कक्षा 11

भौतिक विज्ञान

प्रायोगिक पुस्तिका

(एन.सी.ई.आर.टी पुस्तक पर आधारित)

राज्य शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, शंकर नगर

छत्तीसगढ़, रायपुर

वर्ष – 2017–18

मार्गदर्शक

सुधीर कुमार अग्रवाल, संचालक

एस. सी. ई. आर. टी., छत्तीसगढ़,रायपुर

कार्यक्रम समन्वयक

डॉ. विद्यावती चन्द्राकर

सहायक प्राध्यापक, एस.सी.ई.आर.टी., छत्तीसगढ़, रायपुर

विषय समन्वयक

पुष्पा किस्पोट्टा

प्राध्यापक एस.सी.ई.आर.टी., छत्तीसगढ़, रायपुर

संकलन एवं लेखन

पुष्पा किस्पोट्टा, राजेश कुमार चन्दानी, नवीन खरे, डॉ. भूपेन्द्रधर दीवान, विवेक कुमार वर्मा, होमनलाल साहू, के.के. कश्यप, प्रियंका शर्मा

चित्रांकन, लेआउट एवं टंकण

पंकज साहू

राज्य–शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्,

शंकर नगर छत्तीसगढ़,रायपुर

आमुख

प्रयोगशाला पुस्तिका विद्यार्थियों की मानसिक शक्तियों को पूर्ण रूप से विकसित करने का अवसर प्रदान करता है। तर्क शक्ति, कल्पना शक्ति, स्मरण शक्ति, निरीक्षण शक्ति, अन्वेषण शक्ति, एकाग्रता, मौलिकता, चिंतनशीलता, तर्क सम्मत एवं नियंत्रित विचार शक्ति आदि सभी मानसिक शक्तियों का समुचित विकास प्रायोगिक कार्यों के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। विद्यार्थी प्रयोग के माध्यम से अपने अन्दर तथा अपने आस पास की सत्यता तथा अपने मतिष्क की शक्तियों का सही उपयोग करके उपयोगी कार्य कर सकता है।

विद्यार्थियों के दृष्टिकोण की स्पष्टता तथा विचार श्रृंखलाओं को व्यवस्थित करने में प्रायोगिक कार्य सहायक होते हैं। प्रायोगिक कार्य इस बात का प्रशिक्षण देता है कि छात्र वास्तविक स्थिति का गंभीरतापूर्वक अवलोकन करे। कोई भी निर्णय लेने से पूर्व अपने विवेक एवं तर्क शक्ति का उपयोग करे।

एन.सी.ई.आर.टी के पाठ्यक्रम जो छ.ग. में लागू किया गया है इस पुस्तिका में प्रयोगों को सम्पन्न करने तथा प्रयोगों को रिकार्ड करने के सामान्य निर्देश दिए गए हैं।

शिक्षक एवं विद्यार्थियों के लिए यह जरूरी है कि किसी भी प्रयोग को करने से पहले प्रयोग से सम्बन्धित सिद्धांतों, प्रयोगविधियों एवं सूत्रों की जानकारी रखें साथ ही प्रयोग करने के पूर्व प्रयोग से सम्बन्धित समस्त उपकरणों को व्यवस्थित करें। पूर्व से ही छात्र प्रायोगिक सावधानियाँ बरतें जिससे सही परिणाम प्राप्त किया जा सके।

इस प्रायोगिक पुस्तिका में इस बात का विशेष ध्यान रखा गया है कि शिक्षक एवं विद्यार्थियों में अनावश्यक मानसिक बोझ न पड़े। सरल भाषा का प्रयोग किया गया है जिससे विद्यार्थी समझें तथा उसे रूचिकर लगे।

इस पुस्तिका के निर्माण में प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप से जुड़े प्रतिभागियों के प्रति परिषद् आभार व्यक्त करता है। प्रयोग पुस्तिका में किसी प्रकार की अवधारणात्मक एवं अन्य त्रुटियाँ हों तो आपके सुझाव सादर आमंत्रित हैं। आपके सुझाव इस पुस्तक को और बेहतर बनाने में सहायक होंगे।

इसी विश्वास और शुभकामनाओं के साथ.....

संचालक

राज्य शैक्षिक अनुसंधान और
परिषद छत्तीसगढ़, रायपुर

विषय सूची

- प्रयोगों को सम्पन्न करने के सामान्य उद्देश्य
- प्रयोगों को रिकार्ड करने के सामान्य निर्देश
- प्रयोग शाला में उपयोग आने वाले उपकरण

i;kx%

1. एक लघु गोलाकार वस्तु अथवा बेलनाकार वस्तु का व्यास वर्नियर कैलिपर्स द्वारा मापना।

2. वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से दिए गए ज्ञात द्रव्यमान के आयताकार गुटके परिमाप मापना और इससे उसके घनत्व का निर्धारण करना।

3. वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से बीकर/ कैलोरीमापी/गिलास का आंतरिक व्यास, गहराई और आयतन का निर्धारण करना।

4. स्क्रूगेज (पेंचमापी) की सहायता से एक तार का व्यास ज्ञात करना।
5. स्क्रूगेज की सहायता से एक दिए गए शीट की मोटाई ज्ञात करना।
6. स्क्रूगेज की सहायता से एक अनियमित आकृति के पटल का आयतन ज्ञात करना।

7. गोलाईमापी या स्फेरोमीटर की सहायता से किसी गोलीय पृष्ठ की वक्रता त्रिज्या ज्ञात करना

8. दण्ड तुला की सहायता से दो विभिन्न वस्तुओं का द्रव्यमान ज्ञात करना।
9. सदिशों के सामांतर चतुर्भुज के नियम को प्रयुक्त कर दी गई वस्तु का भार ज्ञात करना।

10. सरल लोलक के द्वारा L-T और $L\text{-}T^2$ ग्राफ आलेखित कर सेकण्ड लोलक की प्रभावकारी लम्बाई ज्ञात करना।

11. सीमांत घषर्ण बल व अभिलंब प्रतिक्रिया के बीच संबंध का अध्ययन करना तथा गुटके और क्षैतिज तल के बीच घर्षण गुणांक ज्ञात करना।

12. किसी आनत तल पर रखे बेलन पर गुरुत्व के कारण नीचे की ओर तल के सदिश लगने वाले बल का निर्धारण करना और बल एवं $\sin^{-}$ के बीच ग्राफ खींचकर क्षैतिज के साथ कोण और बल में संबंध का अध्ययन करना।

13. सर्ल उपकरण की सहायता से दिए गए तार के पदार्थ का यंग मापांक ज्ञात करना।

14. दोलन विधि द्वारा T^2-m ग्राफ आलेखित कर किसी कुण्डलीदार स्प्रिंग का बल नियतांक एवं प्रभावी द्रव्यमान ज्ञात करना।

15. नियत ताप पर वायु के निश्चित द्रव्यमान के लिए p तथा v और p तथा $\frac{1}{v}$ के बीच ग्राफ आलेखित कर दाब के साथ गैस के आयतन में परिवर्तन का अध्ययन करना।

16. केशीकीय उन्नयन विधि द्वारा जल का पृष्ठ तनाव (या तल तनाव) ज्ञात करना।

17. किसी गोलाकार पिंड का दिए गए द्रव में सीमांत वेग की माप कर उस द्रव का श्यानता गुणांक ज्ञात करना।

18. किसी तप्त वस्तु के ताप और समय के मध्य शीतलन वक्र आलेखित कर इनके संबंध का अध्ययन करना।

19. (1) स्वरमापी द्वारा नियत तनाव के अधीन किसी दिए गए तार की लंबाई एवं आवृत्ति के बीच सम्बन्ध का अध्ययन करना।

(2) स्वरमापी (sonometer) द्वारा किसी नियत आवृत्ति के लिए दिए गए तार की लंबाई तथा तनाव के बीच संबंध का अध्ययन करना।

20. अनुनाद नली द्वारा कक्ष ताप पर वायु में ध्वनि का वेग ज्ञात करना।

21. मिश्रण के सिद्धांत से दिए गए (1).ठोस (2). द्रव की विशिष्ट उष्मा ज्ञात करना।

i;kxk dk lEiUu dju d lkekU; fun'k&

1. छात्रों को प्रयोग के सिध्दांत,अवधारणा उद्देश्य विधि ....आदि को पूर्ण रूप से समझना चाहिए ।
2. शिक्षक की जिम्मेदारी है कि प्रायोगिक मेज पर उपकरण को उचित क्रम में व्यवस्थित कर क्षति से बचने के लिए उपकरणों का संचालन सावधानी एवं सतर्कता पूर्वक करने के लिए बच्चों को उचित मार्गदर्शन दें
3. किसी भी प्रकार की दुर्घटना एवं टूट फूट की स्थिति में तुरन्त सम्बंधित विषय शिक्षक को सूचित करें
4. आपेक्षित प्रायोगिक सावधानियों का पालन कठोर रूप से करें जिससे स्वयं की सुरक्षा हो सके एवं उपकरणों की क्षति न हो तथा सही निष्कर्ष प्राप्त हो सके।
5. प्रत्येक प्रेक्षणों को कई बार दोहराएं जिससे शुध्द पाठ प्राप्त हो सके प्रेक्षणों को सारणीबध्द करें

6. मापन के समय उसकी माप में यथार्थता की कोटि का सदैव ध्यान देना चाहिए।
7. जहां तक सम्भव हो आवश्यकतानुसार प्रेक्षणों का निरूपण ग्राफ की सहायता से करना चाहिए।
8. परिणाम को हमेशा उचित SI मात्रकों में त्रुटि सहित दर्शाना चाहिए।

ik;kxk dk fjdkM djus d fy, lkekU; funs'k&

विद्यार्थियों द्वारा किए गए प्रयोग को प्रायोगिक पुस्तिका में स्वच्छ एवं क्रमवध्द रिकार्डिंग करना अत्यन्त आवश्यक है । इसके लिए निम्नानुसार शीर्षकों का पालन करना है––––

प्रयोग संख्या

दिनांक ....   पृष्ठ संख्या.........

mnns';%&सम्पन्न की जाने वाली प्रयोग के उद्देश्य का उल्लेख स्पष्ट एवं सही होना चाहिए।

vko';d midj.k ,oa lkexzh%& प्रयोग करने के लिए आवश्यक उपकरणों एवं सामग्री की सूची हो

in@ifjHkk"kk,a vFkok vo/kkj.kk,a %& प्रयोग की अवधारणाएं एवं विभिन्न पदों की परिभाषाएं स्पष्ट हों

fu;e@fl/nkar %& प्रयोग आधारित सिध्दांत एवं गणना हेतु प्रयुक्त सूत्र का उल्लेख हो।

dk;Zfof/k%& प्रयोग के दौरान किए गए सम्पूर्ण कार्यवाही का उल्लेख सरल एवं स्पष्ट शब्दों में हों।

ifjdyu ,oa xzkQ vkys[ku%&प्रेक्षित मानों को सूत्र में प्रतिस्थापित कर गणना करें एवं आवश्यकतानुसार ग्राफ एवं लागेरिथ्म सारिणी का प्रयोग कर शुध्द परिणाम प्राप्त करने की कोशिश करें।

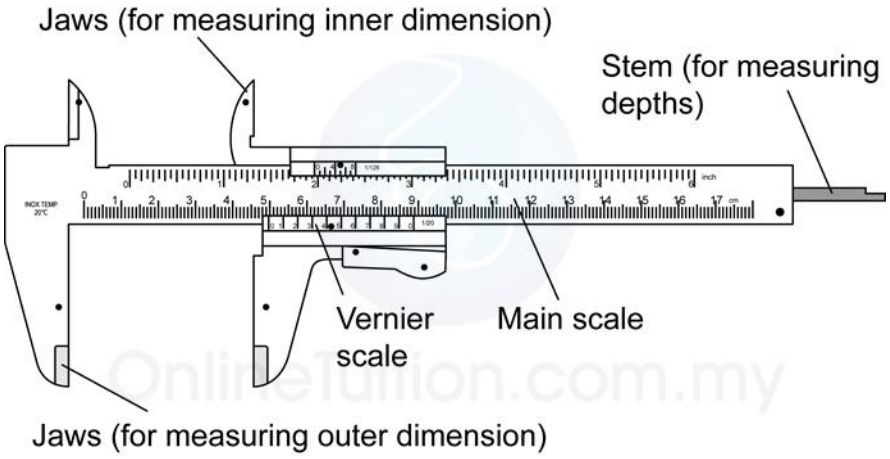
ifj.kke%& प्रायोगिक प्रेक्षणों के आधार पर परिकलन द्वारा प्राप्त परिणामों को उनके आंकिक मानों के उचित सार्थक अंकों में उपयुक्त SI मात्रकों एवं सम्भावित त्रुटि सहित व्यक्त कीजिए।

lko/kkfu;k %& प्रायोगिक कार्य करते समय बरती जाने वाली सावधानियों का उल्लेख करना है।

=fV;k d L=kr%& प्रयोगिक कार्यों के दौरान असावधानीपूर्वक की गई त्रुटियों का उल्लेख एवं यांत्रिक त्रुटियों का उल्लेख हो।

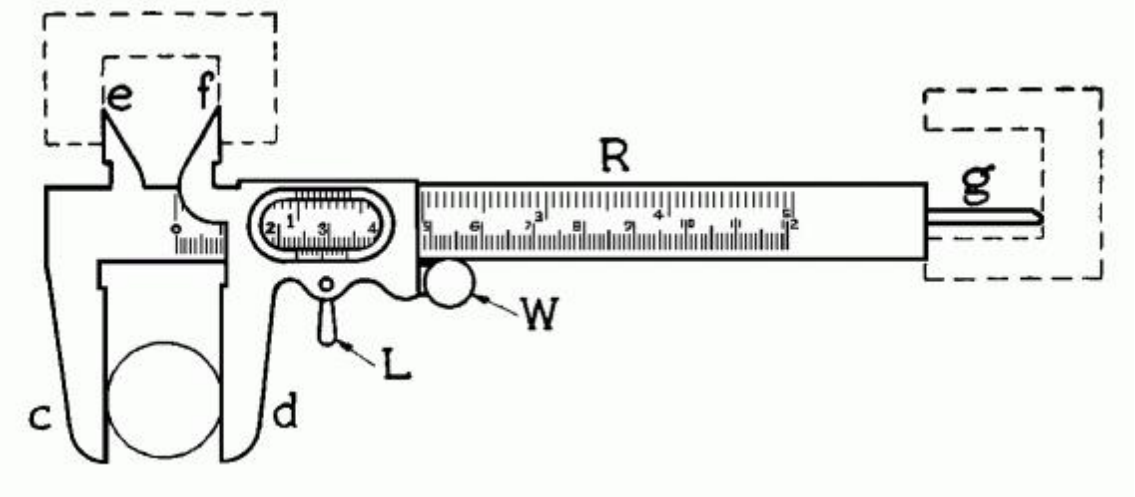
i;kx'kkyk e mi;kx vku oky midj.k&

वर्नियर कैलीपर्स (vernier callipers) – साधारणतः हम मीटर स्केल से 1 मिमी तक की लंबाई नाप सकते है। इससे भी कम लम्बाईयों को मापने के लिए फ्रांस के वैज्ञानिक ने वर्नियर कैलीपर्स बना या।



चित्र वर्नियर कैलीपर्स

1. रचना (Construction) – वर्नियर कैलीपर्स के मुख्य चार भाग होते हैं।
   I. **मुख्य स्केल** (Main Scale) – वर्नियर कैलिपर्स स्टील का बना होता है, जिसके एक सिरे पर सेमी या मिमी में तथा दूसरे सिरे पर इंच स्केल बना होता है। इस स्केल को मुख्य स्केल कहते हैं।
   II. **वर्नियर स्केल** (Vernier Scale)–इस स्केल को एक पेंच की सहायता से मुख्य स्केल पर आगे–पीछे किया जाता है तथा पाठ्यांक लेने के लिए मुख्य स्केल के किसी भी स्थान पर कसा जा सकता है। इस स्केल को वर्नियर स्केल कहते हैं।
   III. **जबड़ा** (Jaws) –वर्नियर कैलीपर्स में दो जबड़े होते हैं। जिनमें से ec स्थिर होता है तथा जबड़ा fd वर्नियर पैमाने के फ्रेम पर लगा रहता है। नीचे के बाहरी जबड़ों की सहायता से किसी वस्तु (छड़ अथवा बेलन) की लम्बाई अथवा उसका बाहय व्यास नाप सकते हैं तथा ऊपर के आंतरिक जबड़ों की सहायता से किसी खोखले बेलन का आंतरिक व्यास नाप सकते हैं। वर्नियर में लगी पत्ती g की सहायता से किसी बर्तन की गहराई नापी जा सकती है।



चित्र – 2

IV. **स्क्रू** (Screw)– स्क्रू की सहायता से जबड़ को किसी भी दिशा में सरकाया जा सकता है। इसे W से दर्शाया गया है।

2. **सिद्धांत (Principle)**–वह छोटी से छोटी राशि जिसे कोई यंत्र यर्थाथतापूर्वक नाप सकता है, यंत्र का अल्पतमांक कहलाता है। मुख्य पैमाने के एक भाग के मान तथा वर्नियर पैमाने के एक भाग मान में जो अंतर होता है, उसे वर्नियर स्थिरांक या अल्पतमांक कहते हैं, क्योंकि यही वह छोटी से छोटी लंबाई है जो इस यंत्र द्वारा नापी जा सकती है। वर्नियर का निर्माण इस प्रकार किया जाता है कि वर्नियर के n भागों का मान मुख्य स्केल के (n-1) भागों के मान के बराबर होता है।

माना वार्नियर के भाग का मान v है, मुख्य पैमाने के एक भाग का मान s है तथा वर्नियर स्केल के n भाग मुख्य स्केल के (n-1) भाग के तुल्य है।

अर्थात्
$$(n-1)s = nv$$
$$ns - s = nv$$
$$ns - nv = s$$
$$n(s-v) = s$$
$$s - v = \frac{s}{n}$$

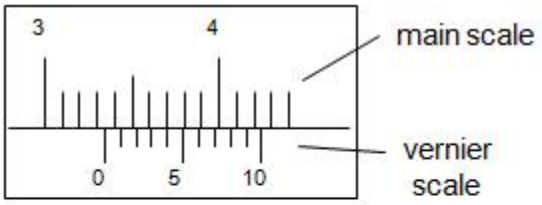
$s - v = \frac{s}{n}$ = मुख्य स्केल के एक भाग का मान/वर्निगर स्केल के कुल भागों की संख्या

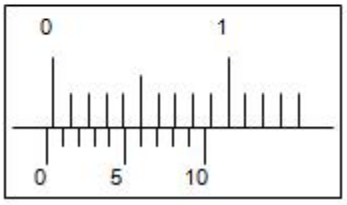
इसे वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमांक कहते हैं। वनिर्यर स्केल का कुल पाठ्यांक वर्नियर के भागों की संख्या को अल्पतमांक से गुणा करके प्राप्त करते हैं। वर्नियर कैलिपर्स का कुल पाठ्यांक उसके मुख्य स्केल के पाठ्यांक तथा वर्नियर स्केल के पाठ्यांक के योग के तुल्य होता हैं।

मुख्य स्केल के एक भाग का मान $S=1$ मिमी तथा वर्नियर स्केल के कुल खानों की संख्या $n=10$ है तो वर्नियर का अल्पतमांक $=\frac{s}{n}=\frac{1}{10}$ मिमी = 0.1 मिमी = 0.01 सेमी होगा।

यदि वर्नियर कैलिपर्स से किसी गोलाकार वस्तु की व्यास का मापन करना है तो उसे वर्नियर के नीचे के दोनों जबड़ों के बीच फंसा कर वर्नियर कैलिपर्स का पाठ्यांक निम्नानुसार ज्ञात करते हैं

सर्वप्रथम में देखा जाता है कि वर्नियर स्केल का शून्य मुख्य स्केल के किस भाग पर है चित्र क्र. –2 में यह 2.3 पर है अतः मुख्य स्केल का पाठ 2.3 है। वर्नियर स्केल के पाठ के लिए यह देखा जाता है कि वर्नियर का कौन सा भाग मुख्य स्केल के किसी भी भाग से संरेखित है अर्थात् एक सीध में है। माना यह चौथी रेखा है या चौथा भाग है। अब वर्नियर स्केल के पाठयांक के लिए संरेखित भाग, यहॉ चौथा भाग को अल्पतमॉक 0.01 सेमी से गुणा करते हैं अर्थात् $4 \times 0.01 = 0.04$ सेमी यह वर्नियर स्केल पाठ है।





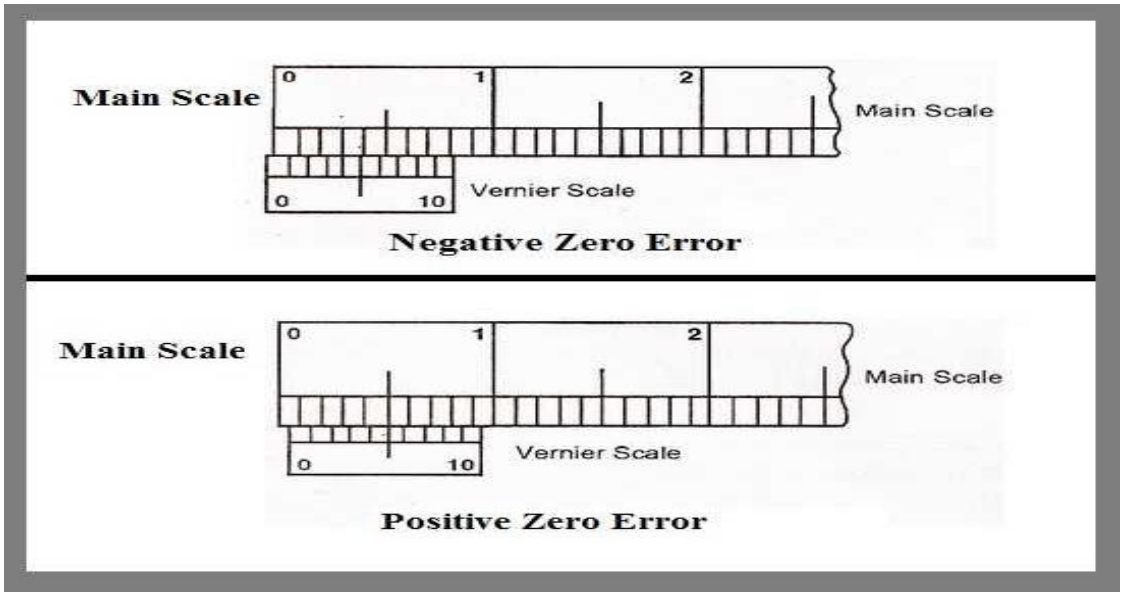
अतः वस्तु की व्यास मुख्य स्केल का पाठ्यांक + वर्नियर के चौथे भाग का मान x अल्पतमांक

= 2.3 + 0.04

= 2.34 सेमी

इस प्रकार दी गई वस्तु को व्यास 2.34 सेमी है।

3. शून्यांक त्रुटि (Zero errors) – वर्नियर कैलिपर्स के दोनों जबड़ों को मिलाने पर मुख्य स्केल के शुन्य और वर्नियर स्केल के शुन्य को संरेखित होना चाहिए यदि ऐसा नहीं है तो यंत्र में शुन्यांक त्रुटि होती है। शून्यांक त्रुटि दो प्रकार की होती है–
   1. धनात्मक शून्याक त्रुटि 2. ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि



1. **धनात्मक शून्यांक त्रुटि–** यदि दोनों जबड़ों को मिलाने पर वर्नियर स्केल का शून्य,मुख्य स्केल के शून्य के दाँयी ओर होता है तो शून्यांक त्रुटि धनात्मक कहलाती है इसे ज्ञात करने के लिये यह देखते हैं कि दोनों जबड़ों को मिलाने पर वर्नियर स्केल का कौन सा भाग मुख्य स्केल के किसी एक भाग के सीध में हैं। (संरेखित है) फिर इस वर्नियर के भाग के मान में अल्पतमांक का गुणा करके उसे कुल पाठ्यांक से चिन्ह सहित घटाते हैं।

चित्रानुसार वर्नियर का 5वाँ भाग मुख्य स्केल के एक चिन्ह के सीध में है

धनात्मक शून्यांक त्रुटि $= 5 \times 0.01$ सेमी.

$= 0.05$ सेमी.

(यदि 2.34 सेमी पूर्व पाठ्यांक है)

शुद्ध पाठ्यांक = कुल पाठ्यांक – (± शून्याक त्रुटि)

शुद्ध पाठ्यांक = 2.34 – 0.05

= 2.29 सेमी

2.ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि– यदि दोनों जबड़े मिलाने पर वर्नियर स्केल का शून्य मुख्य स्केल के शून्य के बांयी ओर होता है तो शून्यांक त्रुटि ऋणात्मक कहलाती है। इसे ज्ञात करने के लिए यह देखते हैं कि दोनों जबड़े मिलाने पर वर्नियर का कौन सा भाग, मुख्य पैमाने के

किसी भाग की सीध में है। उस भाग की संख्या को अल्पतमांक से गुणा करके उसे चिन्ह सहित कुल पाठ्यांक से घटाते हैं। शून्यांक त्रुटि चिन्ह सहित घटाई जाती है।

चित्रानुसार वर्नियर का चौथा भाग मुख्य स्केल के किसी एक भाग के सीध में हैं

ऋनात्मक शून्यांक त्रुटि $= 4 \times 0.01$ सेमी.

$= 0.04$ सेमी.

शुद्ध पाठ्यांक = कुल पाठ्यांक – (± शून्यांक त्रुटि)

(यदि 2.34 सेमी पूर्व पाठ्यांक है)

शुद्ध पाठ्यांक $= 2.34 - (-0.04)$

$= 2.38$ सेमी.

स्क्रूगेज या पेंचमापी (Srewgauge) – हम जानते हैं कि वर्नियर कैलिपर्स से 0.01 सेमी. या 0. 1 मिमी तक की माप को यथार्थता से माप सकते हैं। लेकिन कभी –कभी हमें 0.001 सेमी या 0.01 मिमी माप को मापना पड़ता है। इसके लिए वर्नियर से भी अधिक सूक्ष्मग्राही यंत्र प्रयोग करते हैं जो पेंचमापी या स्क्रूगेज कहलाता है। यह स्क्रूगेज माइक्रोमीटर स्क्रू के सिद्धांत पर कार्य करने वाला यंत्र है। इसकी सहायता से दशमलव के तीसरे स्थान तक शुद्ध माप ज्ञात कर सकते हैं। इसके द्वारा पतले तार की त्रिज्या पतलें पट्टी की मोटाई आदि ज्ञात की जा सकती है।

पेंचमापी का सिद्धाँत (Principle of Srewgauge) – जब किसी एकसमान चूड़ियों वाली ढिबरी में एक पेंच को घुमाया जाता है तो इसकी नोंक एक सरल रेखा में आगे या पीछे चलती है। यह दूरी, पेंच के सिरे के घुमाव के समानुपाती होती है।

पेंच के एक सिरे को पूरा एक चक्कर घुमाने में पेंच की नोंक जितना आगे या पीछे खिसकती हैं, उसे पेंच की पिच या चूड़ी अंतराल कहते हैं। यह पेंच की दो पास–पास वाली चूड़ियों के बीच की दूरी है।

माना पेंच को एक पूरा चक्कर घूमाने में पेंच के सिरे द्वारा तय दूरी S है तो पेच का चूड़ी अंतराल S होगा। यदि पेंचमापी के वृत्तीय स्केल पर n भाग हैं तो –

अल्पतमांक =

पेंच की पिच (चूड़ी अंतराल)

पेंच पर बने वृत्तीय स्केल के भागों की संख्या

अल्पतमांक $= \frac{S}{N}$

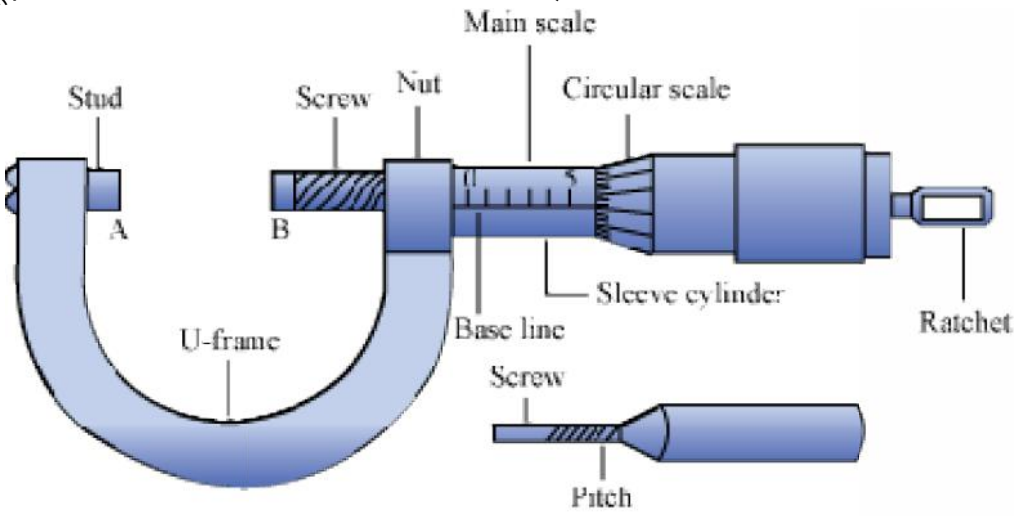
साधारणतः स्क्रूगेज में चूड़ी अंतराल 1 मिली तथा वृत्तीय स्केल पर बने खानों की संख्या 100 होती है।

अतः स्क्रूगेज का अल्पतमांक $= \frac{1}{100}$ मिमी 0.01 मिमी या 0.001 सेमी

पेंचमापी की रचना (Construction of Srewgauge)– पेंचमापी के मुख्यतः तीन भाग होते है –

I. U के आकार का धातु फ्रेम
II. पेंच तथा मुख्य स्केल
III. सिर स्केल या वृत्तीय स्केल

1. **U के आकार का धातु फ्रेम** – इस यंत्र में U के आकार का धातु फ्रेम होता है जिसके एक सिरे पर धातु का स्थिर गुटका A लगा होता है जिसे स्टड (Stud) कहते हैं। इस फ्रेम के दूसरी ओर सिरों पर ढिबरी होता है जिसकी अंदर की सतह पर समान दूरियों पर चूड़ी कटी होती है। ढिबरी के अंदर पेंच B ईधर–उधर खिसकाया जा सकता है।



चित्र

2. **मुख्य स्केल** – यह इस यंत्र का मुख्य भाग है। इसे चित्र में शीर्ष main scale से दिखाया गया है। यह ढिबरी फ्रेम के दांयी ओर बढ़ती रहती है। यह बढ़ा हुआ भाग मुख्य स्केल कहलाता है। इस पर सेमी तथा मिमी में पैमाना अंकित होता है।
3. **सिर स्केल या वृत्तीय स्केल** – पेंच को एक लंबे पेच शीर्ष (Screw head) द्वारा आगे–पीछे चलाया जा सकता है। इस वृत्तीय पैमाने पर बराबर– बराबर दूरी पर 100 चिन्ह बने होते हैं। इसे पेंचमापी का वृत्तीय स्केल (Circular Scale) कहते हैं।

आधुनिक पेंचमापी में रैचेट (Ratchet) का प्रबंध भी होता है। यह चित्र Ratchet द्वारा में दर्शाया गया है। रैचेट की सहायता से ही पेंच या स्क्रू को घुमाया जाता है जब रैचेट को घुमाने पर चट की आवाज आये तो पेंच को नहीं घुमाना चाहिए।

संभावित त्रुटियाँ – पेंचमापी का प्रयोग करते समय निम्न त्रुटियाँ हो सकती है –

I. पिच्छट त्रुटि (Back lash error)
II. शून्याँक त्रुटि (Zero error)

1. **पिच्छट त्रुटि** (Back lash error) – हम जानते है कि पेंच का सिद्धांत है कि पेंच के आगे–पीछे चलने की रेखीय दूरी उसके शीर्ष के घुमाव के समानुपाती होती है। परन्तु पेंचमापी को लगातार उपयोग में लाने से उसकी चूड़ियाँ, घर्षण आदि के कारण घिस जाती है। इससे पेच ढिबरी में ढीला हो जाता है इस स्थिति में पेंच को एक दिशा में घुमाते–घुमाते यदि एकाएक दूसरी दिशा में घुमने लगे तो वृत्तीय स्केल घूम जाता है लेकिन पेच की नोंक आगे या पीछे नहीं चलती है। यह त्रुटि यंत्र की पिच्छद त्रुटि कहलाती है।

   इसे दूर करने के लिए पेंच को एक ही दिशा में घुमाना चाहिए। यदि किसी कारण से पेंच को विपरीत दिशा में चलाना पड़े तो उसे अधिक घुमाकर पुनः उसी दिशा में चलाना चाहिए।

2. **शून्याँक त्रुटि** (Zero error)– यदि पेंच के सिरे को स्टड से स्पर्श कराने पर मुख्य पैमाने की आधार रेखा, वृत्तीय स्केल की शून्यांक रेखा की ठीक सीध में नही होती हैं तो यंत्र में शून्यांक त्रुटि होती है।

   यह त्रुटि निम्न दो प्रकार की होती है।

   (क) धनात्मक शून्याँक त्रुटि (Positive Zero error)

   (ख) ऋणात्मक शून्याँक त्रुटि (Negative Zero error)

(क) धनात्मक शून्याँक त्रुटि (Positive Zero error)–यदि पेंच के सिरे स्टड से स्पर्श कराने पर वृत्तीय स्केल का शून्य आधार रेखा से नीचे रहता हो तो त्रुटि धनात्मक शून्यांक त्रुटि होती है।

इसका मान ज्ञात करने के लिए यह देखते हैं कि वृतीय पैमाने का कौन सा चिन्ह मुख्य पैमाने के शून्य आधार रेखा को ठीक सीध में है। इस चिन्ह कि संख्या को अल्पतमांक से गुणा करने पर धनात्मक शून्यांक त्रुटि का मान प्राप्त होता हैं इस त्रुटि को प्रेक्षित पाठ्यांक में से घटा देते हैं।

