प्रयोग सं. 9

उद्देश्य – मिश्रण विधि द्वारा किसी दिए गए (i) ठोस की (ii) द्रव की विशिष्ट ऊष्मा धारिता ज्ञात करना।

उपकरण एवं सामग्री – तांबे से बना ऊष्मामापी (विलोडक सहित), ऊष्मामापी का आवरण ढक्कन सहित, ठोस (तांबे/पीतल/स्टील), दो तापमापी, बीकर, पानी, द्रव, त्रिपाद स्टैण्ड, बर्नर, जाली (तार की), भौतिक तुला (बाट सहित) आदि।

सिद्धांत – यदि m द्रव्यमान, s विशिष्ट ऊष्मा धारिता की वस्तु के ताप में वृद्धि Δt है तो वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा $Q=ms\Delta t$ होगी।

विशिष्ट ऊष्मा धारिता– किसी एकांक द्रव्यमान के पदार्थ का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता कहते हैं।

S.I. पद्धति में इसका मात्रक– जूल/किग्रा $\times$ K = J Kg^{-1} K^{-1} होता है।

ऊष्मामिति का सिद्धान्त (Principle of Calorimetry)– यदि दो भिन्न ताप की वस्तुओं में तापीय सम्पर्क होता है तो तापीय साम्यावस्था में ''उच्च ताप की वस्तु द्वारा परित्याग की गई ऊष्मा, कम ताप की वस्तु द्वारा ग्रहण की गई ऊष्माके बराबर होती है।'' जबकि वातावरण में ऊष्मा क्षति न हो। अर्थात् तापीय साम्यावस्था में, मिश्रण के नियम से –

उच्च ताप की वस्तु द्वारा परित्याग ऊष्मा की मात्रा = कम ताप की वस्तु द्वारा ग्रहण की गई ऊष्मा की मात्रा

(a) मिश्रण विधि से दिये गये ठोस की विशिष्ट ऊष्मा धारिता ज्ञात करना–

विधि –

1. भौतिक तुला को समंजित करो जिससे उसमें किसी प्रकार की त्रुटि न हो।
2. ऊष्मामापी (विलोडक सहित) का द्रव्यमान भौतिक तुला से ज्ञात करें। ऊष्मामापी साफ एवं सूखा होना चाहिये। इसका द्रव्यमान m_1 नोट कर, इसमें इतना पानी लो जिसमें कि दिया गया ठोस पूर्ण रूप से डूब जाए।
3. ऊष्मामापी को जल सहित भौतिक तुला से पुनः तौल कर द्रव्यमान m_2 नोट करते हैं। ऊष्मामापी को ऊष्मारोधी पात्र में रखकर तापमापी लगा देते हैं।
4. ठोस का भौतिक तुला से द्रव्यमान ज्ञात कर नोट करते हैं। माना कि ठोस का द्रव्यमान m_3 है। अब ठोस को धागे से बांध कर पात्र में चित्रानुसार पानी में गर्म करते हैं।
5. तापमापी का अल्पतमांक नोट करते हैं। ऊष्मामापी में लिये गये पानी का ताप T_1 नोट करते हैं।
6. पात्र में पानी के साथ ठोस को गर्म करते हैं। पानी का ताप उबलने पर स्थिर हो जाए तो इसका ताप T_2 नोट करते हैं।
7. ठोस को धागे से पकड़ कर, ऊष्मामापी में डालकर उसका ढक्कन बंद कर देते हैं। विलोडक से सतत हिलाते हैं एवं तापमापी से ताप पढ़ते हैं। जब तापीय साम्यावस्था होती है तो तापमापी में ताप स्थिर हो जाता है जिसे नोट करते हैं। यह ताप T_3 है। यह मिश्रण का अंतिम ताप होगा।

प्रेक्षण–

विलोडक सहित ऊष्मामापी का द्रव्यमान (m_1) = ... ग्राम

पानी सहित ऊष्मामापी व विलोडक का द्रव्यमान (m_2) = ... ग्राम

दिये गये ठोस का द्रव्यमान (m_3) = ... ग्राम

पानी का प्रारम्भिक ताप (T_1) = ... °C = ... K

उबलते पानी में ठोस का ताप (T_2) = ... °C = ... K

मिश्रण का ताप (T_3) = ... °C = ... K

दिये गये ठोस की विशिष्ट ऊष्मा धारिता = S_0 (ज्ञात करनी)

पानी की विशिष्ट ऊष्मा धारिता (S) $= 4185.5\ J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$

$= 4186\ J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$

ऊष्मामापी के पदार्थ की विशिष्ट धारिता = S_1 = ... $JKg^{-1}\ K^{-1}$

गणना –

1. ऊष्मामापी में पानी का द्रव्यमान $(m_2 - m_1)$ = ... gm = ... kg
2. ऊष्मामापी (पानी) के ताप में परिवर्तन $(T_3 - T_1)$ = ... ºC =..... K
3. ठोस के ताप में परिवर्तन $(T_2 - T_3)$ = ... ºC = ... K

