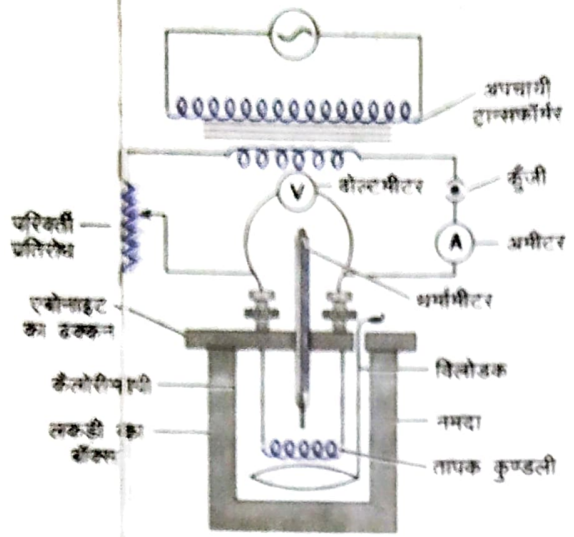
प्रयोग संख्या # 11

उद्देश्य (Object)— *जूल कैलोरीमापी का उपयोग करके ऊष्मा के यान्त्रिक तुल्यांक (J) का निर्धारण करना।*

आवश्यक उपकरण (Apparatus Required)— जूल कैलोरीमापी, अपचायी ट्रान्सफॉर्मर, परिवर्ती प्रतिरोध, ए.सी. अमीटर, ए.सी. वोल्टमीटर, थर्मामीटर, विराम घड़ी, भौतिक तुला, बाट बाक्स, प्लग कुन्जी तथा संयोजक तार।

उपकरण का वर्णन (Description of Apparatus)— प्रयोग में प्रयुक्त उपकरण चित्र 19 में प्रदर्शित है। इसमें ताँबे के एक कैलोरीमापी को लकड़ी के बॉक्स में, चारों ओर से रुई, कार्क आदि कुचालक पदार्थ लगाकर रखा जाता है। बॉक्स के मुँह पर एबोनाइट का ढक्कन लगा होता है, जिसमें दो सम्बन्धन पेच लगे होते हैं तथा दो छिद्र होते हैं, जिसमें से एक छिद्र में थर्मामीटर लगा दिया जाता है व दूसरे छिद्र में विलोडक लगा दिया जाता है। सम्बन्धन पेचों का सम्बन्ध ताँबे के दो मोटे तारों से होता है। इन तारों के बीच नाइक्रोम तार की कुण्डली लगी रहती है। कुण्डली में धारा प्रवाहित करने के लिए एक अपचायी ट्रान्सफॉर्मर, परिवर्ती प्रतिरोध, अमीटर व वोल्टमीटर का उपयोग करके विद्युत परिपथ चित्रानुसार तैयार कर लिया जाता है।

सिद्धान्त (Principle)— जब कुण्डली में धारा प्रवाहित की जाती है, तो उससे ऊष्मा उत्पन्न होती है। यह ऊष्मा कैलोरीमापी में लिये गये जल द्वारा अवशोषित की जाती है जिससे उसका ताप बढ़ता है।



चित्र 19

माना कुण्डली के सिरों पर विभवान्तर V लगाने पर उसमें धारा I प्रवाहित होती है। यदि धारा t समय के लिए प्रवाहित होती है तब कुण्डली से उत्पन्न ऊष्मा

$$H = VIt \text{ जूल}$$

या
$$H = \frac{VIt}{J} \text{ कैलोरी} \quad ...(i)$$

जहाँ, J एक नियतांक है जिसे ऊष्मा का यान्त्रिक तुल्यांक कहते हैं।

यदि कैलोरीमापी में लिये गये जल का ताप, ऊष्मा अवशोषण के कारण उसके प्रारम्भिक ताप θ_1 से बढ़कर θ_2 हो जाता है, तो कैलोरीमापी तथा उसमें लिये गये जल द्वारा अवशोषित ऊष्मा

$$H = (Ms + m)(\theta_2 - \theta_1) \quad ...(ii)$$

जहाँ, M विलोडक सहित कैलोरीमापी का द्रव्यमान, m कैलोरीमापी में लिए गये जल का द्रव्यमान तथा s कैलोरीमापी के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा है।