चित्र (b) में 2 भाग मुख्य पैमाने के शून्य आधार रेखा के ठीक सीध में है

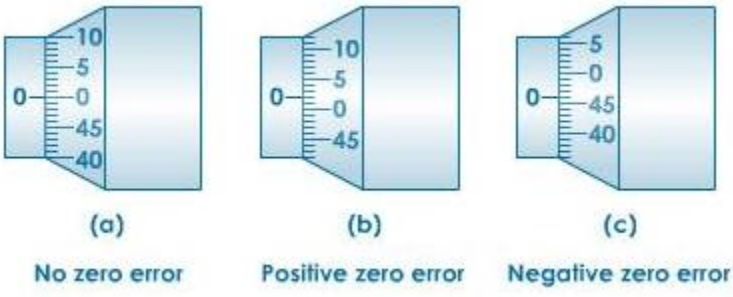
अतः (+) शून्यांक त्रुटि $= 2 \times 0.001$ सेमी

$= 0.002$ सेमी या 0.02 मिमी

चित्र (c) में 4था भाग आधार रेखा के ठीक सीध में है

अतः (–) शून्यांक त्रुटि $= 4 \times 0.001$ सेमी

$= 0.004$ सेमी या 0.04 मिमी



चित्र शून्याँक त्रुटि – 4

(ख) **ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि** (Negative Zero error)– यदि पेच स्टड से स्पर्श कराने पर वृत्तीय स्केल का शून्य मुख्य पैमाने की आधार रेखा से ऊपर की दिशा में है तो त्रुटि ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि होती है।

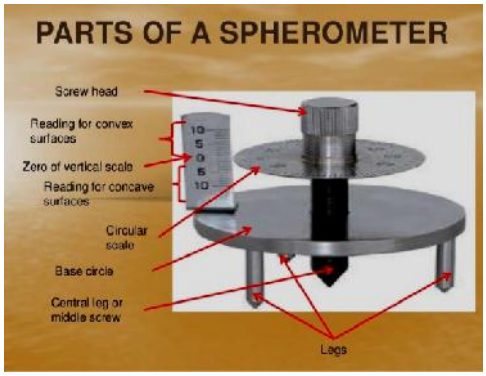
इसका मान ज्ञात करने के लिए देखते हैं कि पैमाने की शून्य आधार रेखा के ठीक सीध में वृत्तीय पैमाने का कौन सा चिन्ह है। फिर इस चिन्ह संख्या को वृत्तीय स्केल की कुल चिन्ह संख्या में से घटाकर अल्पतमांक का गुणा करते हैं इस प्रकार प्राप्त मान ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि कहलाता है। चित्र में ऋणात्मक शून्याँक त्रुटि प्रदर्शित हैं।

सदैव याद रखने की बात है कि शुद्ध पाठ प्राप्त करने के लिए प्रेक्षित पाठ में से शून्याँक त्रुटि को चिन्ह सहित घटाते हैं।

गोलाईमापी (Spherometer)– गोलाईमापी भी माईक्रोमीटर स्क्रू के सिद्धांत पर कार्य करता है। इससे मुख्यतः गोलीय तलों की वक्रता त्रिज्या (Radius of Curvature) ज्ञात करते है इसीलिए इसे गोलाईमापी कहते हैं। इसकी सहायता से काँच की पतली प्लेटों की मोटाई भी ज्ञात कर सकते हैं।

गोलाईमापी की रचना (Construction of Spherometer)

गोलाईमापी के निम्न भाग होते हैं–



1.धातु का फ्रेम 2. ढिबरी तथा पेंच 3. वृत्तीय स्केल 4. मुख्य स्केल

1.**धातु का फ्रेम –** यह धातु का बना हुआ त्रिभुजाकार फ्रेम होता है जो धातु की ही बनी तीन टांगों पर A, B, C आश्रित रहता है। इन टाँगों की नोंक समतल होती हैं। इनके बीच

की दूरियां भी समान होती है। अर्थात यह तीनों टांगें एक समबाहु त्रिभुज के शीर्षों पर पड़ती हैं।

2.**ढिबरी तथा पेंच–** धातु के त्रिभुजाकार फ्रेम के अंदर केन्द्र पर एक ढिबरी बनी होती है। इस ढिबरी में से होकर एक पेच गुजरता है। पेच के नीचे का सिरा नुकीला होता है। यह पेच समबाहु त्रिभुज की मध्यिकाओं के कटान बिन्दु पर पड़ता है। ढिबरी में कटी हुई चूड़ियों में से यह पेच आगे या पीछे घुमाया जा सकता है।

3. **वृत्तीय स्केल–** पेंच के ऊपरी सिरे पर एक गोल चकती (Disc) D लगी होती है। यह गोलाईमाप का वृत्तीय स्केल (Circular Scale) कहलाता है। इस डिस्क के ठीक बीच में एक टोपी Screw head होती है जिसकी सहायता से पेंच को ऊपर नीचे चला सकते हैं।

3. **मुख्य स्केल –** धातु के फ्रेम से तीनों टाँगों में से एक टाँग के ऊपर एक ऊर्ध्वाधर स्केल S लगी होती है। इसमें मिलीमीटर में चिन्ह अंकित होते हैं। इसे मुख्य स्केल कहते है।

गोलाईमापी का चूड़ी अंतराल (Pitch) तथा अल्पतमांक (Leastcount)– गोलाईमापी का चूड़ी अंतराल ज्ञात करने की विधि वही है जिस प्रकार पेंचमापी (स्क्रूगेज) में ज्ञात करते हैं। वृत्तीय स्केल को एक पूरा चक्कर देने से पेंच द्वारा तय दूरी चूड़ी अंतराल के बराबर होती है।

गोलाईपामी का अल्पतमांक = पेंच का चूड़ी अंतराल/वृत्तीय पैमाने पर खानों की संख्या

शून्यांक त्रुटि (Zero)– गोलाईमापी की शून्यांक त्रुटि ज्ञात करने के लिए उसको काँच की एक समतल प्लेट पर रखकर शून्य के टोपी की सहायता से पेच को इतना घुमाते हैं कि वह तीनों टांगो के तल में आ जाए। इस अवस्था में पेंच को थोड़ा–सा और घुमाएँ तो पेंच के घुमने पर सारा उपकरण घूम जाएगा। इस अवस्था में यदि गोलाकार चकती पर बने पैमाने का शून्य मुख्य स्केल के ठीक सीध में नहीं हो तो यंत्र में शून्यांक त्रुटि होती है। यह त्रुटि धनात्मक तथा ऋणात्मक हो सकती है।

(अ) ध**नात्मक शून्यांक त्रुटि** (Positive Error)– यदि वृत्तीय स्केल का शून्य मुख्य स्केल के शून्य के ऊपर तो गोलाईमापी की त्रुटि धनात्मक शून्यांक त्रुटि कहलाती है।

(ब) **ऋणात्मक शून्यांक त्रुटि** (Nagative Zero Error)–यदि वृत्तीय स्केल का शून्य मुख्य स्केल के शून्याँक से नीचे है तो गोलाईमापी की शून्यांक त्रुटि ऋणात्मक होगी।

गोलाईमापी के निम्नलिखित दो प्रयोग हैं।

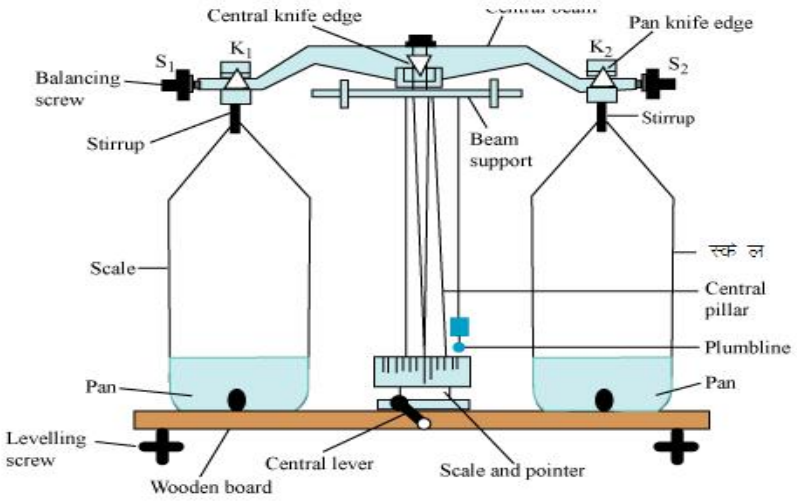
1. किसी प्लेट की मोटाई ज्ञात करना।
2. किसी गोलीय तल (जैसे उत्तल लेंस) की वक्रता त्रिज्या ज्ञात करना।

द्रव्यमान का मापन (Measurement of Mass)

साधारणतया किसी वस्तु का द्रव्यमान भौतिक तुला द्वारा ज्ञात किया जाता है। किसी वस्तु का द्रव्यमान किसी प्रमाणिक वस्तु के द्रव्यामान से तुलना करके ज्ञात किया जा सकता है।

भौतिक तुला (Physical Balance)

1. तुला दण्ड (balance beam)– यह एल्युमीनियम या पीतल की क्षैतिज छड़ के रूप में होती है। इसके दोनों ओर व मध्य में क्षुर–धार (Knife Edge) लगे रहते है। मध्य के क्षुर धार में दोनों ओर के भाग तुला दण्ड की भुजायें (Arms) कहलाती है।
2. पलड़े (Scale Pans)– तुला दण्ड के सिरों पर लगे क्षुरधारों पर एक–एक पलड़ा रकाब पर टँगा रहता है। तुला सुग्राही बनाने के लिये पलड़े कम भार के बनाये जाते हैं। चित्र में यह Pan है।
3. मध्यवर्ती स्तम्भ (Central Pillar)– यह धातु का बना एक बेलनाकार स्तम्भ है जो लकड़ी के एक आयताकार आधार के मध्य उर्ध्वाधर स्थिति में जुड़ा रहता है। बक्स के सिरों पर पेंच लगे होते हैं। जिनकी सहायता से तुला दण्ड संतुलित रहता है। स्तम्भ के सहारे साहुल सूत्र Plumbline लटका हुआ रहता है जिसकी नोंक ठीक एक दूसरे के ऊपर रहती हैं।



4. संतोलक पेंच (Balancing Screw):– तुला दण्ड के दोनों सिरों पर एक–एक नट लगा रहता है। जिनको दाएँ या बाएँ घुमाकर तुला को ठीक किया जाता है। ये संतोलक पेंच भी नट (Weight Screw) कहलाते हैं।

5. संकेतक तथा स्केलः– संकेतक एल्युमीनियम का बना होता है तथा तुला दण्ड के मध्य में लगा होता है। संकेतक का नुकीला सिरा स्तम्भ के नीचे के भाग से एक क्षैतिज पैमाने पर लगा होता है। संकेतक इस पैमाने पर स्वतंत्रता पूर्वक गति कर सकता है।

बाट पेटीः–(Weight Box) :– भौतिक तुला में किसी वस्तु का द्रव्यमान ज्ञात करने के लिए बाट उपयोग में लाए जाते हैं। जिस पेटी में बाट रखे जाते हैं उसे बाट पेटी कहा जाता हैं बाट 100, 50, 20, 10, 2, 2 और 2 ग्राम के होते हैं। बाँट बाक्स में 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2 और 1 मिली ग्राम के बाट होते हैं। बाट पीतल धातु के बने होते हैं। छोटे बाट (मिलीग्राम के बाट) एल्युमीनियम के बने होते हैं। बाट पर, भार अंकित रहता है।

भौतिक तुला का संयोजनः–(Adjustment of Physical) :– किसी वस्तु का भार ज्ञात करने से पहले भौतिक तुला को निम्ना प्रकार से समायोजित किया जाता है।

1. भौतिक तुला को वायु के व्यवधान से बचाने के लिए एक काँच के बॉक्से पर रखा जाता है। भौतिक तुला के स्तम्भ के सामान्तर लगे साहुल को देखकर यह ज्ञात किया जाता है कि स्तम्भ समतल में है या नहीं।
2. भौतिक तुला के स्तम्भ के सामान्तर लगे साहुल को दखकर तथा समतलकारी पेंचों की सहायता से तुला के स्तम्भ को समतल किया जाता है। इसके पश्चात् तुला दण्ड के रकाबों की स्थिति का अवलोकन करते हैं कि वे क्षुर धारों पर ठीक रखे हैं या नहीं रखे हैं। फिर (घुण्डी) की सहायता से तुलादण्ड को ऊपर उठाते है जिससे वह आलम्ब पर घूमने लगती है।

विराम घड़ी (Stop Watch)

समय के $\frac{1}{5}$ वें या $\frac{1}{10}$ वें भाग को ज्ञात करने के लिए प्रयोगशाला में एक विशेष प्रकार की घड़ी उपयोग की जाती है जिन्हें आवश्यकतानुसार कभी भी रोका या चलाया जा सकता है बनावट के आधार पर इन्हें स्टापवॉच (विराम घड़ी) या स्टापब्लाक कहते हैं।

विराम घड़ीः– इसमें एक मिनट एवं सेकंड के काँटो के लिए अलग–अलग डायल होते हैं सेकेण्ड का काँटा बड़े डायल पर घूमता है यह वृत्तीय डायल 60 बराबर भागों में बाँटा होता है। वृत्तीय डायल इसका एक भाग एक सेकेण्ड को प्रदर्शित करता है। प्रत्येक भाग को पुनः 5 या 10 भागों में बाँटा जाता है। अल्पवमाँक–

5 भागों में बँटें स्टापवॉच का अल्पतमॉक $\frac{1}{5}$ सेकेण्ड अर्थात 0.2 सेकेण्ड तथा 10 भागों में बँटे स्टापवॉच का अल्पतमाँक $\frac{1}{10}$ सेकेण्ड अर्थात 0.1 सेकेण्ड होता है। इसमें एक छोटे वृत्तीय डायल होते हैं। यह डायल 60 बराबर भागों में बाँटा होता है जिसमें मिनट का काँटा इस डायल में घूमता है इसका एक भाग 1 मिनट को प्रदर्शित करता है।

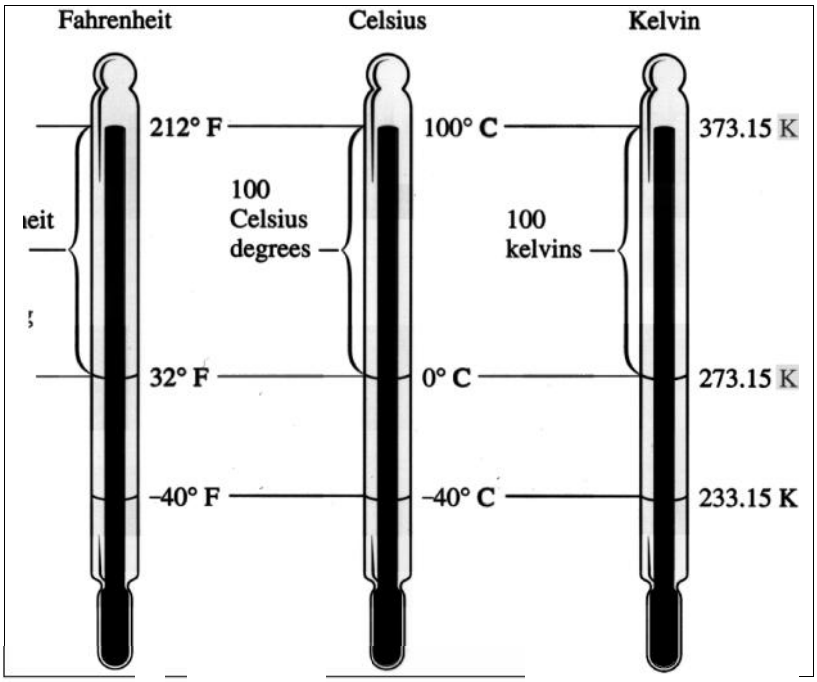
तापमापी

तापमापन के पैमाने :– फैरनहाइट , सेल्सियस और केल्विन

फैरनहाइट पैमाना :– इस पैमाने में पानी के न्यूनतम व उच्चतम ताप को समान अंतराल के 180 भागों में विभाजित किया जाता है। इसमें न्यूनतम ताप $32^{\circ}F$ पर अंकित व उच्चतम ताप $212^{\circ}F$ पर अंकित किया जाता है।

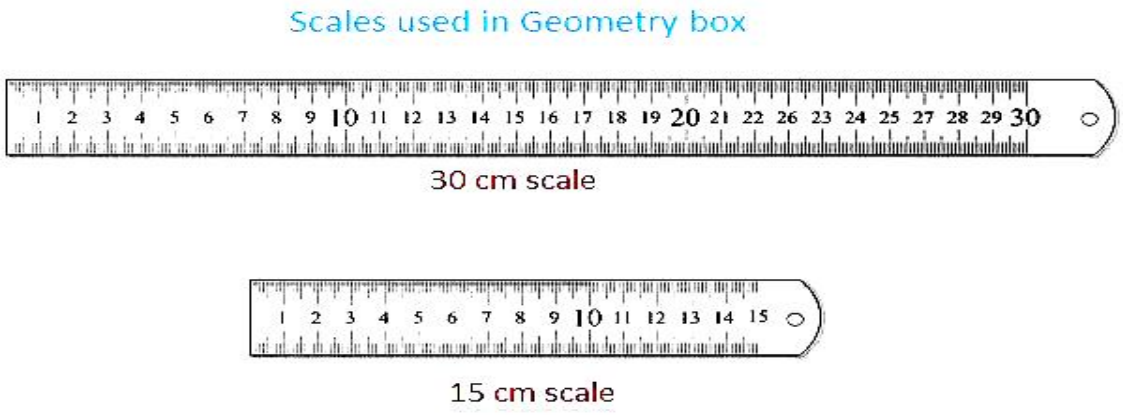
सेल्सियस पैमाना :– इसमें पानी के न्यूनतम ताप $0^{\circ}C$ पर व उच्चतम ताप $100^{\circ}C$ पर अंकित होता है। इसमें 100 समान अंतराल में विभाजन होता है।

केल्विन पैमाना :'– इसमें पानी के न्यूनतम ताप नियत दाब पर लगभग 273 k व उच्चतम ताप 373 k पर अंकित होता है। न्यूनतम व उच्चतम ताप के बीच का अंतराल 100 समान भागों में विभाजित होता है।



सूत्र $\frac{F-32}{9} = \frac{C}{5} = \frac{K-273}{5}$ से इन पैमानों में मान ज्ञात किया जा सकता है।

मीटर स्केलः–



मीटर स्केल में मिमी,सेमी और इंच में पैमाना बना होता है

प्रयोग – 01

उद्देश्य :– एक लघु गोलाकार अथवा बेलनाकार वस्तु का व्यास वर्नियर कैलिपर्स द्वारा मापना

आवश्यक सामग्री :– वर्नियर कैलिपर्स, गोलाकार अथवा बेलनाकार वस्तु,

अवधारणा :– वर्नियर कैलिपर्स द्वारा पिण्डों की लम्बाई, त्रिज्या नापी जाती है जिसे साधारण मीटर स्केल द्वारा नहीं मापा जा सकता है। इसका अल्पतमाँक भी मीटर स्केल से कम होता है।

सिद्धांत :– वह छोटी से छोटी राशि जिसे कोई यंत्र यथार्थतापूर्वक नाप सकता है यंत्र का अल्पतमांक कहलाता है। मुख्य पैमाने के एक भाग के मान तथा वर्नियर पैमाने के एक भाग के मान में जो अंतर होता है उसे वर्नियर स्थिराँक या अल्पतमाँक कहते हैं क्योंकि यही वह छोटी से छोटी लंबाई है जो इस यंत्र द्वारा नापी जा सकती है।

वर्नियर का निर्माण इस प्रकार किया जाता है कि वर्नियर के n भागों का मान मुख्य स्केल के (n-1) भागों के मान के बराबर होता है।

मान लो मुख्य पैमाने के एक भाग का मान s है तथा वर्नियर के एक भाग का मान v है

$\because$ वर्नियर के n भाग = मुख्य पैमाने के (n-1) भाग

$\therefore \quad nv = (n-1)s$

$$nv = ns - s$$

$$s = ns - nv$$

$$s = n(s - v)$$

$$(s - v) = \frac{s}{n}$$

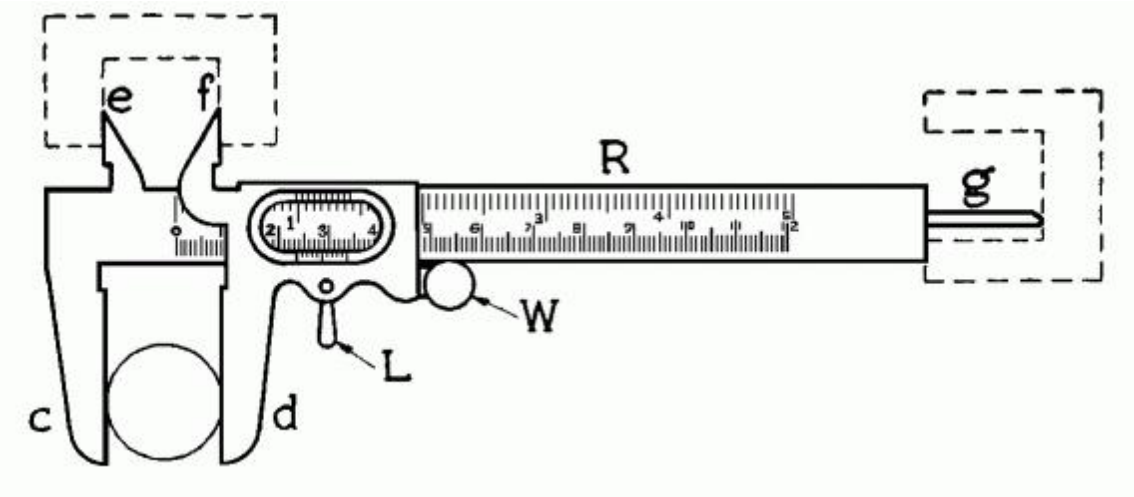
यह राशि $(s - v)$ मुख्य पैमाने ओर वर्नियर के एक–एक भाग के मान के अंतर के बराबर हैं इसे वर्नियर स्थिरांक या अल्पतमांक कहते हैं।

अतः अल्पतमाँक $\frac{s}{n}$ = मुख्य पैमाने के एक भाग का मान/वर्नियर पैमाने के कुल भागों की संख्या

वर्नियर कैलिपर्स में मुख्य पैमाने के एक भाग का मान 0.1 सेमी होती है तथा वर्नियर पर 10 भाग होते हैं।

अतः वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमांक

$= \frac{0.1}{10} = 0.01$ सेमी. या 0.1 मिमी



प्रयोग विधि :– वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से लंबाई/व्यास/गहराई ज्ञात करने के लिए प्रयोग विधि सभी की एक समान होती है।

1. वर्नियर पैमाने पर भागों की संख्या n को गिन लें। मुख्य पैमाने के एक भाग की लंबाई ज्ञात करें। इसके पश्चात् वर्नियर पैमाने का वर्नियर स्थिरांक या अल्पतमांक ज्ञात कर लें।
2. वर्नियर कैलिपर्स की शून्याँक त्रुटि ज्ञात करने के लिए वर्नियर कैलिपर्स के दोनों जबड़ों को स्पर्श करा कर देखिए।
3. वर्नियर कैलिपर्स के जबड़ों को परस्पर स्पर्श कराने के पश्चात् देखें कि इसमें कौन सी त्रुटि है धनात्मक या ऋणात्मक
4. वर्नियर कैलीपर्स के जबड़ों को पृथक करें और उस दोनों जबड़ों के बीच गोलाकार अथवा बेलनाकार वस्तु को रखिए जिसका व्यास ज्ञात करना है।
5. मुख्य पैमाने का वह पाठयांक जो वर्नियर पैमाने के शून्य से संरेखित है नोट कीजिए। माना कि यह a cm है। यह मुख्य पैमाने का पाठ्यांक है।
6. वर्नियर पैमाने का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के किसी एक भाग से संरेखित (एक सीध में) है नोट कर लें। माना कि यह x है। यह वर्नियर पैमाने का पाठ्यांक है।
7.
8. व्यास निर्धारण करने के लिए उपर्युकत विधि को कम से कम तीन प्रेक्षणों के लिए दोहराएँ।

प्रेक्षण :–

वर्नियर कैलीपर्स का अल्पतमांक .....$\pm$सेमी.

शून्यांक त्रुटि के लिए प्रेक्षण सारिणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठयांक सेमी / मिमी a	वर्नियर स्केल का पाठ		कुल पाठ सेमी $a+b=c$
		वर्नियर स्केल के संरेखित भागों की संख्या= x	भागों की संख्या x x अल्पतमांक $(0.01)_{cm}$ =b	
	a			$a+b=c$

औसत शून्यांक त्रुटि .....सेमी

वस्तु के व्यास के लिए प्रेक्षण सारिणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठयांक सेमी	वर्नियर स्केल का पाठ		कुल पाठ सेमी $a+b=c$
		वर्नियर स्केल के संरेखित भागों की संख्या= x	भागों की संख्या x अल्पतमांक $(0.01)_{cm}$ = b	
	a		b	$a+b=c$

औसत व्यास .....सेमी

शुद्ध पाठ = औसत व्यास– ($\pm$ शून्यांक त्रुटि)

परिणाम :– वस्तु का व्यास .....सेमी. वस्तु की त्रिज्या $r = \frac{1}{2}$ सेमी

सावधानियाँ –

1. जबड़ों को गोले / बेलन को छूते हुए अत्यधिक दबाना नहीं चाहिए।
2. शून्यांक त्रुटि को सावधानी से निर्धारित करें और आवश्यक शून्य संशोधन प्रयुक्त करें।
3. भिन्न–भिन्न स्थितियों में प्रेक्षण लेने चाहिए।
4. लंबन के कारण होने वाली त्रुटि से बचना चाहिए।
5. वर्नियर पैमाने का प्रेक्षण सावधानी से लिया जाना चाहिए।

अधिगम सम्प्राप्ति :–

1. छोटे गोले, पाइप आदि का व्यास वर्नियर कैलिपर्स की सहायता ज्ञात कर सकता है
2. अत्यन्त उच्च कोटि की परिशुद्धता की आवश्यकता होने पर पिण्ड की व्यास या त्रिज्या वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से ज्ञात कर सकेगा।

त्रुटियों की सम्भावनाएँ :–

1. उपकरण की शुन्याँक त्रुटि का ध्यान न दिया गया हो।
2. पाठ्याँक लेते समय लम्बन पर ध्यान न दिया गया हो।

विचारणीय प्रश्न :–

1. किसी अन्य गोलाकार वस्तु की त्रिज्या ज्ञात करने में क्या – क्या कठिनाईयां हेा सकती है
2. वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमांक साधारण मीटर स्केल से कम क्यों होता है?

प्रयोग का विस्तार :–

1. वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से कुछ घरेलु वस्तु का व्यास ज्ञात किया जा सकता है।
2. घरों में प्रयोग की जाने वाली वस्तुओं की उचित व्यास प्राप्त करने के लिए वर्नियर कैलिपर्स द्वारा व्यास मापा जा सकता है।

प्रयोग – 02

उद्देश्य :– वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से दिए गए ज्ञात द्रव्यमान के आयताकार गुटके के परिमाप को मापना और इससे उसके घनत्व का निर्धारण करना।

आवश्यक सामग्री :– वर्नियर कैलिपर्स दिया गया गुटका स्प्रिंग तुला

अवधारणा :– आयताकार गुटके की लम्बाई, चौडाई, मोटाई साधारण स्केल से मापना सम्भव नहीं या त्रुटियों की सम्भावना अधिक है इनके मापन के लिए वर्नियर कैलिपर्स का प्रयोग किया जाता है।

सिद्धांत :– वह छोटी से छोटी राशि जिसे कोई यंत्र यथार्थतापूर्वक नाप सकता है यंत्र का अल्पतमांक कहलाता है। मुख्य पैमाने के एक भाग के मान तथा वर्नियर पैमाने के एक भाग के मान में जो अंतर होता है उसे वर्नियर स्थिरॉंक या अल्पतमॉंक कहते हैं क्योंकि यही वह छोटी से छोटी लंबाई है जो इस यंत्र द्वारा नापी जा सकती है।

वर्नियर का निर्माण इस प्रकार किया जाता है कि वर्नियर के n भागों का मान मुख्य स्केल के (n-1) भागों के मान के बराबर होता है।

मान लो मुख्य पैमाने के एक भाग का मान s इकाई तथा वर्नियर के एक भाग v इकाई है।

∵ वर्नियर के n भाग = मुख्य पैमाने के (n-1) भाग

$$\therefore \quad nv = (n-1)s$$

$$nv = ns - s$$

$$s = ns - nv$$

$$s = n(s - v)$$

$$(s - v) = \frac{s}{n}$$

यह राशि $(s - v)$ मुख्य पैमाने ओर वर्नियर के एक–एक भाग के मान के अंतर के बराबर हैं इसे वर्नियर स्थिरांक या अल्पतमांक कहते हैं।

अल्पतमॉंक $\frac{s}{n}$ = मुख्य पैमाने के एक भाग का मान/वर्नियर पैमाने के कुल भागों की संख्या

वर्नियर कैलिपर्स में मुख्य पैमाने के एक भाग का मान 0.1 सेमी होती है तथा वर्नियर पर 10 भाग होते हैं।

अतः वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमांक

$= \frac{0.1}{10} = 0.01$ सेमी.

सूत्र :– घनत्व $e =$ द्रव्यमान / आयतन

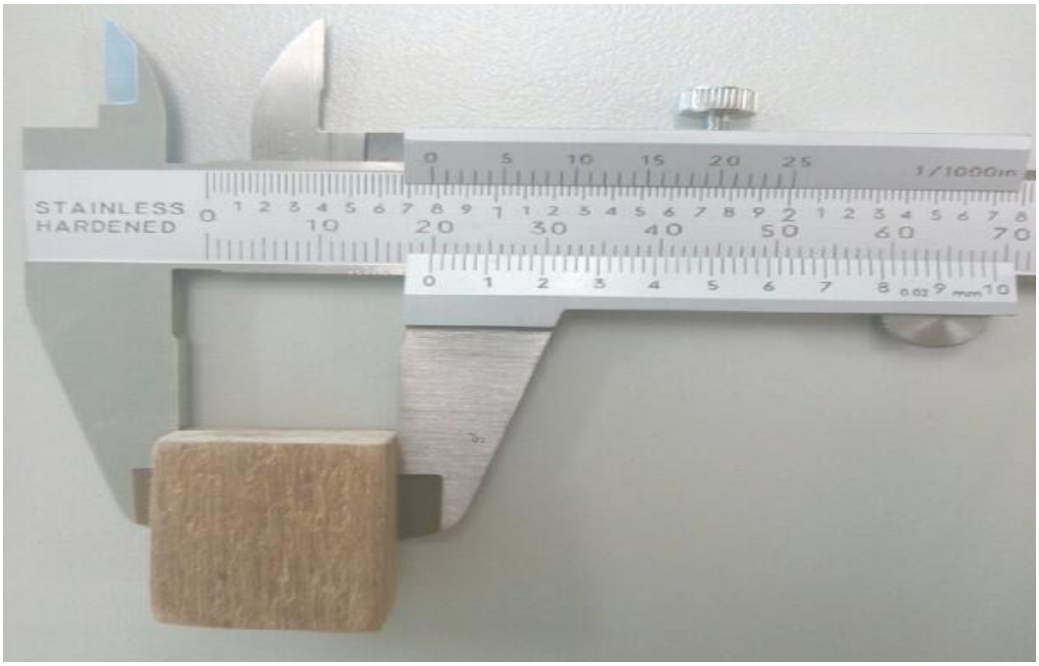
$e = \frac{m}{V} = \frac{rn}{l.b.h}$ यहाँ $m =$ वस्तु का द्रव्यमान

$m =$ वस्तु की लम्बाई

$m =$ वस्तु की चौड़ाई

$m =$ वस्तु की ऊँचाई

Type equation here.



चित्र :– वर्नियर कैलिपर्स द्वारा गुटके का घनत्व ज्ञात करने का चित्र

प्रयोग विधि :–

1. वर्नियर पैमाने पर भागों की संख्या n को गिन लें। मुख्य पैमाने के एक भाग की लंबाई ज्ञात करें। इसके पश्चात् वर्नियर पैमाने का वर्नियर स्थिरांक या अल्पतमांक ज्ञात कर लें।
2. वर्नियर कैलिपर्स की शून्याँक त्रुटि ज्ञात करने के लिए वर्नियर कैलिपर्स के दोनों जबड़ों को स्पर्श करा कर देखें कि वर्नियर में कौन सी त्रुटि है धनात्मक या ऋणात्मक त्रुटि।
3. वर्नियर कैलीपर्स के जबड़ों को पृथक करें और उन दोनों जबड़ों के बीच उस गुटके को रखें अथवा बेलनाकार वस्तु को रखें जिसका घनत्व ज्ञात करना है।
4. मुख्य पैमाने का वह पाठयांक जो वर्नियर पैमाने के शून्य से संरेखित है नोट करें। माना कि यह a cm है। यह मुख्य स्केल पाठयांक है।
5. वर्नियर पैमाने का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के किसी एक भाग से संरेखित (एक सीध में) है नोट कर लें। माना कि यह x है। यह वर्नियर स्केल पाठयांक है।
6. उपर्युकत विधि को कम से कम तीन प्रेक्षणों के लिए दोहराएँ।
7. वस्तु की लम्बाई चौड़ाई तथा ऊंचाई ज्ञात करने के लिए भिन्न – भिन्न दिशाओं से वस्तु को दोनों जबड़ों के बीच रखे फिर मुख्य स्केल पाठ एवं वर्नियर स्केल पाठ ज्ञात करें।

प्रेक्षण सारिणी :–

वर्नियर कैलीपर्स का अल्पतमांक .....सेमी.

