथ सम्पर्क बनाने के लिए सामान्य निर्देश

विद्युत प्रयोगों में बहुधा आपके पास एक परिपथ आरेख होता है। प्रयोग करने के लिये उपकरण के विभिन्न भागों को जोड़ने के लिये ताँबे के तार प्रयुक्त होते हैं। ताँबे के तारों



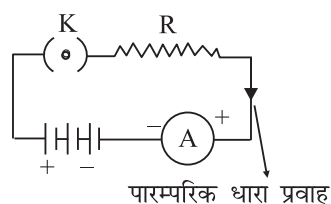
टिप्पणियाँ

के सिरों में आक्साइड (Oxide) की परत हो सकती है। अतः इस सिरों को धारा परिपथ में कहीं जोड़ने पर आक्साइड की परत के कारण परिपथ में कुछ अतिरिक्त प्रतिरोध उत्पन्न हो जाता है। इस स्पर्श प्रतिरोध के निराकरण के लिये ताँबे के तार के प्रत्येक सिरों को रेगमाल से साफ करना चाहिये ताकि आक्साइड की परत दूर की जा सके। इस बात की भी जाँच कर लें कि संयोजक पेंचों की सतह भी साफ हो अन्यथा इन्हें ब्रासो से साफ कर लें। रेगमाल से तार की सतह खुरदरी हो जाती है लेकिन ताँबा एक मुलायम धातु होने के कारण जब पेंच तार को दबाता है तो एक पर्याप्त क्षेत्रफल में संपर्क स्थापित हो जाता है। यदि आप एक सेल के विद्युत वाहक बल से अधिक विद्युत वाहक बल प्राप्त करना चाहें तो प्रत्येक सेल का धनात्मक सिरा दूसरे सेल के ऋणात्मक सिरों से श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है। (चित्र 4) लेकिन परिपथ अवयवों (circuit elements) जैसे आमीटर व वोल्टमीटर के लिये, स्थिति इसकी ठीक विपरीत है। इन पर ऋण चिन्ह (-) अंकित सिरों को बैटरी के ऋण चिन्ह वाले (-) सिरों से जोड़ा जाता है।

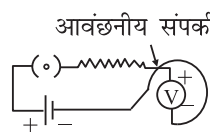


चित्र 4

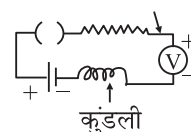
किसी परिपथ में धारा का प्रवाह वास्तव में केवल इलेक्ट्रॉनों का अपवाह (drift) है। विद्युत-अपघट्य (electrolyte) एवं अर्धाचालक (Semi conductors) इसके अपवाद हैं। सेल का ऋणात्मक अंकित सिरा परिपथ में इलेक्ट्रॉन देता है व धनात्मक अंकित सिरा इलेक्ट्रॉनों को पुनः ग्रहण करता है (चित्र 4)। हम विद्युत प्रवाह की दिशा इलेक्ट्रॉन प्रवाह की दिशा के विपरीत लेते हैं। अर्थात् हम धनात्मक आवेश के प्रवाह की दिशा को ही धारा प्रवाह की दिशा लेते हैं। (चित्र 5)



चित्र 5



चित्र 6 (a)



चित्र 6 (b)

विद्युत संपर्क बनाने के लिये विद्युतरोधी पदार्थ (कपास आदि) की दोहरी परत से लिपटे तारों का प्रयोग किया जाना चाहिये। यदि परिपथ के दो भागों के तार आपस में मिलते भी हैं तो वे इस विद्युत रोधन के कारण वैद्युत रूपेण (electrically) नहीं जुड़ पाते। फिर भी विद्युत परिपथ इस प्रकार बनाया जाना चाहिये ताकि तार अनावश्यक रूप से न मिल पायें।

यदि परिपथ में कहीं ढीला व लम्बा तार हो तो उसे कुण्डली के रूप में लपेटना चाहिये (चित्र 6(b))। एक प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में ज्यादा लम्बाई के तारों को दोहरा मोड़कर कुण्डली के रूप में (अप्रेरकत्व कुण्डली के रूप में) लपेटें।





## प्रयोग-20

आमीटर, वोल्टमीटर व ज्ञात प्रतिरोध की कुण्डलियों का श्रेणीक्रम व समानान्तर क्रम में प्रयोग करके, प्रतिरोध संयोजन के नियमों की पुष्टि करना।



### 20.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- किसी आमीटर व वोल्टमीटर का अल्पतमोक्त ज्ञात कर सकेंगे;
- परिपथ आरेख के अनुसार विद्युत परिपथ के संपर्क बना सकेंगे;
- प्रतिरोधों के श्रेणी व समान्तर क्रम संयोजन की अवधारणा को समझ सकेंगे;
- परिपथ में प्रयोग किये गये विभिन्न अवयवों के कार्य को जान सकेंगे;
- विद्युत परिपथ में त्रुटि के स्रोतों को पहचान सकेंगे, और
- वोल्टेज या विभवान्तर व धारा के संबंध को समझ सकेंगे।

### 20.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आप जानते हैं कि ओहम के नियम के अनुसार भौतिक परिस्थितियाँ समान रखते हुए जब एक स्थिर धारा  $I$  किसी चालक में प्रवाहित की जाती है तो इसके सिरों में उत्पन्न विभवान्तर ' $V$ ' प्रवाहित धारा के अनुक्रमानुपाती होता है।

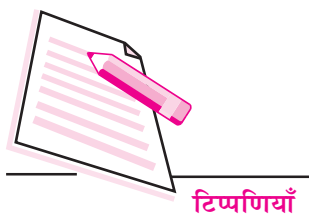
अर्थात्  $V \propto I$  अथवा  $V = RI$

जब श्रेणीक्रम में दो या अधिक प्रतिरोध जोड़े जाते हैं तो इस प्रकार के संयोजन का कुल प्रतिरोध एकल प्रतिरोधों के योग के बराबर होता है।

यदि दो प्रतिरोधों  $r_1$  व  $r_2$  को श्रेणीक्रम में संयोजित किया जाय तो कुल प्रतिरोध

$$R_s = r_1 + r_2$$

इसी प्रकार जब दो या अधिक प्रतिरोधों को समान्तर क्रम में संयोजित किया जाता है तो इस स्थिति में कुल प्रतिरोध  $R_p$  का व्युत्क्रम समस्त एकल प्रतिरोध के व्युत्क्रमों के योग के बराबर होता है। अर्थात्



$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

$$R_p = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

### आवश्यक सामग्री

एक बैटरी, एक अमीटर, एक वोल्टमीटर, रिहोस्टेट (धारा नियंत्रक), एक एकमार्गी कुंजी, रेगमाल, ज्ञात प्रतिरोध की कुण्डलियाँ, जोड़ने वाले तार।

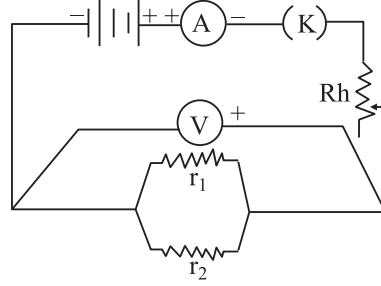
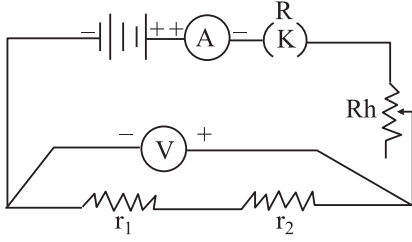
**टिप्पणी:** अमीटर व वोल्टमीटर का चयन करते समय यह ध्यान रखें कि वह निम्नतम उपलब्ध परास के हों।

## 20.3 प्रयोग-विधि

- (i) वोल्टमीटर व अमीटर का अल्पतमांक व शून्यांक त्रुटि ज्ञात करें।
- (ii) चित्र 20.1 की भाँति पुस्तिका में परिपथ आरेख बनायें व इसके अनुसार सम्पर्क बनायें। सम्पर्क साफ व सुदृढ़ होने चाहिये व तार के सिरों से विद्युत-रोधन ठीक प्रकार से हटाया जाना चाहिये।
- (iii) कुंजी K लगायें व धारा नियंत्रक सम्पर्क को खिसकाकर यह जाँच कर लें कि अमीटर व वोल्टमीटर सुचारू रूप से काम करते हो।
- (iv) प्रत्येक यंत्र में कुंजी K निकाल कर व पुनः प्रविष्ट कराकर शून्यांक त्रुटि का प्रेक्षण लें।
- (v) धारा नियंत्रक के चल सम्पर्क को इस प्रकार समायोजित करें ताकि या तो अमीटर या वोल्टमीटर पैमाने पर पूर्ण-विक्षेप प्राप्त हो। दूसरे यंत्र में भी आधे पैमाने से अधिक विक्षेप प्राप्त होना चाहिये।
- (vi) वोल्टमीटर की सहायता से विभवान्तर व अमीटर की सहायता से धारा मापें।
- (vii) स्वतंत्र प्रेक्षणों के कम से कम तीन सेट लें।
- (viii) चित्र 20.2 की भाँति परिपथ जोड़कर पूर्ण प्रयोग की पुनरावृत्ति समान्तर-संयोजन के लिये करें।



टिप्पणियाँ



चित्र 20.1: प्रतिरोधों का श्रेणी संयोजन

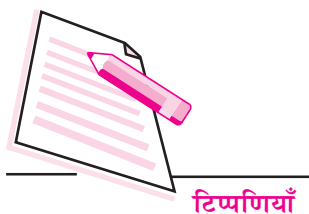
चित्र 20.2: प्रतिरोधों का समान्तर संयोजन

## 20.4 प्रेक्षण

- (i) दिये गये अमीटर का अल्पतमांक = ..... (एम्पीयर)  
 दिये गये वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ..... (वोल्ट)
- (ii) अमीटर में शून्यांक त्रुटि = ..... एम्पीयर  
 वोल्टमीटर में शून्यांक त्रुटि = ..... वोल्ट  
 $\therefore$  अमीटर के लिये शून्यांक संशोधन = ..... एम्पीयर  
 वोल्टमीटर के लिये शून्यांक संशोधन = ..... वोल्ट  
 प्रतिरोध-1 का अंकित मान  $r_1$  = ..... ओह्म  
 प्रतिरोध-2, का अंकित मान  $r_2$  = ..... ओह्म

सारणी 20.1: माध्य प्रतिरोध के लिये सारणी

संयोजन क्रम की प्रकृति	प्रेक्षणों की क्रम संख्या	आमीटर का पाठ्यांक		वोल्टमीटर का पाठ्यांक		$\frac{V}{I} = R$	औसत प्रतिरोध (ओह्म)
		प्रेक्षित (A)	संशोधित (A)	प्रेक्षित (V)	संशोधित (V)		
$r_1$ व $r_2$ श्रेणीक्रम में	1						
	2						
	3						
$r_1$ व $r_2$ समान्तर क्रम में	1						
	2						
	3						



## 20.5 गणनायें

### (i) श्रेणीक्रम में

- (a)  $R_s$  का प्रयोगात्मक मान  $R_s = \dots\dots\dots$  ओह्म  
 (b)  $R_s$  का सैद्धान्तिक मान  $= r_1 + r_2 = \dots\dots\dots$  ओह्म  
 (c) अन्तर (यदि कोई हो)  $= \dots\dots\dots$  ओह्म

### (ii) समान्तर क्रम में

- (a)  $R_p$  का प्रयोगात्मक मान  $= \dots\dots\dots$  ओह्म  
 (b)  $R_p$  का सैद्धान्तिक मान  $R_p = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \dots\dots\dots$  ओह्म  
 (c) अन्तर (यदि कोई हो)  $= \dots\dots\dots$  ओह्म

## 20.6 परिणाम

- (i) प्रयोगात्मक त्रुटि की सीमा के अन्दर,  $R_s$  के प्रयोगात्मक व सैद्धान्तिक मान समान हैं।  
 अतः प्रतिरोध के श्रेणी क्रम संयोजन के नियम की पुष्टि होती है।  
 (ii) प्रयोगात्मक त्रुटि की सीमा के अन्दर,  $R_p$  के प्रयोगात्मक व सैद्धान्तिक मान समान हैं।  
 अतः प्रतिरोध के समान्तर क्रम संयोजन के नियम की पुष्टि होती है।

## 20.7 त्रुटि के स्रोत

- (i) संपर्क तार ढीले हो सकते हैं।  
 (ii) संपर्क तारों के सिरों को रेगमाल से साफ करते समय विद्युत रोधक का कुछ अंश शेष छूट सकता है।

## 20.8 देखें आपने क्या समझा

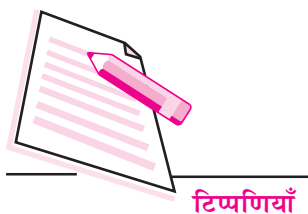
- (i) विद्युत परिपथ में मोटे संयोजन (संपर्क) तार क्यों प्रयुक्त होते हैं?

.....



टिप्पणियाँ

- (ii) यदि वोल्टमीटर को श्रेणीक्रम में लगा दिया जाय तो क्या होगा?  
.....
- (iii) प्रयोग करते समय चालक से उच्च धारा प्रवाहित क्यों नहीं होनी चाहिए?  
.....
- (iv) आप कैसे जान पायेंगे कि एक चालक ओह्म के नियम का पालन करता है अथवा नहीं।  
.....
- (v) यदि किसी अमीटर में शून्य पाठयांक आ रहा है व वोल्टमीटर में बैटरी-वोल्टेज के मान के बराबर पाठयांक आ रहा है तो इसके क्या संभावित कारण हो सकते हैं?  
.....
- (vi) यदि आपको वोल्टमीटर में पूर्ण बैटरी-वोल्टेज प्राप्त होती है व अमीटर में कोई विक्षेप नहीं प्राप्त होता है तो आप परिपथ को सही करने के लिए क्या परिवर्तन करेंगे?  
.....
- (vii) यदि कोई छात्र गलती से आमीटर को प्रतिरोध के समान्तर क्रम में जोड़ता है व वोल्टमीटर को श्रेणीक्रम में, तो आमीटर व वोल्टमीटर के पाठयांक क्या होंगे?  
.....



## प्रयोग-21

एक विभवमापी की सहायता से दो दिये गये प्राथमिक सेलों के विद्युत वाहक बलों की तुलना करना।



### 21.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- दिये गये विद्युत-परिपथ आरेख के अनुसार विद्युत-परिपथ तैयार कर सकेंगे;
- वोल्टमीटर व विभवमापी में अन्तर स्पष्ट कर सकेंगे;
- तार में उदासीन-बिंदु ज्ञात कर सकेंगे;
- विद्युत परिपथ में त्रुटियों के स्रोतों को पहचान सकेंगे;
- विद्युत परिपथ में धारा को नियंत्रित करने के लिये धारा नियंत्रक का उपयोग कर सकेंगे और
- एक मानक सेल द्वारा दिये गये सेल का विद्युत वाहक बल ज्ञात कर सकेंगे।

### 21.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आपको ज्ञात है कि वोल्टमीटर एक ऐसी युक्ति है जिसकी सहायता से एक सेल के सिरों का विभवान्तर मापा जा सकता है। लेकिन मापन की प्रक्रिया में यह सेल से कुछ धारा लेता है जबकि विभवमापी सेल से कोई धारा लिये बिना ही मापन करता है अथवा इसमें कोई विभव पात नहीं होता है। यह दो सेलों के विद्युत-वाहक बल के मापन में भी प्रयुक्त होता है। यदि  $E_1$  व  $E_2$  दो सेलों के विद्युत वाहक बल एवं  $l_1$  व  $l_2$  क्रमशः इन वि. वा. बलों के सापेक्ष विभवमापी लंबाईयाँ हों तो

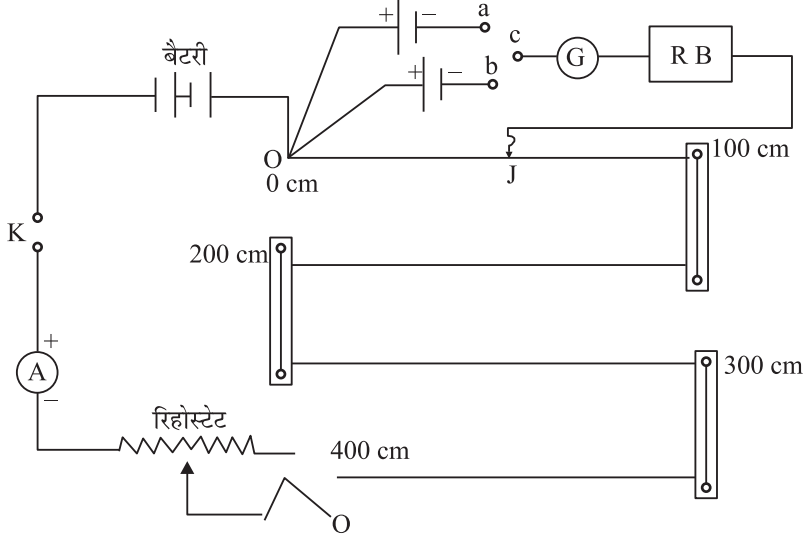
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

#### आवश्यक सामग्री

चार मीटर लम्बे तार वाला एक विभवमापी, एक आमीटर, एक वोल्टमीटर, एक गैल्वेनोमीटर, एक प्रतिरोध बक्स, एक जौकी, रेगमाल, एक मार्गी कुंजी, लेक्लांशी सेल, एक डेनियल सेल, द्विमार्गी कुंजी व संयोजक तार।

## 21.3 प्रयोग-विधि

(i) चित्र 21.1 की भाँति परिपथ आरेख बनायें।

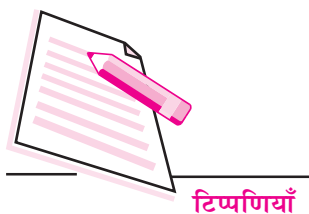


चित्र 21.1

- (ii) परिपथ आरेख के अनुसार तारों को संयोजित करें। रेगमाल की सहायता से संयोजक तारों के किनारों से विद्युत रोधन हटायें।
- (iii) इस बात का ध्यान दें कि आमीटर का ऋणात्मक (-) सिरा बैटरी के ऋणात्मक (-) सरे से जुड़ा हुआ हो तथा बैटरी का धनात्मक (+) सिरा हमेशा विभवमापी के शून्य सिर से जुड़ा होना चाहिये।
- (iv) तार जोड़ते समय कुंजी को हमेशा खुला रखें।
- (v) आमीटर के पूर्ण पैमाने पर विक्षेप के लिये बैटरी से धारा लेकर धारा-नियंत्रक का प्रतिरोध न्यूनतम रखें।
- (vi) एक मार्गी कुंजी को बंद करें व प्रतिरोध बक्स में से  $1000 \Omega$  का प्लग निकालें ताकि उदसीन बिंदु को खोजने की प्रक्रिया में गैल्वेनोमीटर सुरक्षित रहे। सेल  $n.F$  को परिपथ में जोड़ने के लिए  $a$  व  $c$  सिरों के बीच प्लग लगायें।  $n.F$  लेक्लांशी सेल है।
- (vii) अब जौकी को धीरे से विभवमापी के शून्य सिर पर दबाकर गैल्वेनोमीटर पर विक्षेप देखें। विभवमापी के तार के दूसरे सिर पर जौकी को दबाने पर यदि विक्षेप दूसरी दिशा में होता है तो तार सही जुड़े हैं। यदि दोनों विक्षेप एक ही दिशा में हों तो विभवमापी के सिरों के मध्य विभवपात  $E_1$  से कम होता है। तब विभवमापी में धारा बढ़ानी पड़ती है।
- (viii) जौकी को धीरे से विभवमापी तार के ऊपर खिसकायें एवं गैल्वेनोमीटर में शून्य विक्षेप की स्थिति प्राप्त करें। जौकी की यह स्थिति शून्य बिंदु की सन्निकट



टिप्पणियाँ



स्थिति है। 1000 ओहम के प्लग को पुनः प्रतिरोध बक्स में रखें व शून्य बिंदु के लिये सूक्ष्म समायोजन करें। चूंकि प्रतिरोध बक्स के शून्य प्रतिरोध के कारण गैल्वेनोमीटर अधिक संवेदनशील हो जाता है। और सूक्ष्म-समायोजन संभव होता है।

**टिप्पणी:-** शून्य विक्षेप की इस स्थिति को प्रथम संतुलन बिंदु के रूप में नोट करें। अब जौकी को लगभग 5 cm आगे ले जाएं और वापस लौटाकर फिर शून्य विक्षेप की स्थिति प्राप्त करें इस स्थिति को द्वितीय संतुलन बिंदु के रूप में नोट करें। इन दोनों पाठों का माध्य ज्ञात करें।

- (ix) सेल  $n.F$  के लिये आमीटर पाठ्यांक व लम्बाई  $l_1$  का मान लिख लें।
- (x) सेल  $n.F$  को परिपथ से अलग करने के लिये  $a c$  अंतराल से प्लग हटा दें। व  $b c$  अन्तराल में प्लग लगाकर सेल  $n.F$  को जोड़ दें व प्रक्रिया की पुनरावृत्ति करें।
- (xi) दूसरे सेल के लिये शून्य स्थिति को सटीक रूप से प्राप्त करें। इसके लिये प्रतिरोध बक्स का प्रतिरोध शून्य करके  $l_2$  लम्बाई का मापन करें। इस बात का ध्यान दें कि इस बार भी सेल के लिये  $l_1$  मापन के बराबर ही आमीटर का पाठ्यांक रहे।
- (xii) धारा नियंत्रक के समायोजन द्वारा परिपथ में धारा परिवर्तन करें व कम से कम तीन बार प्रेक्षण लें। यदि  $E_1$  के लिये प्रथम बार उदासीन बिंदु पहले या दूसरे तार में हो तो आपको इसके बाद के प्रेक्षणों के लिये धारा का मान कम करना होगा ताकि यह उदासीन बिंदु तीसरे या चौथे तार में प्राप्त हो सके।

## 21.4 प्रेक्षण

आमीटर का अल्पतमांक = ..... एम्पीयर

क्रम स.	आमीटर पाठ्यांक	$E_1$ के लिये संतुलन बिंदु			$E_2$ के लिये संतुलन बिंदु			$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$
		1 (cm)	2 (cm)	माध्य $l_1$ (cm)	1 (cm)	2 (cm)	माध्य $l_2$ (cm)	
1								
2								
3								

## 21.5 परिणाम

सेलों के विद्युत वाहक बलों का अनुपात,  $\frac{E_1}{E_2} = \dots\dots\dots$



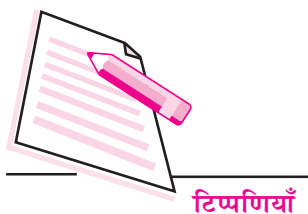


## 21.6 त्रुटि के स्रोत

- (i) विभवमापी के तार की पूरी लम्बाई के लिये तार की अनुप्रस्थ काट समान न हो।
- (ii) प्रयोग की अवधि में सहायत बैटरी का विद्युत वाहक बल समान नहीं रह पाता है।
- (iii) विभवमापी के तारों के किनारों में जंग लग जाने के कारण संपर्क प्रतिरोध शून्य नहीं होता व उनके आर पार प्रचुर मात्रा में विभवपात होता है।

## 21.7 देखें आपने क्या समझा

- (i) किसी सेल के विद्युत वाहक बल से आप क्या समझते हैं?  
.....
- (ii) विभवमापी क्या है? इसका सिद्धान्त क्या है?  
.....
- (iii) विभवमापी के तार की लम्बाई व विभव-प्रवणता क्या है?  
.....
- (iv) विभव प्रवणता किन कारकों पर निर्भर करती है?  
.....
- (v) विभवमापी तार का समान मोटाई का होना इतना महत्वपूर्ण क्यों है?  
.....
- (vi) हम बैटरी परिपथ में धारा नियंत्रक का उपयोग क्यों करते हैं?  
.....
- (vii) हम पहले या दूसरे तार पर संतुलन-बिंदु क्यों नहीं प्राप्त करना चाहते हैं?  
.....
- (viii) विभवमापी के तार किस पदार्थ के बनाये जाते हैं और क्यों?  
.....
- (ix) आप विभवमापी के तीसरे या चौथे तार में संतुलन बिंदु लाने के लिये क्या करेंगे?  
.....
- (x) आपको लेक्लांशी-सेल व डेनियल-सेल के विद्युत वाहक बलों की तुलना करती है। आप पहले किस सेल के लिये संतुलन बिंदु ज्ञात करने को प्राथमिकता देंगे और क्यों?  
.....