ठोस द्वारा T_2 से T_3 तक ठण्डा होने में परित्याग की गई ऊष्मा =

पानी का ताप T_1 से T_3 तक वृद्धि में ग्रहण की गई ऊष्मा + ऊष्मामापी का ताप T_1 से T_3 तक वृद्धि में ग्रहण की गई ऊष्मा

या $m_3S_0\ (T_2 - T_3) = (m_2 - m_1)\ S\ (T_3 - T_1) + m_1S_1\ (T_3 - T_1)$

या $S_0 = \dfrac{[(m_2 - m_1)S + m_1S_1]\ (T_3 - T_1)}{m_3\ (T_2 - T_3)}$ = ...J Kg^{-1} . $ºC^{-1}$

यहाँ J = जूल तथा K = केल्विन ºC = डिग्री से.

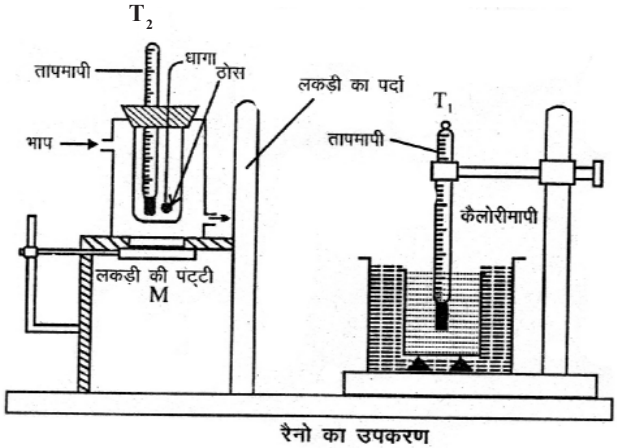
ऊष्मामापी = Calorimeter Kg = किग्रा.

परिणाम – दिये गये ठोस की वि.ऊ.धा. = ...$JKg^{-1}\ K^{-1}$

(b) मिश्रण विधि से दिए गए द्रव की विशिष्ट ऊष्मा धारिता ज्ञात करना–

विधि–

1. भौतिक तुला को समंजित करो जिससे उसमें त्रुटि न रहे।
2. साफ एवं सूखे ऊष्मामापी को विलोडक सहित भौतिक तुला में तोलो एवं द्रव्यमान m_1 नोट करे। दिए गए द्रव को ऊष्मामापी में डाले तथा द्रव की मात्रा इतनी होनी चाहिये कि ठोस उसमें पूर्ण रूप से डूब सके। ऊष्मामापी को पुनः द्रव सहित तोले एवं द्रव्यमान m_2 नोट करें। ऊष्मामापी को ऊष्मारोधी पात्र में रख कर ढक्कन लगावे। तापमापी द्वारा द्रव का प्रा. ताप T_1 नोट करें।
3. ज्ञात विशिष्ट ऊष्मा धारिता का ठोस ले एवं भौतिक तुला से तोल कर उसका द्रव्यमान ज्ञात कर m_3 नोट करें। इस ठोस को धागे से बांध कर पानी में डुबो कर गर्म करें। जब 20–25 मिनट बाद उबलते पानी में ठोस का ताप लगभग स्थिर हो तो T_2 नोट करे।
4. इस ठोस को ऊष्मामापी का ढक्कन खिसका कर, उसमें भरे द्रव में डालते हैं एवं पुनः ढक्कन बंद करके विलोडक द्वारा द्रव को सतत हिलाते हैं। जब द्रव का ताप स्थिर हो जाए तो तापमापी से द्रव का अंतिम



रैनो का उपकरण

ताप (T_3) नोट करें। यह मिश्रण का अंतिम ताप होगा।

प्रेक्षण – विलोडक सहित ऊष्मामापी का द्रव्यमान (m_1) = ... ग्राम

द्रव व ऊष्मामापी (विलो. सहित) का द्रव्यमान (m_2) = ... ग्राम

ठोस का द्रव्यमान (m_3) = ... ग्राम

द्रव का प्रारम्भिक ताप (T_1) = ... ºC = ... K

ठोस का उबलते पानी में ताप (T_2) = ... ºC = ... K

मिश्रण का ताप (T_3) = ... ºC = ... K

ऊष्मामापी के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता (S_1) = ... $J\ K^{-1}\ ºC^{-1}$ =..... $J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$

ठोस की विशिष्ट ऊष्मा धारिता (S_0) = ... $J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$