शून्यांक त्रुटि के लिए प्रेक्षण सारिणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठयांक सेमी / मिमी	वर्नियर स्केल का पाठ		कुल पाठ सेमी
		वर्नियर स्केल के संरेखित भागों भागों की संख्या= x	भागों की संख्या x अल्पतमांक $(0.01)_{cm}$ =b	
	a	b		$a+b=c$

औसत शून्यांक त्रुटि .....$\pm$.....सेमी

वस्तु के लम्बाई,चौड़ाई और ऊँचाई के लिए प्रेक्षण सारिणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठयांक सेमी	वर्नियर स्केल का पाठ		कुल पाठ सेमी
		वर्नियर स्केल के संरेखित भागों की संख्या है	भागों की संख्या x अल्पतमांक	
लम्बाई	a`		b	$a+b=c$
चौड़ाई				

औसत ....सेमी

और चौड़ाई ————, औसत ऊँचाई ———— सेमी

शुद्ध पाठ = औसत – (± शून्यांक त्रुटि)

प्रेक्षण सारिणी के अनुसार गुटके की लंबाई l चौड़ाई b और ऊँचाई h मापें और उपर्युक्त सारिणी में अपने प्रेक्षण लिखें।

1. स्प्रिंग तुला से गुटके का द्रव्यमान m ज्ञात कीजिए ।
2. सूत्र धनत्व $e =$ द्रव्यमान / आयतन

$$e = m/v = ...gm/m^{-3}$$

परिकलन –

गुटके का आयतन = V = (ल.× चौ.× ऊँ)cm^3

गुटके का घनत्व = e = द्रव्यमान / आयतन

परिणाम :– वस्तु का घनत्व $P =$ ————————

सावधानियाँ :–

1 जबड़ों को गोले / बेलन को छूते हुए अत्यधिक दबाना नहीं चाहिए।
1. शून्यांक त्रुटि को सावधानी से निर्धारित करें और आवश्यक शून्य संशोधन प्रयुक्त करें।
2. भिन्न–भिन्न स्थितियों में प्रेक्षण लेने चाहिए।
3. लंबन के कारण होने वाली त्रुटि से बचना चाहिए।
4. वर्नियर पैमाने का प्रेक्षण सावधानी से लिया जाना चाहिए।

अधिगम सम्प्राप्ति :–

1. छोटे पिण्डों का घनत्व ज्ञात कर सकेंगें
2. उच्च कोटि की परिशुद्धता की आवश्यकता होने पर किसी पिण्ड का घनत्व ज्ञात कर सकेंगें।

त्रुटियों की सम्भावनाएँ :–

1. प्रयोग क्रमांक 01 की भाँति

विचारणीय प्रश्न :–

1. वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से किन–किन पिण्डों का घनत्व ज्ञात किया जा सकता है
2. वर्नियर कैलिपर्स से ही उन पिण्डों का घनत्व क्यों ज्ञात किया जाता है क्या इन पिण्डों का घनत्व अन्य उपकरणों द्वारा ज्ञात किया जा सकता है ?

प्रयोग – 03

उद्देश्य :– वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से दिए गए बीकर/कैलोरीमापी/गिलास का आंतरिक व्यास, गहराई और आयतन का निर्धारण करना।

आवश्यक सामग्री :– वर्नियर कैलिपर्स, कैलोरीमापी

अवधारणा :– किसी खोखले पिण्ड की गहराई, व्यास आयतन साधारण मीटर स्केल या अन्य यंत्रों द्वारा नहीं की जा सकती है बीकर, गिलास या अन्य छोटी पिण्ड की गहराई, व्यास, आयतन मापने के लिए वर्नियर कैलिपर्स का प्रयोग किया जाता है।

सिद्धांत :– वह छोटी से छोटी राशि जिसे कोई यंत्र यथार्थतापूर्वक नाप सकता है यंत्र का अल्पतमांक कहलाता है। मुख्य पैमाने के एक भाग के मान तथा वर्नियर पैमाने के एक भाग के मान में जो अंतर होता है उसे वर्नियर स्थिरॉंक या अल्पतमाँक कहते हैं क्योंकि यही वह छोटी से छोटी लंबाई है जो इस यंत्र द्वारा नापी जा सकती है।

वर्नियर का निर्माण इस प्रकार किया जाता है कि वर्नियर के n भागों का मान मुख्य स्केल के (n-1) भागों के मान के बराबर होता है।

मान लो मुख्य पैमाने के एक भाग का मान s इकाई तथा वर्नियर के एक भाग v इकाई है।

∵ वर्नियर के n भाग = मुख्य पैमाने के (n-1) भाग

$$\therefore \quad nv = (n-1)s$$

$$nv = ns - s$$

$$s = ns - nv$$

$$s = n(s - v)$$

$$(s - v) = \frac{s}{n}$$

यह राशि $(s - v)$ मुख्य पैमाने ओर वर्नियर के एक–एक भाग के मान के अंतर के बराबर हैं इसे वर्नियर स्थिरांक या अल्पतमांक कहते हैं।

अल्पतमाँक $= \frac{s}{n}$ = मुख्य पैमाने के एक भाग का मान/वर्नियर पैमाने के कुल भागों की संख्या

वर्नियर कैलिपर्स में मुख्य पैमाने के एक भाग का मान 0.1 सेमी होती है तथा वर्नियर पर 10 भाग होते हैं।

अतः वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमांक

$= \frac{0.1}{10} = 0.01$ सेमी. या 0.1 मिमी

सूत्रः–बेलन का आयतन $V = \pi r^2 h = \frac{\pi D^2}{4} h$

$h =$ वस्तु की आन्तरिक गहराई

$D =$ आन्तरिक व्यास , $r =$ आन्तरिक त्रिज्या

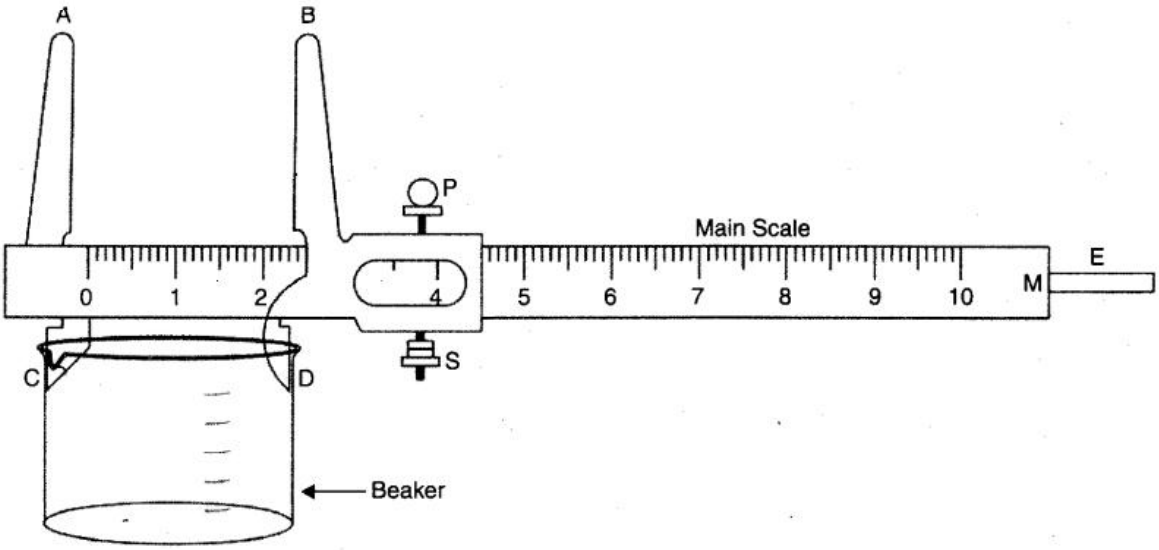


Fig. (*a*) Internal diameter of beaker.

प्रयोग विधि :– कैलोरीमापी का आंतरिक व्यास

1. प्रयोग क्र. 1 के अनुसार वर्नियर स्थिरांक/अल्पतमांक और शून्यांक त्रुटि ज्ञात करें।
2. वर्नियर कैलीपर्स के ऊपर के जबड़ों C और D को कैलोरीमापी के भीतर ले जाएँ। उनकी स्थिति ऐसे समायोजित करें कि जबड़ें के आंतरिक पृष्ठ पर कोई दबाव न पड़े।
3. अब यह देखते है कि वर्नियर का शून्य मुख्य पैमाने के किस भाग के आगे है। यह मुख्य पैमाने का पाठयांक होगा।
4. तत्पश्चात् यह पता लगाते है कि वर्नियर पैमाने का कौन सा चिन्ह मुख्य पैमाने के किस चिन्ह के साथ मिलता या संरेखित होता है। इस भाग को अल्पतमांक से गुणा कर देते है यही वर्नियर का पाठयांक होगा।
5. मुख्य पैमाने के पाठयांक में वर्नियर के पाठयांक को जोड़ देते हैं।

6. इस विधि को कई बार करते हैं।
7. अंत में इस पाठयांक से शून्यांक त्रुटि को चिन्ह सहित घटा देते हैं।

गहराई के लिए –

1. कैलोरीमापी को मेज पर रखें। मुख्य पैमाने के अंतिम छोर को कैलोरीमापी के मुख पर रखकर जबड़ों को खोले जिससे पट्टी E कैलोरीमापी की तली को स्पर्श करने लगे।
2. पाठयाँक पूर्व की ही भाँति ले।
3. सूत्र $v = ®r^2h$ द्वारा कैलोरीमापी के आंतरिक आयतन का परिकलन करें।

प्रेक्षण सारिणी –

1. शून्यांक त्रुटि के लिए प्रेक्षण प्रयोग 01 के अनुसार
2. आंतरिक व्यास के लिए सारिणी

क्र.	मुख्य पैमाने का पाठयांक सेमी. a	वर्नियर स्केल का पाठ		कुल पाठ सेमी $(a+b)=c$
		वर्नियर के संरेखित भागों की संख्या cm	वर्नियर के भागों की संख्या X अल्पतमांक $(b)cm$	
				$a+b=c$

औसत प्रेक्षित व्यास .....सेमी.

वास्तविक व्यास = औसत प्रेक्षित व्यास – ($\pm$शून्यांक त्रुटि)

गहराई के लिए सारिणी

क्र.	मुख्य स्केल पाठयांक a	वर्नियर स्केल का पाठ b		कुल पाठ $(a+b)=c$
		वर्नियर के संरेखित भागों की संख्या	वर्नियर के भागों की संख्या X अल्पतमांक	
1				
2				
3				
4				

औसत प्रेक्षित गहराई .....सेमी.

वास्तविक गहराई = औसत प्रेक्षित गहराई –($\pm$ शून्यांक त्रुटि)

परिकलन :– दिए गए कैलोरीमापी का आंतरिक आयतन .....

$= (® r^2 h) cm^3$

$= - - - - - - - - cm^3$

परिणाम :– दिए गए कैलोरीमापी का आंतरिक आयतन ..... cm^3

सावधानियाँ :–

1. गहराई मापते समय पट्टी E कैलोरीमापी के आंतरिक पृष्ठ के समांतर होनी चाहिए ओर कैलोरीमापी की तली को स्पर्श करनी चाहिए।
2. गहराई मापते समय मुख्य पैमाने का छोर कैलोरीमापी के मुख्य से सटा हुआ रहना चाहिए।
3. पट्टी कैलोरीमापी की तली को सहज स्पर्श करनी चाहिए। पट्टी पर किसी अनावश्यक दबाव से बचना चाहिए अन्यथा पट्टी टेढी हो सकती है और वर्नियर कैलीपर्स को क्षति हो सकती है।

अधिगम सम्प्राप्ति :–

1. वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से किसी भी पिण्ड की आन्तरिक व्यास, गहराई, आदि ज्ञात कर सकेगा।

विचारणीय प्रश्न :–

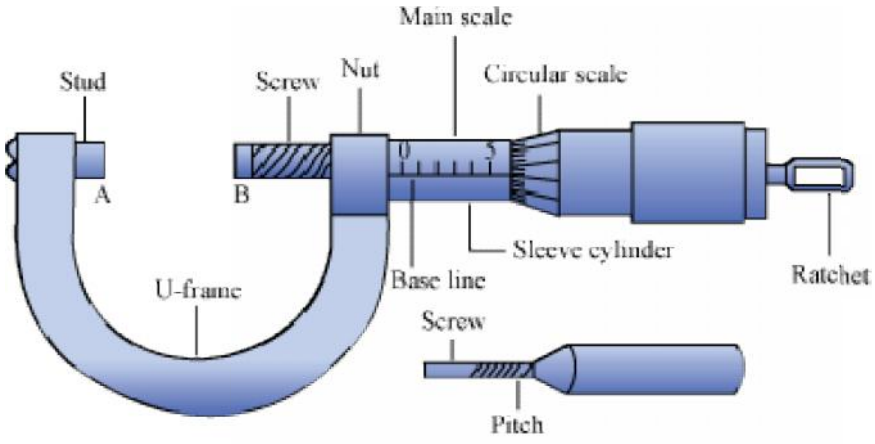
1. वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से किन–किन पिण्डों की गहराई एवं आयतन ज्ञात किया जा सकता है। सूची बनाइए–

प्रयोग – 4

उद्देश्य :– स्क्रूगेज (पेंचमापी) की सहायता से तार का व्यास ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण :– स्क्रूगेज, तार आदि ।

अवधारणा :– स्क्रूगेज द्वारा बहुत पतले पिण्डों का व्यास किया जा सकता है इसका अल्पतमांक बहुत कम होता है।



चित्र स्क्रूगेज

सिद्धांत :–

वृत्तीय के पेंच को एक बार घुमाने में पेंच द्वारा चली गई रैखिक दूरी वह अल्पतम दूरी होती है जो इस उपकरण द्वारा यथार्थता पूर्वक मापी जा सकती है इसे उपकरण का अल्पतमांक कहते हैं।

स्क्रूगेज का अल्पतमांक = स्क्रूगेज का चूड़ी अंतराल/वृत्तीय पैमाने के कुल भागों की संख्या

$$= \frac{0.1}{100}$$

$$= 0.001 \text{ सेमी.}$$

प्रयोग विधि :– तार की त्रिज्या ज्ञात करने के लिए स्क्रूगेज का प्रयोग करने के पूर्व शून्यांक त्रुटि ज्ञात करते हैं। शून्यांक त्रुटि निकालने के पश्चात् उपकरण का अलपतमांक सूत्र की सहायता से निकालते हैं यह प्रायः 0.001 सेमी. होता है।

अब प्रयोगिक तार को स्क्रूगेज के पेचों के बीच कसते हैं और टोपी को घुमाते हैं तथा मुख्य स्केल का पाठ्यांक नोट करते हैं।

वृत्तीय स्केल का पाठयांक सावधानी पूर्वक पढ़ते हैं (इसमें यह देखते है कि वृत्तीय पैमाने का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के सामने है।)

अवलोकन सारणी में मान रखकर तार का व्यास ज्ञात करते हैं। प्राप्त प्रेक्षित व्यास में शून्यांक त्रुटि का चिन्हों सहित घटाकर मान प्राप्त करते हैं।

शून्यांक त्रुटि के लिए प्रेक्षण सारणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठयांक सेमी में a	वृत्तीय स्केल का पाठयांक		कुल पाठ सेमी में $(a+b)=c$
		वृत्तीय स्केल का वह भाग जो मुख्य पैमाने के आड़ी रेखा से संरेखित है n	भागों की संख्या n x अल्पतमांक $= b$	
1				
2				
3				

औसत शून्यांक त्रुटि ± .....सेमी.

तार के व्यास के लिए प्रेक्षण सारणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठयांक सेमी में	वृत्तीय स्केल का पाठयांक		कुल पाठ सेमी में $(a+b)=c$
		वृत्तीय स्केल का वह भाग जो मुख्य पैमाने के आड़ी रेखा से संरेखित है	भागों की संख्या n X अल्पतमांक = b	
1				
2				
3				
4				
5				

तार का औसत व्यास = ...सेमी.

गणना :–

1. तार का व्यास = प्रेक्षित व्यास – (± शून्यांक त्रुटि)

2. तार की त्रिज्या = तार का व्यास/2 = ...सेमी.

परिणाम :–

अतः दिए गए तार का व्यास = ...सेमी एवं त्रिज्या .....सेमी प्राप्त हुई।

सावधानियां :–

1. तार को पेंच के बीच अधिक कसकर नहीं रखना चाहिए।
2. पाठ्यांक तार के भिन्न–भिन्न स्थानों पर लेना चाहिए।
3. रेचिट का प्रयोग अवश्य करना चाहिए।
4. पेंच एक ही दिशा में घुमाना चाहिए।

अधिगम सम्प्राप्ति :–

1. छोटी से छोटी पिण्ड का व्यास स्क्रूगेज की सहायता से ज्ञात कर सकेंगें।
2. सामान्य पेंच तथा स्क्रूगेज के पेंच क चूड़ी अन्तरालों की तुलना कर सकेंगें।

विचारणीय प्रश्न :–

1. स्क्रूगेज के वृत्तीय स्केल पर यदि 100 भागों की अपेक्षा 200 भाग हो तो स्क्रूगेज को अल्पतमांक क्या होगा ?
2. आप कौन सा स्क्रूगेज प्रयोग करना पसंद करेंगे वृत्तीय पैमाने के 100 भागों वाला स्क्रूगेज या वृत्तीय पैमाने के 50 भागों वाला स्क्रूगेज और क्यों ?

प्रयोग – 5

उद्देश्य :– स्क्रूगेज की सहायता से दिए गए शीट की मोटाई ज्ञात करना

आवश्यक उपकरण :– स्क्रूगेज, दी गई शीट

अवधारणा :– बहुत पतली शीट की मोटाई ज्ञात करने के लिए स्क्रूगेज का उपयोग किया जाता है जिससे शुद्ध पाठ्यांक ज्ञात किया जाता है।

सिद्धांतः– वृत्तीय पैमानें के पेंच को एक बार घुमाने में पेंच द्वारा चली गई रैखिक दूरी वह अल्पतम दूरी होती है जो इस उपकरण द्वारा यथार्थता पूर्वक मापी जा सकती है इसे उपकरण का अल्पतमांक कहते हैं।

स्क्रूगेज का अल्पतमांक = स्क्रूगेज का चूड़ी अंतराल/वृत्तीय पैमाने पर कुल खानों की संख्या

$$= \frac{0.1}{100}$$

$= 0.001$ सेमी. 0.01 मिमी

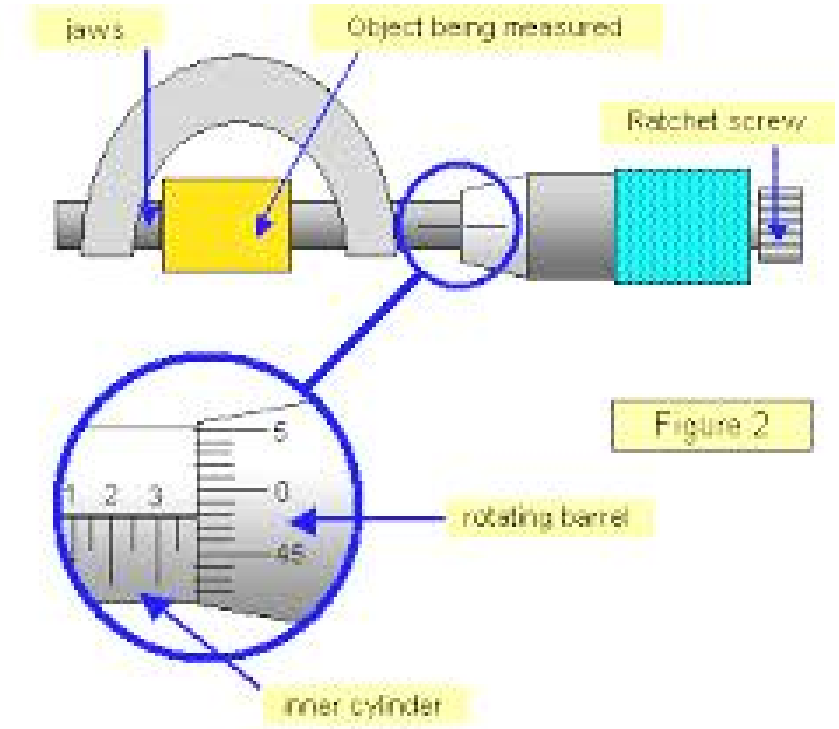


Figure 2

प्रयोग विधि :– दी गई शीट की मोटाई ज्ञात करने के लिए स्क्रूगेज का प्रयोग करने के पूर्व शून्यांक त्रुटि ज्ञात करते हैं। शून्यांक त्रुटि निकालने के पश्चात् उपकरण का अल्पतमांक सूत्र की सहायता से निकालते हैं यह प्रायः 0.001 सेमी. होता है।

अब प्रयोगिक शीट को स्क्रूगेज के पेचों के बीच कसते हैं और टोपी को घुमाते हैं तथा मुख्य स्केल का पाठ्यांक नोट करते हैं।

वृत्तीय स्केल का पाठयांक सावधानी पूर्वक पढ़ते हैं (इसमें यह देखते है कि वृत्तीय का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के सामने है।)

अवलोकन सारणी में मान रखकर शीट की मोटाई ज्ञात करते हैं। प्राप्त प्रेक्षित मोटाई में शून्यांक त्रुटि को चिन्हों सहित घटाकर पाठ प्राप्त करते हैं।

शीट की मोटाई भिन्न भिन्न स्थितियों में मापने के लिए उपर्युक्त विधि को कम से कम दस बार दोहराएँ। माध्य मोटाई का परिकलन करें। संशोधन का उपयोग कर शीट की शुद्ध मोटाई प्राप्त करे।

शून्यांक त्रुटि के लिए प्रेक्षण सारणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठ सेमी में a	वृत्तीय स्केल का पाठ		कुल पाठ सेमी में $(a+b)=c$
		भागों की संख्या n	भागों की संख्या n x अल्पतमांक $= b$	
1				
2				
3				

औसत शून्यांक त्रुटि ± .....सेमी.

शीट की मोटाई के लिए प्रेक्षण सारणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठयांक सेमी में	वृत्तीय स्केल का पाठयांक		कुल पाठ सेमी में $(a+b)=c$
		भागों की संख्या n	भागों की संख्या n X अल्पतमांक = b	
1				
2				
3				
4				
5				

शीट की औसत मोटाई = ...सेमी.

गणना :–

1. शीट की मोटाई = प्रेक्षित मोटाई – (± शून्यांक त्रुटि)
2. शीट की मोटाई = ...सेमी.

परिणाम :–

अतः दिए गए शीट की मोटाई = ...सेमी प्राप्त हुई।

सावधानियाँ :–

1. शीट को पेंच के बीच अधिक कसकर नहीं रखना चाहिए।
2. पाठ्यांक शीट के भिन्न–भिन्न स्थानों पर लेना चाहिए।
3. रेचिट का प्रयोग अवश्य करना चाहिए।
4. पेंच एक ही दिशा में घुमाना चाहिए।

अधिगम सम्प्राप्ति :–

1. स्क्रूगेज का उपयोग कहाँ–कहाँ किया जा सकता है इसकी जानकारी होगी।
2. किसी छोटे पेटी में कितने बण्डल के नोट या कागज रखे जा सकते है इसे ज्ञात कर पाएंगें।

प्रयोग का विस्तार :–

1. नोटों के गड्डियों की मोटाई ज्ञात कर एक नोट की मोटाई ज्ञात कीजिए
2. घरेलु समाजों की मोटाई ज्ञात कीजिए।
3. पुस्तक के एक पन्ने की मोटाई ज्ञात कर 100 पन्नों के मोटाई ज्ञात कीजिए

विचारणीय प्रश्न :–

1. क्या स्क्रूगेज की सहायता से 2000 रू. के एक नोट की मोटाई ज्ञात कर सकते हैं।
2. क्या किसी छोटे खाली डिब्बे में कितने नोट समाएंगे इसके लिए स्क्रूगेज का उपयोग किया जा सकता है ? यदि हाँ तो कैसे और यदि नहीं तो क्यों नही ?

प्रयोग क्रमांक –6

उद्देश्यः– स्क्रूगेज की सहायता से एक अनियमित पटल का आयतन ज्ञात करना

आवश्यक उपकरण :– स्क्रूगेज, दी गई पटल

अवधारणा :– अनियमित पटल का आयतन ज्ञात करने के लिए स्क्रूगेज द्वारा भिन्न–भिन्न स्थानों पर पटल की मोटाई ज्ञात करने के पश्चात् पटल को आयतन ज्ञात किया जा सकता है।

सिद्धांतः– वृत्तीय के पेंच को एक बार घुमाने में पेंच द्वारा चली गई रैखिक दूरी वह अल्पतम दूरी होती है जो इस उपकरण द्वारा यथार्थता पूर्वक मापी जा सकती है इसे उपकरण का अल्पतमांक कहते हैं।

स्क्रूगेज का अल्पतमांक = स्क्रूगेज का चूड़ी अंतराल/वृत्तीय पैमाने पर कुल खानों की संख्या

$$= \frac{0.1}{100}$$

$= 0.001$ सेमी. या 0.01 मिमी

आयतन का परिकलन सूत्र $V = (A \times t)cm^3$ से करें ।

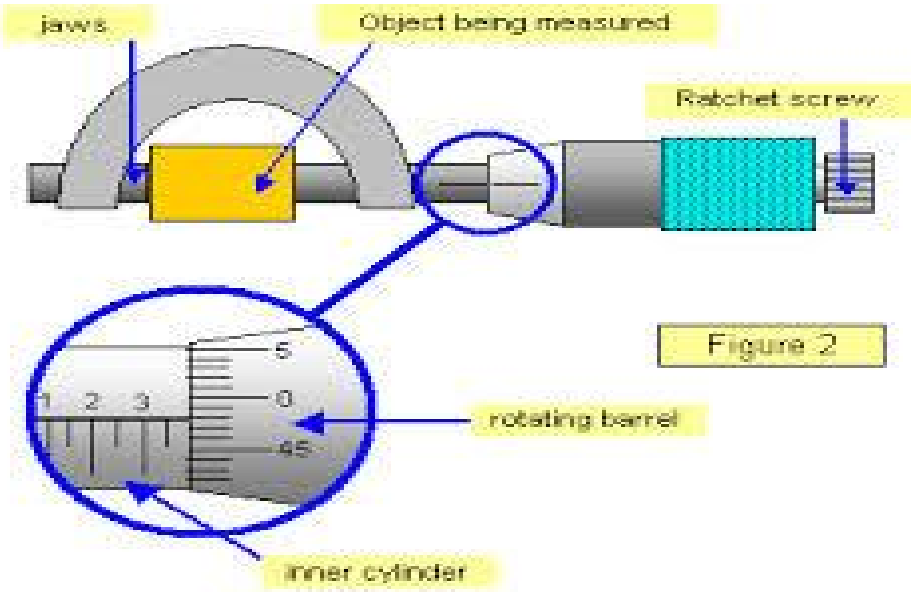


Figure 2

प्रयोग विधि :– 1. दी गई शीट की मोटाई ज्ञात करने के लिए स्क्रूगेज का प्रयोग करने के पूर्व शून्यांक त्रुटि ज्ञात करते हैं। शून्यांक त्रुटि निकालने के पश्चात् उपकरण का अल्पतमांक सूत्र की सहायता से निकालते हैं यह प्रायः 0.001 सेमी. होता है।

2. अब प्रयोगिक शीट को स्क्रूगेज के पेचों के बीच कसते हैं और टोपी को घुमाते हैं तथा मुख्य स्केल का पाठ्यांक नोट करते हैं।

3. वृत्तीय स्केल का पाठयांक सावधानी पूर्वक पढ़ते हैं (इसमें यह देखते है कि वृत्तीय का कौन सा भाग मुख्य पैमाने के सामने है।)

4. अवलोकन सारणी में मान रखकर शीट की मोटाई ज्ञात करते हैं। प्राप्त प्रेक्षित मोटाई में शून्यांक त्रुटि को चिन्हों सहित घटाकर पाठ प्राप्त करते हैं।

5. शीट की मोटाई भिन्न भिन्न जगहो से शुद्धता पूर्वक मापने के लिए उपर्युक्त विधि को कम से कम दस बार दोहराएँ। माध्य मोटाई का परिकलन करें। संशोधन का उपयोग कर शीट की शुद्ध मोटाई प्राप्त करे।

6. अब अनियमित पटल को ग्राफ पेपर पर रखकर उसकी सीमा रेखा खीचें। पटल को हटा लें । सीमा रेखा के अन्दर जो वर्ग पूर्ण हों तथा आधे से अधिक हों उन्हें गिन लें तथा सीमा रेखा के अन्दर जो वर्ग आधे से कम हों उन्हें भी गिन लें। सीमा रेखा के अन्दर जो वर्ग पूर्ण हों तथा आधे से अधिक हों उन्हें गिन लें इन वर्गों की कुल संख्या cm^2 पटल का लगभग क्षेत्रफल के बराबर है।

आयतन का परिकलन सूत्र $V = (A \times t)\ cm^3$ से करें ।

शून्यांक त्रुटि के लिए प्रेक्षण सारणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठ सेमी में a	वृत्तीय स्केल का पाठ		कुल पाठ सेमी में $(a+b)=c$
		भागों की संख्या n	भागों की संख्या n x अल्पतमांक $= b$	
1				
2				
3				

औसत शून्यांक त्रुटि ± .....सेमी.

शीट की मोटाई के लिए प्रेक्षण सारणी

क्र.	मुख्य स्केल का पाठयांक सेमी में	वृत्तीय स्केल का पाठयांक		कुल पाठ सेमी में $(a+b)=c$
		भागों की संख्या n	भागों की संख्या n x अल्पतमांक = b	
1				
2				
3				
4				
5				

शीट का औसत मोटाई = ...सेमी.

गणना :–

1. शीट की मोटाई = प्रेक्षित मोटाई – (± शून्यांक त्रुटि)
2. शीट की मोटाई = ...सेमी.

आयतन का परिकलन सूत्र $V = (A \times t)\ cm^2$ से आयतन ज्ञात करें।

परिणाम :–

अतः दिए गए अनियमित शीट का आयतन = ...सेमी^{3} प्राप्त हआ।

सावधानियां :–

1. शीट को पेंच के बीच अधिक कसकर नहीं रखना चाहिए।
2. पाठ्यांक शीट के भिन्न–भिन्न स्थानों पर लेना चाहिए।
3. रेचिट का प्रयोग अवश्य करना चाहिए।
4. पेंच एक ही दिशा में घुमाना चाहिए।

अधिगम सम्प्राप्ति :–

1. समतल, बेलनाकार अदि पिण्डों का आयतन ज्ञात कर सकेंगे–
2. पत्तियों का आयतन ज्ञात कर सकेंगे।

विचारणीय प्रश्न :–

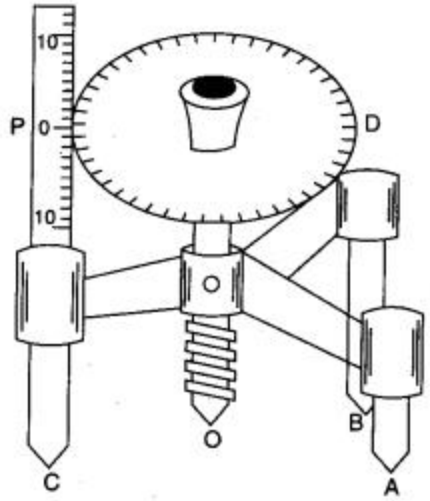
1. किन–किन पिण्डों का आयतन ज्ञात किया जा सकता है ?
2. क्या बड़े पिण्डों का आयतन स्क्रूगेज से ज्ञात कर सकते है

प्रयोग क्रमांक – 7

उद्देश्य :– गोलाईमापी या स्फेरोमीटर की सहायता से किसी गोलीय पृष्ठ की वक्रता त्रिज्या ज्ञात करना।

आवश्यक सामान :– गोलाईमापी, वक्र सतह, समतल प्लेट

अवधारण :– स्फेरोमीटर के वृत्तीय स्केल को एक पूर्ण घुर्णन देने पर केन्द्र के स्क्रू 1 मिमी आगे या पीछे चलता है अतः केन्द्रीय पेंच का चूड़ी अन्तराल 1 मिमी होता है।



चित्र :– स्फेरोमीटर

सिद्धांत :– यह माइक्रोमीटर के सिद्धांत पर काम करता है। जिसमें मुख्य रूप से दो पैमाने होते है.

1. रेखिक पैमाना :– यह पैमाना स्क्रू के समानांतर होता है। जो त्रिपाद के एक किनारे पर है तथा वृतीय पैमाने के परिधि को स्पर्श करता है।

2. वृतीय या शीर्ष पैमाना :– यह स्क्रू के साथ लगे टोपी पर बने वृत की परिधि पर होता है जिसमें प्रायः 100 बराबर भाग बने होते हैं।

   स्क्रू का पिच या चूडी अंतराल ज्ञात करने हेतु रेखिक पैमाने के एक भाग का मान ज्ञात करते हैं। उसके बाद वृतीय पैमाने के शून्य को रेखिक पैमाने के सीध में लाकर n चक्कर घुमाते है। यदि स्क्रू रेखिक पैमाने पर d दूरी चले तो स्क्रू का पिच $p = \frac{d}{n}$ mm

   यदि वृतीय पैमाने पर कुल भाग N हो तो

स्फेरोमीटर का अल्पतमांक $= \frac{p}{N}$

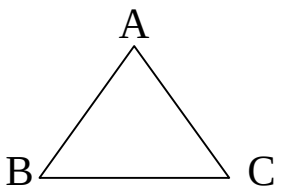
या

स्फेरोमीटर का अल्पतमांक = LC = $\frac{\text{स्फेरोमीटर पेंच का चूड़ी अन्तराल}}{\text{वृत्तीय स्केल पर भागों की संख्या}}$

कार्यविधि :– 1. गोलाईमापी का पिच व अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।

2. गोलाईमापी के वृतीय पैमाने पर लगे केंन्द्रीय टोपी की मदद से स्क्रू को पर्याप्त ऊपर उठायें।

3. गोलाईमापी को धीरे से प्रायोगिक उत्तर पुस्तिका पर इस प्रकार रखें कि त्रिपाद बिन्दु चिन्ह बन जायें। इन बिन्दु चिन्हों को A,B,C नाम देंवे।



4. इन्हें मिलाकर ABC बनायें तथा इनकी भुजा AB,AC, व BC को नापें।

5. अब गोलाईमापी को गोलीय सतह पर इस प्रकार रखे कि उसके तीनों पैर गोलीय सतह पर आ जाये।

6. वृतीय पैमाने की टोपी को इतना नीचे चलायें कि स्क्रू गोलीय सतह को स्पर्श करें

7. अब वृतीय पैमाने के उस पाठ को पढ़े जो रेखिक पैमाने के सीध में हो। माना कि यह पाठ a है।

8. अब गोलाईमापी को गोलीय सतह से उठाकर किसी बडी समतल सतह पर रखे।

9. अब गोलाईमापी की टोपी को नीचे घुमाये तथा उसके द्वारा लगाये गये पूर्ण चक्करों की संख्या तब तक गिने जब तक वह स्क्रू समतल सतह को स्पर्श करे।

10. अब वृतीय पैमाने का वह पाठ पढ़े जो रेखिक पैमाने के सीध में हैं माना कि वह है।

11. अब वृतीय पैमाने के अपूर्ण चक्करो की संख्या निकाले ।

12. बिन्दु क्रमांक 5 से 11 तक के चरणों की कम से कम तीन बार पुनरावृति करें।

अवलोकन :– a. पिच व अल्पमांक ज्ञात करना.....