## प्रयोग-22

मीटर-सेतु की सहायता से दो तारों के पदार्थों का विशिष्ट प्रतिरोध ज्ञात करना।



### 22.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप

- पेंचमापी का अल्पतमांक ज्ञात कर सकेंगे;
- प्रतिरोध व विशिष्ट प्रतिरोध के बीच अन्तर कर सकेंगे;
- उन कारकों को पहचान सकेंगे जिन पर किसी तार का विशिष्ट प्रतिरोध निर्भर करता है;
- विद्युत परिपथ के अनुसार तार जोड़ सकेंगे;
- प्रयोग करते समय आवश्यक सावधानियाँ बरत सकेंगे;
- तार पर संतुलन बिंदु प्राप्त कर सकेंगे, व
- एक विद्युत-परिपथ में त्रुटि के स्रोतों को जान सकेंगे।

### 22.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

मीटर-सेतु, व्हीटस्टोन-सेतु का प्रायोगिक रूप है। जिसके संतुलन की निम्न शर्त है:

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

जहाँ  $P$  व  $Q$  को अनुपात भुजायें कहते हैं।  $R$  समायोजित की जाने वाली भुजा व  $S$  अज्ञात प्रतिरोध है। यदि समान अनुप्रस्थ काट वाले तार के लिये संतुलन बिंदु  $l$  लम्बाई पर प्राप्त हो तो

$$\frac{P}{Q} = \frac{l\sigma}{(100-l)\sigma} = \frac{l}{(100-l)}$$

क्योंकि मीटर सेतु के तार की कुल लम्बाई 100 cm है।

$\sigma$  सेतु के तार की इकाई लम्बाई का प्रतिरोध है। अतः



टिप्पणियाँ

$$S = \frac{(100-l)}{l} R$$

मीटर सेतु से प्रतिरोध  $S$  ज्ञात करने के बाद यदि हम तार की लम्बाई और अनुप्रस्थ काट का व्यास माप लें तो तार के पदार्थ का विशिष्ट प्रतिरोध निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

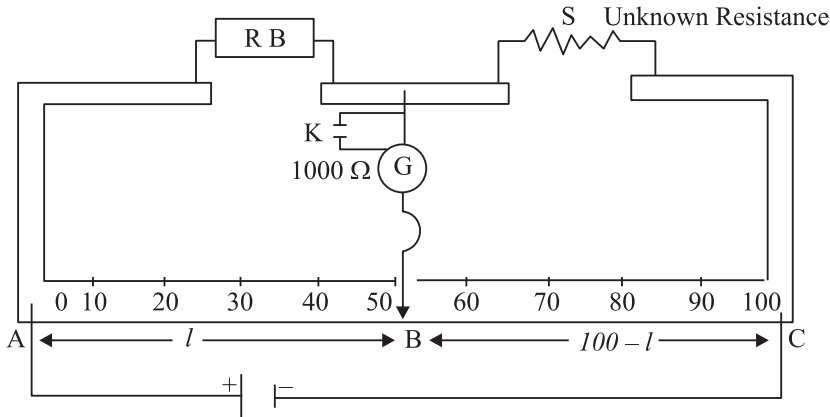
$$\rho = \frac{\pi d^2}{4l} S$$

### आवश्यक सामग्री

एक मीटर सेतु, एक गैल्वेनोमीटर, एक जौकी, लेक्लांशी सेल, एक मार्गी कुंजी, एक प्रतिरोध बक्स, मीटर पैमाना, रेगमाल, पेंचमापी व संयोजक तार।

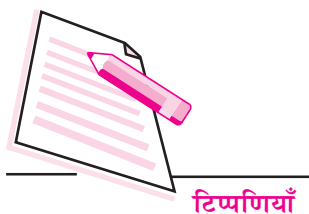
## 22.3 प्रयोग विधि

- (i) नीचे दिये गये परिपथ को अपनी अभ्यास पुस्तिका में बनायें व परिपथ आरेख के अनुसार तारों का संयोजन करें।



चित्र 22.1: मीटर सेतु के तार पर संतुलन स्थिति

- (ii) रेगमाल की सहायता से संयोजक तारों के किनारों से विद्युत रोधन हटायें व साफ-सुथरा व दृढ़ संयोजन करें।
- (iii) इस बात का ध्यान रखें कि अज्ञात प्रतिरोध  $S$  का मान प्रतिरोध बक्स द्वारा लगाये गये प्रतिरोध के साथ तुलनीय हो।
- (iv) इस बात की जाँच करने के लिये कि परिपथ संयोजन ठीक है अथवा नहीं प्रतिरोध बक्स के एक प्लग निकालकर परिपथ में उचित प्रतिरोध ( $1000 \Omega$ ) लगायें। कुंजी  $K$  को खोलें। परिपथ में अब  $1000$  ओह्म का प्रतिरोध आ जाने से गैल्वेनोमीटर सुरक्षित रहता है। जौकी को मीटर सेतु के बाँये व दाँये किनारों पर



धीरे से दबायें। यदि गैल्वेनोमीटर में विक्षेप विपरीत दिशाओं में होता है तो संयोजन सही है।

- (v) अब आप प्रतिरोध बक्स से उचित प्रतिरोध  $R$  का चयन करें। यह शून्य बिंदु की अनुमानित स्थिति है। अब आप कुंजी  $K$  को बन्द करें व शून्य बिंदु के लिये सूक्ष्म समायोजन करे। जौकी को मीटर सेतु में स्पर्श करके व अलग करके तब तक खिसकायें जब तक कि लगभग तार के बीच में गैल्वेनोमीटर का पाट्यांक शून्य न हो जाय।
- (vi) तारों के दोनों भागों की लम्बाई प्रेक्षण तालिका में अंकित करें।
- (vii) (30 cm व 70 cm के बीच शून्य बिंदु प्राप्त करने के लिये)  $R$  के उपयुक्त मानों का चयन करते हुये उपरोक्त चरणों की दो बार और पुनरावृत्ति करें
- (viii) अब प्रतिरोध तार को बांधने वाले सिरों से निकालकर इसे खींचें ताकि मोड़ आदि समाप्त हो जाएं।
- (ix) तीन भिन्न स्थानों पर पेंचमापी की सहायता से तार का व्यास ज्ञात करें। प्रत्येक बिंदु पर दो परस्पर लम्बवत दिशाओं में मापन किया जाना चाहिए।
- (x) प्रतिरोध तार की लम्बाई ज्ञात करें।
- (xi) पूरे प्रयोग को दूसरे पदार्थ से बने हुये तार के लिये दोहरायें।

## 22.4 प्रेक्षण व गणनाएं:

### (i) प्रतिरोध $S$ का मापन:

प्रेक्षण संख्या	प्रतिरोध $R$ ओह्म	शून्य बिंदु की स्थिति cm	AB का माध्य = $l$ (cm)	BC = $100-l$ (cm)	$S = \frac{(100-l)}{l} R$
1					
2					
3					

**ध्यान दें:** ठीक इसी प्रकार की दूसरी सारणी बनाकर दूसरे तार के लिये प्रतिरोध ..... .... ज्ञात करें।

- (ii) पहले तार की लम्बाई ( $l$ ) = ..... cm  
दूसरे तार की लम्बाई ( $l_2$ ) = ..... cm



टिप्पणियाँ

- (iii) पेंचमापी का चूड़ी अन्तराल ( $P$ ) = ..... cm  
 वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या = 100  
 अल्पतमांक ( $a$ ) = ..... cm  
 शून्यांक त्रुटि ( $e$ ) = ..... cm  
 शून्यांक संशोधन ( $-e$ ) = ..... cm

(iv) तार के व्यास मापन के लिए सारणी

क्रम. सं.	किसी एक दिशा में पाठ्याँक			अभिलम्बवत दिशा में पाठ्याँक				संशोधन
	मीटर पैमाने पर मान $S_1$	वृत्ताकार पैमाने पर मान $n_1$	प्रेक्षित मान $d_1 = S_1 + n_1 a$	पाठ्याँक मीटर पैमाने पर मान $S_2$	वृत्ताकार पैमाने पर मान $n_2$	प्रेक्षित मान $d_2 = S_2 + n_2 a$	प्रेक्षित माध्य व्यास	
1								व्यास $d = d_0 - e$
2								
3								

**टिप्पणी:** इसी प्रकार दूसरी सारणी में दूसरे तार के व्यास  $d_2$  के लिए प्रेक्षण लें।

पहले तार का माध्य संशोधित व्यास ( $d$ ) = ..... cm

दूसरे तार का माध्य संशोधित व्यास ( $d$ ) = ..... cm

(v) दिये गये तारों का विशिष्ट प्रतिरोध

पहले तार के लिए  $\rho = S \frac{\pi d^2}{4l} = \dots\dots\dots$  ओह्म मीटर

दूसरे तार के लिए  $\rho = S_1 \frac{\pi d^2}{4l} = \dots\dots\dots$  ओह्म मीटर

## 22.5 परिणाम

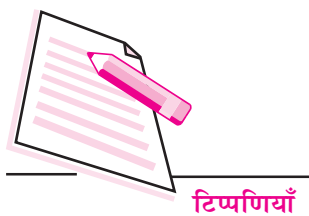
दिये गये तारों के पदार्थों के विशिष्ट प्रतिरोधों के मान इस प्रकार हैं

$\rho = \dots\dots\dots$  ओह्म मीटर

$\rho_1 = \dots\dots\dots$  ओह्म मीटर

## 22.6 त्रुटि के स्रोत

- (i) यंत्र-पेंचों का स्पर्श-प्रतिरोध अत्यधिक हो सकता है।  
 (ii) प्लगों के साफ न होने या सुदृढ़ रूप से न लगे होने के कारण स्पर्श प्रतिरोध उत्पन्न हो सकता है।



(iii) मीटर सेतु के तार की अनुप्रस्थ काट समान न हो।

## 22.7 देखें आपने क्या समझा

(i) मीटर सेतु के तार की मोटाई समान क्यों होनी चाहिए?

.....

(ii) आन्तरिक-प्रतिरोध क्या है?

.....

(iii) शून्य-बिंदु क्या है?

.....

(iv) शून्य बिंदु 30 cm से 70 cm के बीच प्राप्त करने की सलाह क्यों दी जाती है?

.....

(v) जौकी के चल-स्पर्शी को तार में जोर से या घिसते हुये क्यों नहीं ले जाना चाहिए?

.....

(vi) केवल प्रेक्षण लेते समय ही धारा क्यों प्रवाहित की जानी चाहिए?

.....

(vii) संतुलन बिंदु प्राप्त करते समय शुरू में धारादर्शी के श्रेणीक्रम में 1000 ओह्म का एक प्रतिरोध लगाने की सलाह दी जाती है। इसका क्या उद्देश्य है?

.....



## प्रयोग-23

विभवमापी की सहायता से किसी प्राथमिक सेल का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात करना।



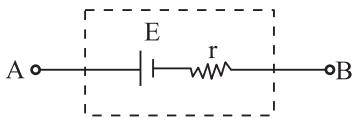
### 23.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

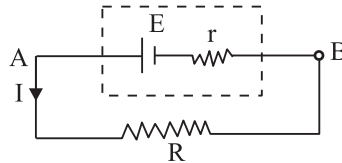
- विभवमापी के प्रयोग के सिद्धान्त व संतुलन बिंदु का अर्थ समझ सकेंगे;
- विभवमापी-तार पर संतुलन बिंदु प्राप्त करने के लिए आवश्यक शर्तें समझ सकेंगे;
- दिये गये सेल व विन्यास के लिये आवश्यक समायोजन द्वारा विभवमापी के तार के शून्य बिंदु प्राप्त कर सकेंगे;
- $I_2$  एवं  $R$  के पारस्परिक संबंधों की जांच व इसकी व्याख्या कर सकेंगे; व
- प्रेक्षित न्यास द्वारा सेल का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात कर सकेंगे।

### 23.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

- (i) कोई भी सेल अपने विद्युत वाहक बल द्वारा अभिलक्षित किया जाता है। जब किसी सेल से धारा ली जाती है तो सेल के इलेक्ट्रोडों के बीच विद्युत अपघट्य में आयनों का प्रवाह होता है। विद्युत-अपघट्य द्वारा आयनों के प्रवाह में लगाये गये प्रतिरोध को सेल का आन्तरिक प्रतिरोध कहते हैं व इसे  $r$  से दिखाया जाता है।

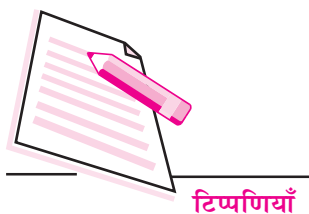


चित्र 23.1



चित्र 23.2

- (ii) धारा परिपथ व्यवस्था में किसी सेल का आन्तरिक प्रतिरोध  $r$  एक सेल के भाग की भाँति दिखाया जाता है जिसका विद्युत वाहक बल  $E$  है व जिसके केवल  $A$  व  $B$  सिरे ही संयोजन के लिये उपलब्ध हैं। (चित्र 23.1)



टिप्पणियाँ

- (iii) जब एक विद्युत वाहक बल  $E$  के किसी सेल के (जिसका आन्तरिक प्रतिरोध  $r$  है) आर-पार एक प्रतिरोध  $R$  रखा जाता है (चित्र 23.2) तो सेल से ली जाने वाली धारा

$$I = \frac{E}{R+r}$$

$A$  व  $B$  सिरों के मध्य इसके फलस्वरूप प्रतिरोध  $R$  के आर पार विभवान्तर

$$I = IR = \left( \frac{E}{R+r} \right) \cdot r$$

$$\Rightarrow V(R+r) = Er$$

$$\Rightarrow r = \left( \frac{E}{V} - 1 \right) R \quad (23.1)$$

- (iv) जब एक समान अनुप्रस्थ काट वाले तार में एक नियत धारा प्रवाहित की जाती है तो तार के किन्हीं दो बिंदुओं के मध्य विभवान्तर उनके बीच तार की लम्बाई का समानुपाती होता है।
- (v) शून्य बिंदु वह स्थिति है जो किसी विद्युत परिपथ में गैल्वेनोमीटर में अविक्षेप को दर्शाती है। शून्य बिंदु के दोनों ओर गैल्वेनोमीटर में विक्षेप विपरीत दिशा में होता है।
- (vi) चित्र 23.3 में दर्शाये गये परिपथ-विन्यास में यदि सेल के खुले परिपथ में विभवमापी के सिरे  $P$  व शून्य बिंदु के बीच की दूरी  $l_1$  हो तो

$$E \propto l_1 \text{ अथवा } E = kl_1 \quad (23.2)$$

यदि सेल परिपथ बंद हो तो, शून्य बिंदु  $l_2$  लम्बाई पर प्राप्त होता है, तब

$$V \propto l_2 \text{ अथवा } V = kl_2 \quad (23.3)$$

(1), (2) व (3) से

$$\frac{E}{V} = \frac{l_1}{l_2} \text{ और } r = \left( \frac{l_1}{l_2} - 1 \right) R$$

### आवश्यक सामग्री

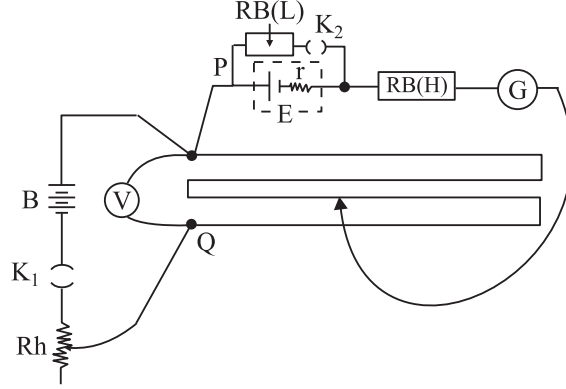
एक 4 m व 10 m तार का विभवमापी, एक बैटरी, दो एक मार्गी कुंजियाँ, कम प्रतिरोध का धारा नियंत्रक, एक उच्च प्रतिरोध बक्स  $RB(H)$ , एक निम्न प्रतिरोध बक्स  $RB(L)$ , एक वोल्टमीटर, एक लेक्लांसी सेल, एक जौकी, एक गैल्वेनोमीटर, संयोजक तार, रेगमाल।





### 23.3 प्रयोग का समायोजन

- परिपथ आरेख (24.3) की भाँति तारों का संयोजन करें। तारों के किनारे रेगमाल से भली भाँति साफ कर लें व दृढ़ संयोजन करें।
- कुंजी को परिपथ में लगाने से पहले इसमें से प्लग हटायें।



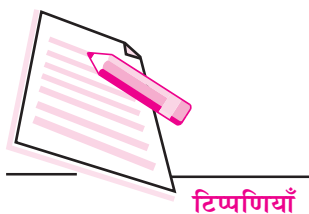
चित्र 24.3: विभवमापी का परिपथ आरेख

### 23.4 प्रयोग-विधि

- परिपथ समुच्चयन (Circuit assembling) के उपरान्त एक बार इसकी परिपथ आरेख से तुलना कर लें।
- धारा नियंत्रक के अधिकतम प्रतिरोध की स्थिति में  $K$  कुंजी में प्लग लगायें।
- प्रतिरोध बक्स  $RB(H)$  से एक उच्च प्रतिरोध प्लग ( $5000 \Omega$ ) बाहर निकालें।
- जौकी  $J$  को पहले विभवमापी  $P$  के सिरे व फिर  $Q$  सिरे पर रखें। इन दो स्थितियों में गैल्वेनोमीटर में शून्य से विपरीत दिशाओं में विक्षेप होना चाहिये। ऐसा होने पर संतुलन बिंदु विभवमापी के तार के ऊपर इन दो सिरे के बीच किसी बिंदु पर प्राप्त होगा। यदि विक्षेप केवल एक ही दिशा में हो तो (यानि शून्य के एक ही ओर) तो धारा नियंत्रक के प्रतिरोध का मान कम करके समायोजन इस प्रकार किया जाना चाहिये कि संतुलन बिंदु विभवमापी के अन्तिम तार में प्राप्त हो।

**टिप्पणी:** विभवमापी के तार में संतुलन बिंदु प्राप्त करने के लिये वोल्टमीटर  $V$  का पाठ्यांक प्रायोगिक सेल के विद्युत वाहक बल से अधिक होना चाहिये।

- $P$  सिरे से प्रारम्भ करते हुये जौकी  $J$  को विभवमापी तार के ऊपर तब तक खिसकायें जब तक कि गैल्वेनोमीटर में शून्य विक्षेप प्राप्त न हो जाय। यह संतुलन बिंदु का स्थूल समायोजन है क्योंकि श्रेणी क्रम में  $5000 \Omega$  का प्रतिरोध लगे रहने के कारण



गैल्वेनोमीटर की संवेदनशीलता काफी कम होती है। यह गैल्वेनोमीटर की सुरक्षा के लिये आवश्यक है।

- (vi) अब प्रतिरोध बक्स  $RB(H)$  का प्रतिरोध शून्य करके जौकी  $J$  को पुनः समायोजित करें तार की लम्बाई की दिशा में शून्य बिंदु तक की लम्बाई मापें। यह संतुलन लम्बाई  $l_1$  है इस प्रकार  $l_2$  के 2 या 3 प्रेक्षण लें।
- (vii) पुनः प्रतिरोध बक्स  $RB(H)$  से  $5000 \Omega$  का प्रतिरोध प्लग निकालें। प्रतिरोध बक्स  $RB(L)$  से कुछ प्रतिरोध (जैसे  $5 \Omega$ ) निकालें व प्लग को  $\bar{k}_2$  कुंजी में प्रविष्ट करायें। शून्य बिंदु प्राप्त करने के लिये (v) व (vi) चरणों की पुनरावृत्ति करें। इस बिंदु की लम्बाई  $P$  सिरे से ज्ञात करें। यह संतुलन लम्बाई  $l_2$  हुई। इसे लिख लें। इस प्रकार  $l_2$  के भी 2 या 3 प्रेक्षण लें
- (viii)  $R$  के विभिन्न मानों (जैसे  $6\Omega, 7\Omega, 8\Omega, 9\Omega$  व  $10\Omega$ ) के लिये चरण (vii) की पुनरावृत्ति करें। प्रेक्षणों की अवधि में वोल्टमीटर पाठ्यांक समान रखा जाना चाहिये। इस उद्देश्य के लिये बैटरी  $B$  को पूर्णतया आवेशित किया जाना चाहिये व प्रेक्षणों की अवधि में कुंजी  $\bar{k}_2$  को न्यूनतम संभव समय के लिये ही बंद रखा जाना चाहिए।
- (ix) अन्त में इस बात के परीक्षण के लिये कि क्या सेल का विद्युतवाहक बल प्रयोग की अवधि में - परिवर्तित तो नहीं हो गया है,  $k_2$  को खुला रखकर  $l_1$  का मापन करें व समस्त प्रेक्षणों के प्रारम्भिक व अन्तिम मानों का माध्य  $l_2$  लें।

### 23.5 प्रेक्षण

वोल्टमीटर पाठ्यांक = ..... वोल्ट

क्रम सं.	संतुलन लम्बाई $l_1$ (जब कुंजी $\bar{k}_2$ खुली है)			$R$ $\Omega$	संतुलन लम्बाई $l_2$ (जब कुंजी $k_2$ खुली है)		
	लम्बाई $l$ बढ़ते क्रम में (cm)	लम्बाई $l$ घटते क्रम में (cm)	माध्य (cm)		लम्बाई $l$ बढ़ते क्रम में (cm)	लम्बाई $l$ घटते क्रम में (cm)	माध्य (cm)
1				5			
2				6			
3				7			
4				8			
5				9			
6				10			
7							
8							



टिप्पणियाँ

### 23.6 परिणाम

1.  $R = 5\Omega$  के लिये  
 $r =$
2.  $R = 6\Omega$  के लिये  
 $r =$
3.  $R = 7\Omega$  के लिये  
 $r =$
4.  $R = 8\Omega$  के लिये  
 $r =$
5.  $R = 9\Omega$  के लिये  
 $r =$
6.  $R = 10\Omega$  के लिये  
 $r =$

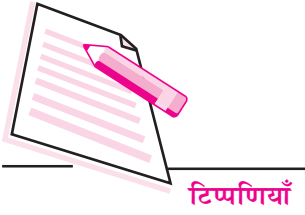
..... ओह्म से ..... ओह्म के प्रतिरोध द्वारा शंट किये जाने पर दिये गये लेक्लाशीं सेल का आंतरिक प्रतिरोध ..... से ..... के बीच आता है।

### 23.9 त्रुटि के स्रोत

- (i) प्राथमिक सेल लम्बी अवधि के लिये अधिक धारा प्रदान नहीं कर सकते हैं। आन्तरिक प्रतिरोध में वृद्धि के कारण अतः किसी विशेष  $R$  के लिये संतुलन लम्बाई ज्ञात करने में कुंजी  $k_2$  को लम्बी अवधि के लिये बंद किया जाय तो  $I_2$  का मान प्रभावित होगा और इसके फलस्वरूप आन्तरिक प्रतिरोध का प्रेक्षित मान सही नहीं होगा।
- (ii)  $r$  की गणना  $R$  के किसी एक मान के लिये  $I_1$  व  $I_2$  की मापों पर निर्भर करती है। इनके मापन में त्रुटि होने पर  $r$  की गणना में त्रुटि आयेगी।

### 23.8 देखें आपने क्या समझा

- (i) प्रेक्षण सामग्री में अपने द्वारा प्रेक्षित मानों का ध्यानपूर्वक देखें। आप पाते हैं कि  $R$  के बढ़ने पर  $I_2$  का मान बढ़ता है। इसकी व्याख्या करें।  
 $R$  का मान अनन्त होने पर  $I_2$  की लम्बाई क्या होगी?  
.....



- (ii) एक प्राथमिक सेल का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात करने की कोई दूसरी विधि सुझायें।  
.....
- (iii) किसी प्राथमिक सेल के लिये  $R$  के विभिन्न मानों के लिये कलित आन्तरिक प्रतिरोध समान क्यों नहीं है?  
.....
- (iv) प्राथमिक सेल का विद्युत वाहक बल संतुलन लम्बाई  $l_2$  का समानुपाती होता है। अनुपातिकता स्थिरांक किन कारणों पर निर्भर करता है?  
.....
- (v) एक विभवमापी द्वारा परिमापन की शुद्धता किन कारणों पर निर्भर करती है?  
.....
- (vi) एक सेल के आन्तरिक प्रतिरोध मापन के लिए आप कौन सा विभवमापी चुनेंगे। 4 m तार का विभवमापी या 10 m तार का? अपने उत्तर को कारण सहित स्पष्ट करें।  
.....
- (vii) विभवमापी में किस पदार्थ का तार प्रयुक्त होता है?  
.....
- (ix) सूत्र  $V = E - Ir$  में  $Ir$  क्या दर्शाता है?  
.....
- (x) क्या किसी सेल के सिरों पर विभवान्तर उसके विद्युत वाहक बल से अधिक हो सकता है? अपने उत्तर की व्याख्या करें।  
.....