गणना –

1. ऊष्मा मापी में लिये गये द्रव का द्रव्यमान ($m_2 - m_1$) = ... g = ... Kg
2. ऊष्मामापी व द्रव के ताप में वृद्धि ($T_3 - T_1$) = ... ºC = ... K
3. ठोस के ताप में कमी ($T_2 - T_3$) = ... ºC = ... K

ठोस द्वारा दी गई ऊष्मा (ताप T_2 से T_3 तक ठण्डा होने में) = द्रव के ताप T_1 से T_3 तक वृद्धि में ग्रहण की गई ऊष्मा + ऊष्मामापी के ताप T_1 से T_3 तक वृद्धि में ग्रहण की गई ऊष्मा

या $m_3S_0\ (T_2 - T_3) = (m_2 - m_1)\ S\ (T_3 - T_1) + m_1S_1\ (T_3 - T_1)$

या $$S = \frac{m_3S_0\ (T_2 - T_3) - m_1S_1\ (T_3 - T_1)}{(m_2 - m_1)\ (T_3 - T_1)} = \text{.....} J\ Kg^{-1}\ ºC^{-1} = \text{.....} J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$$

परिणाम – दिये गये द्रव की वि.ऊ.धा. = ... $J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$

सावधानियां –

1. भौतिक तुला को सही समंजित करना चाहिये जिससे शून्यांक त्रुटि न हो।
2. ठोस इस प्रकार का होना चाहिये जो पानी व द्रव में न घुले तथा इनसे रासायनिक क्रिया न करे।
3. ऊष्मामापी को ऊष्मारोधी पात्र में रखकर कुचालक ढक्कन लगा देना चाहिये जिससे बाह्य वातावरण से ऊष्मा का आदान प्रदान न हो।
4. गर्म ठोस को ऊष्मामापी में डालते समय द्रव/पानी बाहर उछलकर न गिरे।
5. तापमापी से ताप का पाठ्यांक लेते समय दृष्टि पारे के तल में लम्बवत होनी चाहिये।
6. तापमापी सुग्राही होना चाहिये।
7. ऊष्मामापी की बाहरी सतह चमकीली होनी चाहिये जिससे विकिरण द्वारा ऊष्मा हानि न्यूनतम हो।
8. ठोस का ताप स्थिर होने पर ही इसे पानी/द्रव में डालना चाहिए।

संभावित त्रुटियाँ –

1. गर्म ठोस को ऊष्मामापी में डालते समय ऊष्मा क्षति की गणना नहीं की जा सकती है।
2. विकिरण के कारण होने वाली ऊष्मा क्षति को न्यूनतम किया जा सकता है परन्तु उसे पूरी तरह रोका नहीं जा सकता है।

मौखिक प्रश्न

प्र.1 प्रायः ताँबे से बना ऊष्मामापी प्रयोग में क्यों लाते हैं?

उ. चूँकि ताँबे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता कम है। अतः ऊष्मामापी का ताप बढ़ाने के लिए बहुत कम ऊष्मा अवशोषित करता है। ऊष्मा की अधिकांश मात्रा द्रव के ताप वृद्धि में काम आती है।

2. मिश्रण विधि क्या है?

उ. जब गर्म वस्तु को ऊष्मामापी में भरे जल/द्रव में डाला जाता है तो गर्म वस्तु से ऊष्मामापी व जल/द्रव में ऊष्मा का प्रवाह तब तक होता है जब तक कि दोनों के अंतिम ताप बराबर न हो जाए। साम्यावस्था में,

गर्म वस्तु द्वारा परित्याग की गई ऊष्मा = (ऊष्मामापी + विलोडक + द्रव) द्वारा ग्रहण की गई ऊष्मा

3. ऊष्मा स्थानान्तरण का सूत्र बताइये।

उ. ऊष्मा स्थानांतरण = द्रव्यमान × विशिष्ट ऊष्मा धा. × तापांतर

$Q = ms\ \Delta T$

4. विशिष्ट ऊष्मा धारिता का मात्रक क्या है?

उ. जूल/किग्रा × ºC = जूल/किग्रा × K = $J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$

5. जल तथा प्रायोगिक द्रव में से किसकी वि.ऊ. धारिता अधिक है?

उ. जल की

6. किसी पदार्थ की ऊष्मा धारिता से क्या अभिप्राय है

उ. किसी पदार्थ का ताप 1ºC या 1 K बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा को उस पदार्थ की ऊष्मा धारिता कहते हैं।

7. ऊष्मा धारिता के मात्रक क्या है?

उ. जूल/ºC या जूल/K

8. यदि ताप ºC की बजाय केल्विन (K) में लें, तो वि.ऊ.धा. पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उ. कुछ नहीं।

9. जल की अपेक्षा रेत शीघ्रता से गर्म एवं शीघ्रता से ठंडी क्यों होती है?

उ. रेत की वि.ऊ. धारिता जल से कम होती है।