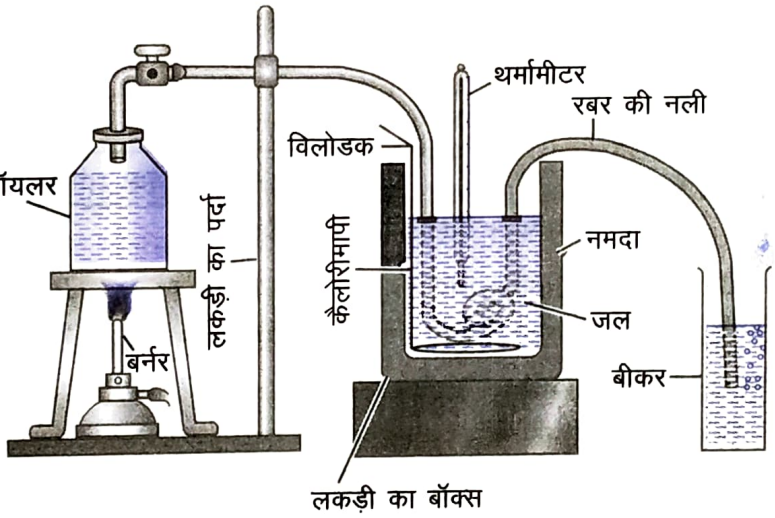
प्रयोग संख्या # 10

उद्देश्य (Object)—*कैलोरीमापी की सहायता से रबर का ऊष्मा चालकता गुणांक ज्ञात करना।*

आवश्यक उपकरण (Apparatus Required)—लगभग 1 मीटर लम्बी रबर की खोखली नली, विलोडक सहित कैलोरीमापी, बॉयलर, स्टैण्ड, बर्नर, थर्मामीटर, अंशांकित बेलन, विराम घड़ी, भौतिक तुला तथा बाट बॉक्स, चल सूक्ष्मदर्शी व लकड़ी का पर्दा।

उपकरण का वर्णन (Description of Apparatus)—प्रयोग में प्रयुक्त उपकरण चित्र 18 में प्रदर्शित है। इसमें दी गयी रबर की खोखली नली की कुण्डली बनाकर एक कैलोरीमापी जिसमें 2/3 भाग तक जल भरा होता है, में इस प्रकार डुबा देते हैं कि नली के दोनों सिरे बाहर निकले रहें। कैलोरीमापी एक लकड़ी के बॉक्स में रखा होता है जिसमें ऊष्मा क्षय को रोकने के लिए रूई या नमदा भरा होता है। नली का एक सिरा बॉयलर से तथा दूसरा सिरा जल से भरे बीकर में डुबा देते हैं। कैलोरीमापी के जल को विलोडित करने के लिए विलोडक तथा जल का ताप मापने के लिए एक थर्मामीटर लगा देते हैं। कैलोरीमापी तथा बॉयलर के बीच लकड़ी का एक पर्दा लगा दिया जाता है, जिससे कि बॉयलर से सीधे ऊष्मा कैलोरीमापी में न पहुँच पाये।



चित्र 18

सिद्धान्त (Principle)—जब बॉयलर से रबर की नली में भाप प्रवाहित करते हैं तो चालन द्वारा ऊष्मा रबर की कुण्डली की दीवारों से संचरित होकर कैलोरीमापी में भरे जल में जाती है जिससे जल का ताप बढ़ता है। माना कैलोरीमापी के जल में कुण्डली के रूप में डूबी रबर की नली की लम्बाई l तथा नली की आन्तरिक व बाहरी त्रिज्याएँ क्रमशः r_1 व r_2 हैं। माना रबर की नली से होकर t समय के लिए वाष्प की स्थिर धारा प्रवाहित की जाती है। अब यदि नली के आन्तरिक तथा बाहरी पृष्ठों के ताप क्रमशः θ_3 तथा θ_4 हों, तो नली से त्रिज्यीय रूप में प्रवाहित ऊष्मा

$$\theta = \frac{2\pi K l(\theta_3 - \theta_4)t}{2{\cdot}3026 \log_{10}\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad \ldots(i)$$