### 23.9 सुझाई गयी क्रियायें

- (i) लेक्लांशी सेल के स्थान पर लगभग 1.5 V का शुष्क सेल लें।  $R = 5$  ओह्म के लिये व लम्बाई  $l_2$  के लिये संतुलन बिंदु प्राप्त करें। जौकी  $J$  को कुछ समय के लिये शून्य बिंदु की स्थिति में रखें। क्या गैल्वेनोमीटर का विक्षेप सदैव शून्य रहता है? इस प्रेक्षण को  $R = 50 \Omega$  के लिये दोहरायें। अपने प्रेक्षणों की व्याख्या करें।
- (ii) एक सेल द्वार प्राप्त की जा सकने वाली अधिकतम विद्युत धारा प्राप्त करने के लिये कई सेलों को श्रेणी या समान्तर क्रम में संयोजित किया जाता है। दो समान शुष्क सेल लें। चित्र का परिपथ आरेख प्रयोग करके श्रेणी व समान्तर क्रम में आन्तरिक प्रतिरोध की गणना करें।  
श्रेणी व समान्तर क्रम में संयोजित सेलों के लिये संतुलन लम्बाइयों  $l_1$  की तुलना करके उनके श्रेणी क्रम व समान्तर क्रम में विद्युत वाहक बल पर टिप्पणी करें।



## प्रयोग-24

एक उपयुक्त श्रेणी-प्रतिरोध व एक प्रत्यावर्ती धारा वोल्टमीटर की सहायता से एक दी गयी कुण्डली का प्रेरकत्व व प्रतिरोध ज्ञात करना।



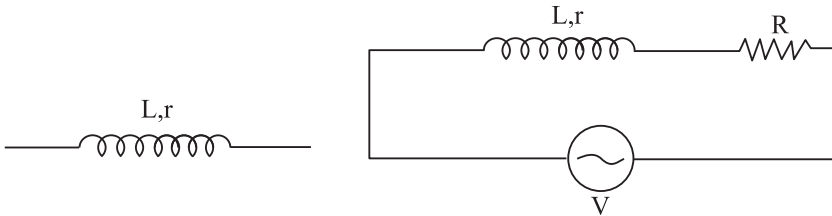
### 24.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- $L$  व  $R$  के प्रायोगिक निर्धारण के सिद्धान्त की व्याख्या कर सकेंगे;
- $R$  के उपयुक्त मान का चयन व इसका औचित्य स्पष्ट कर सकेंगे;
- वोल्टमीटर के अल्पतमांक को ध्यान में रखते हुये इसके पाठ्यांक ले सकेंगे;
- सदिश योग की विधि का प्रयोग करके प्राप्त किये गये न्यास (data) से एक प्रेरक के स्व-प्रेरकत्व व प्रतिरोध की गणना कर सकेंगे।

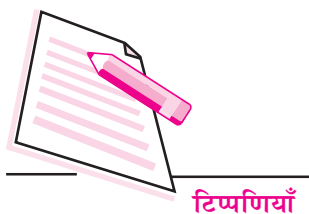
### 24.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

- प्रत्येक कुण्डली में एक निश्चित स्व-प्रेरकत्व  $L$  होता है जो इसके घुमावों की संख्या, प्रत्येक घुमाव के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल व क्रोड पदार्थ की पारगम्यता पर निर्भर करता है।
- स्व-प्रेरकत्व के अलावा, प्रत्येक कुण्डली का एक निश्चित प्रतिरोध  $r$  होता है। दी गयी कुण्डली के लिये  $r$  का मान तार की लम्बाई, इसके अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल (या मोटाई) व कुण्डली के तार के पदार्थ की प्रतिरोधकता पर निर्भर करता है।



चित्र 24.1: प्रेरक का प्रतीक

चित्र 24.2: परिपथ आरेख



(iii) प्रेरक का प्रतीक चित्र 24.1 में दर्शाया गया है। यहाँ  $L$  व  $R$  क्रमशः प्रेरक के स्व-प्रेरकत्व व प्रतिरोध को दर्शाते हैं।

(iv) चित्र 24.2 में दर्शाये गये परिपथ विन्यास को देखें।

प्रेरक  $L$  एवं प्रतिरोधक  $R$  के आर पार वर्ग माध्य मूल ( $r.m.s.$ ) वोल्टेज को प्रत्यावर्ती धारा वोल्टमीटर से मापा जाता है। ये एक कला नहीं है। अतः लगायी गई वर्ग माध्य मूल ( $r.m.s.$ ) वोल्टेज का मान ज्ञात करने के लिये इन्हें सीधे-सीधे नहीं जोड़ा जा सकता

अर्थात् लगाई गयी वोल्टेज  $V, V_L + V_R$  के

बराबर न होकर  $V_L$  व  $V_R$  के

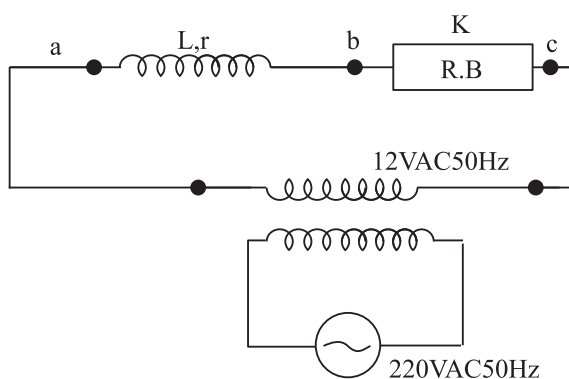
सदिश संयोजन के बराबर होती है।

### आवश्यक सामग्री

एक अपचायी (स्टेप डाउन) ट्रांसफार्मर (इसकी सेकेन्डरी लपेटों को एक प्रेरक की भाँति प्रयोग किया जाता है), एक प्रतिरोध बक्स, (0-V) परास का एक वोल्टमीटर, (220 - 12 V प्रत्यावर्ती धारा 50 हर्ट्ज) का एक अपचायी ट्रांसफार्मर, संयोजक तार, एक कुंजी, रेगमाल।

## 24.3 प्रयोग का समायोजन

चित्र 24.3 में दर्शाये गये परिपथ आरेख के अनुसार तारों के किनारों को रेगमाल से साफ करके सुदृढ़ संयोजन करें।



चित्र 24.3

## 24.4 प्रयोग-विधि

(i) परिपथ के समुच्चयन के बाद इसकी एक बार फिर परिपथ आरेख से तुलना करें।



टिप्पणियाँ

- (ii) कुंजी के प्लग को प्रविष्ट कराने से पूर्व प्रतिरोध बक्स से  $R = 200$  ओह्म का प्लग बाहर निकालें।
- (iii) प्लग को कुंजी में प्रविष्ट करायें। वोल्टमीटर को पहले प्रेरक के आर-पार व फिर प्रतिरोध बक्स के आर-पार रखें। आवश्यकता पड़ने पर  $R$  को तब तक समायोजित करें जब तक कि समान कोटि का वोल्टमीटर पाठ्यांक प्राप्त न हो जाय।
- (iv)  $L$  व  $R$  के सिरों पर वोल्टमीटर पाठ्यांक  $V_L$  व  $V_R$  पढ़ें व लिख लें।  $L$  व  $R$  को श्रेणीक्रम में रखकर वोल्टमीटर द्वारा इनके सिरों के बीच लगाई गई वोल्टता का पाठ्यांक लें व लिख लें।
- (v)  $R$  के 5 भिन्न मानों के लिये उपरोक्त (iv) की पुनरावृत्ति करें व प्रेक्षणों को सारणी में लिखें।

## 24.5 प्रेक्षण

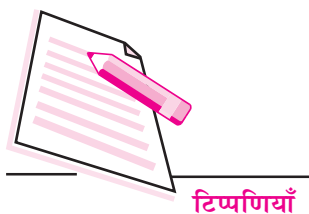
प्रत्यावर्ती धारा वोल्टमीटर का अल्पतमांक = .....

क्र.सं.	प्रेरक के श्रेणी क्रम में प्रतिरोध $R$ (ओह्म)	वोल्टमीटर पाठ्यांक		प्रेरक व प्रतिरोधक के श्रेणी संयोजन के सिरों पर लगाए गए वोल्टेज
		प्रेरक के आर वोल्टेज $V_L$ (वोल्ट)	प्रतिरोधक $R$ के आर पार $V_R$ (वोल्ट)	
1				
2				
3				
4				
5				
6				

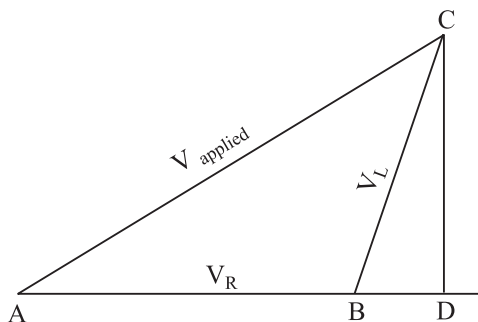
## 24.6 परिणाम व विवेचन

सर्वप्रथम हम  $V_L$  व  $V_R$  को सदिश विधि से जोड़कर  $V$  का परिणामी मान ज्ञात करना सीखते हैं। मान  $V_R = 8.2$  वोल्ट्स,  $V_L = 6.8$  वोल्ट्स,  $V$  (लगाया गया) 12.2 वोल्ट्स,  $V_R$ ,  $V_L$  व  $V$  को क्रमशः 8.2 cm, 6.8 cm, 12.2 cm सदिश लम्बाई द्वारा दिखाया जा सकता है।

चित्र (24.4) की भाँति एक रेखा  $AB = V_R = 8.2$  cm खींचें।  $B$  से  $BC = V_L = 6.8$  cm



त्रिज्या का एक चाप खींचें व A से AC = V (लगाया गया) = 12.2 cm का एक चाप खींचें जो इसे C पर काटता है। यहाँ C दोनों चापों का प्रतिच्छेद बिंदु है। A व B को C बिंदु से मिलायें। AB को बढ़ायें व इस बिंदु C से एक अभिलम्ब CD गिरायें।



चित्र 24.4

$$\text{यहाँ } \frac{AB}{BD} = \frac{R}{r} \text{ और } \frac{CD}{BD} = \frac{X_L}{r}$$

इस प्रकार  $r$  का मान प्रथम समीकरण व  $X_L$  का मान द्वितीय समीकरण से ज्ञात किया जा सकता है। पुनः  $X_L = \omega L$  जहाँ  $\omega = 2\pi f$  और  $f = 50$  हर्ट्ज (प्रत्यावर्ती धारा मेन्स के लिये)। इसी प्रकार कुण्डली का स्वप्रेरकत्व  $L$  भी ज्ञात किया जा सकता है।

गणनायें-

क्रम सं.	$r$	$X_L$	$L$
1			
2			
3			
4			
5			
6			

परिणाम:

- (i) कुण्डली के स्व-प्रेरकत्व ( $L$ ) का माध्य मान = .....
- (ii) कुण्डली के आन्तरिक प्रतिरोध ( $r$ ) का माध्य मान = .....

### 24.7 त्रुटि का स्रोत

- (i) प्रयुक्त वोल्टमीटर के निश्चित अल्पतमांक के कारण  $V_R$ ,  $V_L$  व लगाये गये  $V$  के मापन में त्रुटि हो सकती है।





- (ii) मापन के समय प्रत्यावर्ती धारा की वोल्टता में उतार चढ़ाव के कारण  $V_R$ ,  $V_L$  व लगाई  $V$  में परिवर्तन आ सकता है।

## 24.8 देखें आपने क्या समझा

- (i) किसी कुण्डली का स्व-प्रेरकत्व किन कारकों पर निर्भर करता है?

.....

- (ii) एक  $R$  प्रतिरोध व  $L$  प्रेरकत्व वाली कुण्डली को खोलकर सीधा किया जाता है। इसके  $L$  व  $R$  के मानों में क्या परिवर्तन होगा?

.....

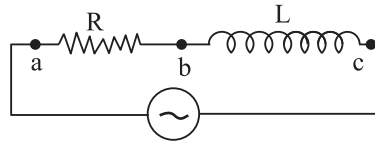
- (iii) एक प्रेरक एक 6 वोल्ट सरल धारा के स्रोत के सिरों पर रखे जाने पर स्रोत से 1 एम्पीयर की धारा लेता है व एक 6 वोल्ट 50 हर्ट्ज आवृत्ति की प्रत्यावर्ती धारा के स्रोत से  $1/2$  एम्पीयर की धारा लेता है। कुण्डली की प्रतिबाधा व प्रेरण प्रतिघात के मान क्या हैं?

.....

- (iv) एक प्रेरक का सरल धारा प्रतिरोध प्रयोगात्मक रूप से कैसे ज्ञात किया जा सकता है?

.....

- (v) एक प्रत्यावर्ती धारा वोल्टमीटर को  $a$  व  $b$  (चित्र 24.5) के बीच संयोजित करने पर पाठ्यांक 30 वोल्ट  $b$  व  $c$  के बीच संयोजित करने पर पाठ्यांक 40 वोल्ट आता है।  $a$  व  $c$  के बीच संयोजित करने पर पाठ्यांक क्या होगा? माना कि प्रेरक एक आदर्श प्रेरक है।



चित्र 24.5

.....

- (vi) क्या आपके द्वारा किये गये प्रयोग में प्रत्यावर्ती धारा स्रोत को सरल धारा स्रोत से प्रतिस्थापित किया जा सकता है?

.....

- (vii) एक प्रेरक को, जिसका प्रेरकत्व  $L$  व प्रतिरोध  $R$  है, 10 वोल्ट सरल धारा स्रोत से जोड़ने पर 1 एम्पीयर धारा प्राप्त होती है। इस स्रोत को 10 वोल्ट व 50 हर्ट्ज आवृत्ति के प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से प्रतिस्थापित करने पर धारा बढ़ेगी या घटेगी?

.....



टिप्पणियाँ

(viii) एक कुण्डली को 60 वोल्ट 50 हर्ट्ज के आवृत्ति स्रोत के आर पार लगाने पर स्रोत से 1 एम्पीयर की धारा प्राप्त होती है। इस स्रोत को 6 वोल्ट 100 हर्ट्ज आवृत्ति स्रोत से प्रतिस्थापित करने पर क्या होगा?

.....

(ix) प्रेक्षण सारणी का अवलोकन करके बतायें कि

$$V = V_R + V_L \text{ क्यों?}$$

.....

(x)  $V_R, V_L$  के बीच कलान्तर कितना है? यह  $90^\circ$  है, इससे कम है या अधिक।

.....



## प्रयोग-25

गैल्वेनोमीटर का प्रयोग करके किसी RC परिपथ में संधारित्र को आवेशित करते समय धारा क्षय का अध्ययन करना व परिपथ का समय-नियतांक ज्ञात करना।



### 25.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

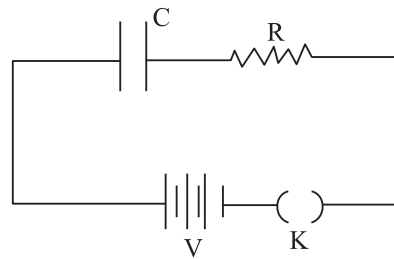
- दिये गये  $R$  व  $C$  सेट के लिये बढ़ते समय के साथ गैल्वेनोमीटर विक्षेप के प्रेक्षण ले सकेंगे;
- गैल्वेनोमीटर विक्षेप द्वारा प्रदर्शित आवेशन व निरावेशन धारा में समय के साथ होने वाले परिवर्तन का अभिलेखन कर सकेंगे;
- उपर्युक्त पैमाने पर समय के साथ गैल्वेनोमीटर विक्षेप का आलेख चित्र (ग्राफ) बना सकेंगे;
- आलेख चित्र से समय नियतांक  $T_{1/2}$  की गणना कर सकेंगे व  $R$  व  $C$  के मानों का प्रयोग कर गणना द्वारा प्राप्त समय नियतांकों से इसकी तुलना कर सकेंगे।

### 25.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

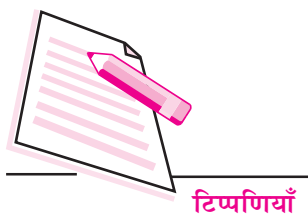
जैसा कि आप जानते हैं कि किसी संधारित्र की धारिता आवेश  $Q$  व विभवान्तर  $V$  का अनुपात है तथा प्रत्येक संधारित्र को इसकी धारिता व अधिकतम सह्य वोल्टेज द्वारा अभिलक्षित किया जाता है। अतः  $1000 \text{ n. F}$  व  $10 \text{ n. F}$  के संधारित्र को अधिकतम 10 वोल्ट के विभवान्तर तक आवेशित किया जा सकता है।

अब चित्र 25.1 में दिये गये परिपथ को देखिए।

माना कि जब हम प्रयोग शुरू करते हैं उस समय संधारित्र पूर्वतः अनावेशित है। कुंजी को, ( $t = 0$ ) पर बन्द किये जाने पर धारा  $I$  (आवेशन धारा) का क्षय निम्न सूत्र से दर्शाया जा सकता है।



चित्र 25.1



टिप्पणियाँ

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

जहाँ  $t = 0$  पर धारा का मान  $I = V/R$  है। आरंभ में धारा अधिकतम होती है और फिर धारा का समय के साथ चरघातांकी क्षय होता है।

इससे यह स्पष्ट होता है कि समय  $t = RC$  में जिसे कि समय नियतांक कहते हैं, आवेशन धारा  $I_0$  अपने प्रारम्भिक मान  $I_0$  की  $1/e$  रह जाती है।

अर्थात्

$$\text{धारा } I = I_0 e^{-1} = \frac{I_0}{e} = \frac{I_0}{2.72}$$

$$\text{या } I = .37 I_0$$

$I = I_0/2$  होने में लगे समय का अर्धायु  $T_{1/2}$  कहते हैं। इस प्रकार

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2} e^{-T_{1/2}/RC}$$

$$\text{या } e^{+T_{1/2}/RC} = 2$$

$$\Rightarrow \frac{T_{1/2}}{RC} = (\log_{10^2}) RC = 2.303 \log_{10^2}$$

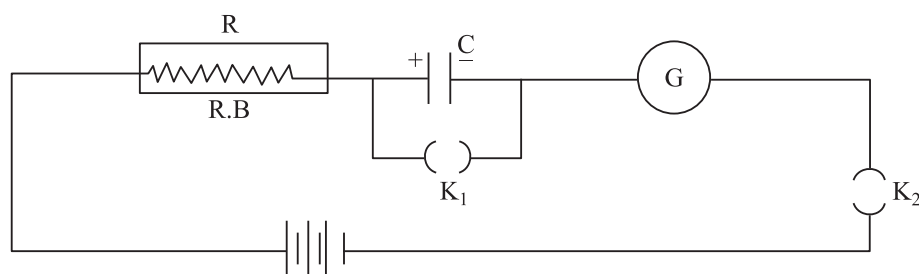
$$\Rightarrow T_{1/2} = 2.30 (\log_{10^2}) RC = 2.303 \times 0.3010 RC$$

### आवश्यक सामग्री

2000 n.F व 10 n.F का विद्युत-अपघट्य-धारक, उच्च प्रतिरोध बक्स RC (H)  
एक 3 वोल्ट/9 वोल्ट बैटरी, एक-मार्गी कुंजियाँ, विराम घड़ी, संयोजक तार, रेगमाल।

### 25.3 प्रयोग का समायोजन

संयोजक तारों के किनारों को रेगमाल की सहायता से भली भाँति साफ करके चित्र (25.2) में दर्शाये गये परिपथ की भाँति जोड़ें।



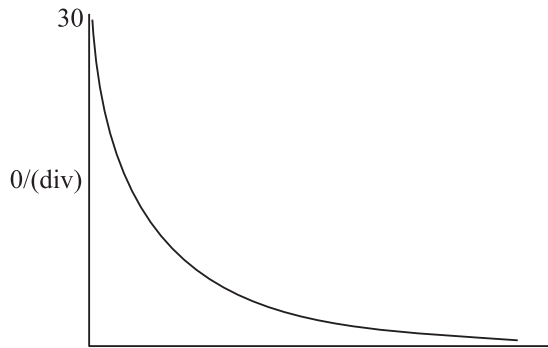
चित्र 25.2



तार-संयोजन के समय ध्यान दें कि 2000  $n.F$  10  $n.F$  धारक का (+) ऋणात्मक सिरा बैटरी के ऋणात्मक सिरों से जोड़ा जाय और इन्हें परिपथ में जोड़ने से पहले कुंजियों से प्लगों को हटा दें।

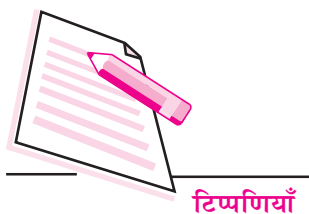
## 25.4 प्रयोग-विधि

- (i) अपने परिपथ संयोजन की जाँच के लिये इसकी तुलना परिपथ आरेख से करें।
- (ii) ध्यान दें कि गैल्वेनोमीटर का संकेतक शून्य पर हो। इस स्थिति के लिये समायोजन करें।
- (iii) कुंजी  $\overline{k_7}$  को बन्द करें।
- (iv) प्रतिरोध बक्स की सहायता से परिपथ में उच्च मान का प्रतिरोध (जैसे 1000  $\Omega$ ) लगायें। इसकी आवश्यकता  $\overline{k_2}$  कुंजी को बन्द किये जाने पर गैल्वेनोमीटर के विक्षेप को पैमाने के अन्दर रखने के लिये होती है।
- (v) अब  $\overline{k_2}$  कुंजी को भी बन्द करें और प्रतिरोध बक्स को गैल्वेनोमीटर पैमाने पर पूर्ण विक्षेप पाने के लिये समायोजित करें। प्रतिरोध बक्स द्वारा लगाया  $R$  का मान लिख लें।
- (vi) विराम घड़ी तैयार रखें।  $\overline{k_7}$  कुंजी से प्लग हटाते ही विराम घड़ी को ठीक ( $t=0$ ) पर चलायें। इस समय के उपरान्त धारक आवेशित होना शुरू होता है।
- (vii) प्रत्येक बार गैल्वेनोमीटर विक्षेप 24 भाग, 20 भाग, 16 भाग, ..... 4 भाग, 3 भाग, 2 भाग होने पर समय का मान लिखें।
- (viii) गैल्वेनोमीटर विक्षेप  $\theta$  को  $y$ -अक्ष व समय  $t$  को  $x$ -अक्ष पद दर्शाते हुये निम्न चित्र के अनुसार आलेख चित्र खींचें।



चित्र 26.3: गैल्वेनोमीटर -विक्षेप ( $\theta$ ) व समय ( $t$ ) के बीच आलेख

- (ix) लेखाचित्र की सहायता से  $T_{1/2}$  (यानि वह समय जिसमें गैल्वेनोमीटर का विक्षेप इसके प्रारम्भिक मान का आधा हो जाता है) ज्ञात करें इसकी तुलना  $0.69 RC$  से



करें। कई प्रारम्भिक मानों जैसे 30 भाग, 20 भाग, 16 भाग, 10 भाग, 6 भाग के लिये  $T_{1/2}$  का मान प्राप्त करें। यदि ये मान प्रयोगात्मक त्रुटि के अन्दर समान हों तो इसका माध्य मान निकाल लें।

- (x) आलेख की सहायता से वह समय ज्ञात करें जबकि आवेशन धारा (और इसलिये गैल्वेनोमीटर विक्षेप) अपने प्रारम्भिक मान की 0.362 गुना हो जाती है। अर्थात्  $\theta$  अपने प्रारम्भिक मान 30 भाग से कम होकर  $(.362) \times (30)$  अर्थात् 11 भाग या 22 भाग 8 भाग के बराबर या 16 भाग 6 या 11 भाग 4 के लगभग रह जाता है। इसकी तुलना  $RC$  से करें।
- (xi)  $RC$  अर्थात् समय नियतांक का मान प्रेक्षणों को उपयुक्त रूप से रिकार्ड करने के लिए पर्याप्त रूप से उच्च होना चाहिए।

### 25.5 प्रेक्षण

- (i) प्रतिरोध-बक्स द्वारा लगाया गया प्रतिरोध,  $R = \dots\dots\dots$
- (ii) संधारित्र की धारिता,  $C = \dots\dots\dots$
- (iii) विराम घड़ी का अल्पतमांक =  $\dots\dots\dots$

क्रम सं.	आवेशन धारा द्वारा गैल्वेनोमीटर में विक्षेप (भागों में)	समय सेकेण्डों में				आलेख द्वारा	
		समुच्चय 1	समुच्चय 2	समुच्चय 3	माध्य अर्धायु (से.)	समय नियतांक (से.)	
1	30						
2	24						
3	20						
4	16						
5	12						
6	10						
7	8						
8	6						
9	4						
10	2						

माध्य अर्धायु =  $\dots\dots\dots$  से.

माध्य समय-नियतांक =  $\dots\dots\dots$  से.