रेखिक पैमाने के एक भाग का पाठ.....

स्क्रू द्वारा लगाये गये चक्कर = n

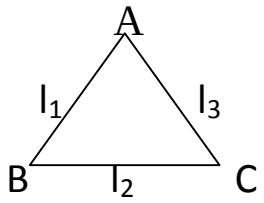
स्क्रू द्वारा इन चक्करो में चली दूरी = d

स्क्रू का पिच p $=\frac{d}{n}$

वृतीय पैमाने के भागों की कुल संख्या = N

गोलाई मापी का अल्पतमांक $=\frac{p}{N}$

b. गोलाईमापी के पैरों के बीच की दूरी



AB = l_1, BC = l_2, AC = l_3

L = $\frac{l1+l2+l3}{3}$

h की गणना ——

स. क्र.	स्फेरोमीटर पाठयांक								h $=(h_1-h_2)$
	गोलीय पृष्ठ के साथ				समतल पृष्ठ पर				
	रेखिक स्केल पाठ x (cm)	रेखिक स्केल के सम्पाती वृत्तीय स्केल का भाग y	वृत्तीय स्केल पाठयांक Z = y× LC(cm) LC = अल्पतमांक	गोलीय पृष्ठ के साथ स्फेरोमीटर पाठयांक h_1= x +z (cm)	रेखिक स्केल पाठ x^1 (cm)	रेखिक स्केल के सम्पाती वृत्तीय स्केल का भाग y^1	वृत्तीय स्केल पाठयांक $Z^1=y^1\times LC$ (cm)	गोलीय पृष्ठ के साथ स्फेरोमीटर पाठयांक $h_2= x^1 +z^1$ (cm)	

माध्य h=.....cm

गणनाः– l तथा h के मानों का प्रयोग करके निम्नलिखित सूत्र द्वारा वक्रता त्रिज्या R की गणना कीजिए ।

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

परिणाम :– दिए गए गोलीय सतह की वक्रता त्रिज्या ———————— है।

सावधानियॉ :– 1. स्क्रू या पेंच सदैव एक ही दिशा में घुमायें।

2. स्क्रू समतल सतह या वक्र सतह को जैसे ही स्पर्श करें उसके बाद स्क्रू को अधिक न घुमायें।

3. स्क्रू में घर्षण न हो वह स्वतंत्र रूप से गति करें।

अधिगम सम्प्राप्ति :–

1. स्फेरोमीटर के उपयोगिता की जानकारी होगी –
2. किसी पिण्ड की मोटाई ज्ञात करने के लिए स्क्रूगेज और स्फेरोमीटर में कौन सा यंत्र अधिक यथार्थ होगा की जानकारी होगी।

विचारणीय प्रश्न :–

1. उत्तल दर्पण एवं अवतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या क्या समान हो सकती है
2. स्फेरोमीटर का प्रयोग कहाँ–कहाँ किया जा सकता है।

प्रयोग – 8

उद्देश्य :–दण्ड तुला की सहायता से दो विभिन्न पिण्डों का द्रव्यमान ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण :– भौतिक तुला, बाट पेटी, स्पिरिट तलदर्शी, विभिन्न द्रव्यमान के दो पिण्ड आदि।

अवधारणा :– दण्ड तुला एक प्रकार का भौतिक तुला है। मीटर स्केल को भी दण्ड तुला की भांति प्रयुक्त किया जा सकता है। दण्ड तुला की सहायता से किसी वस्तु का द्रव्यमान ज्ञात करने के लिए आघूर्ण के सिद्धांत का उपयोग किया जाता हैं।

सिद्धांत :– दण्ड तुला की कार्यप्रणाली आघूर्ण के सिद्वांत पर आधारित है। तुला में समान लंबाई की दो भुजा एवं समान द्रव्यमान के दो पलड़े होते हैं। जब पलड़ा खाली होता है, तो आधार के घुण्डी को घुमाने पर दण्ड क्षैतिज रहता है। जब बाँये पलड़े पर वस्तु रखी जाती है तो दण्ड वामावर्त दिशा में घूम जाता है। दाँये पलड़े पर उचित ज्ञात मानक बाट (उचित द्रव्यमान का) रखकर दण्ड को संतुलित किया जाता है। चूंकि बल भुजाएँ समान है अतः दोनों पलड़े का भार समान होना चाहिए।

इस प्रकार यदि किसी वस्तु O का गुरूत्वीय द्रव्यमान m है उसे एक पलड़े पर तथा एक वस्तु (बाट) O^1 जिसका ज्ञात गुरूत्वीय द्रव्यमान m_s है उसे दूसरे पलड़े पर रखा जाय, तो –

बाँये पलड़े पर वस्तु O का भार = दाँये पलड़े पर O^1 का भार

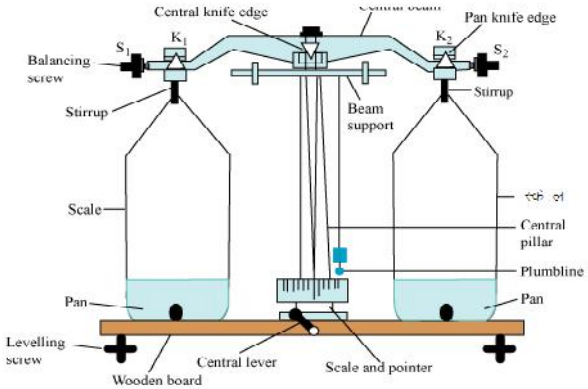
या $mg = m_s g$

जहाँ g गुरूत्वीय त्वरण है जो नियंताक है। अतः

$$m = m_s$$

इस प्रकार –

बाँये पलड़े पर वस्तु का द्रव्यमान = दाँये पलड़े पर रखा मानक द्रव्यमान



प्रयोग विधि :– निम्न बिन्दुओं के आधार पर प्रयोग को संपादित करें–

1. सर्वप्रथम भौतिक तुला का निरीक्षण कीजिए, जॉच कीजिए कि तुला के सभी उचित स्थानों पर हैं।
2. तुला के पलड़े शुष्क एवं शुष्क है इसकी जॉच कीजिए
3. बार पेटी में सभी मिलीग्राम, ग्राम के सभी बार हैं अथवा नहीं इसकी जॉच कीजिए
4. levelling screw की सहायता से तुला के आधार बोर्ड को क्षैतिज करें इसके लिए स्प्रिट तलदर्शी का उपयोग करें।
5. क्षैतिज की स्थिति में साहूल सूत्र (Plumbline) के नीचे की नोक के ठीक ऊपर होगी।
6. भौतिक तुला को काँच की खिड़की से ढ़ंक दीजिए घुंडी द्वारा दण्ड को धीरे–धीरे उठाइए लघु स्केल जो उर्ध्वाधर स्तम्भ के निचले भाग में जुड़ी है के सापेक्ष संकेतक क दोलन का अवलोकन कें
7. स्केतक (Pointer) की स्थिति का अवलोकन करने के लिए देखना है कि संकेतक लद्यु स्केल के केन्द्रीय शून्य अंश के दोनों ओर बराबर गति करता है अथवा केन्द्रीय शून्य अंश पर रूक जाता है यह संतुलन की स्थिति है यदि ऐसा नहीं होता है तो तुला दण्ड के दोनों सिरों पर लगे levelling screw के पेंचों को समायोजित करें कि संकेतक केन्द्रीय शून्य अंश के दोनों ओर समान दूरी पर गति करे अथवा केन्द्रीय शून्य अंश पर रूक जाए।
8. अब खिड़की खोलकर तोली जाने वाली M द्रव्यमान की वस्तु को बाएँ पलड़े पर एवं किसी उपयुक्त मानक द्रव्यमान को दाएँ पलड़े पर रखिए बॉए चढ़ाने एवं उतारने के लिए चिमटी का प्रयोग कीजिए।
9. घुण्डी द्वारा दण्ड तुला दण्ड को ऊपर उठाइए और संकेतक का स्केल पर गति का अवलोकन कीजिए। संतुलन की स्थिति में संकेतक केन्द्रीय शून्य अंश के दोनों ओर समान दूरी पर दोलन करेगा अथवा केन्द्रीय शून्य पर स्थिर हो जाएगा।
10. यदि घुण्डी द्वारा तुला दण्ड को उपर उठाने पर संकेतक दोलन करते समय किसी एक दिशा में अधिक दूरी तक तय करता है तो दस दिशा में पलड़े पर रखे गए पिण्ड अथवा बार का द्रव्यमान कम होगा। जब दोनों पलड़ों का द्रव्यमान समान होगा तो संकेतक केन्द्रीय शून्य पर स्थिर हो जाएगा।
11. अधिक परिस्कृत मापन के लिए दाएँ पलड़े पर मिलीग्राम बार को भी रखिए।
12. अब खिड़की खोलकर चिमटे की सहायता से सभी बाटों को निकालिए एवं पिण्ड को भी बाहर निकालिए सारिणी में द्रव्यमानों को नोट कीजिए।
13. भिन्न–भिन्न वस्तु लेकर प्रयोग को 9–10 चरणों में कीजिए।

अवलोकन :–

सारिणी 1: प्रथम वस्तु का द्रव्यमान

स.क्र.	मानक द्रव्यमान बाट		वस्तु का द्रव्यमान
	ग्राम(g) x	मिलीग्राम(mg) y	(x+y)=(g)
1. 2. 3.			

प्रथम वस्तु का माघ्य द्रव्यमान =-------- g

सारिणी 1: द्वितीय वस्तु का द्रव्यमान

स.क्र.	मानक द्रव्यमान		वस्तु का द्रव्यमान
	ग्राम के बाट x(g)	मिलीग्राम के बाट y(mg)	(x+y)=(g)
1. 2. 3.			

द्वितीय वस्तु का माघ्य द्रव्यमान = g

परिणाम :–दिए गए प्रथम वस्तु का द्रव्यमान..... g

दिए गए द्वितीय वस्तु का द्रव्यमान..... g प्राप्त होता है।

सावधानियाँ :–

1. द्रव्यमान हमेशा घटते क्रम में चढ़ाना चाहिए बाट को पलड़े के बीच में रखना चाहिए।
2. तुला की क्षमता से अधिक द्रव्यमान नहीं चढ़ाना चाहिए । सामान्यतः भौतिक तुला से 250 ग्राम तक की वस्तु का मापन किया जाता है।
3. भौतिक तुला से ठण्डे या गर्म वस्तु का मापन नहीं करना चाहिए इसी प्रकार सक्रिय वस्तुओं वस्तुओं जैसे रासायनिक पदार्थ,द्रवों,और पवाडर को सीधे पलड़े पर नहीं रखना चाहिए।
4. त्रुटि के स्त्रोत(sorces of error):–

1. तुला के विभिन्न भागों में घर्षण के कारण त्रुटि हो सकती है।

2.भौतिक तुला की यथार्थता 1mg की होती है। यह संभव यंत्रीय त्रुअि होती है।

अधिगम संप्राप्ति :–

1. छात्रों में द्रव्यमान केन्द्र की अवधारणा स्पष्ट होगी।
2. अधिक व कम द्रव्यमान वाले पिण्डों की द्रव्यमान केन्द्र से दूरी की जानकारी होगी।

विचारणीय प्रश्नः–

1.द्रव्यमान और भार में तीन अंतर व्क्त करें।

2.क्या वस्तु का द्रव्यमान शून्य हो सकता है?

3.वस्तु का भार क्यों बदलता है?

4.द्रव्यमान को परिभाषित करें।

5.क्या वस्तु का भार शून्य हो सकता ळें

प्रयोग का विस्तार :– 1.दण्ड तुला के द्वारा विभिन्न आकार के वस्तुओं के द्रव्यमान की तुलना की जा सकती है।

2.एक ही आकार व आयतन के विभिन्न धातुओं के द्रव्यमान की तुलना की जा सकती है।

प्रयोग – 9

उद्देश्य :– सदिशों के समांतर चतुर्भुज के नियम को प्रयुक्त कर दी गई वस्तु का भार ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण :– दी गई वस्तु ग्रेवसेन्ड का उपकरण, धागा, समतल दर्पण की पट्टिका, सफेद कागज, खांचेदार भारों सहित हैंगर आधे मीटर की छड़ साबुन सूत्र ड्राइंग पिन एवं ज्यामिति बाक्स आदि।

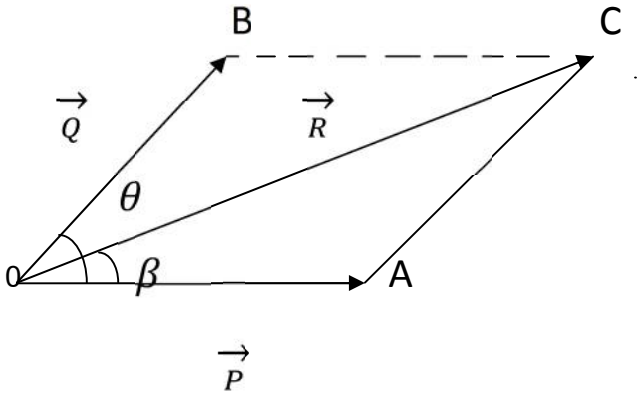
अवधारणा :– सदिश वे भौतिक राशियां जिन्हें व्यक्त करने के लिए परिमान व दिशा की आवश्यकता होती है। इन्हें व्यक्त करने के लिए केवल परिमान की अवाश्यकता होती है।

परिणामी सदिश बहुत सारे सदिशों को सम्मिलित प्रभाव को व्यक्त करता है।

समांतर चतुर्भुज नियम : – दो सदिश जो परिमाण और दिशा में दिशा समांतर चतुर्भुज के दो संलग्न भुजाओं से प्रदर्शित हो तो उनका परिणामी सदिश परिमान और दिशा में समांतर चतुर्भुज के उस विकर्ण से प्रकट होगा जो दोनों भुजाओं के कटान बिन्दु से होकर जाता है।

सिद्धांत (Theory) :– सदिशों के योग का समांतर चतुर्भुज नियम – इस नियम के अनुसार दो सदिश जा परिमाण और दिशा में किसी समांतर चतुर्भुज के दो संलगन भुजाओं से प्रदर्शित हों तो उनका परिणामी सदिश परिमाण और दिशा में समांतर चतुर्भुज के उस विकर्ण से प्रकट होगा। जो दोनों भुजाओं के कटान बिन्दु से होकर जाता है।

माना कि दो बल $\vec{P}$ व $\vec{Q}$ किसी वस्तु पर लगाया जाता हैं बलों को समांतर चतुर्भुज के दो संलग्न भुजाओं OA तथा OB द्वारा व्यक्त किया गया हैं। चतुर्भुज ABCD में विकर्ण $\vec{OC}$ इन बलों के परिणामी बल को R से व्यक्त करते है



$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos^{-}}$$

जहां $^{-}$ सदिशों $\vec{P}$ व $\vec{Q}$ के मध्य का कोण है।

परिणामी बल की दिशा निम्न सूत्र से ज्ञात करते है

$$\tan \quad = \frac{Q\sin^{-}}{P + Q\cos^{-}}$$

ज्हां $, \vec{P}$ व $\vec{R}$ के मध्य का कोण है।

यदि दो ज्ञात बल P तथा Q तथा दी गई वस्तु के कारण तीसरा अज्ञात बल किसी बिन्दु D पर एक ही बिन्दु पर इस प्रकार कार्य करते है कि वे साम्यावस्था में हों तो अज्ञात बल इन दो ज्ञात बलों के परिणामी के बराबर होता है। इस प्रकार दी गई वस्तु का भार ज्ञात किया जा सकता है।

गेवसेण्ड का उपकरण :– यह लकड़ी का एक ऊर्ध्वाधर बोर्ड होता है जिसे दो स्तंभों पर कसा जाता है। इस बोर्ड पर ऊपर की ओर किनारों पर दो धर्षण रहित घिरनियां लगायी जाती है। घिरनियों से जाती हुई धागे के अंतिम सिरों पर दो ज्ञात द्रव्यमान के भार बार लटकाये जाते हैं। तीसरा अज्ञात भार धागे के मध्य से लटकाया जाता है।

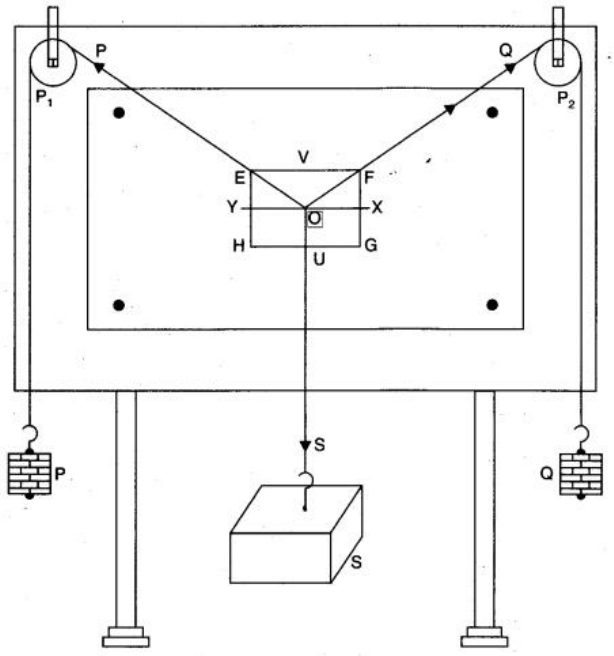


Fig. Gravesand's apparatus.

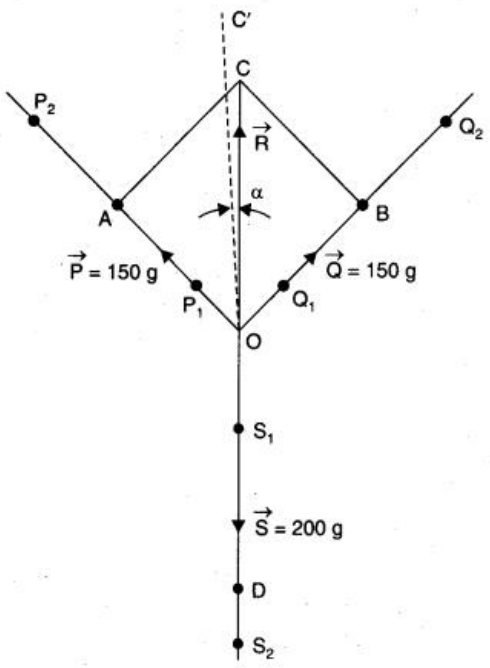


Fig. Determination of weight of a wooden block.

विधि –

1. सर्वप्रथम ग्रैवसेंड उपकरण के बोर्ड को साहुल, सूत्र की सहायता से व्यवस्थित कीजिए
2. यह सुनिश्चित करें कि घिरनियाँ घर्षण रहित हो आवश्यकतानुसार घिर्रियों घिरनियों पर स्नेहक लगाया जा सकता है
3. ड्राइंग पिनो की सहायता से बोर्ड पर सफेद कागज चिपकाएँ
4. मजबूत धागे की उचित लम्बाई लेकर इसे दोनों घिरनियों के ऊपर से होकर ले जाएँ एवं उनके सिरों पर हैंगर बांधिए
5. इस धागे के मध्य बिन्दु 0 पर एक अन्य धागा लेकर चित्रानुसार गॉठ बॉधिए और उसके निचले छोर पर एक अज्ञात भार लटका दें।
6. अब हेंगर में भारों को इस प्रकार से समायोजित करें कि धागों की संधि सफेद कागज के निचले मध्य भाग में साम्यावस्था में आ जाए
7. इस भाग का विशेष ध्यान रखा जाए कि भार अथवा धागे का कोई भी भाग बोर्ड अथवा मेज को स्पर्श न करें।
8. तीनों बल P, Q और S को मध्य बिन्दु O पर संतुलित कीजिए इसके लिए गॉठ को थोडा सा किसी दिशा में लेकर छोड दे फिर स्थिर अवस्था में आने दें इस क्रिया विधि को तीन चार बार दोहराएँ प्रत्येक बार गाठ O की स्थिति नोट करें यदि O की स्थिति प्रत्येक बार पास–पास हो तो उनका केन्द्र O चिह्नित करें इसे कोई घर्षण नही कि स्थिति कहते हैं

9. अब कागज पर धागे के नीचे एक समतल दर्पण की पट्टिका रखिए। अब अपने आँख की स्थिति को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि धागे तथा प्रतिबिम्ब के बीच कोई विचलन न रहे
10. अब धागे और प्रतिबिम्ब के बीच कोई लम्बन न हो इस स्थिति में चिह्नित करें तथा A और B भी चिह्नित करते हैं
11. अब हैंगरों को धागे सहित उतार लेते है और कागज को बोर्ड से अलग कर लेते है सभी बिन्दु युगलों को आपस में मिलाते हैं जिसमें सभी O पर मिल जाएँ सभी रेखाओं को आगे तक बढ़ाते हैं।
12. उचित पैमाना लेकर P, Q को व्यक्त करें P तथा Q समान्तर चतुर्भुज की दो आसान भुजाएँ OA तथा OB हों
13. चतुर्भुज की विकर्ण OC को इसे मापें यही परिणामी बल R है। लम्बाई को चयन कर पैमाने से परिवर्तित करने से बल की माप प्राप्त होती है।
14. अन्य भारों के साथ प्रयोग को दोहराए। यह प्रयोग 7,8 चरणो में दोहराइए।

स्प्रिंग तुला से मापा गया अज्ञात भार $= 200\ gm.$

पाँच विभिन्न प्रेक्षणों से प्रयोग द्वारा मापा गया यह भार $190\ gm.$ है जहां

$$1\ cm = 100 gm$$

अवलोकन सारिणी :–

पैमाना $1\ cm = _____\ gm\ wt$ (माना a)

क्रमांक	बल ग्राम भार		विकर्ण की लम्बाई OC परिणामी बल $R = OC \times a$ ग्राम भार $= 3$ अज्ञात भार	
	P	Q		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

परिकलन :– स्प्रिंग तुला से मापा गया भार $s = \ldots\ldots\ldots gm.$

प्रयोग द्वारा प्रापृ अज्ञात $s^1 = \ldots\ldots\ldots gm.$

परिणामः– दी गई वस्तु का भार $= \cdots N$

सावधानियां :–

1. घिरनियॉ घर्षण रहित हों।
2. साहुल सूत्र की सहायता से जॉच करना चाहिए की ग्रैवसेंड उपकरण मेज के लम्बवत् हो

अधिगम संप्राप्ति :–

1. छात्रों को सदिश और अदिश के बारे में जानकारी प्राप्त होती है।
2. सदिशों के योग के समांतर चतुर्भुज नियम का उपयोग के बारे में विद्यार्थी समझ विकसित करेंगे।

विचारणीय प्रश्न :–

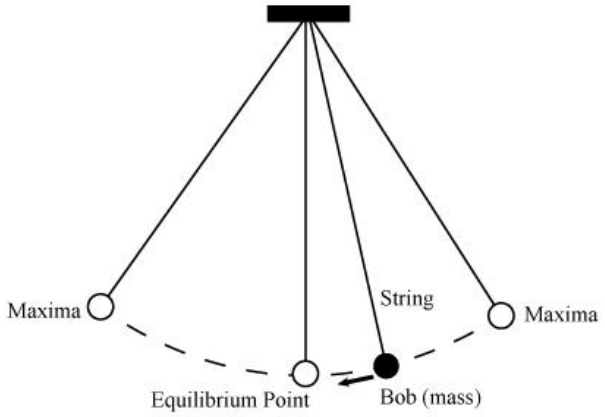
1. क्या किसी अज्ञात पिण्ड का द्रव्यमान इस प्रयोग से कर सकते है।
2. अज्ञात भार को परिवर्तित कर एवं P तथा Q को अपरिवर्तित करके प्रयोग करने पर क्या परिणाम प्रापृ होता है ज्ञात कीजिए।

प्रयोग–10

उद्देश्य :– सरल लोलक के द्वारा L-T तथा $L\text{-}T^2$ ग्राफ आलेखित सेकण्ड लोलक की प्रभावकारी लम्बाई ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण :–क्लैम्प स्टैण्ड,धातु की हुक लगी गोलाकार पिण्ड,सूती धागा, विराम घड़ी, मीटर स्केल,ग्राफपेपर, वर्नियर कैलिपर्स।

अवधारणा :– सरल लोलक आदर्श रूप से द्रव्यमान रहित धागे से बंधी एक ऐसी व्यवस्था होती है जिसमें एक भारी बिन्दु गोला बंधा होता है । व्यवहारिक रूप से सरल लोलक एक ठोस गोलाकार धातु की लटकन है जिसे सूती धागे से लटकाया जाता है। इसकी सहायता से लगभग 20 दोलनों के लिए प्रेक्षण लेकर l-T तथा $l\text{-}T^2$ के बीच ग्राफ खींचकर गुणात्मक विवेचना करते हैं। ग्राफ की सहायता से कुछ गणितीय गणनाओं द्वारा गुरूत्वीय त्वरण की गणना करते हैं।



सरल लोलक की गति आवर्त गति होती है क्योंकि गति करते समय लोलक के गोलक का त्वरण इसके अपनी माध्यस्थिति से विस्थापन के अनुक्रमानुपाती होता है तथा सदैव ही माध्य स्थिति की दिशा में होता है।

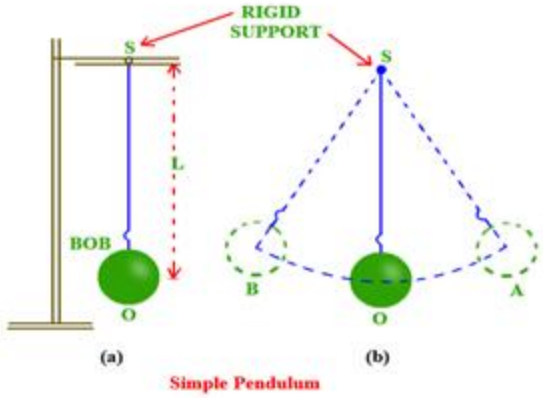
माना सरल लोलक का आवर्त काल (T) है

सूत्र $T = 2\pi\sqrt{L/g}$

जहां– L – लोलक की प्रभावकारी लम्बाई

g – प्रयोग के स्थान पर गुरूत्वीय त्वरण

या $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L$



प्रयोग विधि :–

1. सर्वप्रथम पूर्व में किए गए प्रयोग की भांति वर्नियर कैलिपर्स से गोले की त्रिज्या ज्ञात करते है। तथा गोले में लगे हुक की लम्बाई भी ज्ञात कीजिए
2. चित्रानुसार 190 सेमी. या 100 सेमी. लम्बे धागे के एक सिरे को स्टैण्ड के क्लैम्प में लगे लकड़ी के गुटके में बने छेद में डालते हुए बांधिए
3. धागे के दुसरे सिरे के गोलक के हुक से बांधिए
4. प्रयोग शाला के फर्श पर एक चाक की सहायता से साम्यावस्था में लोलक की माध्य स्थिति O चिन्हित कीजिए
5. अब सरल लोलक के गोलक को माध्य स्थिति से एक ओर विस्थापित कीजिए और छोड़ दीजिए आप देखेंगें कि सरल लोलक दोलन करने लगता है
6. अब विराम घड़ी की सहायता से अपनी इच्छानुसार n दोलनों का समय नोट कीजिए
7. किसी निश्चित लम्बाई के लोलक के लिए n दोलनों का समय 2–3 बार ज्ञात कीजिए। मध्यमान समय ज्ञात कीजिए
8. लोलक की लम्बाई $90cm, 100cm, 110cm$ आदि परिवर्तित करके प्रयोग को कई बार दोहराएँ और n दोलनों का समय ज्ञात करें
9. n दोलनों के लिए आवर्तकाल $T = \frac{t}{n}$ से ज्ञात करें।
10. LT के एवं LT^2 के बीच ग्राफ आलेखित कीजिए इस आलेख की ढाल ज्ञात कीजिए

लोलक के गोलक की त्रिज्या r.....सेमी

हुक की लम्बाई a .....सेमी

मीटर स्केल का अल्पतमांक.....सेमी

स्टाप वाच का अल्पतमांक.....सेमी

प्रेक्षण सारिणी :–

सरल लोलक का आवर्तकाल T एवं प्रभावकारी लम्बाई L मापना

स.क्र.	धागे की लम्बाई lcm	लोलक की प्रभावकारी लम्बाई L=(l+r+a)	दोलनों की संख्या n	n दोलनों में लगा समय				आवर्तकाल $T=\frac{t}{n}$
				(1)	(2)	(3)	माध्य t	

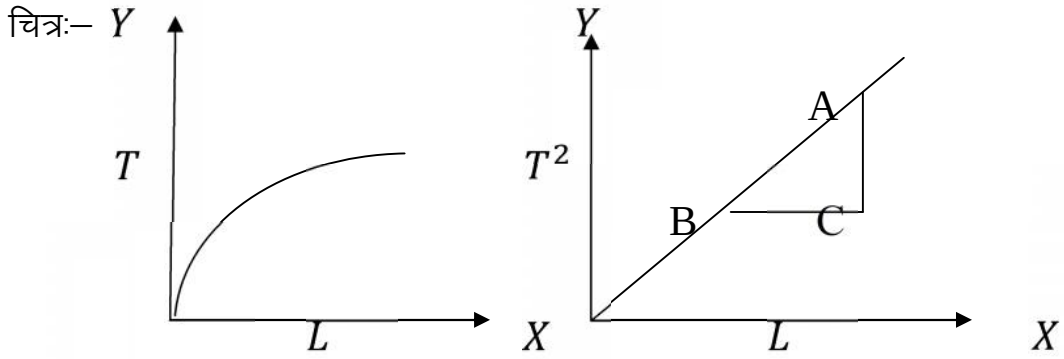
परिकलनः–1.उपयुक्त पैमाने का चयन कर L एवं T के बीच ग्राफ :–

प्राप्त प्रेक्षणों के अनुसार L को x- अक्ष तथा T को y- अक्ष पर लेकर L एवं T के बीच ग्राफ आलेखित कीजिए ग्राफ एक वक्र के रूप में प्राप्त होता है ।

2.उपयुक्त पैमाने का चयन कर L एवं T^2 के बीच ग्राफ :–

प्राप्त प्रेक्षणों के अनुसार L को x- अक्ष तथा T^2 को y- अक्ष पर लेकर L एवं T^2 के बीच ग्राफ आलेखित कीजिए ग्राफ एक वक्र के रूप में प्राप्त होता है । ग्राफ सरल रेखा के रूप में प्राप्त होता है।

चित्रः–



ग्राफ T^2 एवं L के बीच ग्रॉफ सेकण्ड लोलक की प्रभावकारी लम्बाई ––––– cm है

मानक मूल्यांकन

$g = 9.8$ मी./से^{2}

विश्लेषण/परिणाम की विवेचना :–

a. सरल लोलक केवल उर्ध्वाधर तल में ही (Vertical Plane) दोलन करता है।
b. सरल लोलक के दोलन का आयाम बहुत छोटा होता है।
c. सरल लोलक को अल्प कोण [θ] से विस्थापित करते है।
d. वायु घर्षण का प्रभाव को कम करने हेतु पंखों को बंद कर देना चाहिए।

. निष्कर्षः– उपरोक्त प्रयोग से यह निष्कर्ष निकला की सरल लोलक की प्रभावकारी लंबाई *(l)* आवर्तकाल के वर्ग के समानुपातीा होता है अर्थात सरल रेखा ग्राफ के मूलबिन्दु से होकर जाती है।

अधिगम सम्प्राप्ति :–

- छात्रों को सरल लोलक की जानकारी होगी।
- छात्रों को पृथ्वी के किसी स्थान पर लोलक की प्रभावकारी लम्बाई , आवर्तकाल,व गुरूत्व जनित त्वरण के बीच सम्बन्ध का ज्ञान प्राप्त होगा।
- छात्रों को l-T तथा l-T^2 ग्राफ की जानकारी होगी।

. **प्रयोग का विस्तार :–**

I. $L - T^2$ ग्राफ द्वारा g के मान की गणना कीजिए।

II. विभिन्न आकार का गोलक लेने पर $L - T^2$ ग्राफ में क्या परिवर्तन दिखाई देता है। प्रयोग करके देखिए

III. गोलक के पदार्थ को बदल कर अर्थात् समान त्रिज्या की लकड़ी के गोले या प्लास्टिक के गोले लेने पर क्या प्रभाव होगा, करके देखिए या चर्चा करें

विचारणीय प्रश्न :–

a. सरल लोलक के आवर्तकाल पर द्रव्यमान का क्या प्रभाव पड़ता है?

b. सरल लोलक की लंबाई व आवर्तकाल के बीच क्या संबंध है।

c. लोलक घड़ी के आवर्तकाल पर तापमान का क्या प्रभाव पड़ेगा, यदि लोलक घड़ी की लंबाई तापमान के साथ बढ़ती है।

d. यदि लोहे की गोलक के स्थान पर समान आकार के लकड़ी व सीसा गोलक को ले, तो आवर्तकाल पर क्या प्रभाव पड़ेगा।

प्रयोग – 11

उद्देश्य :– सीमांत घर्षण व अभिलम्ब प्रतिक्रिया के बीच संबंध का अध्ययन करना तथा गुटके और क्षैतिज सतह के बीच घर्षण गुणांक ज्ञात करना।

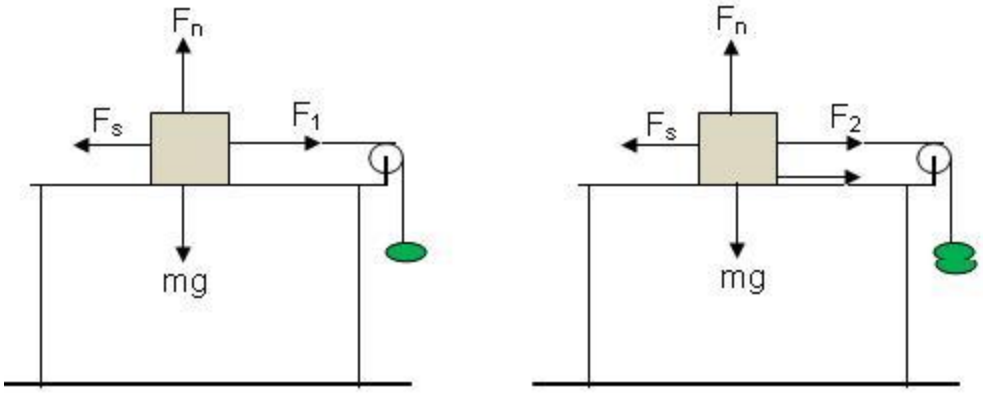
आवश्यक उपकरण :– हुक सहित लकड़ी का गुटका, क्षैतिज समतल जिसकी ऊपरी सतह पर काँच अथवा पटलित शीट लगी हो, घर्षण रहित घिरनी जिसे क्षैतिज मेज तल के किनारे से जोड़ा जा सके स्पिरिट तलदर्शी, तुला का पलड़ा धागा या डोरी, 'कमानीदार तुला' बाँट पेटी तथा पाँच बाट (प्रत्येक 100 ग्राम)।

अवधारणा :– जब किसी वस्तु को किसी दूसरी वस्तु की सतह के ऊपर गति कराई जाती है तो एक गति विरोधी बल कार्य करता है जिसे घर्षण कहते हैं। अर्थात घर्षण बल वस्तु की गति का विरोध करती है। घर्षण का भौतिक कारण सतहों की अनियमितता है। इस कारण घर्षण गुणांक का निर्धारण दो प्रकार से करते हैं–

1. क्षैतिज समतल विधि द्वारा।
2. नव समतल विधि द्वारा।

इस प्रयोग में क्षैतिज समतल विधि का उपयोग कर, सीमांत घर्षण बल व अभिलम्ब प्रतिक्रिया बल का मान ग्राफ की प्रवणता से ज्ञात करते हैं।

सिद्धांत :–



चित्र

शुष्क स्वच्छ एवं बिना स्नेहक लगे दो ठोस पृष्ठों के बीच लगने वाला अधिकतम स्थैतिक घर्षण बल अर्थात सीमांत घर्षण , Fs निम्न नियमों का पालन करती है।

1. सीमांत घर्षण बल Fs अभिलम्ब प्रतिक्रिया Fs के समानुपाती होती है जहां R दी गई वस्तु के कुल भार mg के बराबर होता है क्षैतिज पृष्ठों के लिए mg तथा R दोनों की क्रिया रेखा समान होती है।

$$Fs \propto R \quad \text{या} \quad Fs = \mu_s R$$

$$\text{या} \quad \mu_s = \frac{F_S}{R}$$

सीमांत घर्षण के परिमाण Fs तथा अभिलम्ब प्रतिक्रिया का परिमाण R का अनुपात एक स्थिरांक होता है। जो सम्पर्क तलो के लिए सीमांत घर्षण गुणांक कहलाता है

2. सीमांत घर्षण बल दोनों पृष्ठों की प्रकृति पर निर्भर करता है नियत अभिलम्ब प्रतिबल के लिए बड़े परिसर में यह तलों के क्षेत्रफल पर लगभग निर्भर नहीं करता है।

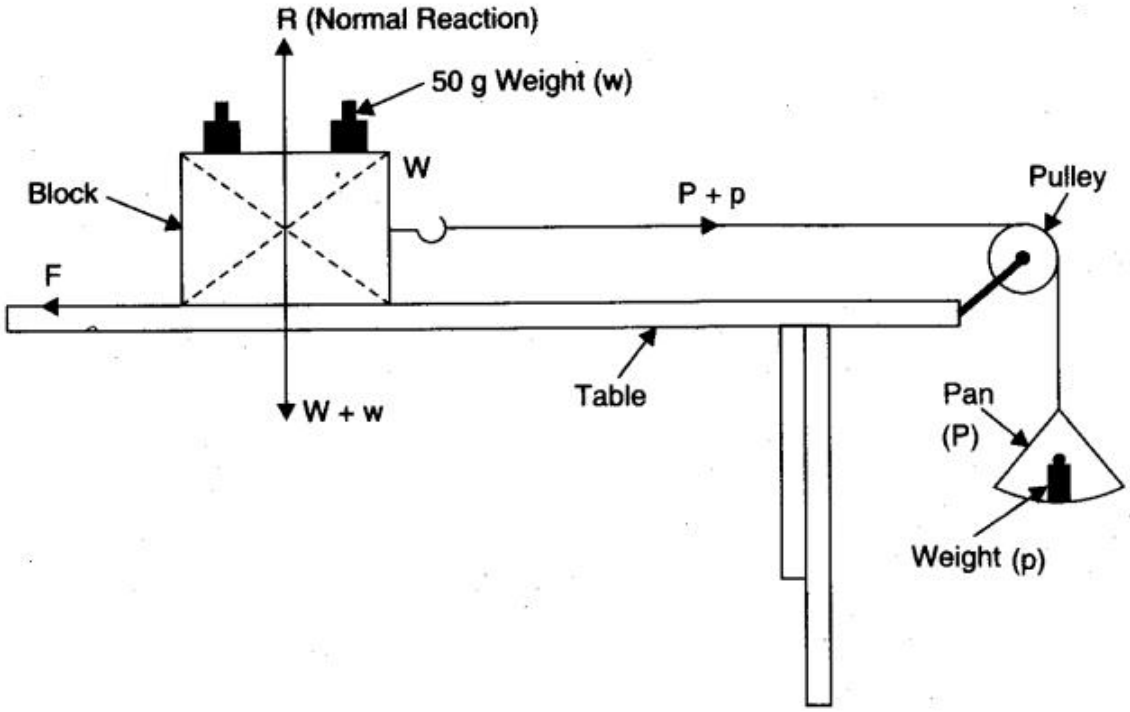


Fig. Study for force of sliding friction.