जहाँ K रबर का ऊष्मा चालकता गुणांक है।

यदि कैलोरीमापी के जल का प्रारम्भिक व अन्तिम ताप क्रमशः θ_1 व θ_2 हो तथा कैलोरीमापी का जल तुल्यांक W व उसमें भरे जल का द्रव्यमान m हो, तो कैलोरीमापी तथा जल द्वारा ली गयी ऊष्मा

$$\theta' = (m + W)(\theta_2 - \theta_1) \quad \ldots(ii)$$

यदि ऊष्मा क्षय नगण्य हो, तो

रबर की नली से प्रवाहित ऊष्मा = कैलोरीमापी तथा जल द्वारा ली गयी ऊष्मा

अत: $$\frac{2\pi K l(\theta_3 - \theta_4)t}{2{\cdot}3026 \log_{10}\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} = (m + W)(\theta_2 - \theta_1)$$

या $$K = \frac{2{\cdot}3026 \log_{10}\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \times (m + W)(\theta_2 - \theta_1)}{2\pi l t(\theta_3 - \theta_4)} \quad ...(iii)$$

स्थायी अवस्था में, नली के अन्दर का ताप θ_3 भाप के ताप $\theta_{\text{भाप}}$ के बराबर होगा तथा नली के बाहरी पृष्ठ का ताप θ_4 कैलोरीमापी के औसत ताप $\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$ के बराबर माना जा सकता है। यदि कैलोरीमापी का द्रव्यमान M व विशिष्ट ऊष्मा S है, तब W = MS

अत: $$K = \frac{2{\cdot}3026 \log_{10}\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \times (MS + m)(\theta_2 - \theta_1)}{2\pi l t\left[\theta_{\text{भाप}} - \left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right)\right]} \quad ...(iv)$$

उपर्युक्त सूत्र से दी गयी रबर की नली का ऊष्मा चालकता गुणांक ज्ञात किया जा सकता है।

प्रयोग विधि (Procedure)— (1) सबसे पहले लगभग 1000 c.c. की क्षमता का कैलोरीमापी लेते हैं तथा इसका विलोडक सहित द्रव्यमान भौतिक तुला की सहायता से ज्ञात कर लेते हैं। इस कैलोरीमापी में 2/3 भाग के लगभग जल भरकर पुन: द्रव्यमान ज्ञात करते हैं दोनों द्रव्यमानों का अन्तर ज्ञात कर कैलोरीमापी में भरे जल का द्रव्यमान ज्ञात कर लेते हैं।

(2) थर्मामीटर की सहायता से कैलोरीमापी में लिये गये जल का प्रारम्भिक ताप θ_1 ज्ञात कर लेते हैं।

(3) अब चित्रानुसार उपकरण को व्यवस्थित करते हैं। दी गयी रबर की नली को कुण्डली बनाकर कैलोरीमापी में भरे जल में इस प्रकार डुबोते हैं कि नली के दोनों सिरे जल से बाहर रहें। नली जिस स्थान पर जल में प्रवेश करे और जिस स्थान पर जल से बाहर आये वहाँ पर सूती धागा बाँधते हैं। नली के एक सिरे को भाप के बॉयलर से जोड़ देते हैं तथा इसके दूसरे सिरे को जल में डुबोकर बीकर में डुबो देते हैं जिससे बाहर निकलने वाली भाप जल में संघनित होती रहे।

(4) अब रबर की नली में भाप की स्थिर धारा प्रवाहित करते हैं और तभी विराम घड़ी चालू कर देते हैं। भाप को तब तक प्रवाहित करते हैं जब तक कि जल का ताप 15 – 20°C तक न बढ़ जाए। इस दौरान जल को विलोडक से लगातार विलोडित करते रहते हैं। विराम घड़ी से भाप प्रवाहित होने का समय तथा थर्मामीटर से जल का अन्तिम ताप θ_2 ज्ञात कर लेते हैं।

(5) बैरोमीटर की सहायता से वायुमण्डलीय दाब ज्ञात करके भौतिक स्थिरांकों की सारणी से इस दाब के संगत भाप का ताप ज्ञात कर लेते हैं।

(6) मीटर स्केल की सहायता से जल में डुबोई गयी रबर नली की लम्बाई (दोनों धागों के बीच नली की लम्बाई) ज्ञात कर लेते हैं।

(7) चल सूक्ष्मदर्शी की सहायता से रबर की नली की बाह्य तथा आन्तरिक त्रिज्याओं का मान ज्ञात कर लेते हैं।