$RC = \dots\dots\dots$

$0.693 \times RC = \dots\dots\dots$



टिप्पणियाँ

## 25.6 परिणाम व विवेचन

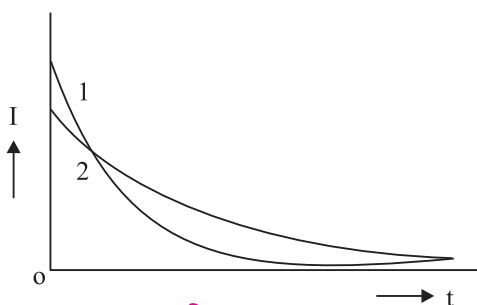
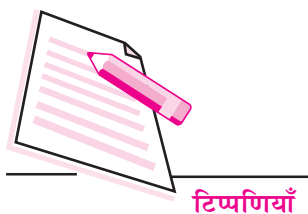
- (i) कोई धारा अपने आरम्भिक मान से आधी होने में समान समय लेती है।
- (ii)  $R = \dots\dots\dots$  ओहम और  $C = n.F$  के लिये अर्धायु  $\dots\dots\dots$  से है। अर्धायु का सेद्धातिक मान  $0.693 \times RC = \dots\dots\dots$  से है।

## 25.7 त्रुटि के स्रोत

- (i) समय नियतांक  $RC$  व अर्धायु  $T_{1/2} = 0.693 RC$  के मापन में निम्न कारणों से त्रुटि हो सकती है।
- (a)  $R$  में गैल्वेनोमीटर के प्रतिरोध का समावेश भी होना चाहिये जो कि कम तो है लेकिन नगण्य नहीं।
- (b) विद्युत अपघट्य-धारकों की सह्यता काफी अधिक होती है अर्थात् उनकी वास्तविक धारिता अंकित धारिता से 20 प्रतिशत कम या अधिक हो सकती है।
- (ii) गैल्वेनोमीटर विक्षेप-अभिलेखन व विराम घड़ी द्वारा समय के मापन में इन यंत्रों के निश्चित अल्पतमांक के कारण त्रुटि हो सकती है।

## 25.8 देखें आपने क्या समझा

- (i)  $100 n.F$  व  $200n.F$  धारिता के दो धारकों को एक ही बैटरी से जोड़ कर क्रमशः आवेशित किया जाता है। किस धारक का विभवान्तर अधिक होगा?  
.....
- (ii)  $RC$  समय नियतांक के अध्ययन के लिये किस प्रकार के संधारित्र को प्रयोग में लाना अच्छा समझा जाता है और क्यों?  
.....
- (iii)  $R$  व  $C$  के दिये मानों के लिये समय नियतांक 40 से. पाया जाता है। नया समय नियतांक क्या होगा यदि।
- (a) पहले धारक के समान्तर क्रम में दूसरा समान संधारित्र लगाया जाय।
- (b) पहले प्रतिरोध के समान दूसरा प्रतिरोध इसके श्रेणीक्रम में लगाया जाय।  
.....
- (iv) चित्र (25.4) में कौन सा आलेख अधिक समय नियतांक को दर्शाता है और क्यों?  
.....



चित्र 26.4

(v) धारा व समय के बीच खींचे गये आलेख चित्र में बने बक्र के नीचे का क्षेत्रफल क्या दर्शाता है?

.....

(vi) किसी धारक के आवेशन के अध्ययन के लिये अधिक मानों वाले  $R$  व  $C$  को क्यों प्रयोग करते हैं।

.....

(vii)  $1000 \text{ n.F}$  धारिता के धारक के आवेशन का अध्ययन एक प्रतिरोधक से धारा प्रवाहित कर करना है। अध्ययन के लिये दो प्रतिरोधक क्रमशः  $10\text{k}\Omega$  व  $100\text{k}\Omega$  मान के हैं। इनमें से आप किस प्रतिरोधक को चुनेंगे।

.....

(viii) नीचे  $R$  व  $C$  के तीन भिन्न संयोजनों के लिये मान दिये गये हैं।

(a)  $R = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 1000 \text{ n.F}$

(b)  $R = 68 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 1000 \text{ n.F}$

(c)  $R = 220 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 100 \text{ n.F}$

(a) किस संयोजन का समय-नियतांक अधिकतम है?

(b) कौन संयोजन  $t = 0$  व पर अधिकतम विसर्जन धारा प्रदान करता है। जबकि सभी संधारित्र समान विभवान्तर पर हैं व अपने  $R$  के द्वारा आवेशित होते हैं।

.....

(ix) क्या हम वोल्टमीटर की सहायता से समय के साथ संधारित्र के सिरों का विभव पात ज्ञात करके  $RC$  (समय नियतांक) ज्ञात कर सकते हैं? यदि हाँ तो कैसे?

.....

## 25.9 सुझाई गई क्रियाएँ

(i) किसी (0-10V) परास के वोल्टमीटर द्वारा एक संधारित्र के आवेश-विसर्जन का अध्ययन करना।

(ii)  $200 \text{ n.F}$   $10 \text{ n.F}$  के 9 वोल्ट तक आवेशित संधारित्र द्वारा एक प्रतिरोध  $R$  की सहायता से  $2000 \text{ n.F}$   $10 \text{ n.F}$  के संधारित्र को आवेशित करना।





## प्रयोग-26

अग्र अभिनति PN संधि डायोड के अभिलाक्षणिक वक्र खींचना व इसकी सहायता से एक डायोड का स्थैतिक व गत्यात्मक प्रतिरोध ज्ञात करना।



### 26.1 उद्देश्य

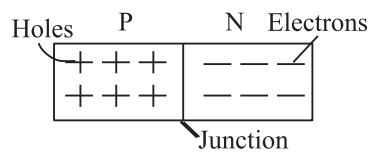
इस प्रयोग को करने का बाद आप:

- PN संधि डायोड के कैथोड व एनोड पहचान सकेंगे;
- न्यास-पत्र (*Data sheet*) से उस अधिकतम सुरक्षित धारा का मान ज्ञात कर सकेंगे जो कि डायोड से प्रवाहित की जा सकती है;
- डायोड के स्थैतिक व गत्यात्मक प्रतिरोध में अन्तर जान सकेंगे;
- डायोड की जानु वोल्टेज (*Knee voltage*) जान सकेंगे; और
- प्रयोग के लिये उचित परास के पैमानों का चयन कर सकेंगे।

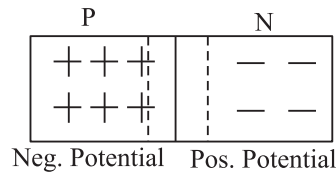
### 26.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

एक PN संधि डायोड  $p-n$  प्रकार के पदार्थों से बना रहता है जो कि चित्र 26.1 (a) की भाँति संधि बनाते हैं।

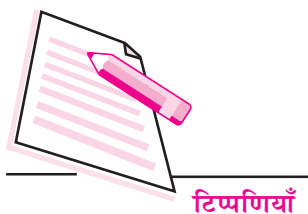
$p$ - प्रकार के चतुर्थ समूह के तत्वों में तृतीय समूह के अपद्रव्य मिलाने से बनते हैं जिससे इनमें कोटर (*Hole*) बन जाते हैं। इसी प्रकार  $n$ - प्रकार के पदार्थ चतुर्थ समूह के तत्व में पंचम समूह के अपद्रव्य मिलाने से बनते हैं व इनमें इलैक्ट्रॉन मिलते हैं। कोटरों व इलैक्ट्रॉन के प्रवाह में ही इनमें धारा उत्पन्न होती है।



चित्र 26.1 (a): PN संधि डायोड



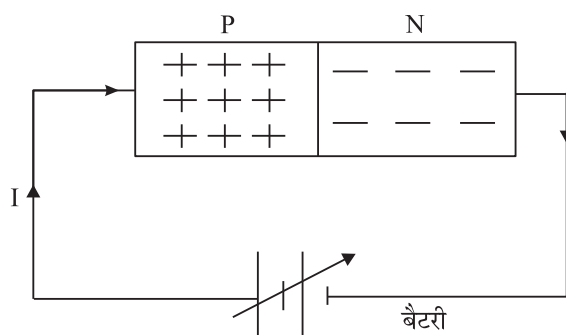
चित्र 26.1 (b): PN होल व इलैक्ट्रॉनों के पुनर्संयोजन से P क्षेत्र मुख्यतः ऋणात्मक आवेशित व n-क्षेत्र धनात्मक आवेशित हो जाता है।



टिप्पणियाँ

$p$  एवं  $n$  दोनों ही पदार्थ विद्युत-उदासीन होते हैं।  $p$ - प्रकार के पदार्थ के होल व  $n$ - प्रकार के पदार्थ के इलैक्ट्रॉन मुक्त होने के कारण संधि पर एक दूसरे से संयोजित होते हैं। होल व इलैक्ट्रॉनों के इस संयोजन से,  $p$ - प्रकार के पदार्थ में एक ऋणात्मक विभव व  $n$ - प्रकार के पदार्थ में एक धनात्मक विभव उत्पन्न होता है जैसा कि चित्र 27.1 (b) में दर्शाया गया है। संधि के आर-पार का यह विभवान्तर होलों व इलैक्ट्रॉनों को एक दूसरे से दूर खींचता है व उनके अधिक पुनर्संयोजन को रोकता है।

डायोड की अग्र अभिनति के लिये, संधि का  $p$  किनारा, जिसे एनोड भी कहा जाता है, बैटरी के धनात्मक ध्रुव से जोड़ा जाता है व  $n$  - किनारा जिसे कैथोड कहा जाता है, बैटरी के ऋणात्मक ध्रुव से जोड़ा जाता है जैसा कि चित्र (26.2) में दिखाया गया है। इस बाह्य रूप से आरोपित विभवान्तर वोल्टेज संधि के आर पार विभवान्तर से अधिक होती है तो वे एक दूसरे से संयोजित होने लगते हैं व धारा प्रवाह प्रारम्भ हो जाता है। आरोपित वोल्टेज के बढ़ने पर यह शीघ्रतापूर्वक बढ़ती है। यदि बैटरी की ध्रुवता (polarity) बदल दी जाय तो इलैक्ट्रॉन व होल और दूर हटने लगते हैं व डायोड में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती।



चित्र 26.2:

$PN$  संधि डायोड को एक बैटरी की सहायता से अग्र अभिनत किया गया है बैटरी का धनात्मक ध्रुव  $P$ - को धनात्मक आवेश प्रदान करता है व ऋणात्मक ध्रुव  $N$  - क्षेत्र को ऋणात्मक आवेश प्रदान करता है जो कि संधि पर एक दूसरे से संयोजित होते हैं व धारा प्रवाहित होती है।

इस प्रयोग में हमें लगायी गयी वोल्टेज के साथ धारा-परिवर्तन का अध्ययन करना है। इसमें हम देखेंगे कि लगाई गई वोल्टेज का मान संपर्क विभवान्तर से कम होने पर कोई धारा प्रवाहित नहीं होती। इस विभवान्तर को जानु (*Knee*) वोल्टेज कहा जाता है। लगाई गई वोल्टेज का मान इससे अधिक बढ़ाये जाने पर डायोड से होकर प्रवाहित होने वाली धारा शीघ्रतापूर्वक बढ़ती है।  $V$  व  $I$  के बीच आलेख चित्र 26.3 में दर्शाया गया है। इसे डायोड का अभिलाक्षणिक कहते हैं। इन स्थितियों में जहाँ  $V-I$  आलेख एक ऋजु रेखा नहीं है, हम दो प्रतिरोध परिभाषित करते हैं स्थैतिक-प्रतिरोध या सरल धारा-प्रतिरोध व गत्यात्मक-या प्रत्यावर्ती धारा-प्रतिरोध। यदि हम अभिलाक्षणिक वक्र में एक बिंदु  $P$  लें व इस बिंदु पर आरोपित वोल्टेज  $V_p$  व धारा  $I_p$  के मान लें तो  $P$  पर स्थैतिक प्रतिरोध  $R_{dc}$  निम्न प्रकार परिभाषित होगा।

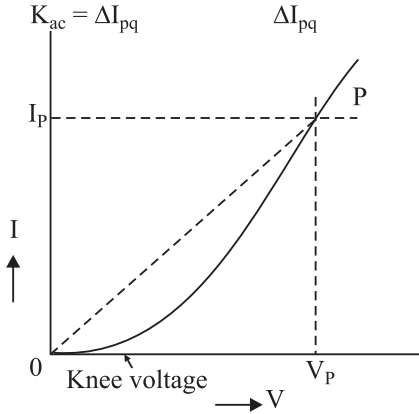


$$R = \frac{V_p}{I_p}$$

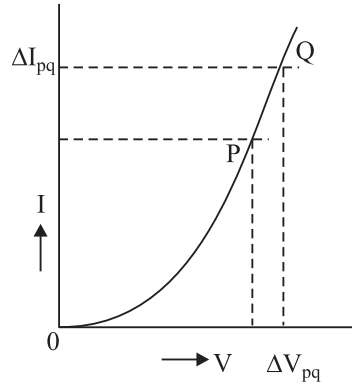
इस प्रतिरोध का मान एक बिंदु से दूसरे बिंदु पर बदलता रहता है और इसका स्थिर मान नहीं है।

यदि हम आलेख के ऋजुरेखीय भाग में दो बिंदु  $P$  व  $Q$  लें व वार्धिक (Incremental) वोल्टेज  $\Delta V_{PQ}$  या  $\Delta I_{PQ}$  के मान लें जैसा कि चित्र 26.4 में दर्शाया गया है, तब  $R$  गत्यात्मक या  $R_{ac}$  को निम्नवत परिभाषित किया जाता है।

$$R_{ac} = \frac{\Delta V_{pq}}{\Delta I_{pq}}, R_{ac} = \frac{\Delta V_{PQ}}{\Delta I_{PQ}}$$



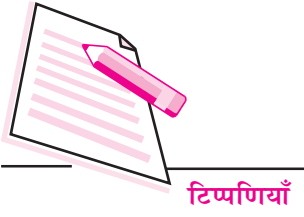
**चित्र 26.3:** बिंदु  $P$  पर  $R_{dc} = V_p/I_p$  जो कि  $op$  रेखा की ढाल है।  $p$  की विभिन्न स्थितियों के लिये इसके मान भिन्न भिन्न होंगे।



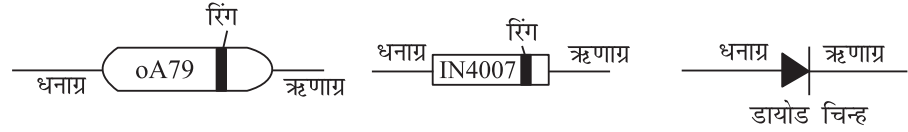
**चित्र 26.4:**  $R_{ac} = \Delta V_{PQ}/\Delta I_{PQ}$  इसका मान आलेख के ऋजु रेखीय भाग के लिये स्थिर है। यह  $R_{dc}$  से काफी कम होता है।

यह प्रतिरोध आलेख चित्र के ऋजुरेखीय भाग के लिये लगभग स्थिर होता है। डायोड का गत्यात्मक-प्रतिरोध स्थैतिक-प्रतिरोध से काफी कम होता है। यह वह प्रतिरोध है जो कि डायोड को एक दिष्टकारी की भाँति प्रयोग करने में डायोड द्वारा प्रत्यावर्ती धारा में लगता है। एक डायोड की जानु वोल्टेज, डायोड निर्माण में प्रयुक्त पदार्थ पर निर्भर करती है। सिलिकन-डायोड के लिये इसका मान  $0.7 \text{ n. F}$  व जर्मेनियम-डायोड के लिये इसका मान  $0.3 \text{ n. F}$  है।

सामान्यतः प्रयोगशाला में प्रयोग किये जाने वाले डायोड OA79 व IN4007 हैं। OA79 एक जर्मेनियम डायोड है जिसे एक काँच-नलिका में सील किया गया है। IN4007 एक सिलिकन डायोड है जिसे एक प्लास्टिक के आवरण में बंद किया जाता है। इनका पहचान अंक (Distinguishing no.) इनके आवरण पर अंकित रहता है। इसमें दो अक्षीय अग्रग होते हैं। इसके एक ओर रंगीन वृत्त बना होता है जैसा कि चित्र 26.5 (a) व 26.5



(b) में दर्शाया गया है। यह वृत्त कैथोड अग्रग को दर्शाता है व इसे डायोड के  $n$ - प्रकार के पदार्थ से संयोजित किया जाता है। दूसरे अग्रग को, जिसको  $p$ - प्रकार के पदार्थ से संयोजित किया जाता है, एनोड कहते हैं। न्यास पत्र (Data sheet) से हम पाते हैं कि OA79 के लिये अधिकतम धारा,  $I$  अधिकतम का मान 1.5 वोल्ट पर 30 मिली एम्पीयर है। IN4007 डायोड के लिये  $I_n$  वोल्ट पर  $I$  अधिकतम का मान 1 एम्पीयर है। डायोड का प्रतीक चिन्ह 26.5 (c) में दर्शाया गया है।



चित्र 26.5 (a)

चित्र 26.5 (b)

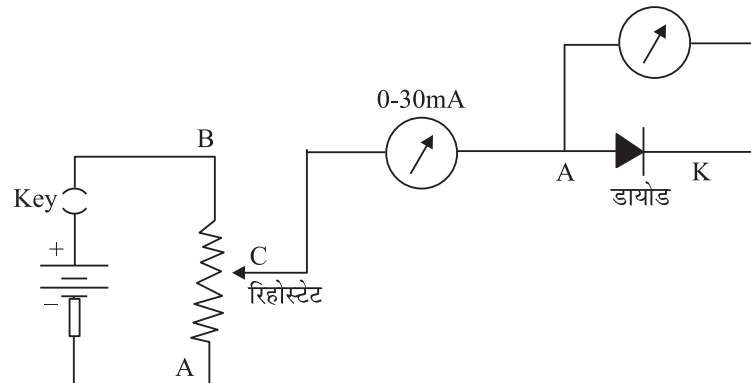
चित्र 26.5 (c)

### आवश्यक सामग्री

एक जर्मेनियम डायोड OA79, 0 - 1.5 वोल्ट वोल्टमीटर, 0 - 30 मिली-एम्पीयर पैमाना, 25 ओह्म (धारा नियंत्रक), 2 वोल्ट सीसा-संचायक, एक मार्गी कुंजी व संयोजक तार।

## 26.3 प्रयोग विधि

- दोनों पैमानों पर शून्य समायोजन करें।
- दोनों पैमानों का अल्पतमांक ज्ञात करें।
- चित्र 26.6 की भाँति परिपथ संयोजन करें।



चित्र 27.6



- (iv) धारा नियंत्रक के चल शीर्ष C को बिंदु A पर लायें एवं कुंजी में प्लग लगायें। इस स्थिति में दोनों पैमानों के पाठ्यांक शून्य होंगे। अब शीर्ष C को धीरे धीरे B की ओर लायें ताकि वोल्टमीटर पैमाने पर पाठ्यांक प्राप्त हों। मिली आमीटर व वोल्टमीटर के पाठ्यांक प्रेक्षण सारणी में अंकित करें।
- (v) इस प्रकार बिंदु C को छोटे छोटे अन्तरालों में B की ओर ले जायें और प्रत्येक बार मिली आमीटर व वोल्टमीटर के पाठ्यांक लें। 0.1 वोल्ट अन्तरालों पर पाठ्यांक तब तक लेते रहें जब तक कि डायोड से होकर जाने वाली धारा का मान लगभग 25 या 30 मिली एम्पीयर न हो जाय।
- (vi) इन पाठ्यांकों का आलेख चित्र बनायें जो कि चित्र 26.3 की भाँति होगा।

## 26.4 प्रेक्षण

वोल्टमीटर में शून्यांक त्रुटि = .....

मिली एमीटर में शून्यांक त्रुटि = .....

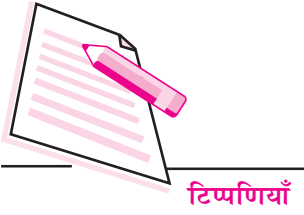
वोल्टमीटर का अल्पतमांक =  $V/\text{भाग}$

मिली. एमीटर का अल्पतमांक = मिली एम्पीयर/भाग

क्रम सं.	वोल्टमीटर (भाग)	वोल्टमीटर (पाठ्यांक)	मिली एमीटर (भाग)	मिली आमीटर पाठ्यांक (मिली. एम्पीयर)
1				
2				
.				
.				
.				
15				

## 26.5 विश्लेषण व निष्कर्ष

- (i) सारणी में अंकित प्रेक्षणों के आलेख चित्र से यह स्पष्ट होता है कि डायोड के सिरों पर विभवान्तर कम होने पर धारा का मान शून्य है। वह वोल्टेज ज्ञात करें जिसमें धारा प्रवाहित होना शुरू करती है।
- (ii) आलेख चित्र पर तीन बिन्दु A, B व C लें। इन बिन्दुओं के लिये वोल्टेज व धारा के मान ज्ञात करके स्थैतिक प्रतिरोध की गणना करें। क्या सभी मान समान हैं?



- (iii) A, B, C बिंदुओं के दोनों ओर बिंदु युग्म इस प्रकार लें कि वे इन बिंदुओं से समान दूरी पर हों। इन बिंदुओं पर वार्धक वोल्टेज व धारा के मान ज्ञात करें और इसकी सहायता से इन बिंदुओं पर गत्यात्मक प्रतिरोध ज्ञात करें। क्या इनके मान समान हैं?
- (iv) आलेख चित्र के विभिन्न भागों पर स्थैतिक व गत्यात्मक प्रतिरोध के बारे में आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

### 26.6 त्रुटि के स्रोत

- (i) संयोजन सुदृढ़ न होने पर संपर्क प्रतिरोध उत्पन्न हो सकता है।
- (ii) पैमानों की शून्यांक त्रुटि का भली भाँत निराकरण न होना।
- (iii) प्रारम्भिक विक्षेप या तो बहुत कम या पूर्ण पैमाने के 70 प्रतिशत से अधिक हो।
- (iv) प्रत्येक बार आमीटर का संकेतक पैमाने के चिह्न पर न होना।
- (v) आमीटर का वोल्टमीटर व डायोड दोनों की धारा को मापना।

### 26.7 देखें आपने क्या समझा

- (i) डायोड के दो प्रतिरोधों में से कौन अधिक है और क्यों?  
.....
- (ii) VI अभिलाक्षणिक के भिन्न भिन्न भागों के लिये स्थैतिक प्रतिरोध भिन्न हैं जबकि इसका गत्यात्मक प्रतिरोध लगभग नियत है। क्यों?  
.....
- (iii) इस प्रयोग में एक संवेदनशील वोल्टमीटर क्यों लिया जाना चाहिये।  
.....
- (iv) आलेख में बिंदु A (या B या C) पर गत्यात्मक प्रतिरोध ज्ञात करने के लिये इसके दोनों ओर के बिंदु A (या B या C) से समान दूरी पर होने चाहिये। क्यों?  
.....