चित्र – सीमांत घर्षण तथा अभिलेख प्रतिक्रिया के बीच ग्राफ

प्रयोग विधिः–

- सर्वप्रथम कमानीदार तुला का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए
- मेज क्षैतिज तथा समान्तर होना चाहिए इसकी जाँच स्पिरिट तलदर्शी द्वारा कीजिए
- कमानीदार तुला द्वारा लकड़ी के गुटके का हुक F सहित भार W तथा पलड़े का भार m ज्ञात करें
- चित्रानुसार मेज के कपरी किनारे पर एक घर्षण रहित घिरनी जड़िए अवश्यकतानुसार स्नेहक लगा सकते हैं
- उपयुक्त लम्बाई का धागा लेकर धागे के एक सिरों को गुटके में लगे हुक से बांधिए और धागे को घर्षण रहित घिरनी के ऊपर से लेते हुए दुसरे सिरे को पलड़े से बॉध दीजिए जिसमें वह नीचे की ओर ऊर्ध्वाधर लटक जाए
- पलड़े पर कोई द्रव्यमान P रखकर मेज को धीरे – धीरे थपथपाइए ऐसा करने पर मेज पर रखा गुटका सरकने लगता है या नहीं देखिए
- पलड़े पर द्रव्यमान P को बढ़ाने पर पर किस द्रव्यमान पर गुटका सरकना प्रारम्भ करता है इस द्रव्यमान की मान प्रेक्षण सारिणी पर नोट कीजिए।
- अब गुटके पर कोई ज्ञात द्रव्यमान जैसे 50, 100, 150 ग्राम का पिण्ड गुटके पर रखकर पलड़े पर इतना भार रखें कि मेज को धीरे – धीरे थपथपाने पर गुटका सरकना प्रारम्भ करे यही क्रियाविधि गुटके तथा पलड़े में विभिन्न भार के लिए दोहराएँ।

प्रेक्षण सारणी–

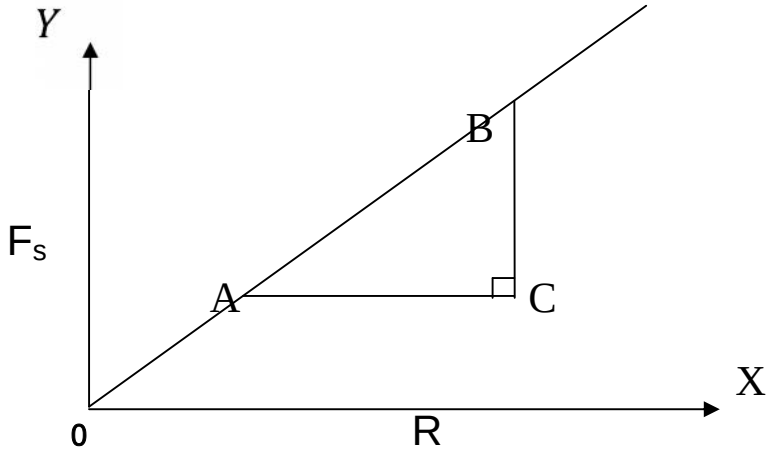
1. कमानीदार तुला का परिसर .... से .... ग्राम।
2. कमानीदार तुला का आल्पतमाँक .... ग्राम।
3. पलड़े के गुटके का द्रव्यमान (P) = ... ग्राम।
4. लकड़ी के गुटकें का द्रव्यमान (W) = ... ग्राम।
5. प्रयोग के स्थान पर गुरूत्वजनित त्वरण (g) = ... मी.से.।

अभिलेख प्रतिक्रिया में परिवर्तन के साथ सीमांत घर्षण में परिवर्तन–

क्र.	लकड़ी के गुटके का हुक सहित भार W ग्राम	अभिलंबवत् भार R= (W+w) ग्राम भार	पलड़े की द्रव्यमान (p) ग्राम भार	सीमांत घर्षण बल (Fs)	घर्षण गुणांक $\mu s = \frac{Fs}{R}$	ध्य ना μs
1						
2						
3						
4						

गणना :–

ग्राफः–



सीमांत घर्षण तथा अभिलम्ब प्रतिक्रिया (R) के बीच F_s को Y अक्ष के अनुदिश तथा R को X अक्ष के अनुदिश ग्राफ आलेखित करते है। ग्राफ से

$$\mu_s = \frac{F_S}{R}$$ ज्ञात करते है।

परिणाम : –मेज व काँच/माइका के ऊपरी पृष्ठ तथा लकड़ी के गुटके के पृष्ठ की बीच सीमांत घर्षण गुणांक का मान

(1) परिकलन द्वारा.....

(2) ग्राफ द्वारा .....

त्रुटियों का स्त्रोतः –

1. द्रव्यमान को सदैव लकड़ी के गुटके के बीच रखना चाहिए।
2. धागा बिना कटा हुआ तथा अतानित होना चाहिए।
3. पृष्ठ धूल से मुक्त एवं शुष्क होना चाहिए।

विश्लेषण/परिणाम की विवेचना : -

1. घर्षण की घटना संपर्क पृष्ठों के खुरदुरेपन पर निर्भर करती है।
2. इस प्रयोग में घिरनी के घिरनी यथा संभव घर्षण रहित हो।

सावधानियां :–

1. धागा पतला तथा दृढ़ होना चाहिए
2. पलड़े पर भार बढ़ाते समय ध्यान देना चाहिए कि उसमें अल्प परिमाण में भार बढ़ाएँ
3. घिरनी घर्षण रहित होनी चाहिए।
4. मेज क्षैतिज तथा धूल रहित होना चाहिए

अधिगम संप्राप्ति :–

- अवलोकन लेने की क्षमता का विकास होगा।
- ग्राफ खीचने की क्षमता का विकास होगा ।
- आँकड़े एवं ग्राफ का विश्लेषण एवं व्याख्या की दक्षता एवं रिर्पोटिंग का विकास होगा।

विचारणीय प्रश्न :–

1. यदि पृष्ठों के सम्पर्क तल खुरदुरे न होकर चिकनी हों तो क्या होगा ?
2. घिरनी को घर्षण रहित क्यों होना चाहिए
3. मेज धूल रहित होना चाहिए क्यों
4. पृष्ठ शुष्क क्यों होना चाहिए ?
5. धागा पतला, हल्का एवं मजबूत क्यों होना चाहिए
6. घिरनी तथा लकड़ी के गुटके के बीच धागा क्षैतिज न हो तो क्या होगा
7. क्या बहुत बड़े पिण्ड का सीमान्त घर्षण इस विधि से ज्ञात कर सकते है।

प्रयोग का विस्तार : –

1. गुटका को आनत समतल पर घर्षण कराकर सीमांत घर्षण ज्ञात करना।
2. सर्पी पृष्ठ की प्रकृति के प्रभाव का अध्ययन करना।
3. संपर्क तल के क्षेत्रपल में परिवर्तन का सीमांत घर्षण पर प्रभाव का अध्ययन करना।

प्रयोग – 12

उद्देश्य :– किसी आनत तल पर रखे बेलन पर गुरूत्व के कारण नीचे की ओर तल के सदिश लगने वाले बल का निर्धारण करना और बल एवं $\sin\theta$ के बीच ग्राफ आलेखित कर क्षैतिज के साथ कोण और बल में संबंध का अध्ययन करना

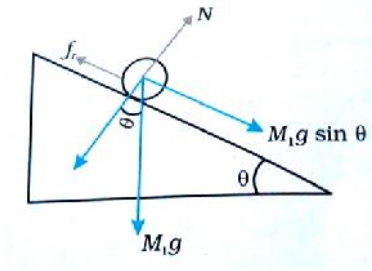
आवश्यक उपकरण :– घिरनी लगा बेलन जिस पर धागा बॉधने के लिये हुक हो, चॉदा, रोलर, बाट पेटी, कमानीदार तुला, स्पिरिट लेविल, पलड़ा तथा धागा।

अवधारणा :– आनत समतल मे कोण का मान शुन्य से आरम्भ होकर जैसे – जैसे वृद्धि होती है वैसे $mg\sin\theta$ के मान में भी वृद्धि होती है। और घर्षण बल में भी वृद्धि होती है।

सिद्धांत :–

M_1 द्रव्यमान के एक रोलर को क्षैतिज से θ कोण पर रखा गया है। M_1 से एक धागा बांधकर उसे घिरनी से गुजारकर दूसरे सिरे पर पलड़ा लटका देते हैं। पलड़े पर भार रखने के पश्चात् रोलर M_1 पर लगने वाला बल

$$W = M_1 g \sin\theta - fr$$

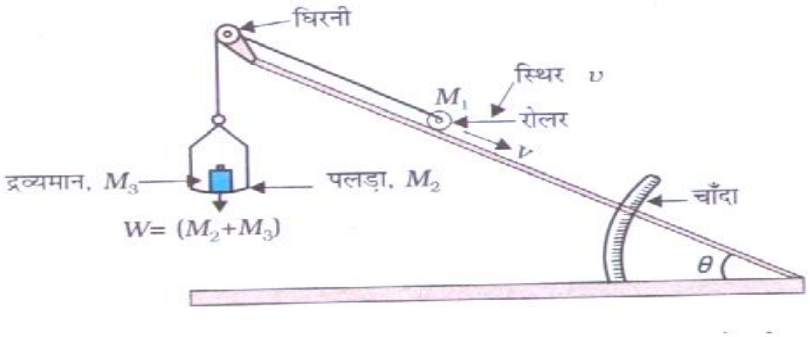


$fr =$ लुढकने के कारण घर्षण बल

$M_1 =$ रोलर का द्रव्यमान

$W =$ धागे में कुल तनाव

चित्र :–



प्रयोगविधि :–

1. आनत समतल, रोलर और पलड़े पर द्रव्यमानों को व्यवस्थित कीजिये। घिरनी में भी स्नेहक लगा लीजिये।
2. इस प्रकार समायोजित कीजिये कि रोलर आनत समतल के शीर्ष पर विराम की स्थिति में रुके।
3. पलड़े से द्रव्यमानों को धीरे–धीरे तब तक घटाते जाइये जब तक कि रोलर नियत वेग से आनत समतल पर लुढ़कना प्रारंभ नहीं
4. W व θ का मान नोट कीजिये।
5. θ के विभिन्न मानों के लिये प्रयोग को दोहराईये।

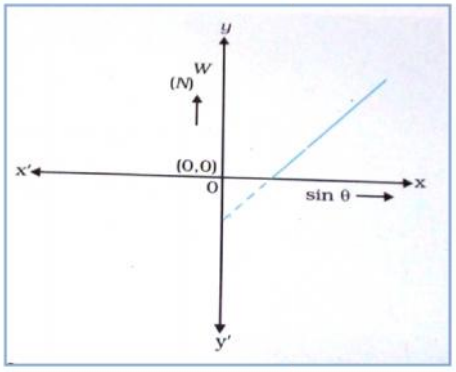
प्रेक्षण सारणी :–

1. गुरुत्व जनित त्वरण g = N/m^2
2. रोलर का द्रव्यमान = $M_1(g)$
3. पलड़े का द्रव्यमान = $M_2(g)$

क्रम संख्या	θ°	sinθ	पलड़े पर रखे द्रव्यमान $M_3(g)$	बल $W = (M_2+M_3)\ g\ (N)$
1.				
2.				
3.				
4.				

ग्राफ : -

sinθ तथा W के बीच ग्राफ खींचिये। यह सरल रेखा प्रापृ होगा।



परिणाम : -

sinθ तथा W के बीच ग्राफ सरल रेखा है। अतः $W \propto \sin\theta$

अधोमुखी बल sinθ के पद के अनुक्रमानुपाती होती है, यहाँ θ समतल का आनति कोण है।

सावधानियाँ : –

1. स्पिरिट लेविल की सहायता से आनत समतल को क्षैतिज व्यवस्थित होना चाहिए।
2. घिरनी यथा संभव घर्षण रहित हो। यदि आवश्यकता हो तो उसमें ग्रीस लगाकर उपयोग में लायें।
3. धागे को पतला, हल्का व मजबूत होना चाहिए।
4. भार W को अल्प परिमाण में कम/ज्यादा किया जाना चाहिए।

त्रुटियों के कारण :–

1. नियत वेग का गलत अनुमान होने के कारण त्रुटि हो सकती है।
2. घिरनी के घर्षणहीन न होने के कारण परिणाम प्रभावित हो सकता है।

अधिगम संप्राप्ति : –

1. छात्र आनत समतल से संबंधित कार्य को समझ सकेंगे।
2. छात्र घिरनी और आनत समतल के उपयोग से होने वाले लाभ के बारे में जान सकेंगे।
3. छात्र इंजीनियरिंग डिजाइन प्रक्रिया का उपयोग कर समस्या को हल करना सीखेंगे।

विचारणीय प्रश्न :

1. क्या किसी सम्पर्क तल मे वस्तु पर लगने वाले बल की दिशा और घर्षण बल दिशा दोनों वस्तु के गति की दिशा में हो सकती है।

प्रयोग का विस्तार :

रोलर की जगह अनियमित पटल का उपयोग कीजिए

i;kx dekd & 13

mnn’; %& सर्ल के उपकरण की सहायता से दिए गए तार के पदार्थ का यंग मापांक ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण %& सर्ल उपकरण , समान लंबाई तथा समान व्यास की दो लंबी स्टील की तार , मीटर पैमाना , 1/2 किग्रा के बॉट एवं हैंगर।

vo/kkj.kk %& जब किसी वस्तु पर लंबाई की दिशा में कोई विरुपक बल लगाया जाता है तो वस्तु की लंबाई में परिवर्तन हो जाता है तो वस्तु की एकांक लम्बाई में होने वाले परिवर्तन को 'अनुदैर्ध्य विकृति कहते हैं। तथा वस्तु के एकांक अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर कार्य करने वाले प्रत्यानयन बल को अनुदैर्ध्य प्रतिबल (lorgituclinal stress) कहते हैं। प्रत्यास्थता की सीमा के अंदर अनुदैर्ध्य प्रतिबल तथा अनुदैर्ध्य विकृति के अनुपात को वस्तु के पदार्थ का 'यंग प्रत्यास्थता गुणांक' कहते हैं। इसे γ से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक N/m^2

fl)kr %& यह उपकरण हुक के सिद्धांत पर कार्य करता है हुक के नियम के अनुसार प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर प्रतिबल, विकृति के समानुपाती होता है

या प्रतिबल $\propto$ विकृति

या प्रतिबल = E विकृति

या $E = \dfrac{\text{प्रतिबल}}{\text{विकृति}}$

E → प्रत्यास्थता गुणांक है

यदि r त्रिज्या तथा L लम्बाई के तार में बल $F = mg$ आरोपित करने पर उसकी लम्बाई में वृद्धि l होती है तो दिए गए पदार्थ का यंग मापांक (यंग प्रात्यास्थता गुणांक)

$$\gamma = \frac{\text{अनुदैर्ध्य प्रतिबल}}{\text{अनुदैर्ध्य विकृति}}$$

$$= \frac{F/A}{l/L} = \frac{mg/\pi r^2}{l/L}$$

$$\gamma = \frac{mgL}{\pi r^2 l}$$

उपरोक्त सूत्र में यदि m, g, L, r तथा l के मान ज्ञात हों तो γ का मान ज्ञात किया जा सकता है।

प्रयुक्त सूत्र (Formula User) : -

$$\gamma = \frac{mgL}{\pi r^2 l}$$

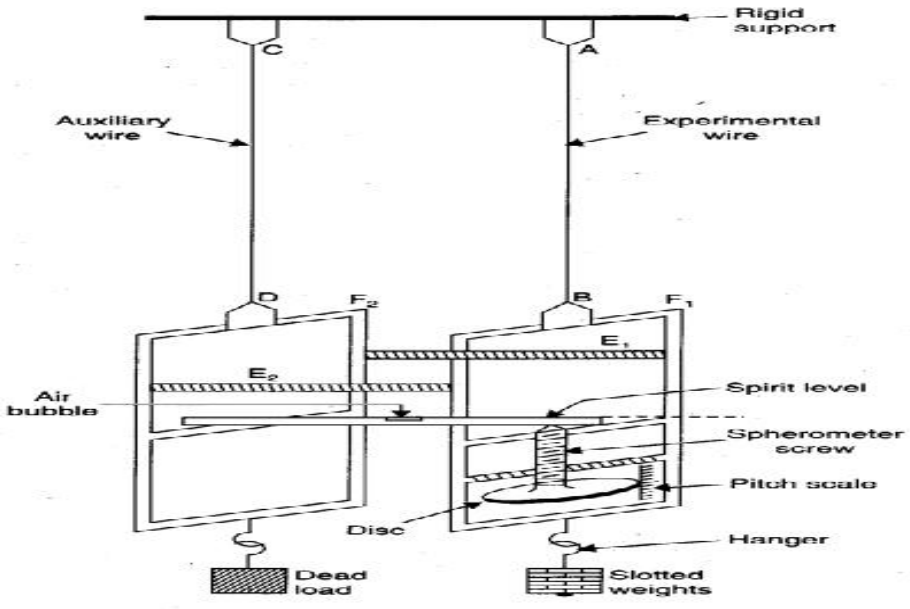
γ = तार के पदार्थ का यंग मापांक

g = गुरुत्वीय त्वरण

L = तार की प्रारंभिक लंबाई

l = तार की लंबाई में वृद्धि

r = तार की त्रिज्या



चित्र :– **Fig.** Searle's apparatus.

प्रयोगविधि :–

1. सर्वप्रथम चित्रानुसार उपकरण को समायोजित करें।
2. समान व्यास एवं समान पदार्थ का दो तार लें इसमें एक प्रायोगिक तार AB एवं एक संदर्भ तार CD है।
3. संदर्भ तार CD से एक नियत भार W लटकाइए ताकि वह तना रहे
4. बिना भारों के हैंगर को तार AB के हुक से लटका दें।
5. तारों के ऐठन को दूर कर प्रायोगिक तार की लम्बाई ज्ञात करें
6. स्क्रूगेज की सहायता से 5–6 बार विभिन्न स्थानों से प्रायोगिक तार का व्यास एवं त्रिज्या ज्ञात कीजिए एवं माध्यमान ज्ञात कीजिए
7. सर्ल उपकरण में लगे गोलाईमापी का पिंच एवं अल्पतमांक ज्ञात करें।
8. अब गोलाईमापी के पेंच की चकती को घूमाकर उपकरण में लगे स्प्रिट तलदर्शी के बुलबुले को केन्द्र में लाएं। और पाठ्यांक ज्ञात करें
9. प्रायोगिक तार पर लगे हैंगर में $^1/_2\ kg$ का बाट रखिए गोलाईमापी की चकती को घूमाकर स्प्रिट तलदर्शी के बुलबुले को केन्द्र में लाइए गोलाईमापी का पाठयांक नोट करें अब $^1/_2\ kg$ के बाट को हैंगर पर चढ़ाते जाएँ प्रत्येक बार चकती को घुमाकर स्प्रिट तलदर्शी के बुलबुले के केन्द्र में लाएँ और हर बार पाठ्यांक नोट करें।
10. बाट चढ़ाते हुए लगभग 8–9 पाठयांक ज्ञात करे
11. अब प्रायोगिक तार से $^1/_2\ kg$ के बाट को कम करते जाएँ प्रत्येक बार सं. क्र. 9 की भांति समायोजित करे पाठ्यांक नोट करें

आंकडे प्रेक्षण सारणी %&

1. तार की लंबाई (L) = –––––––
2. स्क्रूगेज का पिच = –––––––
3. स्क्रूगेज के वृत्तीय पैमाने में भागों की संख्या = –––––––
4. स्क्रूगेज का अल्पतमांक = –––––––
5. स्क्रूगेज की शून्यांक त्रुटि = –––––––

तार के व्यास के लिए सारणी

सं क्र.	किसी दिशा में पाठ्यांक			लंबवत् दिशा में पाठ्यांक			माध्य व्यास $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ $(c.m)$
	मुख्य पैमाने का पाठ S सेमी	वृत्तीय पैमाने का पाठ n	$d^1 = s + n \times L.c$ (सेमी)	मुख्य पैमाने का पाठ S_1 (सेमी)	वृत्तीय पैमाने का पाठ n	$d^2 = s + n \times L.c$ (सेमी)	
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

माध्य व्यास = ———————

माध्य त्रिज्या = ———————

लम्बाई में वृद्धि l का मापन –

गोलाईमापी का पिच = ———————— सेमी

गोलाईमापी के वृत्तकार पैमाने पर विभाजनों की संख्या n = ———— cm

गुरूत्वीय त्वरण = g = ———————

तार की लंबाई में वृद्धि के लिए सारणी :–

स क्र.	प्रायोगिक तार पर आरोपित भार	गोलाईमापी का पाठ्यांक		मध्य पाठ्यांक $\left(\frac{x+y}{2}\right)$ सेमी
1	1.5	भार बढ़ाते हुए x c.m.	भार घटाते हुए y c.m.	a =
2	1.0			b =
3	1.5			c =
4	2.0			d =
5	2.5			e =
6	3.0			f =
7	3.5			g =
8	4.0			h =

ifjdyu %& प्रेक्षण सारणी के अवलोकन से हम दिये गये भार के लिए
प्रायोगिक तार की लंबाई में वृद्धि निकाल सकते है

दिये गए भार के लिए लंबाई में वृद्धि :–

l- d-	Hkkj n kg	ek/;ik ;kd ($c.m$)	n kg	माध्य पाठयांक	1-5 fdxk dk fy, yk- e of)
1		a	2	d	d – a
2		b	2.5	e	e – b
3		c	3	f	f – c

माध्य लंबाई $l = \frac{(a-d)+(b-c)+(c-f)}{3}$

$=$ ——— सेमी 1.5 किग्रा. के लिए

दिये गये प्रायोगिक तार के लिए व्यंग मांपांक

$$y = \frac{MgL}{r^2 l} = ---N/m^2$$

xkQ %& ग्राफ की सहायता से भी y का मान ज्ञात किया जा सकता है। भार को x अक्ष में तथा प्रायोगिक तार की लं. में वृद्धि को y अक्ष लेते हुए ग्राफ खींचे। यह सरल रेखा होनी चाहिए। सरल रेखा की प्रवणता निकालें

प्रवणता $= \frac{\Delta l}{\Delta m}$ इसकी सहायता से y का मान ज्ञात करें।

ifj.kke %& दिये गये प्रायोगिक तार का यंग मापांक

(Using half – lable method) $= \gamma \pm \Delta\gamma \ N/m^2$

(Using graph) $= \gamma \pm \Delta\gamma \ N/m^2$

त्रुटि vkdyu %&

y का प्रायोगिक मान = ––––– N/m^2

y का मानक मान = ––––– N/m^2

तार का पदार्थ	यंग मापांक N/m^2
तांबा	1.3×10^{11}
कांस्टेनटन	1.6×10^{11}
एल्युमिनियम	7.1×10^{10}

सावधानियां %&

1. विभिन्न स्थानों पर तार की त्रिज्या ज्ञात करें।
2. भार चढ़ाते एवं उतारने जल्दबाजी न करें
3. स्फेरोमीटर का पाठयांक सावधानीपूर्वक लें।

अधिगम संप्राप्ति %&

1. विद्यार्थी हुक के नियम का प्रदर्शन कर सकेंगे।
2. विद्यार्थी दिये गये पदार्थ का यंग मापांक ज्ञात करने के लिए आंकड़ो का संग्रह व विश्लेशण कर पायेंगे।
3. किसी पदार्थ के यंग मापांक ज्ञात कर सकेंगें।
4. प्रतिबल , विकृति तथा यंग मापांक जैसे पदों को परिभाषित एवं उपयोग जान सकेंगें।

i;kx dk foLrkj %&

1. दिये गये प्रयोग को अलग–अलग पदार्थ के तार क लिए दोहरायें।
2. समान पदार्थ के तार की लंबाई बदल कर अध्ययन करें क्या समान पदार्थ के तार की लंबाई बदल देने पर γ के मान में कोई प्रभाव पड़ेगा।
3. अलग पदार्थ के तारों के लिए γ के मानो का तुलनात्मक अध्ययन करें।

fopkj.kh प्रश्न %&

1.यदि तारों की लम्बाई को कम या अधिक किया जाए तो γ का मान क्या होगा

2.विभिन्न त्रिज्याओं की तारों को लेकर γ की तुलना कीजिए

प्रयोग – 14

उद्देश्य :– दोलन विधि द्वारा $T^2 - m$ ग्राफ आलेखित कर किसी कुण्डलीदार स्प्रिंग का बल नियतांक एवं प्रभावी द्रव्यमान ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण :– कुंडलीदार स्प्रिंग, संकेतक, पैमाना, पलड़ा, बाट, स्टैण्ड, विराम घड़ी।

अवधारणा :– स्प्रिंग में प्रत्यास्थ गुण है जिसमें यांत्रिक ऊर्जा संचित होती है। किसी स्प्रिंग की लंबाई में एंकांक वृद्धि करने के लिए आवश्यक बल को स्प्रिंग का स्प्रिंग नियतांक कहते हैं अलग–अलग स्प्रिंग के लिए स्प्रिंग नियतांक का मान अलग–अलग होता है। इसका मात्रक न्यूटन/मीटर होता है।

सिद्धांत :– मान लो एक स्प्रिंग दृढ़ आधार से उर्ध्वाधर लटकी हुई है। यदि स्प्रिंग न तो संकुचित है और न ही तनी हुई है तो वह अपने शांत अवस्था में होता है। लेकिन जब स्प्रिंग के मुक्त सिरे पर M द्रव्यमान का एक पिण्ड लटकाया जाता है। और

यदि इस वस्तु को खीचकर छोड़ दें तो वह सरल आवर्त दोलन (ऊपर नीचे) करती है

किसी कमानी का कमानी स्थिरांक

$$K = \frac{\text{प्रत्यानयन बल}}{\text{लम्बाई में वृद्धि}}$$

यदि वस्तु का द्रव्यमान m हो तथा लम्बाई में वृद्धि l हो तो

इस सूत्र की सहायता से K का मान ज्ञान किया जा सकता है यदि ज्ञात द्रव्यमान (M) के लिए स्प्रिंग की लंबाई में वृद्धि ज्ञात हो।

कुण्डली के दोलन की स्थिति में कुण्डली का आवर्तकाल $T = 2®\sqrt{\frac{m}{k}}$

$m =$ कमानी से लटकी हुई वस्तु का द्रव्यमान यदि कुण्डली को प्रभावी द्रव्यमान m_0 ($m_0 =$ कमानी + संकेतक + हैंगर) हो तो

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_0\, m}{K}}$$

विभिन्न द्रव्यमानों m_1, m_2 के लिए आवर्तकाल क्रमशः

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0 + m_1}{K}}$$

$$T_2^2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0 + m_1}{K}}$$

समीकरण 1 तथा 2 को वर्ग करके घटाने पर

$$K = \frac{4\pi^2 (m_1\, m_2)}{(T_1^2 - T_2^2)}$$

$m_1\, m_2, T_1$ तथा T_2 ज्ञात कर कमानी नियतांक K ज्ञात किया जा सकता है।

m_1 = पहले पिण्ड का द्रव्यमान

m_2 = दूसरे पिण्ड का द्रव्यमान

T_1 = पहले पिण्ड का आर्वतकाल

T_2 = दुसरे पिण्ड का आवर्तकाल

प्रायोगिक चित्र :–

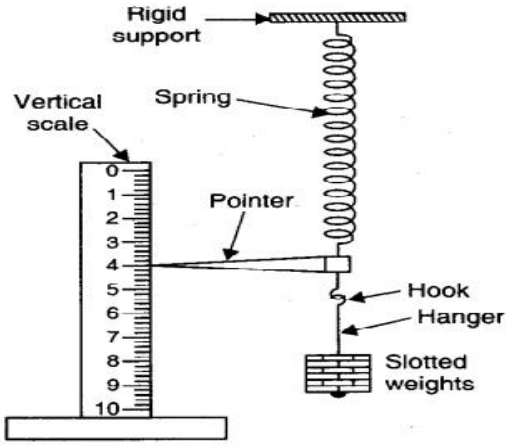


Fig. Extension of spring.