यदि ऊष्मा क्षय नगण्य हो, तो

कुण्डली से उत्पन्न ऊष्मा = कैलोरीमापी तथा जल द्वारा अवशोषित ऊष्मा

अतः
$$(Ms + m)(\theta_2 - \theta_1) = \frac{VIt}{J} \quad ...(iii)$$

या
$$J = \frac{VIt}{(Ms + m)(\theta_2 - \theta_1)} \quad ...(iv)$$

उपर्युक्त सूत्र से ऊष्मा के यांत्रिक तुल्यांक J का मान ज्ञात किया जा सकता है।

प्रयोग विधि (Procedure)—

(1) सर्वप्रथम कैलोरीमापी का विलोडक सहित द्रव्यमान भौतिक तुला की सहायता से ज्ञात कर लेते हैं। अब कैलोरीमापी में इतना जल भरते हैं कि कुण्डली इससे पूर्णतः डूबी रहे। तत्पश्चात् जल से भरे कैलोरीमापी का विलोडक सहित द्रव्यमान पुनः भौतिक तुला की सहायता से ज्ञात कर लेते हैं। दोनों द्रव्यमानों का अन्तर ज्ञात करके 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 विद्युत परिपथ तैयार करते हैं तथा कुंजी में प्लग लगाकर परिवर्ती प्रतिरोध की सहायता से परिपथ में विद्युत धारा इस प्रकार समंजित करते हैं कि अमीटर का पाठ्यांक 1.5 या 2.0 ऐम्पियर हो तथा साथ ही विराम घड़ी चालू कर देते हैं।

(4) कैलोरीमापी के जल को विलोडक से विलोडित करते रहते हैं तथा परिपथ में तब तक धारा प्रवाहित करते हैं जब तक कि जल का ताप लगभग 5 – 6°C से बढ़ जाए।

(5) जल का ताप 5 – 6°C बढ़ जाने की स्थिति में वोल्टमीटर व अमीटर के पाठ्यांक पढ़ लेते हैं। फिर कुंजी में से प्लग निकालते ही जल का अन्तिम ताप θ_2' पढ़ लेते हैं और विराम घड़ी से धारा प्रवाहित करने का समय t ज्ञात कर लेते हैं। धारा प्रवाहित होने के दौरान जल को विलोडित करते रहते हैं तथा परिवर्ती प्रतिरोध की सहायता से वोल्टमीटर व अमीटर के पाठ्यांक स्थिर रखते हैं।

(6) अब कैलोरीमापी के जल को उतने ही समय तक ठण्डा होने देते हैं जितने समय तक धारा प्रवाहित की जाती है। ठण्डा होने के दौरान भी जल को विलोडित करते रहते हैं। थर्मामीटर से ताप θ_2'' पढ़ लेते हैं।

प्रेक्षण (Observations)—

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

(2) थर्मामीटर का अल्पतमांक = ... °C

(3) वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ... वोल्ट

(4) अमीटर का अल्पतमांक = ... ऐम्पियर

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

क्र.	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.	अमीटर का पाठ्यांक	I = ... ऐम्पियर
5.	वोल्टमीटर का पाठ्यांक	V = ... वोल्ट
6.	विद्युत धारा प्रवाहित करने का समय	t = ... सेकण्ड
7.	जल का अन्तिम ताप	θ_2' = ... °C
8.	कैलोरीमापी के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा (प्रामाणिक सारणी से)	s = ... कैलोरी/ग्राम °C
9.	t सेकण्ड तक ठण्डा होने के बाद जल का ताप	θ_2'' = ... °C