## प्रयोग-27

NPN ट्रांजिस्टर के उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास के लिये अभिलाक्षणिक खींचिये व अभिलाक्षणिक की सहायता से (i) धारा लब्धि ( $\beta$ ) व (ii) वोल्टेज-लब्धि ( $A_V$ ) ज्ञात कीजिये जबकि निर्गत परिपथ में  $1n.F\Omega$  का भार प्रतिरोध लगा हो।



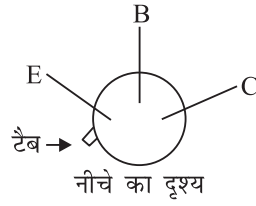
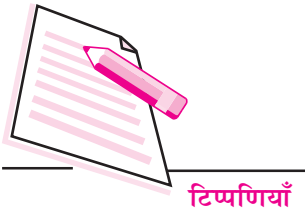
### 27.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप

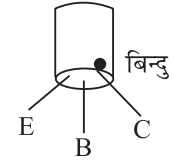
- PN संधि को अग्रदिशिक व पश्चदिशिक बायस कर सकेंगे;
- ट्रांजिस्टर के अग्रक पहचान सकेंगे;
- न्यास-पत्र (Data Sheet) की सहायता से ट्रांजिस्टर का प्रकार, अधिकतम सुरक्षित धारा, वोल्टेज व ट्रांजिस्टर के लिये अधिकतम शक्ति क्षय (Power dissipation) जान सकेंगे;
- उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास का आशय समझ सकेंगे एवं परिपथ बना सकेंगे;
- यह समझ सकेंगे कि ट्रांजिस्टर एक धारा-संचालित-युक्ति है;
- ट्रांजिस्टर की धारा लब्धि ( $\beta$ ) परिभाषित कर सकेंगे;
- वोल्टेज लब्धि ( $A_V$ ) को परिभाषित कर सकेंगे;
- उन कारकों को जान सकेंगे जिन पर  $A_V$  निर्भर करता है।

### 27.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

आपने सैद्धान्तिक भौतिकी में पढ़ा कि ट्रांजिस्टर के तीन सिरे (lead) होते हैं। इन्हें पहचानने के लिये आप ट्रांजिस्टर को उल्टा पकड़ें। इसके आवरण से एक छोटा सा टैब (tab) बाहर निकला रहता है। इसके पास की लीड (lead) उत्सर्जक लीड व इसके दक्षिणावर्त दिशा में दो लीड्स (leads) क्रमशः आधार व संग्राही लीड्स (leads) हैं जैसा कि चित्र 27.1 में दर्शाया गया है। कुछ ट्रांजिस्टरों के आवरण में एक रंगीन बिंदी बनी होती है। इस बिंदी के पास का लीड संग्राही होता है और इसके वामावर्त दिशा में क्रमशः आधार व उत्सर्जक लीड होते हैं जैसा कि चित्र 27.2 में दर्शाया गया है।

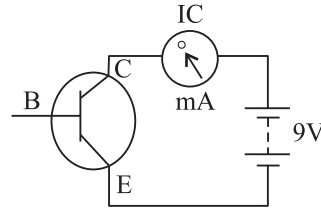


चित्र 27.1:

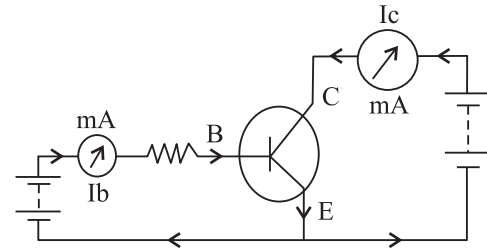


चित्र 27.2

एक ट्रांजिस्टर को प्रयोग करते समय संग्राही को सदैव व्युत्क्रम अभिनत किया जाता है। सामान्यतः संग्राही उत्सर्जक परिपथ (चित्र 27.3) में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। लेकिन आधार उत्सर्जक-संधि को अग्र अभिनत करके अल्प आधार धारा प्रवाहित करने पर (चित्र 27.4) एक शक्तिशाली धारा  $I_c$  प्रवाहित होने लगती है। इस प्रकार हम देखते हैं कि ट्रांजिस्टर एक धारा-चालित युक्ति है और एक अल्प आधार धारा संग्राही-परिपथ में आवर्धित प्राप्त होती है। चित्र 27.4 में हम देखते हैं कि उत्सर्जक, आधार व संग्राही दोनों परिपथों में शामिल है। अतः इसे उभनिष्ठ उत्सर्जक परिपथ कहा जाता है।

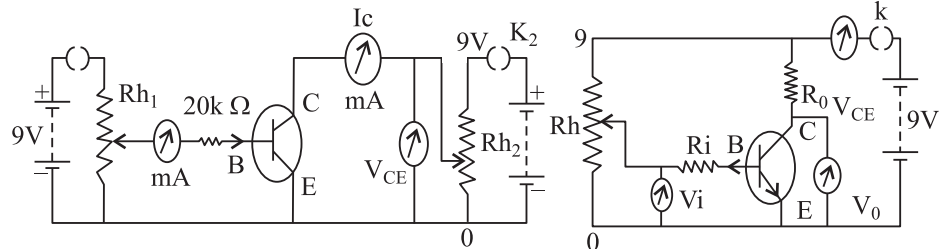


चित्र 27.3

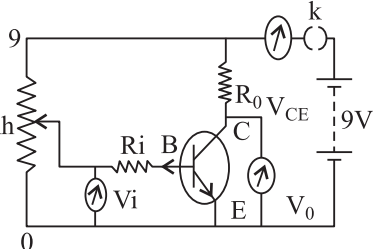


चित्र 27.4

वार्धिक अनुपात  $\delta I_c / \delta I_b$  ही ट्रांजिस्टर का धारा आवर्धन गुणक ( $\beta$ ) है। हम  $\beta$  का मान अभिलाक्षणिक वक्र से ज्ञात करना है जैसा कि आगे बताया जा रहा है।  $I_b$  का मान नियत (यानि  $I_c$  के परिवर्तन से  $I_b$  को अप्रभावित रखने के लिये एक उच्च प्रतिरोध ( $20n.F\Omega$  या इससे अधिक) को आधार के साथ श्रेणीक्रम में संयोजित करना पड़ता है जैसा कि चित्र 27.5 में दिखाया गया है।



चित्र 27.5



चित्र 27.6

जब ट्रांजिस्टर पर लगाये गये निवेशी सिगनल के मान में थोड़ा परिवर्तन किया जाता है तो इससे निर्गम सिगनल में काफी परिवर्तन आता है। वोल्टेज में परिवर्तन व उसके संगत





निवेशी वोल्टेज में परिवर्तन के अनुपात को वोल्टेज लब्धि ( $A_v$ ) कहा जाता है। किसी ट्रांजिस्टर द्वारा वोल्टेज लब्धि ( $A_v$ ) के संग्राही के श्रेणीक्रम में एक लोड प्रतिरोध (load resistance)  $R_o$  व एक उपयुक्त प्रतिरोध  $R_i$  को आधार के श्रेणीक्रम में संयोजित किया जाता है। वोल्टेज लब्धि ज्ञात करने हेतु चित्र 27.6 में दिखाये गये परिपथ का प्रयोग करते हैं। संक्षेप में ट्रांजिस्टर द्वारा वोल्टेज लब्धि निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है।

यदि निवेशी वोल्टेज में परिवर्तन  $\delta V_i$  हो तो आधार धारा में इसके द्वारा उत्पन्न परिवर्तन

$$\delta I_i = \delta I_b = \delta V_i / R_i$$

अतः संग्राही धारा में इसके संगत परिवर्तन

$$\delta I_c = \beta \times \delta I_b = \beta \times \frac{\delta V_i}{R_i}$$

निर्गम वोल्टेज  $\delta V_o$  का मान प्रतिरोध  $R_o$  के आर पार विभवपात में परिवर्तन के बराबर होगा। अतः

$$\delta V_o = \delta I_o \times R_o = \beta \times \delta V_i \times R_o / R_i - \text{अथवा}$$

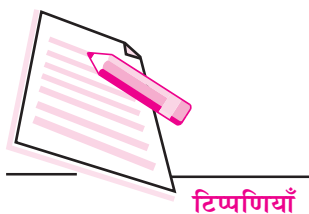
$$A_v = \frac{\delta V_o}{\delta V_i} = \beta \times R_o / R_i$$

इस समीकरण से यह स्पष्ट होता है कि वोल्टेज लब्धि ( $A_v$ ) का मान  $\beta$ ,  $R_o$  व  $R_i$  पर निर्भर करता है।

$CL_{100}$  के लिये  $\beta$  का मान लगभग 150 है। अतः  $A_v$  के मान को प्रायोगिक रूप से मापन योग्य रखने के लिये (20 के समीप)  $R_o$  का मान 100  $\Omega$  या 500  $\Omega$  व  $R_i$  का मान 400  $\Omega$  लिया जाता है।

### आवश्यक सामग्री

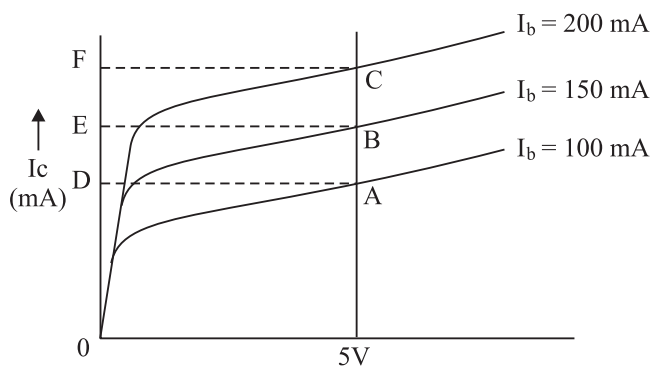
एक 1.5n.F व एक 9n.F की बैटरी (या 9n.F व 1.5n.F निर्गम टर्मिनल वाली स्थायीकृत बैटरी निराकरक (Battery eliminator), संयोजन के लिये बोर्ड पर लगा हुआ  $CL_{100}$  या इसके तुल्य मध्यम शक्ति का ट्रांसफार्मर, (0.30 mA) परास का सरल धारा आमीटर, 0.300 माइक्रो एम्पीयर सरल धारा मीटर, 0-10n.F सरल धारा वोल्टमीटर, 0-1.5n.F सरल धारा वोल्टमीटर, दो 1000  $\Omega$  के रिहोस्टेट, दो एक-मार्गी कुंजियाँ, 20 किलो ओहम्, 4 किलो ओहम्, 2 किलो आहम्, 1 किलो ओहम् व 0.5 किलो ओहम् के कार्बन प्रतिरोधक जिनमें तारों या लीड्स के संयोजन के लिये सिरें हों।



## 27.3 प्रयोग का समायोजन

एक मध्यम शक्ति के ट्रांजिस्टर का चयन करें ताकि यह बिना खराब हुये एक उच्च धारा को सहन कर सके। यहाँ प्रयोग के लिये  $CL_{100}$  ट्रांजिस्टर का सुझाव दिया जा रहा है। इसके सिरों की पहचान करें और यह जाँच लें कि ये बोर्ड के तीन टर्मिनलों से सही सही जुड़े हैं। चित्र 27.5 को अपनी अभ्यास पुस्तिका में बनायें व आरेख के अनुसार आवश्यक सामग्री को मेज के ऊपर रखें। तब तार से सभी संयोजन पूर्ण करें। धारा-नियंत्रक के चल शीर्ष को शून्य स्थिति (सिरे) में ले जाकर कुजियों में प्लग प्रविष्ट करायें। प्रत्येक पैमाने में शून्य पाठ्यांक होना चाहिये।

अब धारा नियंत्रक-2 के शीर्ष को बीच में समायोजित करें। संग्राही वोल्टमीटर 4 वोल्ट पाठ्यांक देगा व संग्राही धारा शून्य होती अब धारा नियंत्रक-1 के चलशीर्ष की धीरे धीरे ऊपर की ओर ले जायें। आधार धारा समान रूप से बढ़ेगी जैसा कि माइक्रो आमीटर द्वारा ज्ञात होता है। इसके साथ संग्राही धारा भी बढ़ेगी। इस बात की सावधानी रखें कि यह 30 मिली एम्पीयर से अधिक न बढ़े। इस प्रकार परिपथ का सही समायोजन हो जाता है।



चित्र 27.7

## 27.4 प्रयोग-विधि

(A) धारा लब्धि ज्ञात करना

(i) पैमानों का अल्पतमांक

माइक्रो आमीटर का अल्पतमांक = ..... (माइक्रो एम्पीयर/भाग)

वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ..... (वोल्ट/भाग)

मिली-आमीटर का अल्पतमांक = ..... (एम्पीयर/भाग)



टिप्पणियाँ

- (ii) प्रयोग प्रारम्भ करने के लिये दोनों नियंत्रकों के चल शीर्षों को शून्य स्थिति में रखें। अब धारा नियंत्रक -1 के वाइपर को चलायें ताकि  $I_b = 100 \mu A$  हो जाय। इसे इसी स्थिति में रखें। अब धारा नियंत्रक- 2 के वाइपर को छोटे अन्तरालों में चलायें व  $V_{ce}$  व  $V_c$  के पाठ्यांक लें व उन्हें सारणी-1 में अंकित करें (जैसा कि नीचे दिया गया है)। आप पायेंगे कि पहले  $V_{ce}$  बढ़ने के साथ  $V_c$  शीघ्रतापूर्वक बढ़ती है फिर इसका मान स्थिर हो जाता है। 9 वोल्ट तक पाठ्यांक लें। इसी प्रकार  $I_b$  के 150 माइक्रो एम्पीयर व 200 माइक्रोएम्पीयर मानों के लिये प्रेक्षणों की पुनरावृत्ति करें व प्रेक्षणों को सारणी 2 व 3 में अंकित करें।

**सारणी -1**

$$I_b = 100 n.F$$

$V_{ce}$ (वोल्ट)	0	.1	.2	.3	.5	.75	1	2	3	4	5	6	9
$I_c$ (मिली एम्पीयर)													

**सारणी -2**

$$I_b = 150 n.F$$

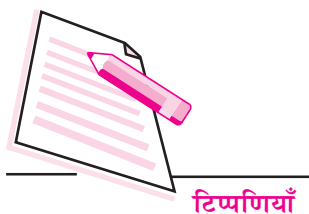
$V_{ce}$ (वोल्ट)													
$I_c$ (मिली एम्पीयर)													

**सारणी-3**

$$I_b = 200 n.F$$

$V_{ce}$ (वोल्ट)													
$I_c$ (मिली एम्पीयर)													

- (iii) उपरोक्त तीन सारणियों में अंकित न्यासों (Data) की सहायता से आलेख चित्र बनायें। आलेख चित्र, चित्र 27.7 में दिखाये गये हैं। ये उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में  $CL_{100}$  के अभिलाक्षणिक हैं।  $V_{ce}$  के अल्प मानों के लिये आवेश वाहकों का आधार क्षेत्र में प्रवेश पाने वाला एक भाग संग्राही द्वारा संग्रहीत कर लिया जाता है अतः  $I_c$  का मान कम होता है।  $V_{ce}$  के मान में वृद्धि के साथ और भी अधिक वाहक संग्रहीत होते हैं, अतः  $I_c$  शीघ्रतापूर्वक बढ़ती है। जब वाहक संग्रहीत हो जाते हैं तो  $I_c$  का मान लगभग स्थिर हो जाता है। इस प्रकार हम अभिलाक्षणिक वक्रों की आकृति की व्याख्या कर सकते हैं।
- (iv) ट्रांजिस्टर का धारा आवर्धन गुणांक ज्ञात करने के लिये  $V_{ce}$  अक्ष के लम्बवत एक ऊर्ध्वाधर रेखा 5 वोल्ट के बिंदु पर खींचें। माना यह तीनों वक्रों को A, B व C



बिंदुओं पर काटती है जैसा कि चित्र 27.7 में दिखाया गया है। अब बिंदुओं A, B, C से  $L_c$  अक्ष पर लम्ब खींचें। माना ये अक्ष से D, E व F बिंदुओं पर मिलते हैं। जैसा कि चित्र 28.7 में दिखाया गया है।

(v) A से B तक जाने पर आधार धारा में परिवर्तन

$$\delta i_b = 150 - 100 = 50 \text{ माइक्रो एम्पीयर} = 50/1000 \text{ मली एम्पीयर}$$

संग्राही धारा में परिवर्तन = DE मिली एम्पीयर, अतः

$$\beta (DE \times 1000) / 50$$

(vi) इसी प्रकार B से C व A से C के धारा परिवर्तन के लिये  $\beta$  की गणना करें।  $\beta$  का माध्य मान ज्ञात करें।

### (B) वोल्टेज-लब्धि ज्ञात करना

(i) 1 किलो ओहम के प्रतिरोध  $R_o$  से ट्रांजिस्टर द्वारा वोल्टेज लब्धि  $A_v$  ज्ञात करने के लिये, परिपथ का संयोजन चित्र 27.6 की भाँति करें। धारा नियंत्रक के चल शीर्ष को शून्य स्थिति में रखें।  $R_i$  का मान 4 किलो ओहम रखें।

(ii) संग्राही में 9 वोल्ट की वोल्टेज लगाने के लिये कुंजी  $k_2$  को प्रविष्ट करायें। फिर कुंजी  $k_1$  को प्रविष्ट करायें व धारा नियंत्रक के वाइपर को धीरे धीरे ऊपर ले जायें जब तक  $V_{ce}$  का पाठ्यांक 5 वोल्ट न हो जाय। अब  $V_i$  का मान 0.05 वोल्ट, या 0.1 वोल्ट के अंतरालों में घटायें या बढ़ायें। इसके लिये वोल्टमीटर का अल्पतमांक कम होना चाहिये। इससे निवेशित वोल्टेज (input voltage) में परिवर्तन  $\delta V_i$  प्राप्त होता है। इसके संगत  $V_{ce}$  का मान लिखें इसकी सहायता से  $\delta V_o$  का मान प्राप्त हो जायेगा। इन पाठ्यांकों को सारणी 4 में अंकित करें। इस प्रक्रिया की पुनरावृत्ति पाँच या छह बार करें व प्रेक्षणों को सारणी 4 में अंकित करें।

### सारणी-4

लोड प्रतिरोध  $R_o = \dots\dots\dots$  ओहम

निविष्ट प्रतिरोध  $R_i = \dots\dots\dots$  ओहम

$\delta V_i$ (वोल्ट)	
$\delta V_o$ (वोल्ट)	
$A = \delta V_o / \delta V_i$	

(iii) सारणी 4 के सभी पाठ्यांक समुच्चयों के लिये वोल्टेज लब्धि की गणना करें। आप पायेंगे कि सभी समुच्चयों के लिये  $A_v$  (वोल्टेज लब्धि) का मान समान है। निर्गम वोल्टमीटर पाठ्यांक लगभग 0 या 9 वोल्ट के समीप होने पर मान में विचलन होता है।



टिप्पणियाँ

(iv) आप यह भी सिद्ध कर सकते हैं कि  $A_v$  का प्रायोगिक मान  $\beta = \frac{R_o}{R_i}$  है

## 27.6 देखें आपने क्या समझा

(i) यदि हम ट्रांजिस्टर में 9 वोल्ट  $V_{ce}$  के लिये 30 मिली एम्पीयर की धारा लम्बे समय तक प्रवाहित करें तो क्या होगा?

.....

(ii) न्यास पत्र (Data Sheet) से हम पाते हैं कि  $CL_{100}$  में  $I_c = 150$  मिली. एम्पीयर प्रवाहित की जा सकती है व यह संग्राही व उत्सर्जक के बीच 50 वोल्ट विभव को सहन कर सकता है। क्या इसमें से हम 50 वोल्ट पर 150 मिली. एम्पीयर की धारा प्रवाहित कर सकते हैं? यदि नहीं तो क्यों?

.....

(iii) यदि  $R_o$ , 10 किलो ओह्म व  $R_i$ , 500 ओह्म हो तो क्या होगा? आपके .01 वोल्ट/भाग अल्पतमांक वाले पैमाने से  $\delta V_i$  के कितने पाठ्यांक लिये जा सकते हैं। (दिया गया है  $\beta = 200$ )

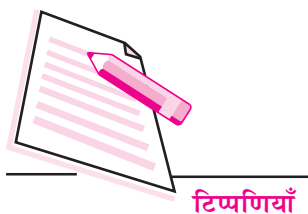
.....

(iv) अपने प्रयोगात्मक वक्रों (चित्र 27.7) की सहायता से ज्ञात करें कि  $\beta$  का मान  $V_{ce}$  के साथ कैसे परिवर्तित होता है?

.....

(v) क्या इस प्रयोग के आधार-परिपथ पर 1.5 वोल्ट की बैटरी के बिना सम्पन्न किया जा सकता है? यदि हाँ तो कैसे?

.....



## प्रयोग-28

एक छड़ चुम्बक के द्वारा क्षेत्र रेखायें खींचे जबकि चुम्बक का (i) उत्तरी ध्रुव पृथ्वी के चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव की ओर हो

(ii) दक्षिणी ध्रुव पृथ्वी के चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव की ओर हो। प्रत्येक स्थिति में बल रेखाचित्र पर उदासीन बिंदुओं की स्थिति अंकित करें।



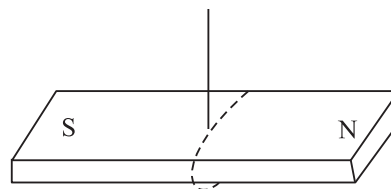
### 28.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

- छड़ चुम्बक के उत्तरी व दक्षिणी ध्रुव ज्ञात कर सकेंगे;
- चुम्बकीय याम्योत्तर को परिभाषा कर सकेंगे;
- छड़ चुम्बक में ध्रुवों का स्थिति निर्धारण कर सकेंगे;
- उदासीन बिंदु प्राप्त करने की शर्त ज्ञात कर सकेंगे; और
- छड़ चुम्बक को उपयुक्त अभिविन्यास में रख सकेंगे।

### 28.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

सामान्य छड़ चुम्बक लोहे का एक चुम्बकीकृत टुकड़ा है। इसके किनारों के समीप अधिकतम आकर्षण शक्ति होती है। इन्हें ध्रुव कहते हैं। उत्तरी व दक्षिणी ध्रुव ज्ञात करने के लिये इसे बीच में से बाँधकर मुक्त रूप से लटका दिया जाता है। (चित्र 28.1)



चित्र 28.1: मुक्त रूप से लटकायी गयी चुम्बकीय

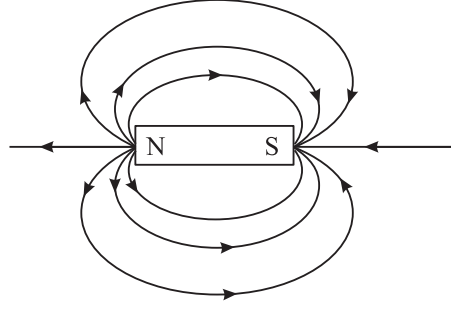
कुछ समय बाद यह उत्तर दक्षिण दिशा में ठहर जायेगा इसका जो सिरा भौगोलिक उत्तर-दिशा की ओर इंगित करता है उत्तरी ध्रुव कहलाता है व दूसरा सिरा दक्षिणी ध्रुव कहलाता है। उत्तरी व दक्षिणी ध्रुव को जोड़ने वाली व चुम्बक के मध्य से गुजरने वाली रेखा इसकी चुम्बकीय अक्ष है।

छड़ चुम्बक के समीप के वातावरण में किसी बिंदु पर जहाँ दो समान व विपरीत चुम्बकीय क्षेत्र एक दूसरे को निरस्त करते हैं वहाँ पर एक उदासीन बिंदु होता है। यहाँ पर कोई भी



टिप्पणियाँ

चुम्बकीय क्षेत्र नहीं होता है। हमारे प्रयोग में एक क्षेत्र छड़ चुम्बक द्वारा उत्पन्न किया जाता है व दूसरा पृथ्वी का क्षैतिज चुम्बकीय क्षेत्र है। इन दोनों के संयोजन से उदासीन बिंदु प्राप्त होता है।



चित्र 28.2

बल रेखायें वे पथ हैं जिनके ऊपर एक मुक्त परिकल्पित उत्तरी ध्रुव चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर विचरण करेगा। ये रेखायें उत्तरी ध्रुव से बाहर निकलती हैं व इनके द्वारा बन्द पथ का निर्माण होता है। ये छड़ चुम्बक के आस पास वक्र होती हैं।

AB यानि वह सममिति रेखा जो कि ध्रुवों से गुजरती हुई एक ऋजुरेखा है, चुम्बक का अक्ष कहलाती है।

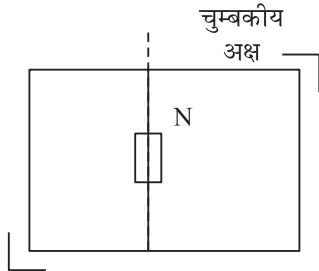
पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र प्रयोगशाला के अन्दर समान होने के कारण हमें समान्तर बल रेखायें प्राप्त होती हैं।

### आवश्यक सामग्री

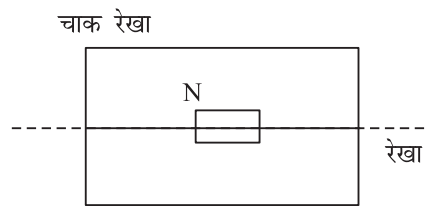
दो छड़ चुम्बक, कम्पास सुई, सफेद कागज, चित्रांकन पट (Drawing board), कर्षण पिनें, पेंसिल, चॉक।

## 28.3 प्रयोग का समायोजन

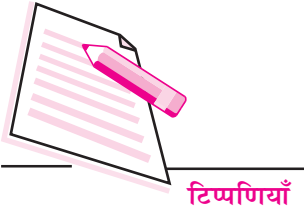
- छड़ चुम्बक का उत्तरी ध्रुव ज्ञात करें व इसके अन्त्य बिंदु को लाल स्याही से अंकित करें।
- चित्रांकन पट (Drawing board) में एक सफेद कागज नियत करें।
- प्रयोग का प्रथम भाग सम्पन्न करने के लिए कागज के मध्य से चौड़ाई की ओर एक सीधी रेखा खींचें जैसा कि चित्र 28.3 में दिखाया गया है। प्रयोग के दूसरे भाग के लिये चित्र 28.4 की भाँति लम्बाई की दिशा में रेखा खींची जायेगी।



चित्र 28.3



चित्र 28.4

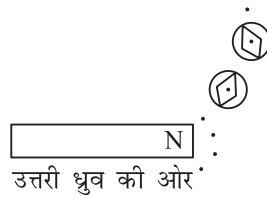


- (iv) चुम्बक को ऊपर दिखाए गये चित्र की भाँति ही रेखा के बीच में रखें।
- (v) एक छोटा कम्पास-बक्स लें व इसे लकड़ी की मेज पर रखें इसके पार्श्व में एक मीटर छड़ इस प्रकार रखें कि यह सुई के समान्तर हो। कम्पास को हटायें व चॉक से एक रेखा खींचें। यह रेखा प्रयोग के स्थान पर चुम्बकीय याम्योत्तर को दर्शाती है।
- (vi) चित्रांकन पट (Drawing board) को इस प्रकार रखें कि कागज पर खींची रेखा चॉक द्वारा मेज पर खींची रेखा के समान्तर हो जैसा कि चित्र 28.3 व 28.4 में दिखाया गया है।