प्रयोगविधि :–

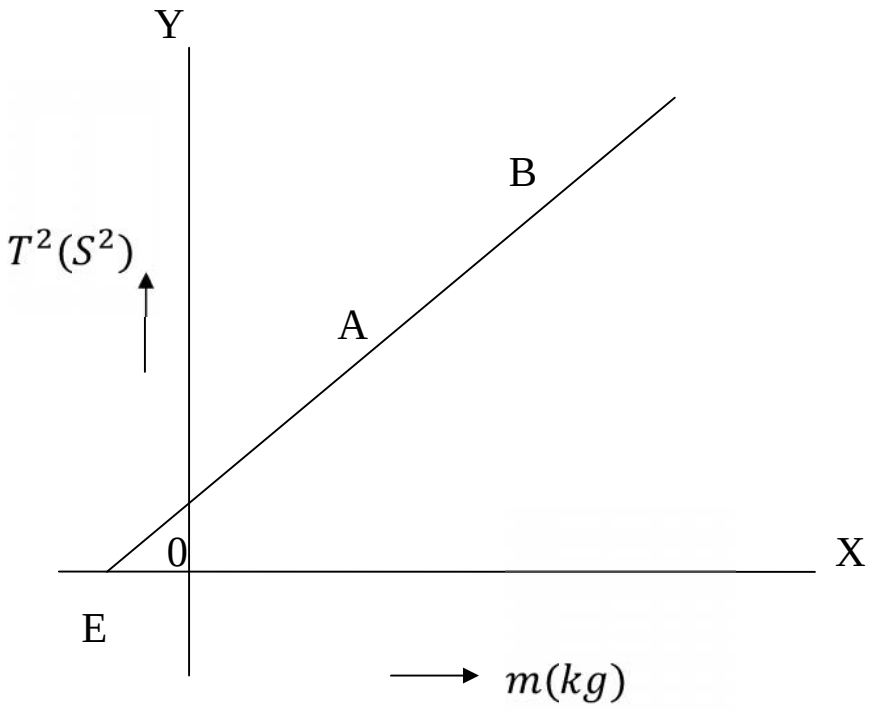
1. किसी दृढ़ आधार से स्प्रिंग के एक सिरे को कस दिया जाता है
2. एक मानक स्केल को कमानी से सटाकर उर्ध्वाधर व्यवस्थित करते हैं जिसका संकेतक स्केल को बिना स्पर्श किए मुक्त रूप से दोलन कर सके
3. स्केल तथा विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए.
4. m_1 द्रव्यमान की वस्तु को हैंगर में लटकाइए फिर स्प्रिंग के स्थिर होने तक रूकिए जो दिए गए भार के लिए साम्यावस्था की स्थिति है अब भार को थोड़ा से नीचे की ओर खीचकर छोड़ दीजिए स्प्रिंग उर्ध्वाधर ऊपर नीचे दोलन गति करने लगता है अब दोलन संख्या n के लिए विराम घड़ी की सहायता से n दोलन का समय t ज्ञात करते हैं
5. द्रव्यमान m_1 के लिए दोलनों की संख्या n के समय कम से कम 3 बार अवश्य लें और समय आवर्तकाल t_1 का माध्यमान ज्ञात कर दोलन काल $T = \frac{t_1}{n}$ ज्ञात करें
6. अलग – अलग द्रव्यमान का बाट पलड़े पर लेकर प्रयोग को दोहराएं प्रत्येक बार दोलनकाल $T = \frac{t}{n}$ ज्ञात करें प्रेक्षणों को सारिणी बद्ध करें
7. प्रत्येक भार के लिए कुण्डली स्थिराँक $K_1\, K_2 \dots\dots$ ज्ञात करें यहीं कुण्डली का स्थिराँक है–
8. m को x –अक्ष के अनुदिश एवं T^2 को y –अक्ष के अनुदिश लेकर आलेखित करें

प्रेक्षण सारणी :–

1. विराम घड़ी की अल्पतमांक = ––––––––––––S
2. प्रथम भार का द्रव्यमान $m_1 = $ ––––––––––– g
3. द्वितीय भार का द्रव्यमान $m_2 = $ ––––––––––– g
4. तृतीय भार का द्रव्यमान $m_3 = $ ––––––––––– g

सं क.	द्रव्यमान भार	दोलनों की संख्या (n =25 माना)	दोलनों में लगा समय t (S)				आर्वत काल $T = t/n$	T^2
			t_1	t_2	t_3	माध्यमान t		
M_1							$T_1 =$	$T_1^2 =$
M_2							$T_2 =$	$T_2^2 =$
M_3							$T_3 =$	$T_3^2 =$

ग्राफ



परिकलन :–

$K_1 = 4\pi^2\,(m_1 - m_2)/\,(T_1^2 - T_2^2)$

$K_2 = 4\pi^2\,(m_2 - m_3)/\,(T_2^2 - T_3^2)$

$K_3 = 4\pi^2\,(m_1 - m_3)/\,(T_1^2 - T_3^2)$

औसत $K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}$

परिणाम :–

दी गई कुण्डलीदार स्प्रिंग का कुण्डली नियतांक _____ Nm^{-1}

कुण्डली का प्रभावी द्रव्यमान $= g =$ _____kg

K के मान में त्रुटि

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta \text{ प्रवणता}}{\text{प्रवणता}}$$

10. सावधानियाँ :–

1. स्प्रिंग को पूर्णतः उर्ध्वाधर लटकायें।
2. भार चढ़ाने या उतारने के कुछ देर रुककर प्रेक्षण लेंवे।
3. भार को पलड़े से धीरे से उतारें।
4. भार स्प्रिंग की प्रत्यास्थता की सीमा के अंतर्गत रखें

त्रुटियों के स्त्रोत :–

1. कुण्डलीदार स्प्रिंग का दोलन अवमंदित हो सकता है।
2. आधार दृढ़ न हो जिससे स्प्रिंग की लंबाई में वृद्धि l में त्रुटि उत्पन हो जाती है।

प्रयोग का विस्तार :–

1. अलग–अलग पदार्थ के स्प्रिंग लेकर कमानी नियतांक ज्ञात कीजिए
2. एक ही पदार्थ के अलग–अलग मोटाई के कमानी लेकर नियतांक ज्ञात कीजिए
3. एक से अधिक कुण्डली को जोड़कर कमानी स्थिरांक ज्ञात कीजिए

अधिगम संप्राप्ति :–

- स्थैतिक एवं गतिक विधि का तुलनात्मक अध्ययन।
- प्रेक्षण लेने की क्षमता का विकास
- लेखन एवं विवेचना करने की क्षमता का विकास

विचारणीय प्रश्न :–

1. क्रिस्टलीय पदार्थ के लिए प्रतिबल विकृति वक्र को परिभाषित कीजिए।
2. प्रत्यास्यता की सीमा से आप क्या समझते हैं।

प्रयोग–15

उद्देश्य :- नियत ताप पर वायु के निश्चित द्रव्यमान के लिए P एवं V तथा P एवं $1/V$ के बीच ग्राफ आलेखित कर दाब के साथ गैस के आयतन में परिवर्तन का अध्ययन करना।

आवश्यक सामग्री :– बॉयल–नियम उपकरण, फॉर्टिन–बैरोमीटर, वर्नियर कैलिपर्स, थर्मामीटर, सेट् स्कवेयर, स्पिरिट तलदर्शी।

अवधारणा :- द्रव्य की गैसीय अवस्था में उसकी ठोस तथा द्रव अवस्था से भिन्न कुछ विशेष गुण पाये जाते हैः जैसे – (1) गैसों का अपना कोई निश्चित आयतन या आकृति नहीं होती है। उन्हें जिस बर्तन में रखा जाता है, वे उस बर्तन के संपूर्ण आयतन को घेर लेती है तथा उसी बर्तन की आकृति ग्रहण कर लेती है, (2) गैसों को सरलता से दबाया जा सकता है (3) गैसीय अवस्था में पदार्थ का घनत्व उसके ठोस अथवा द्रव अवस्था के घनत्व की अपेक्षा बहुत कम होता है (4) गैसों का उष्मीय प्रसार ठोसों व द्रवों की अपेक्षा बहुत अधिक होता है आदि। अतः गैसों के गुणों का प्रयोगों द्वारा अध्ययन किया गया, जिसके अनुसार स्थिर ताप पर किसी गैस के एक निश्चित द्रव्यमान के आयतन पर दाब आरोपित करने पर दाब गैस के आयतन के व्युत्क्रमानुपाती होती है।

सिद्धांत :- यह प्रयोग गैसों के संबंध में दिये गये बॉयल के नियम पर आधारित है जिसके अनुसार स्थिर ताप पर किसी गैस के एक निश्चित द्रव्यमान का दाब P उसके आयतन के व्युत्क्रमानुपाती होता है

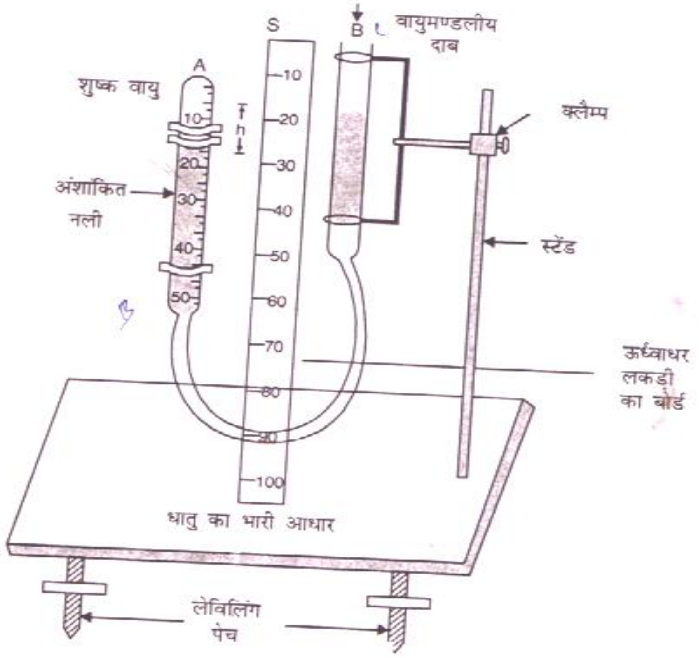
$$P \propto \frac{1}{V}$$

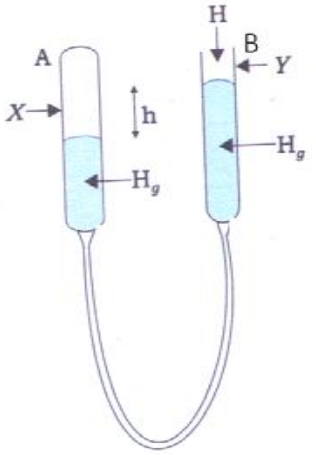
$$PV = \text{नियतांक}$$

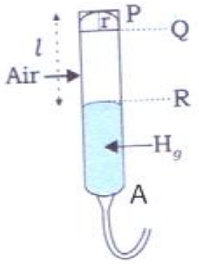
$$\text{या } P_1V_1 = \text{नियतांक}$$

P और V के बीच ग्राफ एक वक्र होता है तथा P एवं $1/V$ के बीच ग्राफ एक सरल रेखा होती है।

चित्र







प्रयोगविधि :–

1. चित्रानुसार उपकरण लेते है इसमें A और B दो नलियॉ होती है नली A का एक सिरा बंद तथा B का एक सिरा खुली होती है दोनों नलियों के दुसरे सिरे को मोटी दीवारों वाली रबर की नली द्वारा जोड़ा जाता है नली A को मीटर स्केल के अनुदिश उर्ध्वाधर जोड़ा जाता है नली B को उर्ध्वाधर छड़ के अनुदिश ऊपर नीचे सरकाया जा

सकता है। तथा क्लैम्प द्वारा इच्छित जगह में कसा जा सकता है। नली A,B तथा रबर की नली में पारा भरा रहता है। उर्ध्वाधर पैमाना s द्वारा दोनों नलियों में पारे के स्तम्भ की ऊँचाई को मापा जा सकता है। सम्पूर्ण उपकरण एक क्षैतिज प्लेटफार्म जिसमें एक उर्ध्वाधर स्टैण्ड लगा होता है से जुड़ा होता है। इसमें लेतलिंग पेंच होता है।

2. सर्वप्रथम थर्मामीटर द्वारा प्रयोगशाला का तापक्रम नोट कीजिए
3. क्षैतिजकारी पेचों तथा स्प्रिट लेवल की सहायता से उपकरण को उर्ध्वाधर कीजिए
4. फोर्टिन बैरोमीटर द्वारा वायुमण्डलीय दाब नोट कीजिए।
5. नली B जिसे ऊपर नीचे किया जा सकता है नली B को ऊपर नीचे करके इस प्रकार से समायोजित करें कि नली A तथा B में पारे का तल समान ऊँचाई पर समायोजित हो जाए। सेट स्क्वेयर की सहायता से पारे के ऊपरी उत्तल पृष्ठ (मेनिस्कस) का पाठयांक ज्ञात करें। पाठयांक लेते समय आँख को सेट स्क्वेयर के क्षितिज किनारे पर रखें।
6. अब नली B को उपर उठाते जाएँ जिसमे दोनों नलियों नलियों में पारे के तल भिन्न हो जाएँ सेट स्क्वेयर की सहायता से X तथा Y नोट करें (X - Y) = h नोट करें
7. अब नली B को h ज्ञात करने के लिए 5,6 बार समायोजित करें प्रत्येक बार h का मान ज्ञात करें।
8. बन्द नली A का व्यास वर्नियर कैलिपर्स की सहायता से ज्ञात करें एवं त्रिज्या ज्ञात करें

   $\frac{1}{2} PQ = \frac{1}{3} r$ ज्ञात कीजिए
9. अवलोकन सारिणी में प्रेक्षण नोट करें।

प्रेक्षण एवं परिकलन :–

1. कमरे का ताप ––––– °C
2. फोर्टिन बेरोमीटर द्वारा वायुमण्डली दाब ––––––– cm पारे के स्तम्भ
3. 1. नली A के शीर्ष P का पाठ्यांक ––––– cm उस बिन्दु Q का पाठयांक जहां से नली A एक समान व्यास का होता है ––––––– cm

   अंतर (P-Q) = r cm

   संशोधन $= \frac{1}{3} r$ ––––––– cm

   अथवा 2. नली A का व्यास d ––––––– cm

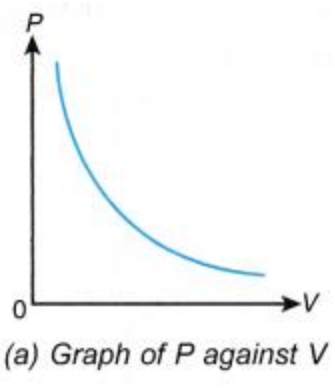
त्रिज्या $r = \frac{1}{2}d =$ ------ cm

तल के लिए संशोधन $l = \frac{1}{3}r$

क्र.	पारे के तल का पाठयांक						
	बंद नली A में पारे का तल X से.मी.	खुली नली B में पारे का तल Y सेमी.	दाबान्तर AB में अंतर h= x-y सेमी.	नली A में वायु का दाब = H±h सेमी	वायु का आयतन (l– 1/3r)	*PV अथवा P×l*	$1/v$ अथवा $1/l$
1							
2							
3							
4							

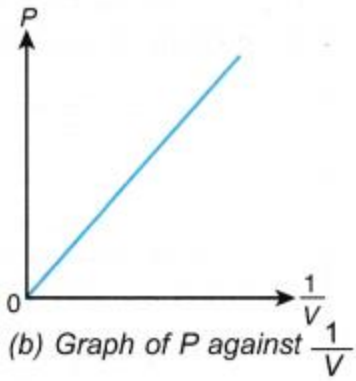
गणना :–

आयतन v व दाब p के बीच ग्राफ



1/v आयतन v व दाब p के बीच ग्राफ

(a) Graph of P against V



(b) Graph of P against $\frac{1}{V}$

परिणाम :–

- ग्राफ से स्पष्ट है कि P एवं V के बीच प्राप्त ग्राफ परवलयाकार है तथा P एवं 1/V के बीच ग्राफ सरल रेखीय है।
- P एवं 1/v के मध्य खींचा गया ग्राफ यह दर्शाता है कि स्थिर ताप पर किसी गैस के एक निश्चित द्रव्यमान का आयतन (v) उसके दाब (p) के व्युत्क्रमानुपाती है।

सावधानियाँ:-

- प्रयोग संपन्न कराने के लिए बाद उपकरण को ढककर रखना चाहिए।
- प्रेक्षण लेने के दौरान उपकरण को हटाना नहीं चाहिए।
- वायु के आयतन का मापन करते समय बंदनली के वक्र भाग में संशोधन को ध्यान में देना चाहिए।
- शुद्ध मर्करी का प्रयोग करना चाहिए। साफ पारे का इस्तेमाल किया जाना चाहिए और यह कांच पर कोई निशान नहीं छोड़ना चाहिए।
- उपयोग नहीं होने पर खुले ट्यूब को कॉटन के साथ प्लग किया जाना चाहिए।
- सेट स्क्वायर की सहायता से नली में पारे के उत्नल पृष्ठ का पाठ्यांक लेना चाहिए।

त्रुटियों के स्त्रोत :–

- घिरी हुई वायु शुष्क न हो।
- वातावरण का तापमान प्रयोग के दौरान नहीं बदलना चाहिए।
- नली A का बंद सिरा अर्द्ध गोलाकार न हो।
- वातावरण कि उपस्थिति में पारा आक्सीकृत हो सकती है।

अधिगम संप्राप्ति : -

- विद्यार्थी इस प्रयोग द्वारा गैसों के गुणों को जान सकेंगे।
- गैसों के गुणों का अध्ययन करके उनमें संबंध को समझ सकेंगे।
- विद्यार्थी बॉयल के नियम तथा अनुप्रयोगों को समझ सकेंगे।
- दिये गये द्रव्यमान के गैस के लिए दाब व उनके आयतन में संबंध को समझ सकेंगे।

प्रयोग विस्तार :– दोनों नलियों का व्यास समान हो या असमान हो तो परिणाम क्या होगा ज्ञात कीजिए

विचारणीय प्रश्न :–

- उपकरण को थोड़ा सा झुकाइये और और h का मान नोट करें या x और y दो या तीन मान नोट करें। क्या होगा ?
- U आकार की कांच की नली लें। इसे पानी से भरें। उसकी एक भुजा में तेल भरें। पानी के तल में अंतर को नोट करें, पानी तथा तेल का स्तर नोट करें। तेल का घनत्व निकालें। वायु मंडलीय दबाव का प्रयोग में क्या भूमिका है।
- वक्रित भाग के आयतन को ज्ञात करने की विधियों को लिखिए।
- यदि नली AB का व्यास अधिक हो तो, वक्र भाग का आयतन क्या विश्वसनीय होगा?

प्रयोग क्रमांक – 16

mnn'; %& केशिकीय उन्नयन विधि द्वारा जल का पृष्ठ तनाव (या तल तनाव) का निर्धारण करना।

vko';d midj.k %& केशनली , चल सूक्ष्मदर्शी , बीकर , सुई , कलैम्प व स्टैण्ड , धातु की पट्टी , मेज आदि।

vo/kkj.kk %& परमाणुओं के मध्य आकर्षण बल कार्य करता है यह ससंजक बल या आसंजक बल के कण होता हैं। द्रवों के अणुओं के मध्य आर्कषण बल ठोस के अणुओं की तुलना में कम तथा गैस के अणुओं की तुलना में अधिक होता है। द्रव का स्वतंत्र पृष्ठ तनी हुई झिल्ली के समान होता है। जो कम से कम क्षेत्रफल घेरने का प्रयास करता है। द्रव का यह गुण पृष्ठ तनाव कहलाता है। पृष्ठ तनाव के कारण स्वंत्रत पृष्ठ पर अणु एक–दूसरे को आकर्षित करते है। जब द्रव को किसी कांच नली की में या बीकर में भरते है तो आसंजक बल के कारण द्रव का स्वतंत्र पृष्ठ (मेनिस्कस) अवतल या उत्तल आकार का हो जाता है।

fl)kar %& पृष्ठ तनाव – यह द्रव का वह गुण धर्म हैं जिसके कारण उसका स्वतंत्र पृष्ठ तनी हुई झिल्ली की भांति व्यवहार करता है तथा न्यूनतम क्षेत्रफल घेरने का प्रयास करता है। द्रव की बूंदे पृष्ठ तनाव के कारण गोल आकार की होती हैं। गणितीय रुप में , द्रव का पृष्ठ तनाव वह बल है जो द्रव के पृष्ठ पर खींची गयी काल्पनिक रेखा की एकांक लंबाई पर पृष्ठ के तल में तथा कल्पित रेखा के लंबवत लगता है।

$$\text{पृष्ठ तनाव } s = \frac{\text{बल}}{\text{लंबाई}} \quad \frac{f}{l}$$

इसका S.I. मात्रक न्यूटन/मीटर (NM^{-1}) है।

पृष्ठ तनाव का कारण :– पृष्ठ तनाव द्रव–द्रव अणुओं के मध्य लगने वाले अंतर आण्विक आकर्षण बल के कारण उत्पन्न होता है।

कोशिकत्वः– केशनली के द्रव में डुबाने पर द्रव का ऊपर चढ़ना या नीचे उतरना केशिकत्व कहलाता है। जब एक काँच की केनशनली की जल में खड़ी (उर्ध्वाधर) डुबाई जाती है तो जल केशनली में ऊपर चढ़ जाता है। जल का पृष्ठ (मेलिस्कस) अवतल होता है। पृष्ठ तनाव के बल T के विरूद्ध समान प्रतिक्रिया R (= T) उत्पन्न होती है।

काँच के पृष्ठ के सदिश और उसके अभिलम्ब बल को दो घटकों मे वियोजित करने पर –

(i) T $Sin\theta$ क्षैतिज घटक
(ii) T $Cos\theta$ उर्ध्वाधर घटक

T = Sinθ के घटकों का परिणाम शून्य होगा, जबकि T Cos θ जल के केशनली में ऊपर की ओर आकर्षित करेगा और केशनली में जल के भार को संतुलित करता है।

अतः ऊपर की ओर कुल बल = नली में चढ़े द्रव स्तंभ का भार

किसी केशनली को P घनत्व के द्रव के सम्पर्क में रखने पर केशनली में चढ़े द्रव के उर्ध्वाधर बल $T\ cos\theta$ संतुलित करता हैं वह केशनली के (परिधि) और उसके पृष्ठ पर द्रव के पृष्ठ तनाव से उत्पन्न होता है

अतः $(T\ cos\theta).2\pi r = \pi r^2 heg$ जल के लिए $cos\theta = 1$ होता है

अतः $T = \frac{hegr}{2}$

यहाँ

h = केशनली में चढ़े द्रव स्तंभ की ऊँचाई।
r = केशनली की त्रिज्या
p = द्रव का घनत्व
g = गुरूत्वीय त्वरण

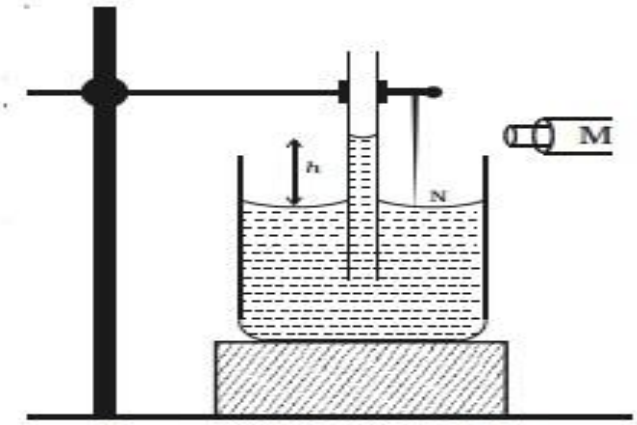
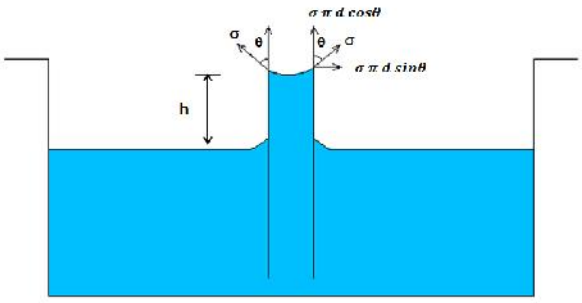


Fig. Surface tension by capillary rise method



प्रयोग विधि : -

1. एक केशनली का चयन कीजिए।
2. केशनली की त्रिज्या मापन के लिए नली को क्लैम्प में क्षैतिज लगा दें और चल सुक्ष्मदर्शी की सहायता से आंतरिक व्यास AB ज्ञात करें। नली को 90° घुमाकर पुनः व्यास CD को मापिए।
3. माध्य व्यास व माध्य त्रिज्या r प्राप्त होती है।
4. केशनली को लोहे के स्टैण्ड पर लगा दें। इसके निकट साहूल सम रखकर केशनली को अध्वोधर कीजिए। केशनली को इतना नीचे लाइए कि इसका निचला सिरा बीकर में भरे जल में डुब जाए।
5. पिन P को कार्क को में धंसाइए तथा चित्र में दर्शाएं अनुसार कार्क को एक अन्य कलैम्प में इस प्रकार लगाइए कि उसकी नोंक जल के पृष्ठ के ठीक ऊपर हो पर उस को स्पर्श न करें। यह कार्य जल में पिन P की नोंक तथा उसके प्रतिबिम्ब को देखकर परिशुद्धता से किया जा सकता है।
6. अब चल सुक्ष्मदर्शी M को केशनली में जल की मेनिस्कस पर फोकस करें तथा सुक्ष्मदर्शी को इतना घुमाईए कि क्षैतिज क्रास तार अवतल मेनिस्कप जो सुक्ष्मदर्शी में उल्टी दिखायी देती है , के न्युनतम स्तर को स्पर्श करे। यदि सुक्ष्मदर्शी M को फोकस करने में कोई कठिनाई है तो कागज का टुकड़ा लेकर उसे कांच के पीछे A पर रखिए तथा सुक्ष्मदर्शी M को पहले मार्गदर्शक के रुप में कागज पर फोकस कीजिए। चल सुक्ष्मदर्शी का पाठ्यांक नोट कीजिए।
7. केशनली में मेनिस्कस के स्थिति पर पेन से निशान लगाइये। अब सावधानीपूर्वक बीकर से केशनली का हटाइए और इसके पश्चात् पिन की स्थिति को यथावत रखते हुए बीकर को भी हटा दीजिए।
8. सुक्ष्मदर्शी को पिन की नोंक पर फोकस करें तथा सुक्ष्मदर्शी का पाठ्यांक नोट कीजिए।
9. प्रारंभ व अंत में जल का ताप भी नोट कर ले।

अवलोकन : -

1. केशनली में चढ़े हुए द्रव की ऊचाई :–

S. No.	मेनिस्कस का पाठ्यांक			जल के पृष्ठ को स्पर्श करते पिन की संकेतक के नोक का पाठ्यांक $h_2 (cm)$			ऊंचाई $h = h_1 - h_2$
	मुख्य स्केल का पाठयांक S (cm)	वर्नियर स्केल का पाठयांक n×(L.c) (cm)	कुल पाठ S+(L.c) h_1 (cm)	मुख्य स्केल का पाठ S^1 (cm)	वर्नियर स्केल का पाठयांक n×(L.c) (cm)	कुल पाठयांक S+(L.c)= h_2 (cm)	

2. सारिणी :– नली के व्यास के लिए

सं. क्र.	किसी व्यास के अनुदिश पाठयांक (cm)		व्यास $d_1 = (x_1 - x_2)$	लम्बवत् व्यास के अनुदिश पाठयांक		व्यास $d_2 = (y_1 - y_2)$	माध्य व्यास $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$
	एक सिरा x_1	दूसरा सिरा x_2		एक सिरा y_1	दूसरा सिरा y_2		

औसत त्रिज्या $r =$ ------ cm

जल का ताप $\theta =$ ------ °C

$0°C$ पर जल का घनत्व ----- gcm^{-3}

परिकलन :– $T = \frac{hegr}{2}$ में मान रखकर T का परिकलन कीजिए

त्रुटि से स्त्रोत : -

1. पृष्ठ तनाव ज्ञात करते समय ताप में परिवर्तन होने के कारण
2. केशनली के पूर्ण रूप से उर्ध्वाधर न होने के कारण

सावधानियां : -

1. केशनली पुर्णतः ऊर्ध्वाधर होनी चाहिए।
2. केशनली एवं जल पुर्णतः चिकनाई (ग्रीस) मुक्त हो।
3. प्रयोग से पूर्व तथा पश्चात् जल का ताप नोट करना चाहिए।

प्रयोग का विस्तार : -

1. प्रयोग को अन्य द्रवो के लिए किया जा सकता है।
2. छात्र केशिकत्व का दैनिक जीवन में उदाहरण देख सकेंगे।

vf/kxe laizkfIr %&

1. छात्र को पृष्ठ तनाव की अवधारणा स्पष्ट होगी।
2. आसंजक व ससंजक बलों को समझ सकेंगे।

विचारणीय प्रश्न : -

1. जल की जगह दूसरे द्रव को लेकर प्रयोग करने पर क्या होगा ?
2. कौन कौन से द्रवों को प्रयोग मे लाया जा सकता है ?
3. इसकी उपयोगिता कहां–कहां है ?

प्रयोग – 17

उद्देश्य :– किसी गोलाकार पिण्ड का दिए गए द्रव में सीमांत वेग की गणना कर उस द्रव का श्यानता गुणांक ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण :– लगभग 1.25 भी लंबा व 3 सेमी चौड़ाई की काँच की एक पारदर्शी नली, स्टील की विभिन्न व्यासों वाली छर्रे, प्रयोगशाला स्टैण्ड, चिमटा, थर्मामीटर, विराम घड़ी, चुम्बक, स्केल अथवा नली में चिन्हांकित बिन्दु या ब्यूरेट।

अवधारणा :– इस प्रयोग में हम किसी श्यान द्रव का श्यानता गुणांक ज्ञात करेंगे। इस प्रयोग को करने हम एक लंबा ग्लास ट्यूब लेकर उसे पारदर्शी श्यान द्रव से भर देंगे। ज्ञात व्यास के गोलीय गेंद (छर्रों) कों दिए गए ऊँचाई से गिराते हैं। छर्रे द्वारा तय अलग–अलग चिन्हांकित दूरियों A से B से C पर लगे समय को नोट करते हैं। इन पाठयाकों को विराम घड़ी की सहायता से ज्ञात करते हैं।

सिद्धांत :– अन्तर आण्विक बलों के कारण, एक द्रव अपने ही प्रवाह का विरोध करता है। द्रव का यह गुण जिसमें वह अपने ही प्रवाह को विरोध करता है श्यानता कहलाता है।

कोई गोलाकार पिण्ड जिसकी त्रिज्या r किसी ρ घनत्व वाले द्रव जिसकी श्यानता गुणांक η हैं इसमें पिण्ड अपने सीमांत वेग $\boldsymbol{v}$ से स्वतंत्र रूप से गिरती है तो उस पर उर्ध्व उत्प्लावन बल तथा श्यान बल का योग उसके स्वयं के भार से संतुलित हो जाता है।

अर्थात्

गोले के भार का अधोमुखी बल = गोले पर उत्प्लावन बल + गोले पर श्यान बल

$$\frac{4}{3}\pi r^3\sigma g = \frac{4}{3}\pi r^3 eg + 6\pi\eta r v$$

$$6\pi\eta r v = \frac{4}{3}\pi r^3\sigma g - \frac{4}{3}\pi r^3 eg$$

$$= \frac{4}{3}\pi r^3 eg(\sigma - e)$$

$$V = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3(\sigma - e)g}{6\pi\eta r}$$

या $V = \frac{2r^2(\sigma - e)g}{9\eta}$

किसी द्रव में विभिन्न त्रिज्याओं की बहुत सी गालियों को मुक्त रूप से गिराया जाए तो V और r^2 के बीच खींचा गया ग्राफ एक सरल रेखा होगा। इस रेखा की प्रवणता से $\frac{V^2}{r}$ का औसत मान प्राप्त होगा जिसमें द्रव की श्यानता गुणाँक ज्ञात किया जा सकता है

उपर्युक्त सूत्र से $\eta = \frac{2r^2(e-\sigma)g}{9V}$

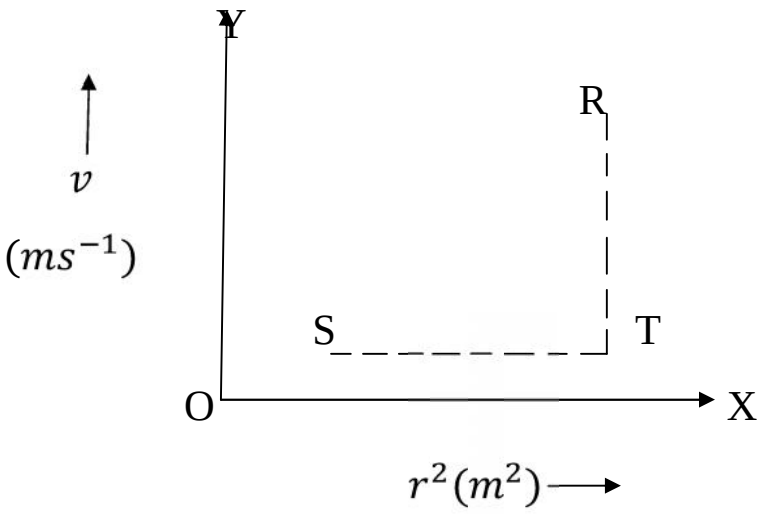
$r-$ गोलीय वस्तु की त्रिज्या

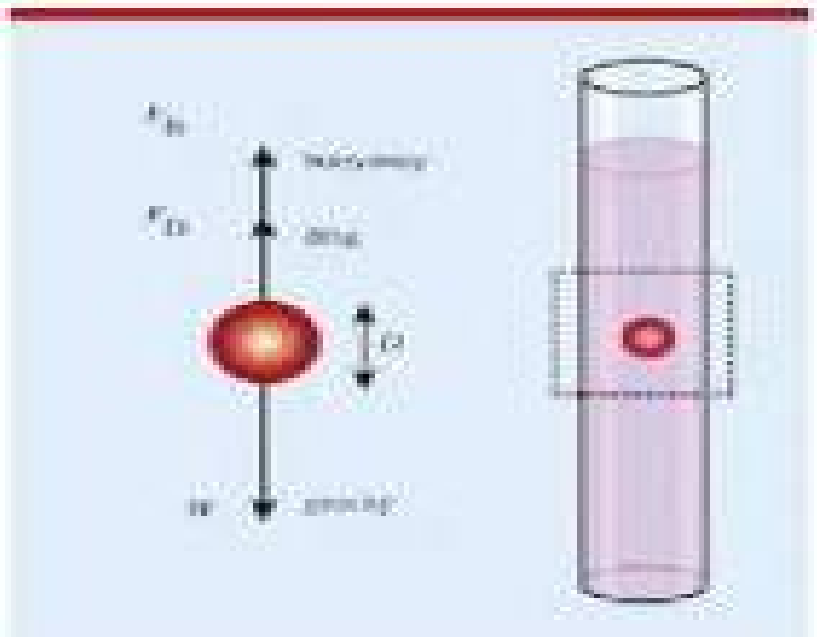
p - वस्तु का घनत्व

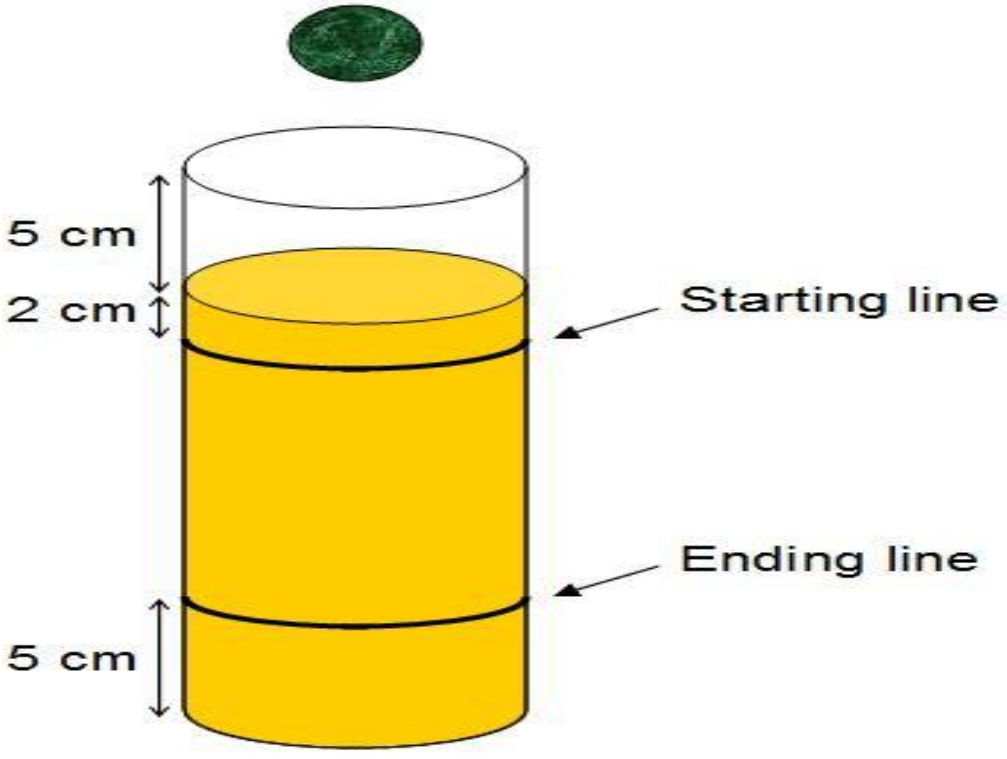
± – द्रव का घनत्व

¦ – श्यानता गुणांक

$g-$ गुरूत्वजनित व्वरण है।






5 cm
2 cm
Starting line
Ending line
5 cm

प्रयोगविधि :–

1 विराम घडी का अल्पतमांक एवं कमरे का तापमान थर्मामीटर से नोट करे
2 पारदर्शी नली को साफ कर उसे श्यान द्रव से भर लेवें
3 नली के साथ लगी ऊर्ध्वाधर नली का अल्पतमॉक नोट कर लेवें
4 वर्नियर कैलीपर्स की सहायता से गोलीयवस्तु की माध्य त्रिज्या ज्ञात करे
5 वस्तु को द्रव के अंदर सावधानी पूर्वक गिराए इसे बढते वेग से कुछ दुरी कुछ समय तक गिरने दे जिसके पश्चात वस्तु सीमांत वेग को प्राप्त कर लेगा
6 जब वस्तु लगभग 20 से 25 सेंमी दूरी तय करे विराम घडी प्रारंभ करें व जब वस्तु की दुरी 40 से 45 सेमी की दूरी तय कर ले तो विराम घडी बंद कर दें
7 वस्तु के नीचे गिरने का समय व दूरी लिख लें
8 उपरोक्त प्रक्रिया को दो तीन बार दोहराए
9 उपरोक्त प्रयोग को विभिन्न त्रिज्याओ की वस्तु के लिए दोहराएँ।