गणना (Calculation)—उपर्युक्त प्रेक्षणों से,

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

विकिरण द्वारा ऊष्मा हानि में ताप पतन = $\theta_2' - \theta_2''$ = ... °C

विकिरण संशोधन के बाद जल का अन्तिम ताप

$$\theta_2 = \theta_2' + \frac{\theta_2' - \theta_2''}{2} = \text{..... °C}$$

m का मान ग्राम में, θ_2 का मान °C में तथा प्रेक्षणों से प्राप्त V का मान वोल्ट में, I का मान ऐम्पियर में, θ_1 का मान °C में, s का मान कैलोरी/ग्राम °C में तथा t का मान सेकण्ड में लेकर सूत्र (iv) में रखने पर,

$$J = \frac{VIt}{(Ms + m)(\theta_2 - \theta_1)} = \text{..... जूल/कैलोरी}$$

परिणाम (Result)—प्रयोग से प्राप्त ऊष्मा का यान्त्रिक तुल्यांक

J = ... जूल/कैलोरी

प्रामाणिक मान J = ... जूल/कैलोरी

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

= ..... %

सावधानियाँ (Precautions)—(1) प्रेक्षण लेते समय कुण्डली में धारा का मान नियत रहना चाहिए।

(2) कुण्डली में धारा प्रवाहित होने के दौरान, जल को विलोडक द्वारा लगातार विलोडित करते रहना चाहिए।

(3) कुण्डली कैलोरीमापी के जल में पूर्णत: डूबी रहनी चाहिए तथा यह कैलोरीमापी की दीवार या तल से स्पर्श नहीं करनी चाहिए।

(4) थर्मामीटर सुग्राही होना चाहिए तथा इसका बल्ब जल में इस प्रकार डूबा रहना चाहिए कि वह कुण्डली व कैलोरीमापी की दीवार को स्पर्श न करे।

(5) जल का ताप 5 – 6°C से अधिक नहीं बढ़ने देना चाहिए, अन्यथा वाष्पन से जल का द्रव्यमान बदल जाएगा।

(6) कैलोरीमापी का बाह्य पृष्ठ चमकीला होना चाहिए जिससे विकिरण द्वारा ऊष्मा की हानि न हो पाए। चालन द्वारा ऊष्मा की हानि को रोकने के लिए लकड़ी के बॉक्स में रखे कैलोरीमापी के चारों ओर कुचालक पदार्थ जैसे रूई आदि भरी होनी चाहिए।

मौखिक प्रश्नोत्तर

प्रश्न 1. आपके प्रयोग का उद्देश्य क्या है ?

उत्तर—जूल कैलोरीमापी का उपयोग करके ऊष्मा के यान्त्रिक तुल्यांक का निर्धारण करना।

प्रश्न 2. आपका प्रयोग विद्युत धारा के किस प्रभाव पर आधारित है ?

उत्तर—यह प्रयोग विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव पर आधारित है।

प्रश्न 3. विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव से आप क्या समझते हो ?

उत्तर—जब किसी चालक तार से होकर विद्युत धारा प्रवाहित होती है, तो तार गर्म हो जाता है। इस घटना को ही धारा का ऊष्मीय प्रभाव कहते हैं।

प्रश्न 4. आपका प्रयोग किस भौतिक राशि के संरक्षण सिद्धान्त पर आधारित है ?

उत्तर—यह प्रयोग ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त पर आधारित है।

प्रश्न 5. इस प्रयोग में तापक कुण्डली नाइक्रोम की बनी होती है। क्यों ?

उत्तर—क्योंकि नाइक्रोम की प्रतिरोधकता तथा गलनांक दोनों उच्च होते हैं।

प्रश्न 6. कैलोरीमापी के बाहरी पृष्ठ को चमकीला क्यों रखते हैं ?

उत्तर—जिससे कि विकिरण द्वारा ऊष्मा की हानि न हो पाए क्योंकि इस प्रयोग में हम मानते हैं कि धारा प्रवाहित होने के कारण तापक कुण्डली से उत्पन्न ऊष्मा पूरी तरह से कैलोरीमापी तथा उसमें भरे पानी द्वारा अवशोषित कर ली