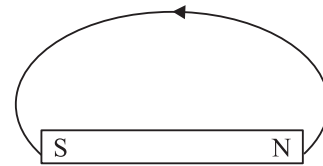
## 28.4 प्रयोग विधि

### (a) जब उत्तरी ध्रुव उत्तर की ओर हो।

- (i) चुम्बक को चित्र 29.3 की भाँति रखने के बाद बोर्ड की सीमा चॉक द्वारा अंकित कर लें जिससे कि प्रयोग की अवधि में यह अपने स्थान से विस्थापित न हो और यदि यह विस्थापित हो भी जाय तो इसे पुनः पूर्व स्थिति में समायोजित किया जा सके।
- (ii) एक छोटा सा कम्पास लें। इसे छड़ चुम्बक के उत्तरी ध्रुव के समीप इस प्रकार रखें जिसेस कि इसका संकेतक पेंसिल द्वारा चिन्हित उत्तरी ध्रुव की ओर इंगित करें (चित्र 28.5)। सुई के दूसरी ओर बिंदी का चिन्ह बनायें व कम्पास को द्वितीय चिन्हित बिंदी की दिशा में करें। ऐसा तब तक करें जब तक कि आप दक्षिणी ध्रुव के पास न पहुँच जाँय। आपको बिंदियों की एक कड़ी प्राप्त होगी जिन्हें जोड़ने पर आपको एक निष्कोण वक्र रेखा प्राप्त हो जायेगी। (चित्र 28.6)



चित्र 28.5



चित्र 28.6

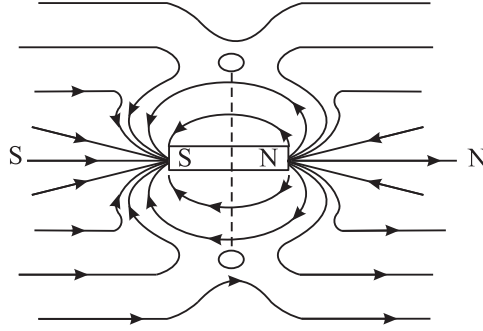
- (iii) इन बिंदियों को मुक्त हाथ से जोड़ें। यह क्षेत्र रेखा है। इसे उत्तरी ध्रुव से दूर जाते हुवे बाणग्र (Arrow head) से दर्शायें।
- (iv) आप विभिन्न प्रारम्भिक बिंदुओं के लिये ऐसी रेखा खींचें और आपको चुम्बक के चारों ओर बहुत सी क्षेत्र रेखायें प्राप्त होंगी। इनकी आकृति चित्र 28.7 की भाँति होगी।





टिप्पणियाँ

ये रेखायें एक दूसरे को नहीं काटेंगी। आपको चित्र 28.7 की भाँति अक्ष की माध्यक रेखा के दो क्षेत्र मिलेंगे जहाँ कि क्षेत्र रेखायें उपस्थित होंगी। ये उदासीन बिंदु है। चुम्बक के दोनों ओर एक एक उदासीन बिंदु होते हैं।

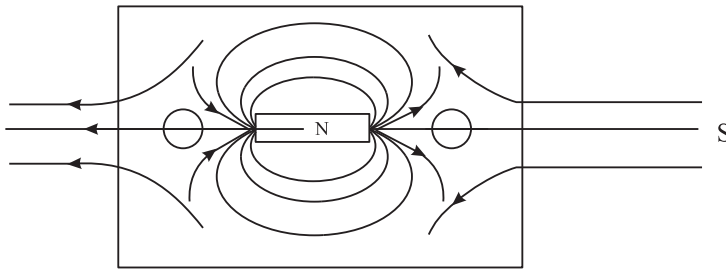


चित्र 28.7

यदि आप कम्पस को इस क्षेत्र में इस प्रकार रखें जिससे कि इसका केन्द्र उदासीन बिंदु पर हो तो सुई किसी एक दिशा विशेष में नहीं ठहरेगी। यह किसी भी अभिविन्यास में स्थिर रह सकती है। यह दर्शाता है कि इसमें कोई भी बल कार्य नहीं कर रहा है। यदि चुम्बक को सही प्रकार रखा जाय तो ये बिंदु दोनों ध्रुवों से समान दूरी पर होंगे व अक्ष की माध्यम रेखा पर अवस्थित होंगे।

### (b) जब दक्षिणी ध्रुव उत्तरी दिशा की ओर हो

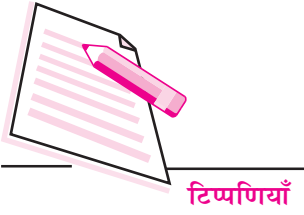
(i) इस स्थिति में चुम्बकीय रेखायें खींचने व उदासीन बिंदु निर्धारण के लिये चित्रांकन पट (Drawing board) पर पेपर में खिंची पेंसिल रेखा को पट के लम्बे किनारे पर (पृथ्वी के उत्तर-दक्षिणी दिशा में) रखा जाय जैसा कि चित्र 28.4 में दर्शाया गया है।



चित्र 28.8

(ii) अब पूर्व प्रयोग की भाँति ही विभिन्न चरण अपनायें। बल रेखायें ऊपर दिखाये गये चित्र 28.8 की भाँति प्राप्त होंगी।

यहाँ हम पाते हैं कि दो उदासीन बिंदु चुम्बक की अक्षीय रेखा में स्थिर हैं क्योंकि इन बिंदुओं पर चुम्बक व पृथ्वी का क्षैतिज चुम्बकीय क्षेत्र एक दूसरे को संतुलित करते हैं।



## 28.5 प्रेक्षण

### (a) चुम्बक का उत्तरी ध्रुव उत्तर की ओर हो

- (i) इस स्थिति में दोनों उदासीन बिंदु ध्रुवों के समान दूरी पर हैं।
- (ii) ये अक्ष की माध्यम रेखा पर सममित रूप से स्थित हैं।
- (iii) उदासीन बिंदुओं पर कम्पास सुई प्रत्येक दिशा में ठहर जाती है। यह किसी विशेष दिशा में संरेखित (aligned) नहीं रहती।
- (iv) पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र एवं छड़ चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र के कारण प्राप्त रेखाओं की दिशाएँ विपरीत हैं।

### (b) चुम्बक का दक्षिण ध्रुव उत्तर की ओर हो

- (v) इस दशा में उदासीन बिंदु अक्षीय रेखा में सममित रूप से स्थित होते हैं। शेष बातें भाग (a) के समान हैं।

## 28.6 त्रुटि के स्रोत

- (i) चुम्बक को पेपर पर खिंची रेखा पर सममित रूप से न रखा जाना।
- (ii) मेज पर खिंची उत्तर-दक्षिणी रेखा के अंकन में गलती। इन दोनों त्रुटियों के कारण कागज में खिंची रेखा के संदर्भ में क्षेत्र रेखाएँ सममित रूप से प्राप्त नहीं होती।

## 28.7 देखें आपने क्या समझा

- (i) पृथ्वी की चुम्बकीय विषुवत रेखा क्या है?  
.....
- (ii) पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी ध्रुव के पास कौन सा चुम्बकीय ध्रुव है?  
.....
- (iii) क्या आपको एकल चुम्बकीय क्षेत्र में उदासीन बिंदु प्राप्त हो सकता है?  
.....



## प्रयोग-29

अर्ध विक्षेप विधि से गैल्वेनोमीटर का आन्तरिक प्रतिरोध ज्ञात करना व इसे एक दिये गये परास के वोल्टमीटर ( यथा 0.3 V ) में रूपान्तरित करना तथा यथार्थता की जाँच करना।



### 29.1 उद्देश्य

इस प्रयोग को करने के बाद आप:

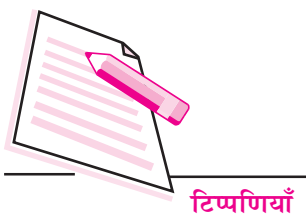
- केवल डायल को देखकर मापक यंत्र के प्रकार को पहचान जायेंगे व गैल्वेनोमीटर, वोल्टमीटर व आमीटर में भेद कर पायेंगे;
- शून्यांक त्रुटि होने पर इसे प्रयोगशाला तकनीशियन द्वारा इसे ठीक करायेंगे;
- पैमानों का अल्पतमांक ज्ञात कर सकेंगे;
- गैल्वेनोमीटर की पूर्ण पैमाना विक्षेप धारा का अर्थ समझ जायेंगे एवं इसे माप सकेंगे;
- धारा नियंत्रक को एक परावर्ती प्रतिरोध व विभवमापी की भाँति प्रयोग कर सकेंगे;
- शन्ट का प्रकार्य जान जायेंगे।

### आवश्यक सामग्री

एक बैटरी, एक गैल्वेनोमीटर (संकेतक प्रकार का), एक उपयुक्त परास का वोल्टमीटर, 25 ओह्म-3 एम्पीयर का धारा नियंत्रक, 5000 ओह्म का प्रतिरोध बक्स, 100 ओह्म का प्रतिरोध बक्स, दो एक-मार्गी कुजियों संयोजन के लिये DCC तांबे का तार व रेगमाल।

### टिप्पणी

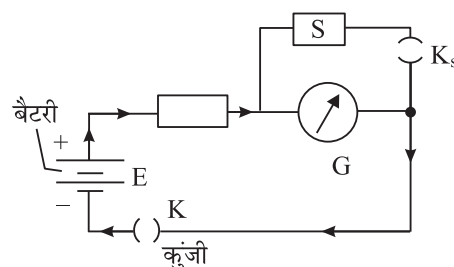
जब भी हम एक मीटर के पैमाने पर विक्षेप दर्ज करते हैं तो पाठ्यांक लेने में हमेशा +0.5 भाग की अनिश्चितता रहती है। जिससे प्रेक्षित विक्षेप में 1 भाग की त्रुटि हो जाती है। अतः विक्षेप यंत्रों द्वारा सटीक परिणाम प्राप्त करने के लिये ऐसे परास का पैमाना चुनें ताकि किसी धारा द्वारा उत्पन्न विक्षेप या मापा जाने वाला विभवान्तर पैमाने पर 70 प्रतिशत या इससे अधिक अंकित हो।



## 29.2 आवश्यक पूर्व ज्ञान

इस प्रयोग में आप एक गैल्वेनोमीटर व एक सरल धारा वोल्टमीटर का उपयोग करेंगे इन पैमानों के डायलों में आप पैमाने के नीचे  $G$  या  $V$  चिन्ह देखेंगे।  $G$  या  $V$  अक्षर क्रमशः गैल्वेनोमीटर व वोल्टमीटर के लिये प्रयुक्त होते हैं। इन अक्षरों के नीचे रेखा का होना यह दर्शाता है कि ये केवल सरल धारा के साथ प्रयुक्त होते हैं।

गैल्वेनोमीटर प्रतिरोध  $G$  ज्ञात करने के लिये परिपथ को चित्र 29.1 की भाँति संयोजित किया जाता है। माना गैल्वेनोमीटर से  $I$  धारा प्रवाहित होती है व संगत विक्षेप  $\theta$  है। तब एक प्रतिरोध  $S$  को गैल्वेनोमीटर के समान्तर क्रम में लगाकर इसे इस प्रकार संयोजित करें जिससे गैल्वेनोमीटर में विक्षेप आधा अर्थात् रह  $\theta/2$  रह जाय। तो अब गैल्वेनोमीटर से होकर गुजरने वाली धारा  $I/2$  है व शेष  $I/2$  धारा  $G$  के सिरों पर लगाये गये उपपथ प्रतिरोधा  $S$  से गुजरती है। चूँकि धारा  $G$  व  $S$  में समान रूप से बंटती है। अतः



चित्र 29.1

$$G = S \quad (29.1)$$

किसी परिपथ में किसी भाग के समान्तर क्रम में धारा कम करने के लिये संयोजित प्रतिरोध  $S$  को शंट (Shunt) कहते हैं।

गैल्वेनोमीटर का दूसरा महत्वपूर्ण नियतांक पूर्ण पैमाना विक्षेप धारा  $I_g$  है। यह वह धारा है जो कि गैल्वेनोमीटर संकेतक को 0 से अधिकतम पाठ्यांक तक विक्षेपित करती है। गैल्वेनोमीटर के आमीटर या वोल्टमीटर के रूपान्तरण के लिये  $I_g$  का मान ज्ञात होना भी आवश्यक है। इसका मान ज्ञात करने के लिये चित्र 29.1 देखें। माना बैटरी का विद्युत वाहक बल  $E$  है व गैल्वेनोमीटर के श्रेणीक्रम में संयोजित प्रतिरोध  $R$  है। तब गैल्वेनोमीटर से प्रवाहित होने वाली धारा  $I$  जो कि इसमें  $\theta$  विक्षेप उत्पन्न करती है निम्नवत सूत्र बद्ध है।

$$I = \frac{E}{(R+G)} \quad (29.2)$$

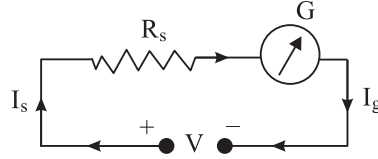
अतः  $I_g$  (पूर्ण पैमाना विक्षेप के लिये आवश्यक धारा)

$$I_g = \frac{E}{(R+G)} \times \frac{n}{\theta} \quad (29.3)$$



टिप्पणियाँ

गैल्वेनोमीटर को अपेक्षित परास (0-V वोल्ट्स) के वोल्टमीटर में रूपान्तरण के लिये चित्र 29.2 की भांति एक उच्च प्रतिरोध  $R_s$  को गैल्वेनोमीटर के श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है।



चित्र 29.2

प्रतिरोध  $R_s$  का मान ऐसा होता है कि यदि एक  $V$  वोल्ट का विभवान्तर  $R_s$  व  $G$  संयोजन के समान्तर क्रम में लगाया जाय व  $I_g$  धारा प्रवाहित हो तो गैल्वेनोमीटर में पूर्ण विक्षेप प्राप्त होता है। ओह्म के नियम का प्रयोग करने पर

$$(R_s + G) = V/I_g \quad (29.4)$$

$$R_s = V/I_g - G \quad (29.5)$$

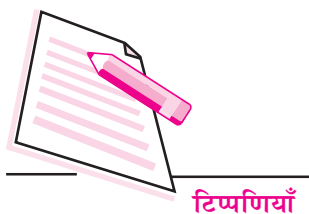
### 29.3 प्रयोग-विधि

#### (a) गैल्वेनोमीटर के लिये $G$ व $I_g$ का मान ज्ञात करना

- गैल्वेनोमीटर व वोल्टमीटर में संकेतक सुई को शून्य पर रखें।
- वोल्टमीटर का अल्तमांक ज्ञात करें।
- सीसा संचायक का विद्युत वाहक बल वोल्टमीटर की सहायता से ज्ञात करें व प्रेक्षण सारणी के रूप में लिखें।
- चित्र 29.1 की भांति उपकरण को रखें व रेगमाल द्वारा भली भांति किनारे साफ करते हुए  $DCC$  तारों से संयोजन करें। प्रतिरोध बक्स  $R$  से 5 किलो ओह्म की कुंजी निकालें व कुंजी  $n$   $F$  प्रविष्ट करें।  $R$  का समायोजन इस प्रकार करें कि  $G$  में विक्षेप 20 भागों (गैल्वेनोमीटर पैमाने पर बने भागों का 70 प्रतिशत) से अधिक हो और विक्षेप भागों की संख्या 2 से भाज्य हो (यथा, 22)।
- अब शंट कुंजी को भी प्रविष्ट करायें। गैल्वेनोमीटर में विक्षेप शून्य हो जायेगा।  $S$  के मान में विभिन्न कुंजियों की सहायता से ऐसा समायोजन करें ताकि गैल्वेनोमीटर का विक्षेप  $\theta/2$  यानि दिये गये उदाहरण में 11 भाग रह जाय।  $R$ ,  $\theta$  व  $S$  के मान सारणी (1) में लिखें। अब  $R$  के विभिन्न मानों के लिये 24, 26 आदि भाग विक्षेप प्राप्त करने के लिए पुनरावृत्ति करें और प्रत्येक बार पूर्व विक्षेप  $\theta$  से  $\theta/2$  लायें। आप देखेंगे कि प्रत्येक बार  $S$  का मान समान आयेगा।  $R$ ,  $S$  व  $\theta$  के मान लिखें व समीकरण (29.3) की सहायता से  $I_g$  के मान का परिकलन करें।

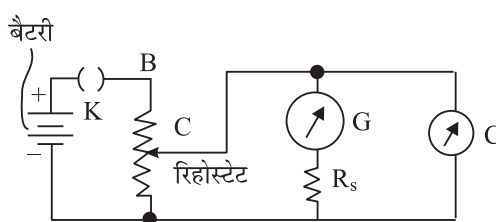
#### (b) गैल्वेनोमीटर का $v$ परास के वोल्टमीटर में रूपान्तरण

- दिये गये गैल्वेनोमीटर के आंतरिक प्रतिरोध व विक्षेप धारा  $I_g$  के मापन के बाद समीकरण (29.5) की सहायता से श्रेणी प्रतिरोध  $R_s$  का मान ज्ञात करें। इस प्रतिरोध को गैल्वेनोमीटर के श्रेणीक्रम में संयोजित करें। गैल्वेनोमीटर  $V$  परास का वोल्टमीटर



बन जायेगा। रूपान्तरण की सटीकता जाँचने के लिये इसकी तुलना चित्र 30.3 में दिखाये गये परिपथ में मानक वोल्टमीटर के प्रयोग से करें।

- (vii) धारा नियंत्रक के चल सिरे  $C$  को टर्मिनल  $A$  के पास रखें व कुंजी  $n.F$  प्रविष्ट करायें। अब  $C$  सिरे को टर्मिनल  $B$  की ओर खिसकायें व मानक वोल्टमीटर व रूपान्तरित वोल्टमीटर के पाठ्यांक 0.5 वोल्ट अंतरालों पर लें। इन पाठ्यांकों को सारणी (2) में लिखें। दो पैमानों के पाठ्यांकों में अन्तर देखें। यदि यह शून्य हो तो रूपान्तरण सटीक है।



चित्र 29.3

## 29.4 प्रेक्षण

### सारणी (1)

गैल्वेनोमीटर पैमाने पर भागों की संख्या  $n = \dots\dots\dots$

वोल्टमीटर का अल्पतमांक =  $\dots\dots\dots$  वोल्ट/भाग

बैटरी का विद्युत वाहक बल =  $\dots\dots\dots$

क्रम. सं.	$R$ का मान ओह्म	गैल्वेनोमीटर में विक्षेप $\theta$	अर्ध विक्षेप के लिए का मान (ओह्म)	$G = S$ ओह्म	$I_g = \frac{En}{(R+G)\theta}$ A
1	22 भाग				
2	24 भाग				
3	26 भाग				
4	28 भाग				

$G$  का माध्य मान =  $\dots\dots\dots$  ओह्म

$I_g$  का माध्यम मान =  $\dots\dots\dots$  एम्पीयर



टिप्पणियाँ

### सारणी-2

रूपान्तरित वोल्टमीटर का अल्पतमांक  $K_1 = \dots\dots\dots$  वोल्ट/भाग

मानक वोल्टमीटर का अल्पतमांक  $K_2 = \dots\dots\dots$  वोल्ट/भाग

क्रम सं.	वोल्टमीटरों का पाठ्यांक				अन्तर
	रूपान्तरित		मानक		
	$\theta$ भाग	$V_c = K_1 \theta$	$\theta$ भाग	$V_s = K_2 \theta$	$V_s - V_c$
1					
2					
3					
4					

**टिप्पणी:**  $1/I_g$  वोल्टमीटर का ओहम/वोल्ट कहलाता है। यह गैल्वेनोमीटर को 1 वोल्ट परास के वोल्टमीटर में परिवर्तित करने के लिये आवश्यक प्रतिरोध का मान बतलाता है। ओहम/वोल्ट वोल्टमीटर की संवेदनशीलता का मापक है। जितना ओहम/वोल्ट अधिक होगा उतना ही अच्छा वोल्टमीटर होगा। प्रयोगशाला में प्रयुक्त साधारण वोल्टमीटर 1000 ओहम/वोल्ट मान के होते हैं। 10,000 ओहम/वोल्ट का पैमाना 10 गुना अच्छा है। क्यों?

## 29.5 परिणाम

गैल्वेनोमीटर का प्रतिरोध =  $\dots\dots\dots$  ओहम।

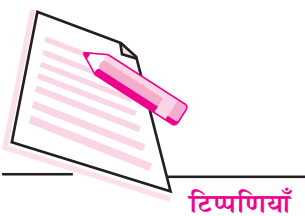
गैल्वेनोमीटर का पूर्ण पैमाना विक्षेप =  $\dots\dots\dots$  माइक्रो एम्पीयर

$\dots\dots$  वोल्ट परास का वोल्टमीटर बनाने के लिये आवश्यक श्रेणीक्रम प्रतिरोध =  $\dots\dots$ ओहम

रूपान्तरित व मानक वोल्टमीटर के पाठ्यांकों में अधिकतम अन्तर =  $\dots\dots\dots$  वोल्ट

## 29.5 त्रुटि के स्रोत

- (i) संयोजक तारों के किनारे साफ न होने के कारण संपर्क-प्रतिरोध पाया जाता है।
- (ii) प्रतिरोध बक्स की काँजियाँ सुदृढ़ रूप से न लगी हों और यदि साफ करने वाले द्रव से साफ न की गयी हों तो इनकी सतह दूषित हो सकती है।
- (iii) यदि विक्षेप कुंजी  $K_s$  खुली होने पर विक्षेप पूर्ण विक्षेप के 70 प्रतिशत से कम हो तो प्रयोग में प्रतिशत त्रुटि काफी होगी।



- (iv) विक्षेप देखने में लंबन त्रुटि हो सकती है।
- (v) अर्ध विक्षेप-विधि में कुल धारा का मान स्थिर माना जाता है, जबकि शंट संयोजन से यह बढ़ती है।

### 29.7 देखें आपने क्या समझा

- (i) एक 10 मिली. एम्पीयर परास व नगण्य प्रतिरोध वाले आमीटर को 10 वोल्ट परास के वोल्टमीटर के रूप में किस प्रकार प्रयोग करेंगे?  
.....
- (ii) हमारे पास 10.3 वोल्ट परास का वोल्टमीटर है जो कि मिली. एम्पीयर पर पूर्ण विक्षेप देता है। इसे आप 3 एम्पीयर परास के आमीटर में कैसे रूपान्तरित करेंगे?  
.....
- (iii) विभवान्तर मापन के लिये वोल्टमीटर का ..... संयोजन किया जाता है।  
.....
- (iv) धारा मापन के लिये आमीटर को ..... संयोजित किया जाता है।  
.....
- (v) श्रेणीक्रम का प्रतिरोध ..... में धारा बदलता है लेकिन एक शंट ..... में धारा कम कर देता है।  
.....