प्रेक्षण (Observations)—

(1) विराम घड़ी का अल्पतमांक = ... सेकण्ड

(2) थर्मामीटर का अल्पतमांक = ... °C

(3) **विभिन्न भौतिक राशियों के लिए सारणी**—

क्रमांक	मापी गयी भौतिक राशि	मान
1.	कैलोरीमापी + विलोडक का द्रव्यमान	M = ... ग्राम
2.	कैलोरीमापी + विलोडक + जल का द्रव्यमान	M′ = ... ग्राम
3.	कैलोरीमापी में लिए गये जल का प्रारम्भिक ताप	θ_1 = ... °C
4.	भाप प्रवाहित करने का समय	t = ... सेकण्ड
5.	कैलोरीमापी के जल का अन्तिम ताप	θ_2 = ... °C
6.	कैलोरीमापी के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा (प्रामाणिक सारणी से)	s = ... कैलोरी/ग्राम °C
7.	वायुमण्डलीय दाब	P = ... सेमी (पारा)
8.	भाप का ताप (प्रामाणिक सारणी से)	$\theta_{\text{भाप}}$ = ... °C
9.	जल में डूबी हुई रबर की नली की लम्बाई	l = ... सेमी

(4) चल सूक्ष्मदर्शी का अल्पतमांक = ... सेमी

(5) **नली के आन्तरिक तथा बाह्य त्रिज्याओं के लिए सारणी**—

क्रमांक	पाठ्यांक की दिशा	बायीं ओर का पाठ्यांक		दायीं ओर का पाठ्यांक		आन्तरिक त्रिज्या $r_1 = \frac{1}{2}(b \sim c)$	बाह्य त्रिज्या $r_2 = \frac{1}{2}(a \sim d)$
		बाह्य पृष्ठ a (सेमी में)	आन्तरिक पृष्ठ b (सेमी में)	आन्तरिक पृष्ठ c (सेमी में)	बाह्य पृष्ठ d (सेमी में)		
1.	एक दिशा में	...	...	...	...	...	...
2.		...	...	...	...	...	...
3.		...	...	...	...	...	...
1.	लम्बवत् दिशा में	...	...	...	...	...	...
2.		...	...	...	...	...	...
3.		...	...	...	...	...	...
						माध्य r_1 = ... सेमी	माध्य r_2 = ... सेमी

गणना (Calculation)— उपर्युक्त प्रेक्षणों से,

कैलोरीमापी में लिए गये जल का द्रव्यमान $m = M' - M =$ ..... ग्राम

कैलोरीमापी का जल तुल्यांक $W = Ms =$ ..... ग्राम

m व W को ग्राम में तथा प्रेक्षणों से प्राप्त θ_1, θ_2 व $\theta_{\text{भाप}}$ के मानों को °C में, t को सेकण्ड में तथा l, r_1 व r_2 के मानों को सेमी में लेकर सूत्र (iv) में रखने पर,

$$K = \frac{2{\cdot}3026 \log_{10}\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \times (Ms + m)(\theta_2 - \theta_1)}{2\pi l t\left[\theta_{\text{भाप}} - \left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right)\right]}$$

= ..... कैलोरी/सेकण्ड सेमी °C

परिणाम (Result)— दी गयी रबर (नली के रूप में) का ऊष्मा चालकता गुणांक K = ... कैलोरी सेकण्ड $^{-1}$ सेमी$^{-1}$ °C^{-1}

प्रामाणिक मान K = ... कैलोरी सेकण्ड$^{-1}$ सेमी$^{-1}$ °C^{-1}

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

= ..... %.

सावधानियाँ (Precautions)—

(1) रबर की नली की मोटाई एकसमान होनी चाहिए।

(2) कैलोरीमापी अधिक धारिता का होना चाहिए ताकि उसमें रबर की नली की अधिक लम्बाई डुबाई जा सके।

(3) रबर की नली से होकर तब तक भाप प्रवाहित करनी चाहिए जब तक कि कैलोरीमापी के जल का ताप लगभग 10°C न बढ़ जाए।

(4) प्रयोग के दौरान कहीं से भी भाप बाहर लीक नहीं होनी चाहिए अन्यथा नली के बाहर वातावरण का ताप बदल जाएगा।

(5) कैलोरीमापी पूर्णत: कुचालक पदार्थ (रुई या नमदा आदि) से ढका रहना चाहिए ताकि इससे ऊष्मा क्षय न हो।

(6) बॉयलर तथा कैलोरीमापी के बीच लकड़ी का पर्दा रख देना चाहिए ताकि बॉयलर से सीधी ऊष्मा कैलोरीमापी पर न पहुँच पाए।

(7) रबर की नली की आन्तरिक व बाह्य त्रिज्याएँ बहुत यथार्तता से मापनी चाहिए।

(8) कैलोरीमापी के जल में डूबी हुई रबर की नली की लम्बाई सावधानीपूर्वक मापनी चाहिए, नली से बँधे सूती धागे के दोनों छल्ले जल के पृष्ठ से स्पर्श होने चाहिए।