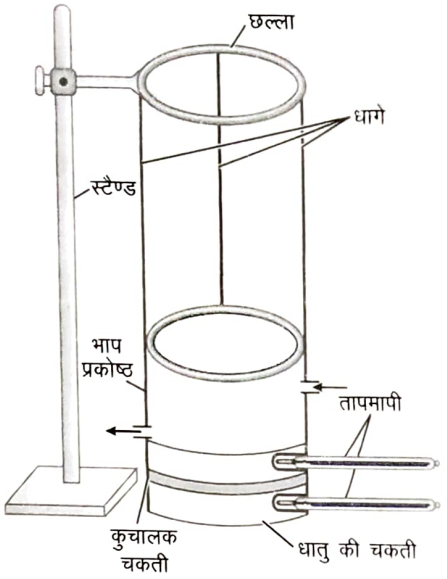
प्रयोग संख्या # 05

उद्देश्य (Object)— *ली-विधि के द्वारा किसी कुचालक पदार्थ का ऊष्मा चालकता गुणांक ज्ञात करना।*

आवश्यक उपकरण (Apparatus Required)—ली का उपकरण, भाप बनाने के लिए बॉयलर, दो सुग्राही तापमापी, ऊष्मक (हीटर), विराम घड़ी, वर्नियर कैलीपर्स, स्क्रूगेज, भौतिक तुला तथा बाट बॉक्स।

उपकरण का वर्णन (Description of Apparatus)—ली का उपकरण चित्र 9 में प्रदर्शित है। इसमें पीतल अथवा ताँबे की एक ठोस वृत्ताकार चकती कुचालक धागों द्वारा एक छल्ला (रिंग) जो एक भारी ऊर्ध्वाधर स्टैण्ड से कसा होता है, से लटकी रहती है। चकती के ऊपर एक भाप प्रकोष्ठ जिसका निचला भाग एक ठोस चकती के रूप में होता है, रखा रहता है। धातु की चकती एवं भाप प्रकोष्ठ के बीच में प्रायोगिक कुचालक पदार्थ की चकती रखी जाती है। धातु की चकती, कुचालक पदार्थ की चकती एवं भाप प्रकोष्ठ तीनों का व्यास समान होता है तथा धातु की चकती व भाप प्रकोष्ठ वार्निश किये हुए होते हैं जिससे कि इनकी उत्सर्जकता समान रहे। धातु की चकती तथा भाप प्रकोष्ठ के निचले भाग जो ठोस चकती के रूप में होता है, में तापमापी लगाने के लिए दो छिद्र होते हैं जिनमें तापमापी लगा दिये जाते हैं।



चित्र 9

सिद्धान्त (Principle)—जब भाप प्रकोष्ठ में भाप प्रवाहित की जाती है तो इसका निचला भाग गर्म हो जाता है जिससे ऊष्मा कुचालक चकती में से होते हुए धातु की चकती तक पहुँचती है तथा चकती के वक्र पृष्ठ एवं निचले पृष्ठ से विकिरण द्वारा इसका क्षय होता रहता है। स्थायी अवस्था में प्रायोगिक कुचालक पदार्थ की चकती से चालन द्वारा संचरित ऊष्मा की दर, धातु की चकती के खुले पृष्ठ (वक्र पृष्ठ एवं निचला पृष्ठ) से विकिरण द्वारा ऊष्मा क्षय की दर के बराबर होती है।

यदि कुचालक चकती की त्रिज्या r, मोटाई d व इसके पदार्थ का ऊष्मा चालकता गुणांक K हो तथा स्थायी अवस्था में भाप प्रकोष्ठ के निचले भाग में व धातु की चकती में लगे तापमापियों के पाठ क्रमशः θ_1 व θ_2 हों तो कुचालक चकती से संचरित ऊष्मा की दर

$$Q = \frac{K\pi r^2 (\theta_1 - \theta_2)}{d} \quad ...(i)$$

यदि धातु की चकती का द्रव्यमान m, विशिष्ट ऊष्मा s तथा ताप θ_2 पर उसके ताप के गिरने की दर $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{\theta=\theta_2}$ हो, तो ताप θ_2 पर, चकती के खुले पृष्ठ से विकिरण द्वारा ऊष्मा हानि की दर

$$Q' = ms\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{\theta=\theta_2} \quad ...(ii)$$

स्थायी अवस्था में यदि कुचालक चकती से विकिरण द्वारा ऊष्मा हानि नगण्य हो, तो

$$Q = Q'$$

या $$\frac{K\pi r^2 (\theta_1 - \theta_2)}{d} = ms\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{\theta=\theta_2}$$

या $$K = \frac{ms\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{\theta=\theta_2} \times d}{\pi r^2 (\theta_1 - \theta_2)} \quad ...(iii)$$