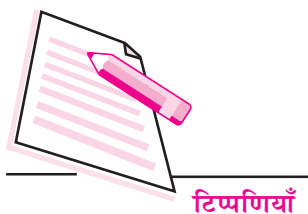
## “देखें आपने क्या समझा” शीर्षक के अन्तर्गत दिये गये प्रश्नों के उत्तर

### प्रयोग-1

- (i) एक वर्नियर पैमाना मुख्य पैमाने पर सरक सकने वाला पैमाना है जिसके भाग मुख्य पैमाने के भाग से छोटे होते हैं। इसका यह नाम इसके आविष्कारक पियरे वर्नियर के नाम पर पड़ा।
- (ii) वर्नियर-नियतांक मुख्य पैमाने के एक भाग की लम्बाई व वर्नियर पैमाने के एक भाग की लम्बाई में अन्तर के बराबर है। यह यंत्र का अल्पतमांक है क्योंकि हम एक दी गयी लम्बाई का इतनी परिशुद्धता से मापन कर सकते हैं।
- (iii) ऋणात्मक
- (iv) निचले जबड़ों को शून्य मोटाई के लिये समायोजित करके या गहराई प्रमाप (Depth gauge) को शून्य गहराई के लिये समायोजित करके, वर्नियर पाट्यांक पढ़ें व इसे वर्नियर नियतांक से गुणा करें।
- (v) वर्नियर पैमाने की सहायता से हम मुख्य पैमाने के एक भाग के  $(\frac{1}{10}, \frac{1}{20}, \frac{1}{50}$  भाग) तक का परिशुद्ध मापन कर सकते हैं।
- (vi) 0.03 सेंटीमीटर
- (vii) पहले खोखले बेलन की अन्दरूनी गहराई वर्नियर कैलीपर्स के गहराई प्रमाप की सहायता से ज्ञात करें। फिर निचले जबड़ों की सहायता से इसकी बाहरी गहराई मापें। दूसरे माप से पहला माप घटाने पर तल की मोटाई ज्ञात हो जायेगी।

### प्रयोग-2

- (i) क्योंकि यह एक पेंच की सहायता से मुख्य पैमाने के एक भाग के छोटे अंश का सटीक मापन करता है।
- (ii) किसी पेंच का चूड़ी अन्तराल उस पेंच को एक बार पूरा घुमाने पर इसके द्वारा अपने अक्ष पर तय की गयी दूरी के बराबर होता है।
- (iii) पेंच को वृत्ताकार पैमाने के एक भाग के बराबर घुमाने पर वह अपने अक्ष पर जितनी दूरी आगे या पीछे बढ़ता है वही तय की गयी दूरी इसका अल्पतमांक है।



$$\text{अल्पतमांक} = \frac{\text{पेंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों की संख्या}}$$

- (iv) पेंच को घुमाने पर इसके अपनी कक्ष में न बढ़ने के कारण वृत्ताकार पैमाने का पाठ्यांक में जो त्रुटि आती है वह पिच्छट-त्रुटि कहलाती है। यह पेंच के ढीले हो जाने के कारण होती है। शून्यांक त्रुटि व तार का व्यास मापन में इसका निराकरण करने के लिए प्रत्येक बार अन्तिम समायोजन के लिये पेंच को केवल अग्रदिशिक ही घुमाना चाहिए।
- (v) रेचिट विन्यास के प्रयोग द्वारा शून्यांक त्रुटि या तार के व्यास-मापन में चल पेंच द्वारा नियत बटन पर अचानक अनावश्यक दबाव डालने से बचा जा सकता है।
- (vi) शून्यांक त्रुटि = - 0.035 mm  
शून्यांक संशोधन = + 0.035 mm

### प्रयोग-3

- (i) क्योंकि इसका प्रयोग गोलीय पृष्ठों की वक्रता त्रिज्या मापन में किया जाता है।
- (ii) चूड़ी अन्तराल पेंच की दो लगातार चूड़ियों के बीच की दूरी है, यह पेंच को पूरा एक घुमाव दिये जाने पर इसके द्वारा तय की गयी रेखीय दूरी के बराबर होता है। अन्तराल को वृत्ताकार पैमाने पर बने भागों से विभाजित करने पर पैमाने का अल्पतमांक प्राप्त होता है।
- (iii) तीन टाँगों की सहायता से किसी भी सतह पर खड़े होने के लिये सबसे स्थाई ढाँचा प्राप्त होता है।
- (iv) एक पेंच में पिच्छट-त्रुटि पायी जाती है यदि यह बिना आगे बढ़े थोड़ा घूम सके। यह गोलाई मापी की ढिबरी के ढीले समंजन के कारण होता है। यँ तो इसका ढीला समंजन भी एक आवश्यकता है अन्यथा पेंच घूम नहीं सकेगा। इसके पिच्छट-त्रुटि के निराकरण के लिये प्रत्येक पाठ्यांक लेते समय गोलाईमापी को पेंच पर ही लटका हुआ छोड़ दिया जाता है।

### प्रयोग-4

- (i) विराम घड़ी द्वारा मापन की संयोग-त्रुटि, जो कि आपके व्यक्तिगत कौशल पर निर्भर करती है, किसी भी समय अन्तराल के लिये समान होती है। 20 दोलनों का समय मापन करने पर भिन्नात्मक त्रुटि (प्रतिशत त्रुटि) 1/20 रह जाती है क्योंकि मापा गया समय अन्तराल 20 गुना अधिक है।
- (ii) जब आप 20 के बजाय 50 दोलनों का समय मापन करते हैं तो मापा गया समय 2.5 गुना अधिक है। अतः इस समय अन्तराल के मापन में प्रतिशत त्रुटि 1/2.5 गुना और कम हो जायेगी।



टिप्पणियाँ

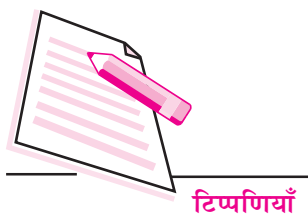
- (iii) (a)  $1/3$  गुना (b) 3 गुना
- (iv) (a) आवर्तकाल परिवर्तित होता है। चूंकि गोलक ज्यादा तेजी से त्वरित होता है अतः T कम होता है।
- (b) सेकेन्ड पेण्डुलम की लम्बाई भी परिवर्तित होगी। यह बढ़ेगी और समान आवर्तकाल (2 सेकेन्ड) के लिये लम्बाई का लोलक आवश्यक होगा।

### प्रयोग-5

- (i) कोई वस्तु विराम अवस्था में होती है जबकि समय के साथ आस पास की वस्तुओं के सापेक्ष इसकी स्थिति में परिवर्तन नहीं होता।
- (ii) घर्षण के कारण संधि ठीक उसी स्थिति में विरामावस्था में नहीं आ सकती।
- (iii) घर्षण के प्रभाव को दूर करने के लिये भारों को मेज या पट से दूर रखा जाता है।
- (iv) (a) 320 ग्राम भार (b) 390 ग्राम भार (c) 443 ग्राम भार
- (v) परिणामी बल लगभग अलग अलग बलों के योग के बराबर होता है और इसके नीचे गिरने की दशा में किसी प्रयोग कर्ता को चोट नहीं लगती।

### प्रयोग-6

- (i) शीतलन-वक्र समान है क्योंकि शीतलन की दर ऊष्मामापी व वातावरण के बीच तापान्तर पर निर्भर करती है।
- (ii) जानवर जाड़ों में शरीर सिकोड़ कर सोते हैं। इस प्रकार उनके शरीर का उद्भासित भाग कम होने पर ऊष्मा-ह्रास कम होता है।
- (iii) तेल का द्रव्यमान व विशिष्ट ऊष्मा कम है। अतः एक सेकेन्ड में समान ऊर्जा ह्रास के लिये इसके ताप में अधिक कमी होगी।
- (iv) नहीं। थर्मामीटर कम परास (करीब  $44^{\circ}\text{C}$  तक) का होने के कारण प्रयुक्त नहीं किया जा सकता और फिर इसका पाठ्यांक कम करने के लिये इसे झटका देने की आवश्यकता भी पड़ती है।
- (v) द्रव को सतत रूप से विलोडित किया जाता है ताकि ऊष्मा-विनिमय त्वरित हो ओर साम्य-तापमान भी शीघ्रतापूर्वक प्राप्त हो।
- (vi) नहीं। क्योंकि परास केवल  $35^{\circ}\text{C}$  से  $43^{\circ}\text{C}$  तक है और इसका पाठ्यांक ऊष्मामापी के शीतलन से कम नहीं होगा।
- (vii) ताकि तुलना सम्भव हो सके और घनत्व व विशिष्ट ऊष्मा के शीतलन पर प्रभाव के प्रेक्षण लिये जा सकें।



टिप्पणियाँ

### प्रयोग-7

- (i) हाँ इस विधि का प्रयोग किया जा सकता है। इस स्थिति में गर्म जल व ऊष्मामापी ठंडे पीतल के गोलक को ऊष्मा प्रदान करेंगे। परन्तु इस विधि में मिश्रण का स्थिर अन्तिम ताप ज्ञात करना कठिन होगा क्योंकि जल व इसमें डूबे हुये गोलक का तापमान सतत रूप से कम होता रहेगा।
- (ii) नहीं। लकड़ी ऊष्मा की कुचालक है। इसके प्रत्येक भाग का तापमान समान नहीं हो सकता।
- (iii) वायु दाब पारे के 76 cm के बराबर होने पर ही शुद्ध जल 100°C पर उबलता है।
- (iv) विलोडन के समय पहले तो जल के तापमान में वृद्धि होती है। फिर इसका मान अधिकतम होकर कुछ समय के लिये स्थिर हो जाता है और फिर कम होना प्रारम्भ होता है क्योंकि विकिरण द्वारा ऊष्मा-ह्रास होता है। यह स्थिर अधिकतम तापमान ही मिश्रण का अन्तिम तापमान है।
- (v) सभी जगह समान तापक्रम बनाये रखने हेतु मिश्रण को निरन्तर विलोडित किया जाता है।
- (vi) जल की विशिष्ट ऊष्मा = 1 कैलोरी/ग्राम/°से०  
माना कि पीतल की विशिष्ट ऊष्मा  $S$  है।  
पीतल के टुकड़े द्वारा खोयी गयी ऊष्मा =  $200 \times S(100-23)$   
जल द्वारा ली गयी ऊष्मा =  $500 \times 1 \times (23-20)$   
वातावरण में ऊष्मा ह्रास शून्य लेने पर  
$$S = \frac{500 \times 3}{200 \times 77} = \frac{15}{157} = 0.098 \text{ कैलोरी/ग्राम/°से०}$$
- (vii) संगमरमर के 1 ग्राम का तापमान 1°C बढ़ाने के लिये 0.215 कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। इसी प्रकार एल्युमीनियम के एक किलोग्राम का तापमान 1°C बढ़ाने के लिये 900 जूल ऊष्मा की आवश्यकता होती है।
- (viii) हाँ। केवल जल के स्थान पर दिया गया द्रव प्रयुक्त करते हैं। इस स्थिति में ठोस गोलक के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा का मान ज्ञात होना चाहिए।
- (ix) नहीं। यह किसी भी आकृति का हो सकता है।

### प्रयोग-8

- (i) यदि दोलनों का आयाम अधिक हो तो अधोमुखी विस्थापन की स्थिति में कमानी की लम्बाई में वृद्धि प्रत्यास्थता सीमा से अधिक हो सकती है।
- (ii) हमारी रुचि उन दोलनों में है जो कि द्रव्यमान  $M$  में केवल कमानी के प्रत्यास्थ



बल के कारण होते हैं। यदि इनमें गति का क्षैतिज घटक (लोलक की भांति) होगा तो गुरुत्वाकर्षण बल गति को जटिल बना देगा।

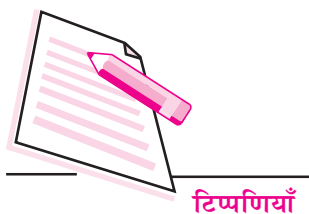
- (iii) इनका मान समान होगा। दोलनों की सरल आवर्त गति तभी तक है, जब तक कि ये कमानी की प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर हों। एक सरल आवर्त गति के लिये आवर्तकाल आयाम पर निर्भर नहीं करता।
- (iv) गुरुत्व जनित बल का मान कम होने के कारण वर्धन भी कम होता है क्योंकि समीकरण 3 के अनुसार कमानी नियतांक अपरिवर्तित रहता है।

### प्रयोग-9

- (i)  $V$  के कम मानों के लिये पृष्ठ तनाव की तुलना जल प्रवाह के लिए जिम्मेदार जल-स्तंभ के दाब से की जा सकती है।
- (ii)  $V$  के उच्च मानों के लिये यदि ब्यूरेट के संकीर्ण अवरोधक में जल प्रवाह विक्षुब्ध (turbulent) हो तो आंशिक प्रवाह दर भी काफी कम हो सकती है।
- (iii) यह सुनिश्चित करता है कि ब्यूरेट के संकीर्ण अवरोधक से जल प्रवाह के लिये ब्यूरेट में निम्नतम चिन्ह के ऊपर स्थित जल स्तंभ का दाब ही उत्तरदायी है।
- (iv) (b) ज्यादा है।  $V = 40 \text{ mL}$  पर जल प्रवाह की दर  $V = 50 \text{ mL}$  पर जल प्रवाह की दर की  $4/5$  है क्योंकि आंशिक प्रवाह-दर समान है।
- (v) (a) जल प्रवाह की दर  
(b) किसी समय ब्यूरेट में जल का आयतन  $V$   
(c) जल प्रवाह की अर्धायु:  $T (1/2)$  or  $T (1/4)$  आदि।
- (vi) (a) लगभग 7 अर्धायु

### प्रयोग-10

- (i) 0.67 मीटर और 2.01 मीटर
- (ii) समीकरण (i) बतलाता है कि किसी एक अनुनाद के लिए वायु स्तंभ की लम्बाई से भी हम तरंगदैर्घ्य और ध्वनि का वेग ज्ञात कर सकते हैं। लेकिन प्रस्पंद ठीक नली के खुले सिरे पर नहीं बनता। यह इससे ऊपर कुछ दूरी पर बनता है। यह दूरी लगभग  $0.3D$  के बराबर है जहाँ  $D$  नली का आन्तरिक व्यास है। अतः अनुनादित वायु-स्तंभ की लम्बाई  $L$  न  $L+e$  होकर है। दो स्थितियों के लिये अनुनादित वायु स्तंभ की लम्बाइयों का अन्तर लेने पर इस अन्त्य-त्रुटि का निराकरण हो जाता है।
- (iii) किसी दिये गये ध्वनि-स्रोत के लिये, आवृत्ति का मान नियत होता है। अतः तरंग दैर्घ्य ध्वनि-वेग के अनुक्रमानुपाती होती है। चूंकि ताप के साथ वेग में वृद्धि होती



है व तदनुसार ही तरंगदैर्घ्य भी बढ़ता है। अब अनुनादित वायु स्तंभ की लम्बाई  $L = n\lambda/4$  अतः  $5^\circ\text{C}$  ताप वृद्धि के लिये वायु स्तंभ की लम्बाई में वृद्धि होगी।

### प्रयोग-11

- एक स्वरित्र-द्विभुज को एक रबर गुटिका से टकराकर दोलित करना चाहिए। इसे किसी ठोस वस्तु में मारने पर यह नष्ट हो सकता है या इसकी अभिलाक्षणिक आवृत्ति परिवर्तित हो सकती है।
- (a) 3; (b) 6
- 1073 हर्ट्ज

### प्रयोग-12

- तनाव  $F$  की विमा  $MLT^{-2}$  व  $\mu$  की विमा  $ML^{-1}$  है। अतः समीकरण (13.1) के दाँये भाग की विमा

$$\frac{1}{L} \left[ \frac{MLT^{-2}}{ML^{-1}} \right]^{1/2} = T^{-1}$$

समीकरण का बाँया भाग आवृत्ति है जिसकी विमा  $T$  है अतः समीकरण के दोनों भागों की विमायें समान हुईं।

- ध्वनि पट स्वरित्र-द्विभुज के कंपनों को तार में संचरित करता है। तार की स्वाभाविक आवृत्ति स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति के बराबर होने पर अनुनाद उत्पन्न होता है व कागज का आरोही जोर से फड़फड़ाकर नीचे गिर जाता है।
- 12 न्यूटन, 1.225 किलोग्राम
- 256 हर्ट्ज
- स्थिर  $F$  व  $L$  के लिये तार की मूलभूज आवृत्ति  $f \propto \frac{1}{\sqrt{\mu}}$  (समीकरण 13.1 को पुस्तक में देखें) अतः दो गुणा अधिक द्रव्यमान-घनत्व वाले तार के लिये मूल आवृत्ति  $1/2$  गुना न होकर  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  गुना होती है।

### प्रयोग-13

- दो वस्तुओं को दो भिन्न स्थानों से देखने पर उनकी स्थिति में सापेक्ष विस्थापन लंबन कहलाता है। एक पिन के वास्तविक प्रतिबिंब के शीर्ष व दूसरी पिन के



शीर्ष के बीच लंबन दूर करने के लिये प्रकाश वेदिका में प्रतिबिंब पिन को इस प्रकार समायोजित करते हैं ताकि उनके शीर्ष अक्ष के इधर उधर विभिन्न स्थितियों से देखे जाने पर संपाती रहें।

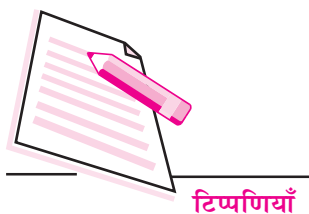
- (ii) जब हम किसी वस्तु को अवतल दर्पण के ध्रुव व फोकस के बीच ध्रुव से दूर ले जायें तो इसके आभासी प्रतिबिंब का आकार बढ़ता है। फोकस से दूर रखे जाने पर वास्तविक प्रतिबिंब बनता है। व वस्तु को फोकस से अनंत की ओर ले जाने पर इसका आकार कम होता है।
- (iii) अवतल दर्पण के फोकस व ध्रुव के बीच वस्तु को रखने पर हमें आभासी प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है।
- (iv) अनुमानित फोकस दूरी इसलिए ज्ञात की जाती है ताकि वस्तु पिन को  $f$  व  $2f$  के बीच रखा जा सके। इस पर हम प्रतिबिंब पिन को  $2f$  से दूर रख सकते हैं व वस्तु पिन का वास्तविक प्रतिबिंब इस पर बन सकता है।
- (v) वस्तु को दर्पण के काफी समीप रखें। यदि इसका वास्तविक प्रतिबिम्ब बड़ा बनता है तो यह अवतल दर्पण है और यदि छोटा बनता है तो उत्तल दर्पण है।
- (vi) हम गोलीय दर्पणों का द्वारक (व्यास) इसकी फोकस दूरी की तुलना में छोटा रखते हैं क्योंकि दर्पण सूत्र केवल उपाक्षीय किरणों के लिये लागू होता है।
- (vii) नहीं। क्योंकि उत्तल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब सदैव आभासी होता है।
- (viii) हम  $f$  का मान  $y$ - अक्ष पर  $(uv)$  व  $x$ -अक्ष पर  $(u+v)$  के बीच आलेखचित्र बनाकर भी ज्ञात कर सकते हैं। इस आलेख चित्र (मूल बिंदु से होकर जाने वाली ऋजुरेखा) का ढाल इसकी फोकस दूरी है।
- (ix) हाँ। क्योंकि मोमबत्ती का वास्तविक प्रतिबिंब पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है और इस प्रकार  $u$  व  $v$  के मानों का सटीक मापन किया जा सकता है।
- (x) हाँ। हम एक पिन का इस पर वास्तविक प्रतिबिंब प्राप्त कर सकते हैं जबकि यह वक्रता त्रिज्या पर रखी हो। इस प्रकार हम  $f$  का मान  $f = R/2$  से ज्ञात कर सकते हैं।

### प्रयोग-14

- (i) लेंसों का प्रयोग (i) चशमों (ii) सूक्ष्मदर्शियों (iii) दूरदर्शियों व (iv) फोटो कैमरा आदि में किया जाता है।

$$(ii) \quad \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{R} \right) = \frac{0.5}{R} = \frac{1}{2R}$$

$$\Rightarrow f = 2R$$



टिप्पणियाँ

$$(iii) \quad (a) \quad P = -2.5 \text{ मीटर}^{-1}, \quad f = \frac{1}{P} = \frac{-1}{2.5} \text{ मीटर} = -40 \text{ cm}$$

(b) फोकस दूरी का ऋणात्मक मान दर्शाता है कि लेंस अपसारी (अवतल) है।

(iv) हाँ, क्योंकि इस प्रयोग में उत्तल लेंस द्वारा बना प्रतिबिम्ब वास्तविक है। हम वस्तु पिन के स्थान पर मोमबत्ती व प्रतिबिम्ब पिन के स्थान पर अल्पपारदर्शी परदा प्रयोग कर सकते हैं।

$$(v) \quad \text{जल में } \frac{1}{f} = (1.5-1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$(v) \quad \text{जल में } \frac{1}{f_1} = \left( \frac{1.5}{4/3} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \left( \frac{9}{8} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{f_1}{f} = \frac{.5}{1/8} = 4$$

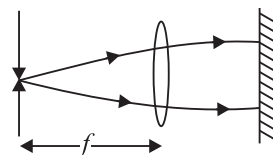
$$\Rightarrow f_1 = 4f$$

अर्थात् जल में फोकस दूरी का मान वायु में फोकस दूरी के मान से चार गुना हो जायेगा।

(vi) वस्तु को  $2f$  पर रखे जाने पर प्रतिबिम्ब वस्तु के आकार का बनता है।

(vii) वस्तु को लेंस के फोकस व प्रकाश केन्द्र के बीच रखे जाने पर प्रतिबिम्ब आभासी होगा।

(viii) यदि वस्तु को लेंस के फोकस पर रखा जाय तो लेंस के प्रत्येक बिंदु से निकलने वाली किरणें समान्तर होंगी। अतः यदि लेंस के पीछे एक समतल दर्पण लगा दिया जाय तो किरणें अपने पथ को दोहरायेंगी। अतः उसी स्थिति में वस्तु पिन का वास्तविक व उल्टा प्रतिबिम्ब प्राप्त होगा। इस प्रकार  $f$  मापा जा सकता है।



### प्रयोग-15

(i) एक गोलीय दर्पण की वक्रता त्रिज्या  $R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$  की सहायता से ज्ञात की जा सकती है जहाँ  $l$  गोलाईमापी के टाँगों के बीच की औसत दूरी और  $h$  गोलीय पृष्ठ की ऊँचाई





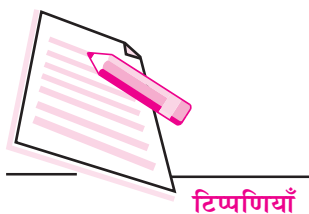
$$\text{तब } f = \frac{R}{2}$$

- (ii) उत्तल दर्पण के लिये आवर्धन सूत्र  $M = -\left(\frac{f}{u+f}\right)$  है।
- (iii) कारों आदि में एक उत्तल दर्पण पीछे का दृश्य देखने के लिये प्रयुक्त होता है क्योंकि इसमें छोटा व सीधा प्रतिबिम्ब बनने के कारण दृष्टि क्षेत्र विस्तृत होता है।
- (iv) हाँ। चित्र 16.1 के संदर्भ में यदि  $OL, f_1$  से थोड़ा अधिक हो तो प्रतिबिम्ब दूरी  $LI$   $R$  से अधिक जितना चाहें उतनी हो सकती है। अतः यदि  $f_1 > R/2$  हो तो भी प्रयोग संपन्न किया जा सकता है। लेकिन  $f_1$  बहुत कम होने पर  $O$  का  $I$  पर प्रतिबिम्ब काफी आवर्धित होने के कारण प्रयोग की परिशुद्धता कम हो जाती है।  $f_1 < R/2$  भी के लिये भी प्रयोग विधि समान रहती है।
- (v) सामान्य स्थिति में जब हम एक उत्तल दर्पण के सामने एक वास्तविक वस्तु रखते हैं तो आभासी प्रतिबिम्ब दर्पण के पीछे बनता है। लेकिन इस प्रयोग में हम उत्तल दर्पण की सहायता से आभासी वस्तु का वास्तविक प्रतिबिम्ब बना रहे हैं। आभासी वस्तु  $I$  पर लेन्स द्वारा बना प्रतिबिम्ब है। परन्तु इस प्रतिबिम्ब को बनाने वाली किरणें  $I$  पर पहुँचने से पूर्व दर्पण द्वारा परावर्तित होती हैं।

### प्रयोग-16

- (i) एक लेंस की फोकस दूरी निम्न बातों पर निर्भर करती है।
- लेंस के पदार्थ का अपवर्तनांक
  - चारों ओर के माध्यम का अपवर्तनांक
  - लेंस के पृष्ठों की वक्रता त्रिज्या
  - प्रयुक्त प्रकाश की तरंग दैर्घ्य
- (ii) (a) वायु में लाल व बैंगनी प्रकाश किरणों का वेग समान है।  
(b) जल में लाल किरण वे वेग बैंगनी प्रकाश किरण से अधिक है।
- (iii) लाल प्रकाश के लिये फोकस दूरी अधिक है क्योंकि

$$\frac{1}{F} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$



टिप्पणियाँ

और  $\mu = A + \frac{B}{\lambda^2}$  (कौसी-सूत्र)। लाल प्रकाश का तरंगदैर्घ्य  $\lambda$  अधिक होता है अतः  $\mu$  कम होता है। अतः लाल रंग के लिये लेंस की फोकस दूरी अधिक होती है।

- (iv) नहीं। क्योंकि अवतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब आभासी होता है।
- (v) एक वस्तु और लेंस द्वारा बने उसके वास्तविक प्रतिबिंब के बीच की न्यूनतम दूरी  $4f$  होती है।
- (vi) (a) दो लेंसों के संपर्क संयोजन से एक पास की वस्तु का बड़ा प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है। इससे इस बात की पुष्टि होती है कि उत्तल लेंस की फोकस दूरी अवतल लेंस की फोकस दूरी से कम है।
- (b) यह आवश्यक है क्योंकि हम संयोजन द्वारा वास्तविक प्रतिबिंब बनाना चाहते हैं।
- (vii) हाँ। जब हम लेंसों को दो अलग-अलग स्तंभों में आरूढ़ करते हैं तो उत्तल लेंस द्वारा बना वास्तविक प्रतिबिंब अवतल लेंस के लिये आभासी वस्तु का कार्य करता है जो कि अंततोगत्वा इसका वास्तविक प्रतिबिंब बनाता है।  $u$  व  $v$  के मापन द्वारा फोकस दूरी की गणना की जा सकती है।

### प्रयोग-17

- (i) न्यूनतम विचलन की स्थिति में

$$A = 2r$$

$$\Rightarrow r = \frac{60}{2} = 30^\circ$$

$$\mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_k i}{\mu_k r}$$

$$\Rightarrow \sin i = 1.5 \times \frac{1}{2} = 0.75$$

$$i = \sin^{-1}(0.75)$$

- (ii) किसी एक विशेष तरंगदैर्घ्य के लिये न्यूनतम विचलन कोण तब मिलता है जब किरण प्रिज्म में से समामित रूप से गुजरती है अर्थात् जब यह प्रिज्म के आधार के समान्तर गुजरती है।