आँकड़ा प्रेक्षण सारणी :–

- वर्नियर स्केल का अल्पतमांक = ...मिमी
- विराम घड़ी का अल्पतमांक = ... सेकेण्ड
- विराम घड़ी की शून्यांक त्रुटि = ... सेकेण्ड
- गोलीय वस्तु का व्यास = ...सेमी
- गोलीय वस्तु का माध्य व्यास = ...सेमी
- गोलीय वस्तु का अंत्य वेग $«_1$ = ...सेमी/से.
- वस्तु दूवारा तय की गई दूरी s = ...
- लिया गया माध्य समय t = ...सेकंड

तालिका – 1

गोलीय वस्तु का व्यास ज्ञात करने

स.क्र.	मुख्य स्केल पाठ्यांक	वर्नियर स्केल डिवीजन	वर्नियर स्केल पाठ्याक	कुल पाठ्यांक वर्नियर स्केल	माध्य व्यास	गोले का व्यास
प्रथम गोला	1. 2.				$d_1 = -$	$r_1 = - - cm$
द्वितीय गोला	1. 2.				$d_2 = -$	$r_2 = - - cm$
तीसरा गोला	1. 2.				$d_3 = -$	$r_3 = - - cm$

तालिका 2

गोलीय वस्तु के नीचे गिरने में लगा समय

स. क्र.	गेंद की त्रिज्या (सेमी)	r^2	दूरी तय करने में लगा समय			सीमांत वेग
1	r_1		A व B t_1	A व C t_2	$\frac{t_1+t_2}{2}=t$	$^3=h/t$ सेमी / से.
2	r_2					
3	r_3					

10. **गणना (calculation) ग्राफ द्वारा** – r^2 को x अक्ष तथा v को y अक्ष पर लेकर v^2 व r के बीच ग्राफ खीचते है। इस ग्राफ रेखा की ढाल $\frac{\upsilon}{r^2}=\frac{RT}{ST}$ इसलिए

$\eta = \frac{2r^2(\sigma-e)g}{9}$

त्रुटि $\frac{\Delta\eta}{\eta} = \frac{2\Delta r}{r} + \Delta$ प्रवणता / प्रवणता

η का मानक मान = ————— Nsm^{-2}

η में % त्रुटि = ————— %

परिणाम :– दिए गए श्यान द्रव का 0^oc ताप पर श्यानतागुणांक का मान = ...

विश्लेषण / परिणाम की विवेचना :– उपरोक्त सूत्र केवल गोलाकार वस्तुओं के लिए हो लागू होता है। अतः यह सुनिश्चित करे कि वस्तु गोलीकार है। गिरते हुए वस्तु की गति स्थानांतरीय गति होनी चाहिए।

निष्कर्ष :– उपरोक्त प्रयोग की सहायता से विभिन्न प्रकार के श्यान द्रवों की श्यानता गुणांक ज्ञात की जा सकती है व श्यान गुण का तुलनात्मक अध्ययन किया जा सकता है।

त्रुटियों के स्त्रोत :–

- द्रव के धनत्व का एकसमान न होना।
- मापन किए गए सीमांत वे का नियत न होना।

- लोहे की गोलाकार वस्तु का नली के किनारों को बिना छुते हुए गिरना।
- विराम घड़ी का नियत बिन्दुओं पर चालू या बंद न होना।

सावधानियाँ :–

- नली की त्रिज्या का मान गोलीय वस्तु की त्रिज्या से अधिक होना चाहिए।
- द्रव पारदर्शी हो।
- गिरते हुए लोहें की गोले को नली की दीवार को स्पर्श नहीं करना चाहिए।
- वस्तु आकार में पूर्णतः गोलाकार होना चाहिए।

प्रयोग का विस्तार :–

- वायु के बुलबुलें का ऊपर उठने के समय पानी के श्यानता के प्रभाव का अध्ययन।
- पुरानी तेल अधिक श्यान होती हैं जानिएं
- यदि गोले का घनत्व दिए गए द्रव के घनत्व से कम हो तो प्रयोग पर क्या प्रभाव होगा।
- यह प्रयोग सरसों तेल व अन्य खाघ तेलों की श्यानता ज्ञात करने उपयोग ला सकते है।

अधिगम संप्राप्ति :–

- छात्र द्रवों के व्यवहार एवं गुणधर्म को समझेंगे।
- छात्र द्रवों की श्यानता के बारे में ज्ञान प्राप्त करेंगें।
- सीमांत वेग की संकल्पना समझेंगे।

विचारणीय प्रश्न :–

- क्या समभी आकार की वर्षा की बूँदे समान वेग से जमीन पर टकराएगी।
- गोले का आकार बड़ा होगा तो क्या होगा
- क्या गोले के अलावा अन्य आकृति के गोले के लिए क्या इस प्रयोग कर सकते है

प्रयोग – 18

उद्देश्य :- किसी तप्त वस्तु के ताप एवं समय के मध्य शीतलन वक्र आलेखित कर इनके संबंध का अध्ययन करना।

आवश्यक उपकरण :- न्यूटन का शीतलन नियम उपकरण, कैलोरी मापी, तापमापी, विलोडक, क्लैम्प स्टैण्ड, बुंसन ज्वाला, स्पिरिट लैम्प जल आदि।

अवधारणा :- हम जानते हैं कि ऊष्मा का प्रवाह तापांतर पर निर्भर करता है। ऊष्मा की मात्रा पर नहीं। प्रकृति में सभी वस्तुएँ ऊष्मा का उत्सर्जन व अवशोषण करती हैं। उष्ण वस्तु उष्मा का उत्सर्जन अधिक करती है एवं अवशोषण कम करती है।

सिद्धांत :-

न्यूटन के शीतलन नियम के अनुसार किसी तप्त पिण्ड द्वारा ऊष्मा खोने की दर उस पिण्ड तथा उसके तापान्तर के अनुक्रमानुपाती होती है और यह तप्त पिण्ड के पृष्ठ की प्रकृति तथा क्षेत्रफल पर निर्भर करती है।

यदि m द्रव्यमान तथा s विशिष्ट ऊष्मा धारिता के किसी तप्त पिण्ड का प्रारम्भिक ताप θ अपने वातावरण के ताप θ_0 से अधिक हैं तो ऊष्मा ह्रास की दर

$$\frac{dQ}{dt} = -k(\theta - \theta_0) \quad \text{----------} (1)$$

साथ ही $$\frac{dQ}{dt} = ms\left(\frac{d\theta}{dt}\right) \quad \text{----------} (2)$$

समी. (1) और (2) को हल करने पर

$$\left(\frac{d\theta}{dt}\right) = -\frac{k}{ms}(\theta - \theta_0)$$

यहाँ k आनुपातिकता स्थिरांक है, $\frac{k}{ms} = k'$ एक अन्य स्थिरांक हैं (–) चिन्ह यह दर्शाता है कि ऊष्मा ह्रास के कारण ताप घटता है।

यदि तापांतर अधिक है तो शीतलन तीव्र होगा और जैसे–जैसे तापांतर कम होता जाएगा शीतलन मंद हो जाएगा।

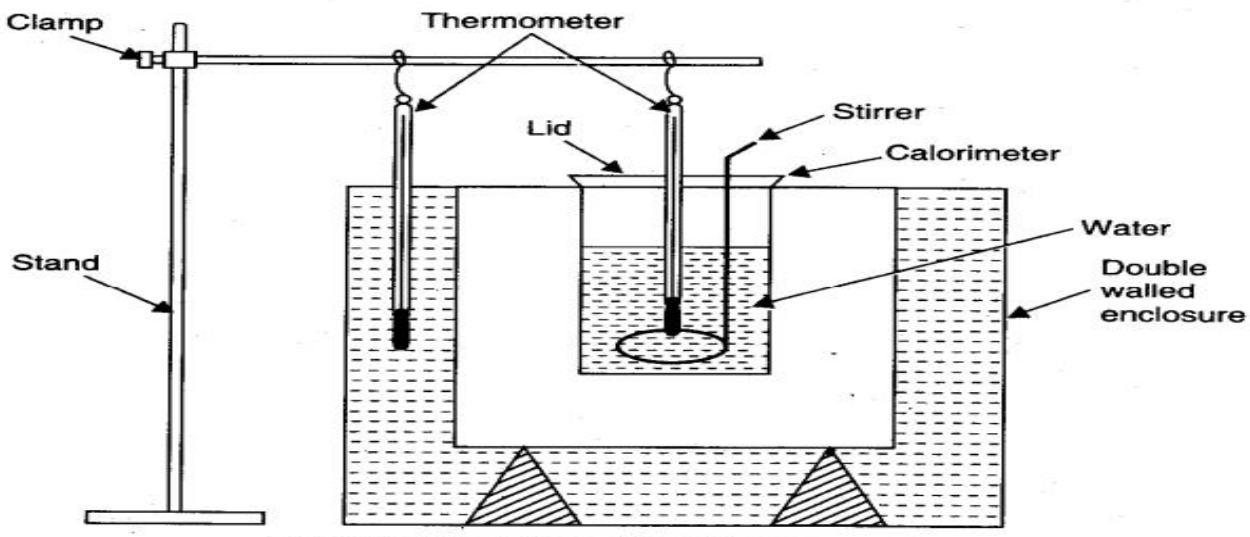


Fig. Newton's law of cooling apparatus.

प्रयोग विधि :-

1. सर्वप्रथम दोनों थर्मामीटर तथा विराम घड़ी का अल्पतमांक ज्ञात कीजिए।
2. बीकर में जल भरकर उसका ताप थर्मामीटर द्वारा θ_0 नोट करिए
3. दोहरी दीवार बालो पात्र लेकर इसमें जल भरिए बलैम्प स्टैण्ड की सहायता से पात्र में भरें जल में दूसरा थर्मामीटर लगाइए
4. अब बीकर में भरे जल को वातावरण के ताप θ_0 से 40^0 अधिक ताप तक गरम कीजिए
5. शीतलन उपकरण से ताम्बे के कैलोरीमापी को बाहर निकालकर, बीकर में भरें गरम जल को कैलोरीमीटर में डालिए कैलोरीमीटर को लगभग पूर भरिए।
6. थर्मामीटर द्वारा दोहरी दीवारों वाले पात्र में भरें जल का ताप प्रारम्भ में उस समय नोट कीजिए जब दोनों थर्मामीटर के पाठ्यांकों का अन्तर लगभग $30°C$ है।
7. विलोडक द्वारा जल को लगातार विलोड़ित करते रहिए कैलोरीमापी के थर्मामीटर का पाठ्याँक प्रारम्भ में 1/2 मिनट पश्चात् फिर 1–1 मिनट पश्चात् और अन्त में 2–2 मिनट पश्चात् नोट कीजिए।
8. जल को लगातार धीरे–धीरे विलोड़ित करते जाइए और विराम घड़ी से समय तथा कैलोरीमापी थर्मामीटर से ताप नोट तब तक करते जाइए जब तक कि कैलोरीमीटर के जल का ताप दोहरी दीवारों वाले जल कि $5°C$ अधिक नही कह जाता है। दोहरी दीवार वाले थर्मामीटर की सहायता से दोहरी दीवार वाले पात्र का ताप नोट कीजिए।
9. सभी प्रेक्षणों को आवलोकन सारिणी में लिखिए प्रत्येक पाठयांक के लिए $(\theta - \theta_0)$ ज्ञात कीजिए। लघुगणकीय सारणी द्वारा $\log_{10}(\theta - \theta_0)$ का मान ज्ञात कर इन मानों को भी सारिणी बद्ध कीजिए।

1. समय t को –x अक्ष के अनुदिश, तथा ताप $\theta - \theta_0$ को y- अक्ष के अनुदिश लेकर ग्राफ खींचने पर जो ग्राफ प्राप्त होता है यह शीतलन बक्र है। (ग्राफ –a)
2. समय t को –x अक्ष एवं $\log_{10}(\theta - \theta_0)$ को y- अक्ष के अनुदिश लेकर ग्राफ आलेखित कीजिए। (ग्राफ –b)

सावधानियाँ :-

1. पाठ्यांक सावधानीपूर्वक लिखें प्रारंभ में ताप तीव्रता से गिरता है। दोहरी दीवारों वाला पात्र यह सुनिश्चित करता है कि परिवेश का ताप नियत रहेगा।
2. जल का विलोडन करते रहते हैं जिससे सारे द्रव्यमान का ताप एक समान बना रहें।

अवलोकन :-

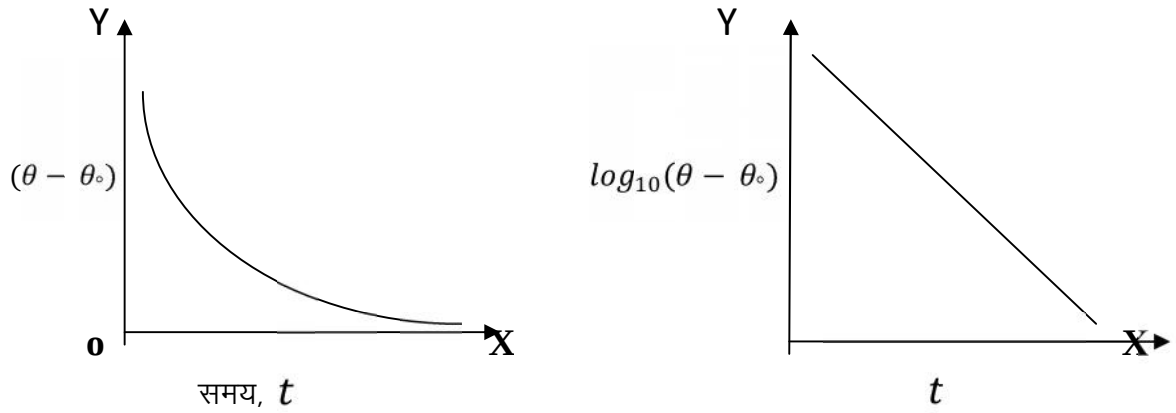
विराम घड़ी का अल्पतमांक = ... Second
तापमापी का अल्पतमांक = ... ^0C
दोहरी दीवारों वाले पात्र में आरंभिक ताप $\bar{\ }_1$ = ... ^0C
दोहरी दीवारों वाले पात्र में अंतिम ताप $\bar{\ }_2$ = ... ^0C
वातावरण का माध्य ताप $\bar{\ }_0$ =

$$\frac{\bar{\ }_1 + \bar{\ }_2}{2} = \text{.....}^0C$$

सारणी :-

क्र.	समय (सेकण्ड में)	गर्म पानी का ताप ($\bar{\ }^0C$)	तापांतर ($\bar{\ } - \bar{\ }_0)^0$ C
1.			
2.			
3.			

ग्राफः– समय t को x- अक्ष पर और गर्म पानी के ताप $\bar{\ }$ को y- अक्ष पर लेकर ग्राफ खींचते है जो निम्न रूप में प्राप्त होता है–



a) शीतलन के लिए $(\theta - \theta_\circ)$ व t के बीच ग्राफ b) $log_{10}(\theta - \theta_\circ)$ व t के बीच ग्राफ

परिणाम :– ताप समय ग्राफ से स्पष्ट होता है कि शीतलन वक्र चरघातांकी रूप से नीचे क्षमता हैं। यही न्यूटन का शीतलन नियम है।

परिणाम की विवेचना :- यदि वस्तु का ताप वातावरण के ताप से बहुत अधिक है (वातावरण के ताप की तुलना में) तो ऊष्मा विकिरण की दर अधिक होती है।

निष्कर्ष :- जब तक वस्तु के ताप व वातावरण के ताप में अंतर 30^0C से अधिक नहीं होगा, शीतलन की दर नियत रूप से नहीं होगी।

प्रयोग का विस्तार :-

1. ग्राफ से नियतांक K का मान ज्ञात करना।
2. ठोसों में शीतलन की दर ज्ञात करने में।
3. गैसों में शीतलन की दर के बारे में भी कुछ प्रयोग संभव हो सकता है।

अधिगम संप्राप्ति :-

1. छात्र ताप एवं ऊष्मा की अवधारणा को समझ सकेंगे।
2. तापमापी का प्रयोग का समझ विकसित करेंगे।

विचारणीय प्रश्न :-

1. न्यूटन का शीतलन नियम क्या हैं?
2. इस नियम के लिए क्या शर्ते हैं।
3. कैलोरीमापी के बाहरी सतह को कलई कर दी जाती हैं, क्यों।
4. कैलोरीमापी को दोहरी दीवार वाले बर्तन के अंदर क्यों रखते हैं।

प्रयोग – 19

उद्देश्य :-

i. स्वरमापी द्वारा नियत तनाव के अधीन किसी दिए गए तार की लंबाई एवं आवृत्ति के बीच संबंध का अध्ययन करना।

ii. स्वरमापी द्वारा किसी नियत आवृत्ति के लिए दिए गए तार की लंबाई तथा तनाव के बीच संबंध का अध्ययन करना।

आवश्यक उपकरण :– स्वरमापी, ज्ञान आवृत्ति के छः स्वरित्र द्विभुज , रबर पैड, मीटर पैमाना, $\frac{1}{2}$ किग्रा के बाँटों सहित हैंगर, लकड़ी के सेतु, पेपर, राइडर।

अवधारणा :– स्वरमापी एक ऐसा सरल यंत्र है जो दो आधारो के बीच बनी हुई डोरी के कंपनों को प्रदर्शित करता है। यह लगभग 1 मीटर लंबा लकड़ी का आयताकार खोखला बाक्स होता है जिसके एक सिरे पर हुक लगी होती है तथा दूसरे सिरे पर घिरनी लगी होती है तथा के मुक्त सिरे से हैंगर जुड़ा होता है जिस पर बाट रखकर तार में तनाव उत्पन्न किया जाता है। बक्से में सेतु A व B लगे होते हैं जिससे तार की लंबाई को समंजित किया जा सके। सेतु A व B के मध्य तार कंपन करता है। स्वरमापी का खोखला बाक्स तार में उत्पन्न होने वाली ध्वनि की तीव्रता को बढ़ाने में सहायक होता है। तार के कंपन सेतु A व B द्वारा खोखले बाक्स के ऊपरी सतह तक तथा जिसके इस सतह द्वारा अंदर की वायु तक जाते हैं जिसके कारण बाक्स के अंदर की वायु बाहरी वायुमंडल में मिलती है और बाहर की वायु भी कंपन करने लगती है और ध्वनि की तीव्रता बढ़ जाती है। जब तार के मध्य बिन्दु को थोड़ा खींचकर छोड़ देते है तो अपनी स्वाभाविक आवृत्ति से तार कंपन करता है।

सिद्धांत :– दो स्थिर बिन्दुओं के मध्य तनी हुई डोरी को यदि बीच में सहसा विक्षेपित किया जाए, तो डोरी में कंपन उत्पन्न हो जाता है तथा डोरी में अनुप्रस्थ तरंग बनती है। यदि कोई l लंबाई की डोरी जिसके प्रति एकांक लंबाई का द्रव्यमान m की आवृति n को निम्नानुसार व्यक्त किया जाता है:–

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

यहाँ n = तनी हुई डोरी की मूल विधा में कंपन आवृत्ति।

m = डोरी की प्रति एकांक लंबाई का द्रव्यमान।

T = हैंगर के भार सहित डोरी में तनाव = Mg

M= हैंगर के भार सहित हैंगत में लिया गया भार

l = दोनों सेतुओं के बीच डोरी की लंबाई।

(1) $n \propto \frac{1}{l}$ या nl = स्थिरांक

(किसी दिये गए द्रव्यमान m तथा नियत T तनाव के लिए)

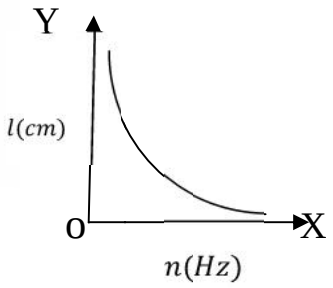
किसी तनी हुई डोरी की कंपन आवृत्ति उसके अनुनादी लंबाई के व्युत्क्रमानुपाती होता है। किसी दिए गए m तथा नियत T के लिए)

(2) $n \propto \sqrt{T}$ किसी तनी हुई डोरी की कंपन आवृत्ति, डोरी में उत्पन्न तनाव के वर्गमूल के अनलुक्रमानुपाती होता हैं। (यदि तार की अनुनादी लंबाई तथा प्रति एकांक लंबाई का द्रव्यमान नियत दिया हो)

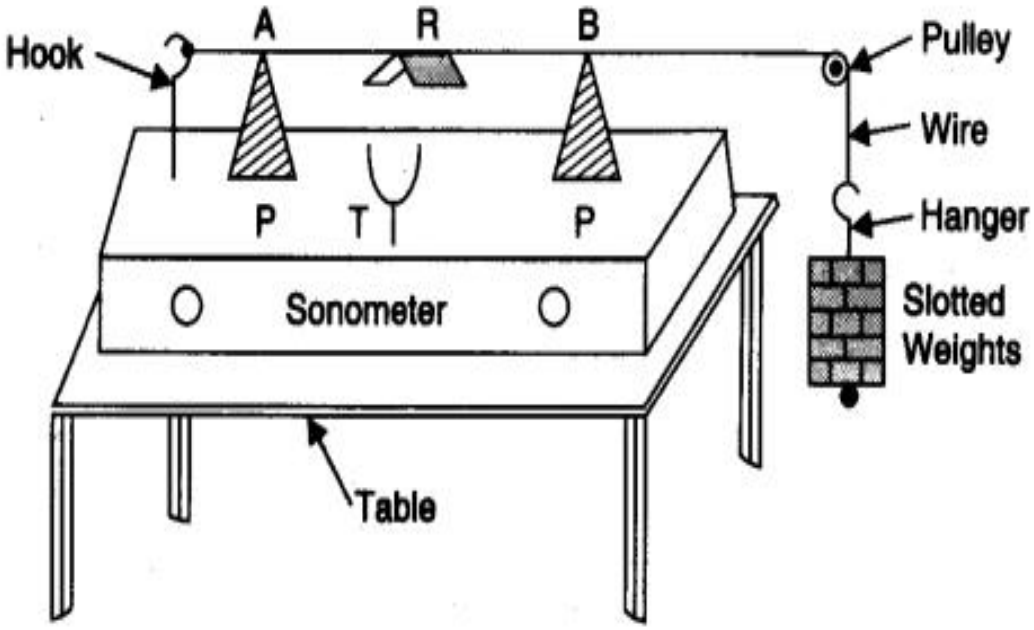
nl = नियतांक (लंबाई के नियम से)

$\sqrt{T}/l$ = नियतांक (आवृत्ति के समीकरण से) अर्थात् $l^2 \propto T$

T तथा l^2 के बीच खीचा गया ग्राफ एक सरल होगा।



चित्र :–



Sonometer in experimental set-up.

प्रयोग विधि :–

(i) नियत तनाव के साथ दिये गये तार की लंबाई एवं आवृत्ति के मध्य संबंध के लिए–

1. स्वरमापी को सर्वप्रथम मेज पर रखें।
2. जाँच करें घिरनी में निम्नतम घर्षण हो। यदि घर्षण अधिक हो, तो उसमें तेल ग्रीज या किसी अन्य प्रकार के स्नेहक का प्रयोग कर घर्षण का दूर करें।
3. अब उचित द्रव्यमान का बाँट हैंगर पर रखकर तार को तनाव की स्थिति में लायें।
4. लकड़ी के सेतु A तथा B को इतना सरकाइये कि उनके बीच तार की लंबाई अधिकतम हो।
5. स्वरित्र को रबर पैड पर धीरे से मारकर उनसे उत्पन्न कंपन को ध्यान से सुनिये और उसके बाद स्वरमापी के तार को झंकृत करते हुए इससे उत्पन्न ध्वनि से करें। ध्वनि जिसकी पिच कम होती है उसकी आवृत्ति कम होती है)
6. अंतिम समायोजन के लिए तार AB के मध्य में एक V आकार का उल्टा पेपर रखें।
7. स्वरित्र द्विभुज को कंपन कराइये और स्वरित्र द्वभुज के नीचले भुज को स्वरमापी बक्से से स्पर्श कराइये। तार अनुवाद के कारण कंपन करेगा और पेपर राइडर नीचे गिर जायेगा। यह अनुवाद की स्थिति को प्रकट करता है तथा दोनों सेतुओं के बीच कुल लंबाई अनुनादी लंबाई कहलाती है। (इस अवस्था में कंपन आवृत्ति के बराबर होती है और इसी कारण आवृत्ति बढ़ने के कारण पेपर राइडर गिर जाता है।)
8. मीटर पैमाने की सहायता से इस अनुनादी लंबाई को नोट कीजिए।
9. उपरोक्त पदों को विभिन्न 5 स्वरित्र द्विभुजों को लेकर हैंगर में बाँटो को अपरिवर्तित करते हुए दोहरायें और अनुनादी लंबाई l प्रत्येक बार नोट करें।

(ii) नियत आवृत्ति के लिए दिये गये तार की लंबाई और तनाव में संबंध के लिए –

1. सर्वप्रथम ज्ञात आवृत्ति के स्वरित्त द्विभुज का चयन करें।
2. अब हैंगर पर अधितम भार चढ़ाये।
3. पूर्वानुसार लंबाई ज्ञात करें।
4. अब 0.5 किग्रा भार हैंगर से निकालें तथा हर बार समान स्वरित्र द्विभुज के लिए अनुनादी लंबाई प्राप्त करें। कम से कम ऐसा पाँच बार करें।
5. प्रत्येक बार प्रेक्षणा को रिकार्ड करें।

प्रेक्षण सारणी :– तार पर तनाव $T = ___ N$

लंबाई के साथ आवृत्ति में परिवर्तन

स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति (Hz)	n^1	n^2	n^3	n^4	n^5	n^7
अनुनाद लंबाई l (cm)						
$\frac{1}{l}$ (cm^{-1})						
nl (Hz cm)						

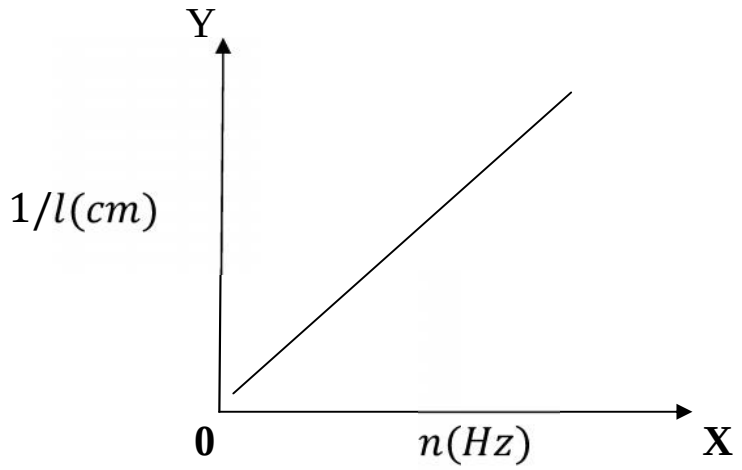
तनाव के साथ अनुनाद लम्बाई में परिवर्तन

अनुप्रयुक्त तनाव (हैंगर के भार सहित) M					
हैंगर बाट × g (mg)					
तार की अनुनाद लंबाई l (cm)					
l^2 (cm^2)					
T/l^2 (N/cm^2)					

माध्यमान :–

गणना :–

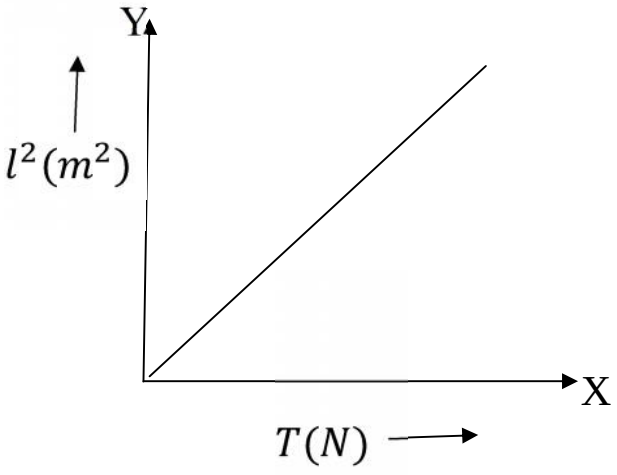
- आवृत्ति तथा लंबाई के मध्य संबंध प्राप्त करने के लिए।
- माध्य अनुनादी आवृत्ति निकालें।
- प्रत्येक स्थिति के लिए $1/l$ ज्ञात करें।
- अब आवृत्ति और लंबाई के प्रतिलोम के बीच ग्राफ खीचें।



लबांई व तनाव के मध्य संबंध प्राप्त करने के लिए :–

- प्रत्येक बार अनुनादी लंबाई का वर्ग प्राप्त करें।
- संगत l^2 / T की गणना करें।
- l^2 व t के बीच ग्राफ खींचे।

चित्र



परिणाम :- आवृत्ति व प्रतिलोम गया ग्राफ सरल रेखा प्राप्त हुआ जो यह दर्शाता है कि आवृत्ति अनुनादी लंबाई के प्रतिलोमानुपाती होती है।

सारणी से यह स्पष्ट होता है कि $t^2\,lT$ का मान नियत रहता है। t^2 व T के मध्य ग्राफ सरल रेखीय हैं जो यह स्पष्ट करता है कि तनाव अनुनादी लंबाई के वर्ग को समानुपाती होती है।

परिणाम : -2- आवृत्ति व प्रतिलोम गया ग्राफ सरल रेखा प्राप्त हुआ जो यह दर्शाता है कि आवृत्ति अनुनादी लंबाई के प्रतिलोमानुपाती होती है।

सारणी से यह स्पष्ट होता है कि $t^2\,lT$ का मान नियत रहता है। t^2 व T के मध्य ग्राफ सरल रेखीय हैं जो यह स्पष्ट करता है कि तनाव अनुनादी लंबाई के वर्ग को समानुपाती होती है।

लबांई व तनाव के मध्य संबंध प्राप्त करने के लिए :–

- प्रत्येक बार अनुनादी लंबाई का वर्ग प्राप्त करें।
- संगत l^2 / T की गणना करें।
- l^2 व t के बीच ग्राफ खींचे।

विवेचना : -

- स्वरित्त द्विभुज के हैण्डल को ही पकड़ना चाहिए।
- हो सकता है तार के सभी बिन्दुओं पर अनुप्रस्थ परिच्छेद असमान हो।
- हो सकता है घिसी घर्षण रहित न हो।
- अनुनादी लंबाई l के मापन में त्रुटि की संभवना हो सकती है।

सावधानियाँ :–

1. घिसी का घर्षण रहित न होना।
2. स्वरमापी का तार सर्वत्र एक समान एवं पतला होना चाहिए।
3. तर ऐंठनरहीन होना चाहिए।
4. सेतु A व B की ऊँचाई एक समान होनी चाहिए।
5. हैंगर पर भार लटकाते समय यह ध्यान रखना चाहिए कि प्रत्यास्थता की सीमा के भीतर ही अधिकतम में भार लटकाना चाहिए।
6. रबर पैड पर स्वरित्त को धीरे से भार कर कंपन कराना चाहिए।

त्रुटियों के स्त्रोत :–

1. घिरनी का घर्षण रहित न होना।
2. तार का दृढ़ व एकसमान न होना।
3. सेतु A व B का सुधार तीक्ष्ण न होना।

अधिगम संप्राप्ति :–

- विद्यार्थी स्वरमापी उपकरण को समझ सकेंगे। सोनोमीटर क्या है? जान सकेंगे।
- स्वरमापी की सहायता से किसी बनी हुई डोरी की आवृत्ति, लंबाई तथा तनाव के मध्य संबंध प्राप्त कर सकेंगे।
- विद्यार्थियों में अप्रगामी तरंग की अवधारणा स्पष्ट हो जायेगी।

प्रयोग का विस्तार : -

1. अलग–अलग व्यासों के तार समान पदार्थ के बने को लेकर किसी दी गई आवृत्ति n तथा तनाव t का मान ज्ञात कीजिए।
2. अलग–अलग वाद्य यंत्रो की तारों की अलग–अलग लंबाईयों को एक समान तनाव में रखकर झंकृत करें तथा अवलोकन कीजिए कि इन यंत्रो द्वारा उत्पन्न स्वरों की आवृत्ति में क्या अंतर है।
3. समान लंबाई को अलग–अलग तनाव रखकर झंकृत करते हुए उपरोक्त पद को दोहरायें।

विचारणीय प्रश्न : -

- यदि तार के पदार्थ तथा तनाव को स्थिर रखते हुए उसका व्यास बढ़ा दिया जाए तो तार की अनुनादी लंबाई कैसे परिवर्तित होगी?
- क्या स्वरमापी में निस्पंद व प्रस्पंद बनते है यदि हाँ तो उसकी पहचान आप कैसे करेंगे।
- अप्रगामी तरंगे क्या हैं? यह किन परिस्थितियों में उत्पन्न होती हैं?