उपर्युक्त सूत्र से ऊष्मा चालकता गुणांक K ज्ञात किया जा सकता है।

प्रयोग विधि (Procedure)—

(1) सबसे पहले धातु की चकती का द्रव्यमान, भौतिक तुला से उसको तोलकर ज्ञात कर लेते हैं। यदि द्रव्यमान उसके ऊपर अंकित है या प्रयोगशाला रिकार्ड में है तो इसको नोट कर लेते हैं।

(2) अब वर्नियर कैलीपर्स की सहायता से प्रायोगिक कुचालक पदार्थ की चकती का व्यास अलग-अलग स्थानों पर व प्रत्येक स्थान पर दो परस्पर लम्बवत् दिशाओं में ज्ञात करते हैं तथा इसका औसत मान ज्ञात करके चकती की त्रिज्या ज्ञात कर लेते हैं। तत्पश्चात् स्क्रूगेज की सहायता से इस चकती की मोटाई अलग-अलग स्थानों पर ज्ञात करके इसका औसत मान ज्ञात कर लेते हैं।

(3) अब इस चकती को चित्र 9 के अनुसार धातु की चकती एवं भाप प्रकोष्ठ के बीच में रख देते हैं। दोनों तापमापियों को क्रमशः भाप प्रकोष्ठ के निचले भाग व धातु की चकती में बने छिद्रों में लगा देते हैं।

(4) अब बॉयलर में जल की पर्याप्त मात्रा लेकर तापन आरम्भ करते हैं। भाप को भाप प्रकोष्ठ में से प्रवाहित करते हैं तथा स्थायी अवस्था आने तक प्रतीक्षा करते हैं। स्थायी अवस्था प्राप्त होने के बाद दोनों तापमापियों के पाठ नोट कर लेते हैं।

(5) तत्पश्चात् कुचालक चकती को हटाकर भाप प्रकोष्ठ को धातु की चकती के ऊपर रख देते हैं। जब चकती का ताप विधि (4) में स्थायी अवस्था में प्राप्त हुए ताप से 10°C अधिक हो जाता है तो भाप प्रकोष्ठ को हटाकर धातु की चकती के ऊपर कुचालक चकती को रखकर, धातु की चकती को स्वतन्त्रतापूर्वक ठण्डा होने देते हैं। एक निश्चित अन्तराल (लगभग 30–30 सेकण्ड) के बाद चकती का ताप नोट करते जाते हैं तथा ताप जब तक नोट करते हैं जब तक यह चकती के स्थायी ताप से 10°C नीचे तक न गिर जाए।

प्रेक्षण (Observations)—

(1) धातु की चकती का द्रव्यमान m = ... ग्राम

(2) धातु की चकती की विशिष्ट ऊष्मा s = ... कैलोरी/ग्राम °C (प्रामाणिक सारणी से)

(3) कुचालक चकती की त्रिज्या r = ... सेमी

(4) कुचालक चकती की मोटाई d = ... सेमी

(5) तापमापी की अल्पतमांक = ... °C

(6) विराम घड़ी की अल्पतमांक = ... सेकण्ड

(7) **स्थायी अवस्था प्राप्त करने के लिए सारणी—**

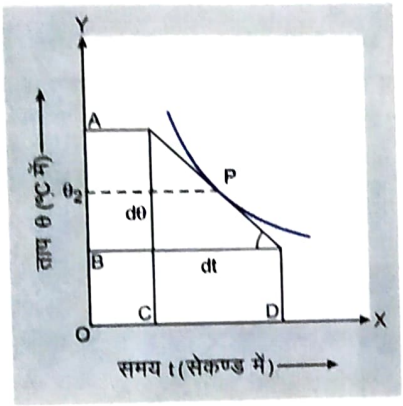
क्रमांक	समय (मिनट में)	भाप प्रकोष्ठ के निचले भाग में लगे तापमापी का पाठ θ_1 (°C में)	धातु की चकती में लगे तापमापी का पाठ θ_2 (°C में)
1.	...	...	...
2.	...	...	...
3.	...	...	...
4.	...	...	...
5.	...	...	...
6.	...	...	...
7.	...	...	...

स्थायी अवस्था में ताप θ_1 = ... °C तथा θ_2 = ... °C

(8) धातु की चकती के शीतलन के लिए सारणी–

क्रमांक	समय			धातु की चकती में लगे तापमापी का ताप θ (°C में)
	मिनट	सेकण्ड	कुल समय (सेकण्ड में)	
1.	...	...	...	...
2.	...	...	...	...
3.	...	...	...	...
4.	...	...	...	...
5.	...	...	...	...
6.	...	...	...	...
7.	...	...	...	...