टिप्पणियाँ

(iii) 1.64

(iv) विभिन्न तरंगदैर्घ्यों के लिये अपवर्तनांक थोड़ा-थोड़ा भिन्न होता है। जब आपाती प्रकाश एकवर्णी न हो तो प्रत्येक तरंगदैर्घ्य (रंग) का अपवर्तन थोड़ा-थोड़ा भिन्न होता है क्योंकि भिन्न भिन्न तरंगदैर्घ्य के लिये किसी माध्यम में तरंग गति भिन्न होती है। यहाँ बताया गया है कि विभिन्न रंगों की तरंगों का तरंगदैर्घ्य वायु (या निर्वात) के संदर्भ में है। लेकिन तरंगों की आवृत्ति अपरिवर्तित रहती है। इस प्रकार हम विभिन्न आवृत्तियों (विभिन्न रंगों) के लिये भिन्न  $\mu$  के मान प्राप्त कर सकते हैं।

(v) 51.2°

### प्रयोग-18

(i) वक्रता केन्द्र पर अर्थात् स्वयं वस्तु पिन के ऊपर ही।

(ii) वस्तु पिन के नीचे वक्रता त्रिज्या से कम दूरी पर

(iii) कोई वास्तविक प्रतिबिम्ब नहीं बनता। दर्पण के पीछे एक आभासी व सीधा प्रतिबिम्ब बनता है।

(iv) अवतल दर्पण की ओर, क्योंकि

$$h_2 < h_1 \text{ (क्योंकि } n > 1 \text{ और } n = \frac{h_1}{h_2} \text{)}$$

(v) प्रतिबिंब भी हटता है। प्रतिबिंब अवतल दर्पण से दूर जाता है। बीच में दोनों संपाती होते हैं।

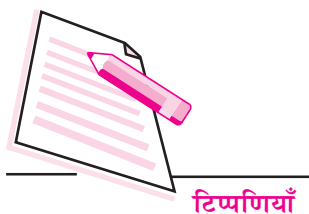
$$(vi) \frac{1}{u} + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \text{ (दर्पण सूत्र)}$$

$$\frac{1}{-20} + \frac{1}{-30} = \frac{2}{R} \text{ (आधुनिक चिन्ह परिपाटी के अनुसार)}$$

$$\frac{-3-2}{60} = \frac{2}{R} \Rightarrow \frac{-5}{60} = \frac{2}{R} \Rightarrow R = -24 \text{ Cm}$$

दोनों वक्रता केन्द्र पर मिलते हैं। अतः वस्तु पिन को इसके वक्रता केन्द्र पर प्रतिबिंब के संपाती होने के लिये  $(30-24) = 6 \text{ cm}$  खिसकना पड़ेगा। उत्तर (b) है।

$$(vii) \frac{n_1}{n_b} = \frac{h_1/h_{2a}}{h_1/h_{2b}}$$



टिप्पणियाँ

$$\Rightarrow \frac{n_a}{n_b} = \frac{h_{2b}}{h_{2a}} \Rightarrow \frac{1.3}{1.2} = \frac{x}{25} \Rightarrow x = \frac{25 \times 1.3}{1.25} \text{ cm}$$

 अर्थात्  $x = 26 \text{ cm}$ 

 (viii) नहीं। पारा अपारदर्शी व लगभग पूर्ण परावर्तक है। पारे का अपवर्तनांक  $\infty$  है।

### प्रयोग-19

(i)  $m = f_o/f_e = 80 \text{ cm}/100 \text{ mm} = 80 \text{ cm}/10 \text{ cm} = 8$

(ii) अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्र लेंस के बीच दूरी  $= f_o + f_e$   
 $= 80 \text{ cm} + 10 \text{ cm}$   
 $= 90 \text{ cm}$

 (iii) वस्तु को अभिदृश्यक लेंस से 8 मीटर आगे रखने पर इसके द्वारा बने प्रतिबिम्ब की दूरी माना  $v$  है, तब और  $u = -800 \text{ Cm}$  लेंस सूत्र के अनुसार

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{(-800)} = \frac{1}{80} \Rightarrow v = 88.9 \text{ cm}$$

अतः अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्र लेंस के बीच की दूरी

$$v + f_e = 88.9 + 10 = 98.9 \text{ cm}$$

(iii) एक दूरदर्शी की निकासी पुतली अभिनेत्र लेंस द्वारा अभिदृश्यक लेंस पर बना वास्तविक प्रतिबिम्ब है।

(iv) हमारे लिये आँख की पुतली को दूरदर्शी की निकासी पुतली की स्थिति में रखना आवश्यक है ताकि अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्र लेंस से गुजरने वाला पूरा प्रकाश आँख में प्रवेश कर सके। इससे हम उन सभी वस्तुओं को एक साथ देख सकते हैं जिन्हें दूरदर्शी की सहायता से देखा जा सकता है।

 (v) माना निकासी पुतली व अभिनेत्र लेंस के बीच की दूरी  $v$  है। चूँकि  $90 \text{ cm}$  दूरी पर स्थित अभिदृश्यक लेंस वस्तु की भाँति कार्य कर रहा है,  $u = -90 \text{ cm}$  लेंस सूत्र का प्रयोग करने पर

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{(-90) \text{ cm}} = \frac{1}{10 \text{ cm}}$$

$$\Rightarrow v = 11.2 \text{ cm}$$

 (vi) माना  $f_o$  तथा  $f_e$  वांछित दूरदर्शी के अभिदृश्यक लेंस व अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरियाँ हैं तब



$$m = f_o/f_e = 25 \dots\dots\dots(1)$$

$$v \text{ लेंसों के बीच की दूरी } f_o + f_e = 52 \text{ cm} \dots\dots\dots (2)$$

समीकरण (1) व (2) को हल करने पर

$$f_o = 50 \text{ cm व } f_e = 2 \text{ cm}$$

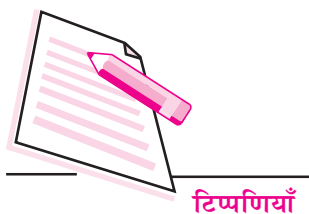
- (vii) एक खगोलीय दूरदर्शी द्वारा बना अन्तिम प्रतिबिम्ब उल्टा होता है। अतः समाचार पत्र के शब्द उल्टे दिखेंगे जिन्हें आसानी से नहीं पढ़ा जा सकेगा।
- (viii) समाचार पत्र की दूरी नंगी आँख द्वारा समाचार पत्र पढ़े जा सकने वाली दूरी की 10 गुना है। दूरदर्शी दस गुना आवर्धन करता है। अतः शब्द नंगी आँख द्वारा 4 मीटर की दूरी पर देखे जा सकने वाले शब्दों के बराबर दिखेंगे। यदि दूरदर्शी पूर्ण रूपेण सक्षम हो तो शब्द पढ़े जा सकते हैं। लेकिन, चूँकि साधारण लेंसों का प्रयोग किया गया है अन्तिम प्रतिबिम्ब थोड़ा धुंधला मिलता है। अतः इस स्थिति में शब्द नहीं पढ़े जा सकते हैं। वास्तव में दूरदर्शी द्वारा बने चित्र की स्पष्टता में लब्धि उसकी आवर्धन-क्षमता में वृद्धि की तुलना में सदैव कम होती है।

### प्रयोग-20

- (i) मोटे संयोजक तार का प्रतिरोध कम व नगण्य होता है।
- (ii) वोल्टमीटर को परिपथ में जोड़ने के बाद परिपथ में धारा काफी कम हो जायेगी। अतः परिपथ की कार्यशैली परिवर्तित हो जायेगी।
- (iii) उच्च धारा से तार गर्म हो सकता है। इस प्रकार इसका प्रतिरोध बदल सकता है।
- (iv) यदि किसी तार में प्रवाहित धारा व इसके विभवान्तर के बीच लेखाचित्र मूलबिंदु से गुजरने वाली सरल रेखा हो तो यह ओहम के नियम का पालन करता है।
- (v) सम्भवताया वोल्टमीटर को बैटरी व जाँच किये जाने वाले प्रतिरोधों के संयोजन के श्रेणीक्रम में जोड़ा गया है।
- (vi) प्रतिरोधों के संयोजन के श्रेणीक्रम में गलत ढंग से जुड़े वोल्टमीटर को वहाँ से हटाकर प्रतिरोधों के संयोजन के समान्तर क्रम से जोड़ा जायेगा।
- (vii) चूँकि वोल्टमीटर उच्च प्रतिरोध का यन्त्र है और श्रेणीक्रम में जुड़ा है, पूरी बैटरी वोल्टेज इस पर आरोपित होगी और यह बैटरी का विद्युत वाहक बल दर्शायेगा। फिर भी परिपथ में अति अल्प धारा प्रवाहित होगी जिसे अमीटर की सहायता से नहीं मापा जा सकता है। इसका संकेतक शून्य के समीप ही रहेगा।

### प्रयोग-21

- (i) एक सेल का विद्युत वाहक बल इससे कोई धारा न लिये जाने की स्थिति में इसके सिरों का विभवान्तर है।



- (ii) विभवमापी दो बिंदुओं के बीच बिना धारा लिये ही विभवान्तर मापने की युक्ति है। जब एक समान अनुप्रस्थ काट के तार में धारा प्रवाहित की जाती है तो तार के किसी खण्ड में विभवान्तर तार की लम्बाई के अनुक्रमानुपाती होता है।
- (iii) विभवमापी के तार की लम्बाई में विभव प्रवणता, तार की प्रति इकाई लम्बाई में विभवपात है।
- (iv) विभव प्रवणता निम्न बातों पर निर्भर करती है
  - (a) तार से गुजरने वाली धारा: जितनी अधिक धारा प्रवाहित होगी उतनी ही विभव प्रवणता अधिक होगी।
  - (b) तार का पदार्थ: जितनी अधिक प्रतिरोधकता होगी उतनी ही अधिक विभव प्रवणता होगी।
  - (c) तार की अनुप्रस्थ काट: जितना अधिक तार की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल होगा उतनी ही कम विभव प्रवणता होगी।
  - (v) यदि तार का कोई भाग अन्य भागों की अपेक्षा पतला हो तो इस भाग के प्रति सेन्टीमीटर में विभवपात अन्य भागों की अपेक्षा अधिक होगा। अतः इस तार के लिये विभवान्तर व लम्बाई का अनुक्रमानुपात नियम लागू न होने के कारण इसे विभवमापी में प्रयोग नहीं किया जा सकता है।
  - (vi) धारा-नियंत्रक की सहायता से हम धारा का इस प्रकार समायोजन कर सकते हैं कि विभवमापी की पूरी लम्बाई में विभवान्तर तुलना किये जाने वाले विभवान्तरों के अधिकतम मान से थोड़ा अधिक हो।
  - (vii)  $l_1$  व  $l_2$  की लम्बाइयाँ जितनी कम होंगी उतनी ही परिणा में प्रतिशत त्रुटि अधिक होगी।
  - (viii) यूरेका (या कॉन्स्टेन्टन) का तार लिया जाता है क्योंकि इसकी प्रतिरोधकता, ताप में परिवर्तन से बहुत मामूली सी बदलती है।
  - (ix) तार में कम धारा प्रवाहित की जाती है। इससे विभव प्रवणता कम जो जाती है और इस प्रकार मापे जाने वाले विभवान्तर के तुल्य लम्बाई में वृद्धि होती है।
  - (x) पहले लेक्लांशी सेल के लिये संतुलन-बिंदु ज्ञात किया जाता है क्योंकि इसका विद्युत वाहक बल अधिक होता है। विभवमापी के तार की लम्बाई में यदि यह बिंदु प्राप्त हो जाता है तो दूसरे कम विद्युत वाहक बल वाले सेल के लिये यह तार की लम्बाई के अन्दर ही प्राप्त होगा।

### प्रयोग-22

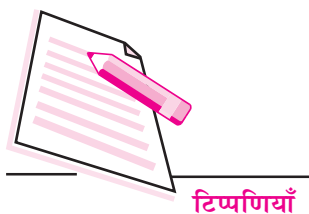
- (i) सूत्र  $S = \left( \frac{100-l}{l} \right) R$  की व्युत्पत्ति में, मीटर सेतु की तार की पूरी लम्बाई में प्रति इकाई प्रतिरोध समान है।



- (ii) सामान्यतया तार के ढीले किनारों पर (पेंच द्वारा ठीक से न कसे जाने के कारण) एक न्यून संपर्क-प्रतिरोध तार के श्रेणी-क्रम में पाया जाता है। इसे अन्त्य प्रतिरोध कहते हैं।
- (iii) जौकी की मीटर सेतु के तार में वह स्थिति जिसके लिये गैल्वेनोमीटर के आर पर विभवान्तर शून्य हो शून्य बिंदु कहलाती है।
- (iv) ताकि  $l$  व  $(100-l)$  लम्बाइयाँ तुलनीय हों। व्हीट स्टोन सेतु उस समय और अधिक संवेदनशील होता है जबकि चारों प्रतिरोधों के परिणाम एक ही कोटि के हों।
- (v) इससे अनुप्रस्थ-क्षेत्रफल में परिवर्तन आ जाने के कारण मीटर सेतु तार के प्रति इकाई लम्बाई प्रतिरोध-मान में अन्तर आ जाता है।
- (vi) यदि तार में निरन्तर धारा प्रवाहित की जाय तो इसके गर्म होने के कारण प्रतिरोध में वृद्धि हो जायेगी। इससे  $\left(\frac{l}{100-l}\right)$  अनुपात में परिवर्तन होने के कारण उदासीन बिंदु परिवर्तित हो जायेगा।
- (vii) गैल्वेनोमीटर एक संवेदनशील यंत्र है। प्रारम्भ में जब जौकी उदासीन बिंदु से दूर होती है तो गैल्वेनोमीटर से होकर गुजरने वाली धारा का परिणाम अधिक होने के कारण पैमाने पर अधिकतम विक्षेप-चिन्ह से भी अधिक विक्षेप हो सकता है। अचानक उच्च धारा प्रवाह से गैल्वेनोमीटर नष्ट हो सकता है। अतः जौकी के उदासीन बिंदु से दूर होने की स्थिति में गैल्वेनोमीटर में कम व सुरक्षित-धारा प्रवाहित करने के लिये श्रेणीक्रम में उच्च-प्रतिरोध लगाया जाता है। वैकल्पिक रूप से गैल्वेनोमीटर के समान्तर क्रम में शंट प्रयोग करके धारा का अधिक भाग उसमें से प्रवाहित किया जाता है।

### प्रयोग-23

- (i)  $R$  का मान बढ़ने पर सेल से ली जाने वाली धारा कम होती है। चूँकि  $V = \mathcal{E} - Ir$ ;  $Ir$  पद के कम होने से  $V$  बढ़ेगा चूँकि  $V \propto l_2$  अतः  $l_2$  में वृद्धि होगी।  $R$  का मान अनन्त होने पर  $V$  का मान  $\mathcal{E}$  व  $l_2$  का मान  $l_1$  के बराबर पहुँचता है।
- (ii) सेल से प्राप्त की गयी दो धाराओं के मानों के लिये सेल का विभवान्तर माप कर सेल का आन्तरिक प्रतिरोध व विद्युत वाहक बल निम्न समीकरणों की सहायता से परिकलित किया जा सकता है।
- $$V_1 = \mathcal{E} - I_1 r$$
- $$V_2 = \mathcal{E} - I_2 r$$
- (iii) एक सेल का आन्तरिक प्रतिरोध उससे ली गयी धारा पर निर्भर करता है। चूँकि  $R$  के भिन्न भिन्न मानों के लिये सेल से ली गयी धारा भिन्न भिन्न होगी। अतः आन्तरिक-प्रतिरोध का परिकलित मान भी भिन्न होगा।



- (iv) यह अनुपातिकता-स्थिरांक जिसे विभवमापी के तार की लम्बाई में विभव-प्रवणता कहा जाता है तार में प्रवाहित धारा व इसके प्रति इकाई प्रतिरोध पर निर्भर करता है।
- (v) जितनी कम विभव-प्रवणता होगी, उतनी ही विभवमापी द्वारा मापन में अधिक परिशुद्धता होगी।
- (vi) एक 10 मीटर तार का विभवमापी ज्यादा उपयुक्त होगा। और सभी कारक समान होने पर 10 मीटर तार की लम्बाई में विभव प्रवणता अपेक्षाकृत कम होगी।
- (vii) यह एक मिश्रधातु है जो कान्सटेनटन कहलाती है।
- (viii) क्योंकि समान अनुप्रस्थ क्षेत्रफल के तार के लिये ही विभवमापी के किन्हीं दो बिंदुओं के बीच विभवान्तर दो बिन्दुओं के बीच तार की लम्बाई के अनुक्रमानुपाती होता है।
- (ix)  $I r$  पर स्वयं सेल के आर पार विभवपात बतलाता है।
- (x) हाँ यदि किसी सेल से धारा प्राप्त किये जाने की दिशा के विपरीत दिशा में धारा प्रवाहित की जाय तो इसके शीर्षों का विभवान्तर निम्न होगा  

$$V = \mathcal{E} + I \cdot r$$

### प्रयोग-24

- (i) यह कुण्डली की लम्बाई, घुमावों की संख्या, प्रत्येक घुमाव की त्रिज्या व क्रोड की पारगम्यता पर निर्भर करती है।
- (ii) इसका  $R$  अपरिवर्तित रहेगा जबकि  $L$  का मान शून्य के करीब हो जायेगा।
- (iii) प्रतिबाधा = 12 ओह्म, प्रेरण प्रतिघात = 10.4 ओह्म (लगभग)
- (iv) (a) मल्टीमीटर की सहायता से सीधे मापन करके।  
 (b) प्रेरक के आर पार एक ज्ञात सरल धारा विभवान्तर लगाकर व इसमें प्रवाहित धारा का मापन करके।
- (v) 50 वोल्ट्स
- (vi) नहीं। सरल धारा-स्रोत से केवल कुण्डली का आंतरिक प्रतिरोध  $r$  ज्ञात किया जा सकता है इसका प्रेरकत्व  $L$  नहीं।
- (vii) धारा कम होगी।
- (viii) धारा का मान घटेगा।
- (ix) क्योंकि  $V_R$  व  $V_L$  समान कला में नहीं है।
- (x)  $90^\circ$  से कम प्रतिरोधक के एक शुद्ध प्रेरक होने पर कालान्तर  $90^\circ$  होता है। चित्र 25.4 में यह कोण  $\angle CBD$  के बराबर है।



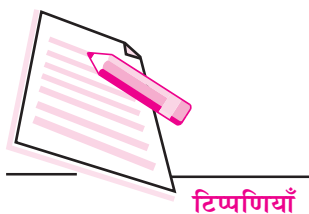


### प्रयोग-25

- (i) दोनों समान विभवान्तर तक आवेशित होंगे।
- (ii) विद्युत अपघट्य संधारित्र क्योंकि उनकी संधारिता अधिक होती है।
- (iii) (a) 80 सेकेन्ड (चूँकि  $C$  का मान दो गुना हो जाता है)  
(b) 20 सेकेन्ड (चूँकि  $R$  का मान आधा हो जाता है)
- (iv) दूसरा वक्रम बड़े समय-नियतांक के संगत है। क्योंकि यह अपने आधे मान तक आने में अधिक समय लेता है।
- (v) धारा व समय के बीच वक्र के नीचे का क्षेत्रफल संधारित्र को दिये गये कुल आवेश को दर्शाता है।
- (vi) समय नियतांक ( $RC$ ) का मान अधिक होना चाहिये ताकि आवेष्टन धारा में समय के साथ हास का प्रेक्षण व अभिलेखन संभव हो सके।
- (vii) 1000 माइक्रो फैरड के संधारित्र के साथ 100 किलो ओह्म का प्रतिरोध चुना जायेगा क्योंकि इस संयोजन से 100 सेकेन्ड का समय नियतांक प्राप्त होता है जो कि समुचित रूप से बड़ा है।
- (viii) (a) संयोजन (A) सर्वाधिक समय-नियतांक देता है।  
(b) संयोजन (B)  $R$  के न्यूनतम मान के कारण समय  $t = 0$  पर अधिकतम विसर्जन-धारा प्रदान करता है।
- (ix) हाँ। क्योंकि उस दशा में संधारित्र वोल्टमीटर द्वारा भी विसर्जित होगा और फिर प्रतिरोध एवं उसके समान्तर क्रम में लगे वोल्टमीटर का संयुक्त-प्रतिरोध गणना में आयेगा।

### प्रयोग-26

- (i) डायोड का गत्यात्मक प्रतिरोध काफी कम व सरल धारा प्रतिरोध काफी अधिक होता है, क्योंकि डायोड के आर पार कुछ प्रारम्भिक वोल्टेज के लिये इसमें से कोई धारा प्रवाहित नहीं होती। जब धारा प्रवाहित होना शुरू होती है तो थोड़ी सी वोल्टेज वृद्धि के संगत धारा-वृद्धि काफी अधिक होती है।
- (ii) गत्यात्मक प्रतिरोध  $V-I$  अभिलाक्षणिक की ढाल का व्युत्क्रम होता है। अभिलाक्षणिक के सरल रेखीय भाग में ढाल स्थिर (नियत) है और इसलिये इसका गत्यात्मक प्रतिरोध भी नियत है। लेखाचित्र में स्थैतिक प्रतिरोध बदलता रहता है क्योंकि मूल बिंदु से लेखाचित्र के विभिन्न बिंदुओं तक खींची गई सरल रेखाओं के ढाल भिन्न भिन्न हैं।
- (iii) वोल्टमीटर द्वारा धारा लिये जाने से मिली एम्पीयर मीटर द्वारा धारा-पाठ्यांक लेने में त्रुटि हो जाती है क्योंकि यह डायोड व वोल्टमीटर में प्रवाहित होने वाली कुल धारा का मापन करता है। अतः वोल्टमीटर संवेदनशील व बहुत कम धारा ग्रहण करने वाला होना चाहिये।



टिप्पणियाँ

- (iv) दो बिंदुओं के बीच (वार्षिक धारा/ वार्षिक वोल्टेज) दो बिंदुओं के बीच लेखाचित्र का औसत ढाल बताता है। इसका मान बिंदु A पर आलेख की ढाल के बराबर होता है (यदि A दोनों बिंदुओं का मध्य बिंदु हो)। यह तब भी लागू होता है जबकि आलेख के ढाल में परिवर्तन हो।

### प्रयोग-27

- (i) ट्रांजिस्टर गर्म हो जाता है और नष्ट भी हो सकता है।
- (ii) ट्रांजिस्टर या तो  $I_c = 150$  मिली एम्पीयर या  $V_{ce} = 50$  वोल्ट सहन कर सकता है। यदि दोनों को एक साथ आरोपित किया जाय तो ट्रांजिस्टर तुरन्त नष्ट हो जायेगा।
- (iii) वोल्टेज-लब्धि काफी अधिक (लगभग 4000) होगी।  $\delta V$  का कोई भी मान 0.01 वोल्ट का नहीं लिया जा सकता क्योंकि  $\delta V_0$  अधिक से अधिक 4 वोल्ट हो सकता है।
- (iv) आपको कई ऊर्ध्वाधर रेखायें, जैसे  $V_{ce} = 4$  वोल्ट, 5 वोल्ट, 6 वोल्ट, 7 वोल्ट, 8 वोल्ट व 9 वोल्ट पर लेनी पड़ेंगी। तब 28.4 (iv) व (v) पदों के अनुसार  $V_{ce}$  का मान प्रत्येक रेखा पर ज्ञात करें।
- (v) हाँ। इस प्रयोग को आधार परिपथ के लिये एक अलग बैटरी के बिना भी करना संभव है। हम रिहोस्टेट  $RG_1$  (1000 ओहम) व श्रेणीक्रम में 5 किलो ओहम के प्रतिरोध की सहायता से संग्राही परिपथ में 9 वोल्ट की बैटरी के आंशिक विभवपात को  $R_i$  से होते हुये आधार परिपथ में आरोपित कर सकते हैं। ऐसा धारा-लब्धि व वोल्टेज-लब्धि का मान ज्ञात करने के लिये किया जा सकता है।

### प्रयोग-28

- (i) यह पृथ्वी की सतह में उन बिंदुओं का बिंदुपाती है जो दोनों ध्रुवों से स्थान दूरी पर हैं।
- (ii) चुम्बकीय S ध्रुव पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी ध्रुव के निकट होता है।
- (iii) एकल चुम्बकीय क्षेत्र में उदासीन बिंदु प्राप्त नहीं किये जा सकते हैं।

### प्रयोग-29

- (i) श्रेणीक्रम में 100 ओहम का प्रतिरोध।
- (ii) समान्तर क्रम में 0.1 ओहम का शंट प्रतिरोध।
- (iii) समान्तर क्रम में।
- (iv) श्रेणीक्रम में।
- (v) पूर्ण परिपथ। केवल वह युक्ति जिसके आर-पार शंट जोड़ा गया है।