प्रयोग संख्या – 20

उद्देश्य :– अनुनाद नली द्वारा कक्ष ताप पर वायु में ध्वनि का वेग ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण :– अनुनाद नली उपकरण, दो अलग–अलग आवृत्तियों का स्वरित्र, रबर का गुटका (पैड), तापमापी, जल।

अवधारणा :– वायु में ध्वनि का वेग $4°C$ पर लगभग 332 मीटर/सेकण्ड होता है।

हम जानते है कि वायु में ध्वनि का वेग विभिन्न कारकों पर निर्भर करता है। प्रयोगों एवं प्रेक्षणों के (यथा–तापमान, वायु को , वायु धनत्व) आधार पर यह निष्कर्ष निकलता है कि $0°C$ पर वायु का वेग, कमरे के ताप पर वायु के वेग की तुलना में अधिक होता है। तथा अलग–अलग आवृत्तियों वाले द्विभुज स्वरित्र के कारण भी वायु का वेग अपरिर्वतनिय रहता है। परंतु वायु स्तंभ में तरंग का तरंग दैर्ध्य, स्वरित्र की आवृत्ति बदलने पर बदल जाता है। अब हम वायु में ध्वनि तरंग का वेग कमरे के तापमान पर ज्ञात करेंगें।

सिद्धांत :– एक नियत लम्बाई के पाइप में बने वायु स्तंभ में जब दोलन उत्पन्न किया जाता हैं तब स्वरित से उत्पन्न नीचे की ओर जाने वाली तरंग और जल के पृष्ट से परावर्तित होने वाली तरंग मिलकर अप्रगामी तरंगे बनाती है। जिससे बंद सिरे पर एक निस्पंद व खुले सिरे पर एक प्रस्पंद बनता है।

किसी वायु स्तंभ की अनुनाद आवृत्तियां केवल इसकी लंबाई पर निर्भर करती है। 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 दैर्ध्य समा सकती है।

हम जानते हैं कि एक निस्पंद एवं प्रस्पंद के बीच की दूरी $\lambda/4$ होती है पहला अनुनाद तब प्राप्त होता है जब चित्रानुसार N पर निस्पंद और A पर प्रस्पंद बनता है।

प्रथम अनुनाद की स्थिति में नली की लंबाई l_1 तरंग दैर्ध्य λ में संबंध

$$l_1 = \lambda/4 \text{ ----------(1)}$$

उसी प्रकार दूसरा अनुनाद तब प्राप्त होता है जब चित्रानुसार C पर निष्पंद और A पर प्रस्पंद बनता है।

तब द्वितीय अनुनाद की स्थिति में नली की लंबाई l_2 व तरंग दैर्ध्य λ में संबंध

$$l_2 = 3.\lambda/4 \text{ ----------(2)}$$

समीकरण (2) में सें (1) घटाने पर

$$l_2 - l_1 = \lambda/2$$
$$\lambda = 2\,(l_2 - l_1) \text{ ----------(3)}$$

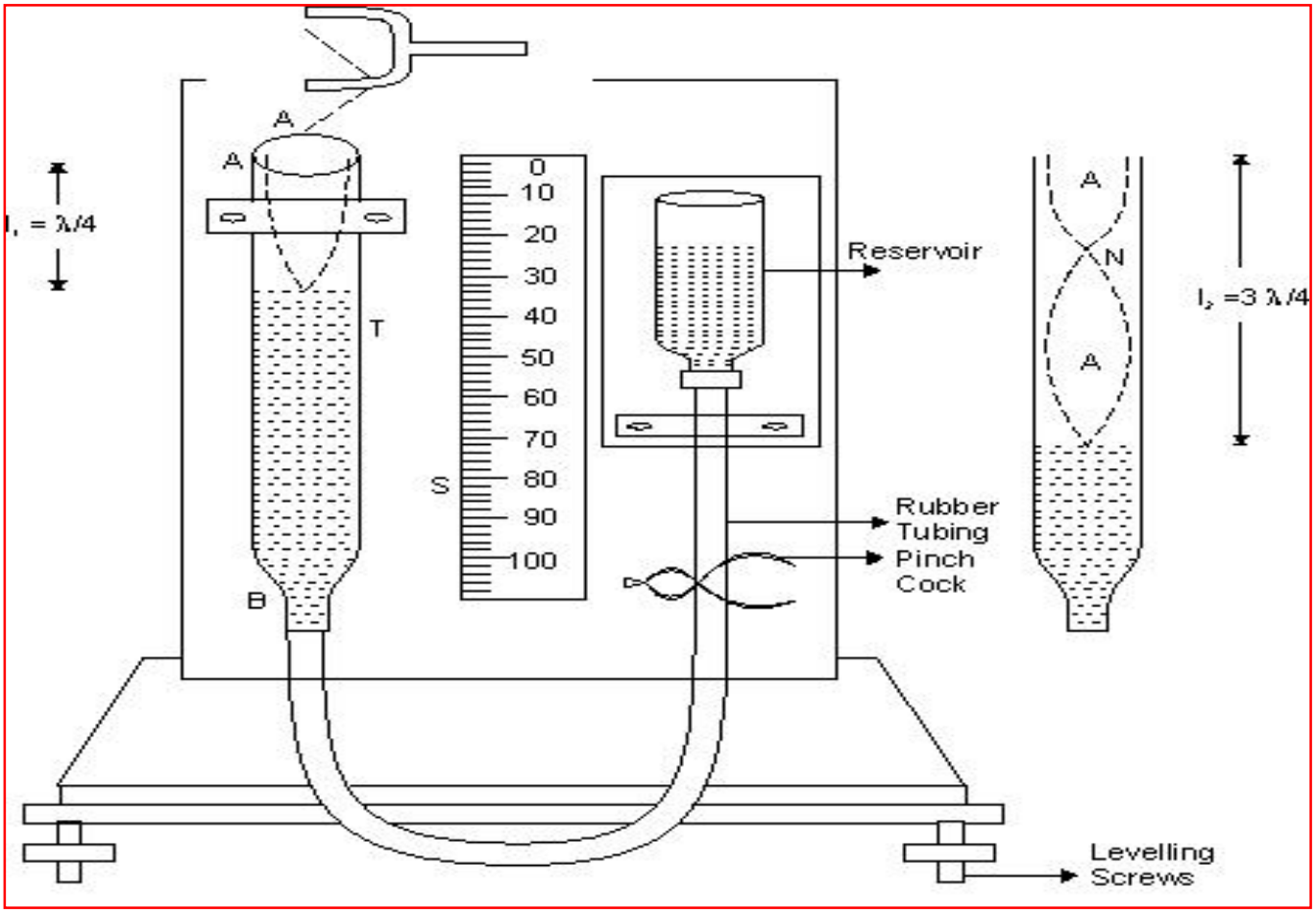
चुंकि कक्ष ताप पर या वायु में ध्वनि का वेग

$$v = V\,\lambda$$
$$\text{या } v = 2V(l_2 - l_1)$$

समीकरण (3) से

सूत्र :–

$$v = 2V(l_2 - l_1)$$



चित्रः– अनुनाद नली

प्रयोग विधि :– निम्न बिदुंओ के आधार पर प्रयोग को संपादित करें –

सर्वप्रथम अनुनाद नली का समायोजन कीजिए–

उपकरण में लगभग एक मीटर लम्बी तथा 5cm व्यास की पतली काँच की नली उर्ध्वाधर स्थिति में दृढ़तापूर्वक कसी रहती है नली का निचला सिरा रबर की नली द्वारा जल कुण्ड से जुड़ा रहता है एक क्लैंप की सहायता से छड़ को उर्ध्वाधर ऊपर नीचे सरकाया जा सकता है। रबर की नली में एक Pinch cock लगा रहता है। जिसकी सहायता से जल तल को नियत रखा जाता है उपकरण के नीचे leuelling screw लगा होता है नली AB के अनुदिश एक स्केल उर्ध्वाधर लगी रहती है। जलकुण्ड को ऊपर उठाने पर नली में वायुस्तम्भ की लम्बाई घट जाती है तथा जब जल कुण्ड को नीचे ले जाते है तो वायुस्तम्भ की लम्बाई बढ़ जाती है।

1. कमरे का तापमान तापमापी द्वारा पढ़े।
2. स्वरित्रों की आवृत्तियाँ नोट करें।
3. अनुनाद नली के आधार को समतलक पेंचों व स्प्रिट लेबल (तलदर्शी) की सहायता से क्षैतिज कर लें।
4. अनुनाद नली और जल संग्राहक (कुण्ड) में पानी भरें।
5. जल संग्राहक (कुण्ड) को इतना ऊपर रखते हैं कि अनुनाद नली मे पानी का तल, नली के ऊपर से 4–5 सेमी. नीचे रहें ।
6. स्वरित्र को रबर पैड पर धीरे से टकरा कंपन उत्पन्न करें।
7. कंपन करते हुये स्वरित्र द्विभुज को अनुनाद नली के खुले मुँह से थोड़ा ऊपर क्षैतिज स्थिति में रखे।
8. अनुनाद नली में पानी के तल को धीरे–धीरे नीचे करें। तथा प्रत्येक स्थिति में स्वरित्र द्विभुज को कंपन कराकर नली के मुँह के पास लायें।
9. इस क्रिया को तब तक करें जब तक कि तेज ध्वनि सुनाई न दें। यह अनुनाद की प्रथम स्थिति है।
10. प्रथम अनुनाद की स्थिति में अनुनाद नली में वायु स्तम्भ की लंबाई नोट करें । प्रयोग को कम से कम तीन बार पुनरावृत्ति करें।
11. इस प्रयोग को द्वितीय अनुनाद स्थिति के लिये दोहरायें। ध्यान रखे कि द्वितीय अनुनाद की स्थिति में वायु स्तम्भ की लंबाई पहली लंबाई की लगभग तीन गुना हो।
12. इसके पश्चात् अनुनाद नली में पानी के तल को धीरे–धीरे ऊपर लाते हुये पुनः अनुनाद की प्रथम एवं द्वितीय स्थितियों के लिए इस प्रयोग को दोहरायें।
13. इस प्रयोग को भिन्न–भिन्न आवृत्ति वाले स्वरित्र द्विभुज के साथ दुहरायें।

प्रेक्षण :–

अनुनाद की दोनों स्थितियों के लिए सारणी

क्रमाँक	स्वरित्र की आवृत्ति हर्ट्ज	अनुनाद की प्रथम स्थिति में वायु स्तम्भ की लंबाई			अनुनाद की द्वितीय स्थितियों वायु स्तम्भ की लंबाई			$v = 2v(l_2 - l_1)$
		पानी के तल को नीचे ले जाते समय (सेमी)	पानी के तल को ऊपर ले जाते समय (सेमी)	माध्यम न लंबाई l_1 (सेमी)	पानी के तल को नीचे ले जाते समय (सेमी)	पानी के तल को ऊपर ले जाते समय (सेमी)	माध्यम न लंबाई l_2 (सेमी)	$v = 2v(l_2 - l_1)$ मी./से.
1.	$v_1 = Hz$							
2.	$v_2 = Hz$							
3.								

x.kuk :–

a) प्रथम स्वरित्र जिनकी आवृत्ति V_1 ------ हर्ट्ज वायु में ध्वनि का वेग

$V_1 = 2v_1(l_2 - l_1) =$ ------- मी/से.

b) द्वितीय स्वरित्र जिनकी आवृत्ति V_2 ------H_z हर्ट्ज वायु में ध्वनि का वेग

$V_2 = 2v_2(l_2 - l_1) =$ ------- H_z मी/से.

ध्वनि का वायु मे माध्य वेग ज्ञात कीजिए।

परिणाम :– कमरे का ताप (__ °C) पर वायु में ध्वनि का वेग $= \frac{V_1+V_2}{2}\ ms^{-1}$ मी./सेकण्ड प्राप्त हुआ।

त्रुटि ऑकलन :–

वायु में ध्वनि का वेग $= 352$ मीटर/सेकण्ड

प्रतिशत त्रुटि $=$ $\frac{\text{प्रमाणित मान} - \text{मापित मान}}{\text{प्रमाणित मान}} \times 100°C$

विश्लेषण/परिणाम की विवेचना :–

1. द्वितीय अनुनाद की स्थिति में ध्वनि की प्रबलता, प्रथम अनुनाद की स्थिति से कम होती है।
2. अंत्य संशोधन से बचनें हेतु इस प्रयोग में हम दों अनुनाद स्थिति प्राप्त करत है। अनुनादी लंबाई में $e = 0.6r$ का संसोधन लगाकर इस प्रयोग को केवल प्रथम अनुनाद की स्थिति द्वारा भी संपन्न किया जा सकता है।

निष्कर्ष :– दिए गए स्वरित्र हेतु द्वितीय अनुनाद की अनुनादी लंबाई में परिवर्तन ध्वनि की आवृत्ति V तरंग दैर्द्ध λ व वेग v में परिवर्तन पर निर्भर नहीं करता। इस प्रकार द्वितीय अनुनाद प्रथम अनुनाद का अधिस्वरक नहीं होता है।

सावधानियाँ :–

1. प्रयोगशाला कक्ष में तेज हवाएँ नही चलनी चाहिए।
2. द्विभुज स्वरित्र की भुजाएं उर्ध्वाधर में कंपन करानी चाहिए।
3. अनुनाद नली को उर्ध्वाधर कर लेनी चाहिए।
4. स्वरित्र को रबर पैड पर हल्के से मारना चाहिए।
5. स्वरित्र की आवृत्ति इस प्रकार चुननी चाहिए जिससे अनुनाद की द्वितीय स्थिति आसानी से प्राप्त हो जाये व त्रुटि भी न्यूनतम हो।
6. प्रयोग करते समय कमरे के तापमान में अधिक अंतर आने पर आपेक्षित परिणाम भिन्न होगा।

त्रुटि के स्त्रोत :–

1. अनुनाद नली के अंदर वायु स्तंभ पूर्णतः शुष्क नहीं होती है। वायु में आद्रता होने प्राप्त परिमाण में अंदर आता है।
2. अनुनाद नली क व्यास पूरे नली के लिए समान होना चाहिए।
3. प्रयोगशाला कक्ष में तेज हवाएँ नही चलनी चाहिए।
4. द्विभुज स्वरित्र की भुजाएं उर्ध्वाधर में कंपन करानी चाहिए।
5. अनुनाद नली को उर्ध्वाधर कर लेनी चाहिए।
6. स्वरित्र पर अंकित आवृत्ति उसकी वास्तविक आवृत्ति से भिन्न हो।
7. प्रयोग करते समय कमरे के तापमान में अधिक अंतर आने पर आपेक्षित परिणाम भिन्न होगा।

अधिगम संप्राप्ति :–

इस प्रयोग को करने के बाद

1. छात्रों में अनुनाद की प्रथम व द्वितीय स्थितियों की अवधारणा स्पष्ट होगी।
2. छात्रों में अप्रगामी (standing) – तरंगों कि अवधारणा और उनसे संबंधित विभिन्न शर्तों की समझ विकसित होगी।
3. छात्रों को आवृत्ति, तरंग दैर्ध्य और ध्वनि तरंगों की गति के बीच संबंध की समझ विकसित होगी।

विचारणीय प्रश्न :–

1. अनुनाद क्या है ?
2. अनुनाद की अवस्था कैसे प्राप्त होती है। इसके लिए कुछ शर्ते जरूरी क्यों है।
3. वायु स्तंभ में किस प्रकार की तरंगे उत्पन्न होती है।
4. वायु स्तंभ मे निस्पंद एवं प्रस्पंद की स्थिति कहां होती है।
5. अनुनाद नली में पानी की जगह अन्य द्रव लेने पर परिणाम में क्या अंतर होगा ?
6. प्राप्त परिणाम में त्रुंटि की संभावना कितनी है ?

प्रयोग का विस्तार :–

1. इस प्रयोग को अलग–अलग नली लेकर किया जा सकता है।
2. इस प्रयोग को अलग–अलग मौसम व विभिन्न ताप पर किया जा समता है।
3. इस प्रयोग को अनुनाद नली को तिरछा करके किया जा सकता है। इससे प्राप्त परिणाम में अंतर को समझना।

lk;kx & 21

उद्देश्य :– मिश्रण के सिद्धांत से दिये गये (1) ठोस व (2) द्रव की विशिष्ट ऊष्मा धारिता ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण :– कैलोरीमापी, विलोडक , स्टीम बाथ, तापमापी, दिये गये ठोस वस्तु जैसे सीसे की गोलियॉ, लकड़ी का गुटका, गैंस बर्नर, भौतिक तुला, बॉट पेटी, धागा, जल आदि।

अवधारणा :– मिश्रण के नियम की सहायता से किसी ठोस या द्रव की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करने के लिये रैनो का उपकरण उपयोग में लाया जाता है। जब विभिन्न ताप वाली दो वस्तुओं को आपस में संपर्क कराया जाता है या मिलाया जाता है तो ऊष्मा अधिक ताप वाली वस्तु से कम ताप वाली वस्तु की ओर तब तक बहती है जब तक दोनों वस्तु का तापमान एक समान न हो जाय।

यदि चालन, संवहन या विकिरण के द्वारा ऊष्मा का क्षय न हुआ हो तो अधिक ताप वाली वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा कम ताप वाली वस्तु के ताप के बराबर होती है। इसे मिश्रण का नियम कहते हैं।

कैलोरीमापी का सिद्धांत :– जब विभिन्न तापीय पिण्डों को सम्पर्क में लाया जाए तो ऊष्मा अधिक ताप वाली पिण्ड से कम ताप वाली पिण्ड की ओर तब तक प्रवाहित होती है जब तक कि दोनों पिण्डों को ताप समान न हो जाए।

इस स्थिति में उच्च ताप के पिण्ड द्वारा दी गई उष्मा की मात्रा निम्न ताप के पिण्ड द्वारा ली गई उष्मा के बराबर होती है। यदि इस निकाय द्वारा परिवेश में ऊष्मा का कोई ह्यास न हो।

इस सिद्धांत से

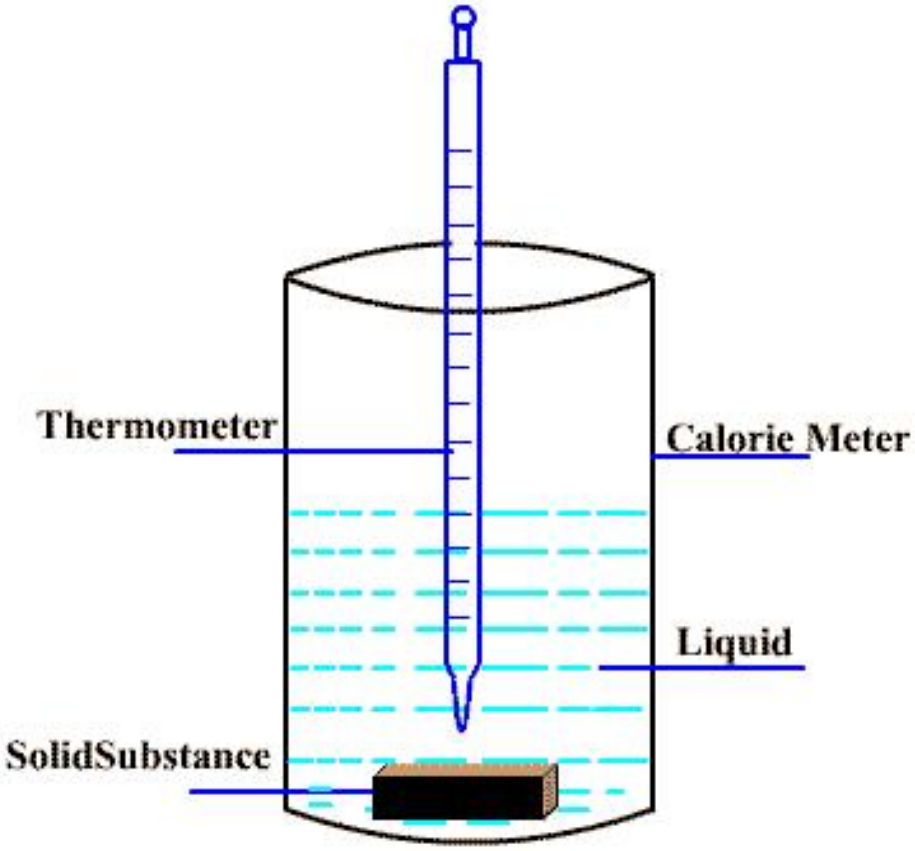
दी गई ऊष्मा = ली गई ऊष्मा

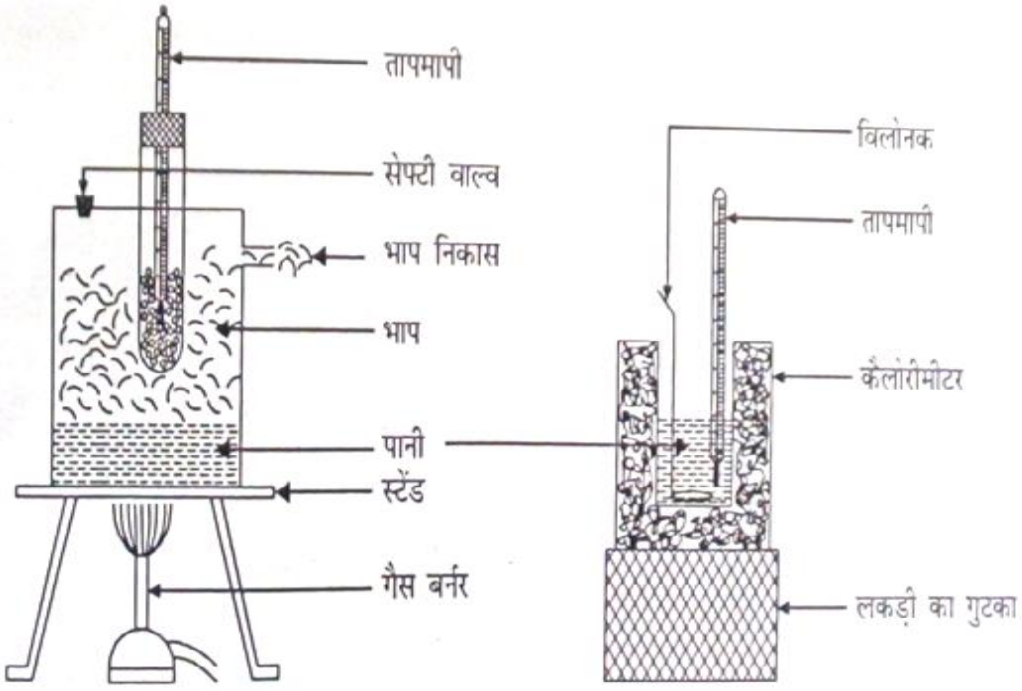
m द्रव्यमान तथा s विशिष्ट ऊष्मा धारिता के किसी पिण्ड को ताप में Δt गिरावट या वृद्धि होती है तो पिण्ड द्वारा ली गई अथवा दी गई ऊष्मा ΔQ को निम्नानुसार व्यक्त किया जाता है

$$\Delta Q = m\, s\, \Delta t$$

विशिष्ट ऊष्मा धारिता :– यह ऊष्मा की वह मात्रा है जो किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान के ताप में $1°C$ (अथवा$1K$) की वृद्धि करने के लिए आवश्यक होती है।

इसका मात्रक $J\, kg^{-1}k^{-1}$ है


Thermometer
Calorie Meter
Liquid
SolidSubstance


तापमापी
सेफ्टी वाल्व
भाप निकास
भाप
पानी
स्टेंड
गैस बर्नर
विलोनक
तापमापी
कैलोरीमीटर
लकड़ी का गुटका

a) मिश्रण के सिद्धांत से दिए गए ठोस की विशिष्ट ऊष्मा धारिता की निर्धारण

प्रयोग विधि :–

1. भौतिकतुला / कमानीदार तुला द्वारा कैलोरीमीटर विलोडक का ढक्कन सहित द्रव्यमान m_1 ज्ञात कीजिए
2. कैलोरीमीटर में जल भरकर कैलोरी मीटर जल, विलोडक तथा ढक्कन सहित द्रव्यमान m_2 तौल कर ज्ञात कीजिए ध्यान रहे कैलोरी मीटर में इतना जल भरा है कि दिए गए ठोस को डुबाने के लिए पर्याप्त हो
3. अब ठोस को जल में डुबोकर इसे निकालिए फिर इसे भलीभांति झटक कर इसमें चिपके जल को हटाइए भौतिक तुला की सहायता से इस गीले ठोस का द्रव्यमान m_3 ज्ञात कीजिए।
4. अब ठोस को धागे से चित्रानुसार एक पानी भरे बीकर में रखें और बीकर को बुन्सन बर्नर पर रखकर गरम करें।
5. चित्र के अनुसार कैलोरीमीटर में भरे जल का ताप थर्मामीटर की सहायता से ज्ञात करें कर ताप t_1 नोट कीजिए।
6. बीकर के जल को 5–10 मिनट तक उबालिए। दूसरे थर्मामीटर से जल का ताप t_2 नोट कीजिए। अब ठोस को धागे की सहायता से बाहर निकालकर उसमें लगे जल को झटक कर साफ कीजिए और तत्काल इसे कैलोरी मीटर में डालकर उसका ढक्कन बंद कीजिए विलोडक की सहायता से कैलोरीमीटर के जल को लगातार हिलाते रहिए। इसके पश्चात् साम्य स्थिति में आने पर अर्थात मिश्रण का ताप नियत होने पर कैलोरी मीटर के जल का ताप t_3 नोट करें।

सूत्र :–

मिश्रण के नियम से,

ठोस द्वारा द्रव को दी गई ऊष्मा

= कैलोरीमापी द्वारा ली गई ऊष्मा + जल द्वारा ली गई ऊष्मा

प्रेक्षण सारणी :–

1. ठोस का द्रव्यमान m_3 = ... ग्राम
2. कैलोरीमापी + विलोडक का द्रव्यमान m_1 = ... ग्राम
3. कैलोरीमापी + विलोडक + ठण्डे जल का द्रव्यमान m_2 = ... ग्राम
4. जल का प्रारंभिक ताप t_1 = ... °C
5. उबलते जल में ठोस का ताप t_2 = ... °C
6. मिश्रण का ताप t_3 = ... °C

कैलोरीमापी के धातु की विशिष्ट ऊष्माधारिता S_1 = ... कैलोरी/ग्राम/°C

पानी की विशिष्ट ऊष्माधारिता S = 1 कैलोरी/ग्राम/°C

ठोस की विशिष्ट ऊष्मा = S (मान लो)

ifjdyu %&

1. कैलोरीमीटर में जल का द्रव्यमान $(m_2 - m_1) = \ldots g = \ldots kg$
2. जल तथा कैलोरीमीटर मे ताप में परिवर्तन $(t_3 - t_1) = \ldots °C$
3. ठोस के ताप में परिवर्तन $(t_2 - t_3) = \ldots °C$

t_2 से t_3 तक ठंडा होने में ठोस द्वारा दी गई ऊष्मा
$= t_1$ से t_3 तक ताप वृद्धि में जल द्वारा ली गई ऊष्मा + t_1 से t_3 तक ताप वृद्धि में कैलोरीमीटर द्वारा ली गई ऊष्मा

$$m_3 s_o (t_2 - t_3) = (m_2 - m_1) S (t_2 - t_1) + m_1 s_1 (t_3 - t_1)$$

$$s_o = \frac{(m_2 - m_1) S (t_2 - t_1) + m_1 s_1 (t_3 - t_1)}{m_3 (t_2 - t_3)} = \cdots J\, kg^{-1} °C^{-1}$$

b) मिश्रण के सिद्धांत से दिए गए द्रव की विशिष्ट ऊष्मा धारिता का निर्धारण प्रयोग विधि

– पूर्व की भाँति ही है इसमें जल की जगह, दिए गए द्रव को भरना है।–

किसी ठोस/द्रव की विशिष्ट ऊष्मा उस ऊष्मा के बराबर होता है जो पदार्थ के एकांक द्रव्यमान के ताप को 1°C बढ़ाने के लिये आवश्यक है। इसका प्रतीक c अथवा s है। इसका SI मात्रक $J\,kg^{-1}\,K^{-1}$ है।

. प्रेक्षण सारणी :–

1. ठोस का द्रव्यमान m_3 = ... ग्राम
2. कैलोरीमापी + विलोडक का द्रव्यमान m_1 = ... ग्राम
3. कैलोरीमापी + विलोडक + द्रव का द्रव्यमान m_2= ..... ग्राम
4. द्रव का प्रारंभिक ताप t_1 = ... °C
5. उबलते जल में ठोस का ताप t_2 = ... °C
6. मिश्रण का ताप t_3 = ... °C

कैलोरीमापी के धातु की विशिष्ट ऊष्माधारिता S_1 = ... कैलोरी/ग्राम/°C

ठोस की विशिष्ट ऊष्माधारिता S = 1 कैलोरी/ग्राम/°C

ifjdyu %&

1. कैलोरीमीटर में द्रव का द्रव्यमान $(m_2 - m_1) = \ldots g = \ldots kg$
2. द्रव तथा कैलोरीमीटर के ताप में परिवर्तन $(t_3 - t_1) = \ldots$°C
3. ठोस के ताप में परिवर्तन $(t_2 - t_3) = \ldots$°C

t_2 से t_3 तक ठंडा होने में ठोस द्वारा दी गई ऊष्मा
$= t_1$ से t_3 तक ताप वृद्धि में जल द्वारा ली गई ऊष्मा + t_1 से t_3 तक ताप वृद्धि में कैलोरीमीटर द्वारा ली गई ऊष्मा

$$m_3 s_o (t_2 - t_3) = (m_2 - m_1) S (t_2 - t_1) + m_1 s_1 (t_3 - t_1)$$

$$s_o = \frac{(m_2 - m_1)S\,(t_2 - t_1) + m_1 s_1 (t_3 - t_1)}{m_3 (t_2 - t_3)} = \cdots J\,kg^{-1}{}^{\circ}C^{-1}$$

परिणाम :–

1. प्रायोगिक त्रुटियों की सीमा में दिए गए ठोस की विशिष्ट ऊष्मा धारिता
   = ...J kg^{-1} K^{-1}
2. प्रायोगिक त्रुटियों की सीमा में दिए गए द्रव की विशिष्ट ऊष्मा धारिता
   = ...J kg^{-1} K^{-1}

विश्लेषण/परिणाम की विवेचना %&

1. कैलोरीमीटर का रोधी आवरण पूर्णतः रोधी नहीं होने पर परिणाम में प्रभाव पड़ सकता है।
2. ताप मापन में त्रुटि के कारण भी द्रव की विशिष्ट ऊश्मा धारिता परिकलन पर प्रभाव पड़ सकता है।
3. धातु के टुकड़े को उबलते हुए जल में रखने पर यह संभव है कि उसका ताप यथार्थ में उबलते जल के ताप के बराबर न हो।

सावधानियाँ :–

1. विकिरण के कारण ऊश्मा ह्रास को कम करने के लिये कैलोरीमापी का बाह्य पृश्ठ अच्छे से पालिश किया होना चाहिए।
2. जल को विलोडक से अच्छी तरह हिलाने के बाद ही ताप नोट करना चाहिए।
3. ठोस को कैलोरीमापी के जल में सावधानीपूर्वक डालना चाहिए जिससे जल की बूंदें बाहर न गिरे।
4. ध्यान रहे कि ठोस का भाप प्रकोश्ठ की दीवार से स्पर्श न हो।
5. कैलोरीमापी में जल की मात्रा इतनी होनी चाहिए जिससे ठोस जल में डूब जाये, परंतु गिरने न पाये।
6. ताप मापते समय थर्मामीटर सदैव ऊर्ध्वाधर होना चाहिए। दृश्य रेखा को सदैव थर्मामीमीटर में पारे के तल के लम्बवत् रखते हुए ही ताप की माप लेनी चाहिए।

अधिगम संप्राप्ति :–

4. छात्र विभिन्न पदार्थों के विशिष्ट ऊष्मा के बारे में जान सकेंगे।
5. पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा का मापन के लिये कुछ उपकरणों के बारे में जान सकेंगे।
6. मिश्रण में तापीय संतुलन की अवधारणा समझ सकेंगे।
7. ऊष्मा धारिता एवं विशिष्ट ऊष्मा धारिता को परिभाषित कर सकेंगे।

विचारणीय प्रश्न %&

1. हम सामान्यतः तॉबे का कैलोरीमीटर क्यों उपयोग करते हैं ?
2. क्या विशिष्ट ऊष्मा धारिता एक नियत राशि है ?
3. ताप मापने से पूर्व हम कैलोरीमीटर में भरे द्रव को विलोडित क्यों करते हैं ?

प्रयोग का विस्तार %&

कुछ ठोस व द्रवों की विशिष्ट ऊष्मा धारिताएँ ज्ञात कर कैलोरीमिति के सिद्धांत को सत्यापित कीजिये।