गणना (Calculation)– $\frac{d\theta}{dt}$ का मान θ_2 पर ज्ञात करने के लिए धातु की चकती के शीतलन के दौरान लिए गये प्रेक्षणों से प्राप्त θ को Y-अक्ष पर तथा समय t को X-अक्ष पर लेकर ग्राफ खींचते हैं, जो चित्र 10 की भाँति वक्र प्राप्त होता है। इस वक्र पर ताप θ_2 के संगत बिन्दु P पर एक स्पर्श रेखा खींचते हैं जिससे



चित्र 10

स्पर्श रेखा का ढाल = $\frac{AB}{CD} = \left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{\theta=\theta_2}$ प्राप्त होता है। इस $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{\theta=\theta_2}$ को °C/सेकण्ड में, m को ग्राम में, s को कैलोरी/ग्राम °C में, r व d को सेमी में तथा θ_1 व θ_2 को °C में लेकर समीकरण (iii) में रखने पर,

$$K = \frac{ms\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{\theta=\theta_2} \times d}{\pi r^2(\theta_1 - \theta_2)} \text{ कैलोरी/सेकण्ड सेमी°C}$$

परिणाम (Result)–दिये गये कुचालक पदार्थ (.....) का ऊष्मा चालकता गुणांक K = ... कैलोरी/सेकण्ड सेमी °C

प्रामाणिक मान K = ... कैलोरी/सेकण्ड सेमी °C

$$\% \text{ त्रुटि} = \frac{\text{प्रामाणिक मान} \sim \text{प्रयोगात्मक मान}}{\text{प्रामाणिक मान}} \times 100$$

= ..... %.

सावधानियाँ (Precautions)–

(1) तापमापी सुग्राही होने चाहिए जो ताप का मापन डिग्री के $\frac{1}{10}$ भाग तक कर सकें।

(2) स्थायी अवस्था में धातु की चकती एवं भाप प्रकोष्ठ के निचले भाग के ताप, स्थायी अवस्था को पूर्णतः सुनिश्चित करने के बाद ही नोट करने चाहिए।

(3) कुचालक पदार्थ की चकती पतली से पतली होनी चाहिए जिससे कि इसके वक्र पृष्ठ से विकिरण द्वारा ऊष्मा क्षय लगभग नगण्य हो।

(4) कुचालक चकती की मोटाई तथा व्यास, इसे उपकरण में लगाने से पूर्व ही नाप लेने चाहिए।

(5) प्रयोग प्रारम्भ करने से पूर्व यह सुनिश्चित कर लेना चाहिए कि भाप बनने के लिए बॉयलर में जल की मात्रा पर्याप्त हो।

मौखिक प्रश्नोत्तर

प्रश्न 1. आपके प्रयोग का उद्देश्य क्या है ?

उत्तर–ली-विधि द्वारा किसी कुचालक पदार्थ का ऊष्मा चालकता गुणांक ज्ञात करना।

प्रश्न 2. किसी पदार्थ की ऊष्मा चालकता से क्या तात्पर्य है ?

उत्तर–किसी पदार्थ का वह गुण जिसके कारण उस पदार्थ में ऊष्मा का संचरण चालन विधि द्वारा होता है, ऊष्मा चालकता कहलाता है।

प्रश्न 3. ऊष्मा चालकता गुणांक क्या होता है ?

उत्तर–किसी पदार्थ का ऊष्मा चालकता गुणांक ऊष्मा की वह मात्रा, जो स्थायी अवस्था में उस पदार्थ की एकांक लम्बाई व एकांक अनुप्रस्थ क्षेत्रफल की छड़ में एकांक समय में प्रवाहित होती है, जबकि छड़ के दोनों सिरों का तापान्तर एकांक हो तथा ऊष्मा का प्रवाह छड़ के सिरों के लम्बवत् हो।

प्रश्न 4. ऊष्मा चालकता गुणांक का मात्रक क्या होता है ?

उत्तर–कैलोरी/सेमी सेकण्ड °C या जूल/मीटर सेकण्ड °C।

प्रश्न 5. स्थायी अवस्था से क्या तात्पर्य है ?

उत्तर–किसी छड़ में ऊष्मा चालन के दौरान वह अवस्था जब छड़ का प्रत्येक परिच्छेद केवल ऊष्मा का चालन करता है, अर्थात् परिच्छेद का ताप समय के साथ अपरिवर्तित रहता है, स्थायी अवस्था कहलाती है।

प्रश्न 6. ताप प्रवणता से आप क्या समझते हैं ?

उत्तर–स्थायी अवस्था में ऊष्मा प्रवाह की दिशा में दूरी के साथ ताप घटने की दर को ताप प्रवणता कहते हैं।

प्रश्न 7. आप अपने प्रयोग में स्थायी अवस्था की जाँच किस प्रकार करते हैं ?

उत्तर–जब स्थायी अवस्था आ जाती है तब दोनों तापमापियों के पाठ स्थिर हो जाते हैं अर्थात् तापमापियों के पाठ समय के साथ नहीं बदलते हैं।

प्रश्न 8. इस प्रयोग में कुचालक पदार्थ को एक पतली चकती के रूप में क्यों लेते हैं ?