Chapter 10

द्रव्य के तापीय गुण

Thermal Properties of Matter

प्रश्नावली

प्रश्न 1. निऑन तथा CO_2 के त्रिक बिंदु क्रमशः 24.57 K तथा 216.55 K हैं। इन तापों को सेल्सियस तथा फारेनहाइट मापक्रमों में व्यक्त कीजिए।

यदि तापमान (वस्तु का) सेल्सियस C, केल्विन K तथा फारेनहाइट F के पदों में हैं, तब

$$K = {}^\circ C + 273.15$$

या
$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

तथा
$$\frac{K - 273.15}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

हल Ne का त्रिक बिन्दु $(T_1) = 24.57$ K

CO_2 का त्रिक बिन्दु $(T_2) = 216.55$ K

सेल्सियस पैमाने पर, ${}^\circ C = K - 273.15$

Ne का त्रिक बिन्दु $t_1{}^\circ C = 24.57 - 273.15 = -248.58\,{}^\circ C$

CO_2 का त्रिक बिन्दु $t_2{}^\circ C = 216.55 - 273.15 = -56.60{}^\circ C$

फारेनहाइट पैमाने पर

$$\frac{K - 273.15}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

या
$$F = (K_1 - 273.15) \times \frac{9}{5} + 32$$

https://www.evidyarthi.in/

Ne का त्रिक बिन्दु

$$F_1 = (K_1 - 273.15) \times \frac{9}{5} + 32$$
$$= (24.57 - 273.15) \times \frac{9}{5} + 32$$
$$= -248.58 \times \frac{9}{5} + 32$$
$$= -415.44\,°F$$

CO_2 का त्रिक बिन्दु $F_2 = (K_2 - 273.15) \times \frac{9}{5} + 32$

$$= (216.55 - 273.15) \times \frac{9}{5} + 32$$
$$= -56.6 \times \frac{9}{5} + 32$$
$$= -69.88\,°F$$

प्रश्न 2. दो परम ताप मापक्रमों A तथा B पर जल के त्रिक बिन्दु को 200 A तथा 350 B द्वारा परिभाषित किया गया है। T_A तथा T_B में क्या सम्बंध है?

हल दिया है, पैमाने A पर जल का त्रिक बिन्दु $= 200A$

पैमाने B पर जल का त्रिक बिन्दु $= 350B$

जल का परिशुद्ध पैमाने पर (K) त्रिक बिन्दु $= 273.16\,K$

$\therefore$ $$200A = 350B = 273.16\,K$$

$\therefore$ $$1\,A = \frac{273.16}{200}K$$

तथा $$1\,B = \frac{273.16}{350}K$$

यदि T_A तथा T_B पैमाने A व B पर जल के त्रिक बिन्दु हैं, तब

$$\frac{273.16}{200}T_A = \frac{273.16}{350}T_B$$

$\therefore$ $$\frac{T_A}{T_B} = \frac{200}{350} = \frac{4}{7}$$

या $$T_A = \frac{4}{7}T_B$$

प्रश्न 3. किसी तापमापी का ओम में विद्युत प्रतिरोध ताप के साथ निम्नलिखित सन्निकट नियम के अनुसार परिवर्तित होता है

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

यदि तापमापी का जल के त्रिक बिन्दु 273.16 K पर प्रतिरोध 101.6 Ω तथा लैड के सामान्य संगलन बिन्दु (600.5 K) पर प्रतिरोध 165.5 Ω है तो वह ताप ज्ञात कीजिए जिस पर तापमापी का प्रतिरोध 123.4 Ω है।

https://www.evidyarthi.in/

हल दिया है, $R_0 = 101.6\,\Omega, T_0 = 273.16\,K$

$$R_1 = 165.5\,\Omega, T_1 = 600.5\,K$$

$$R_2 = 123.4\,\Omega, T_2 = ?$$

हम जानते हैं कि

$$R_1 = R_0[1 + \alpha(T_1 - T_0)]$$

$$165.5 = 101.6\,[1 + \alpha(600.5 - 273.16)]$$

$$165.5 = 101.6\,[1 + \alpha \times 327.34]$$

$$165.5 = 101.6\alpha + \alpha \times 101.6 \times 327.34$$

या

$$\alpha = \frac{165.5 - 101.6}{101.6 \times 327.34}$$

$$= \frac{63.9}{101.6 \times 327.34} \quad \text{...(i)}$$

$\therefore$

$$R_2 = R_0[1 + \alpha(T_2 - T_0)]$$

$$123.4 = 101.6\left[1 + \frac{63.9}{101.6 \times 327.34}(T_2 - 273.16)\right]$$

$$= 101.6 + \frac{63.9}{327.34}(T_2 - 273.16)$$

या

$$T_2 = \frac{(123.4 - 101.6) \times 327.34}{63.9} + 273.16$$

$$= 111.67 + 273.16 = 384.83\,K$$

प्रश्न 4. निम्नलिखित के उत्तर दीजिए

(a) आधुनिक तापमिति में जल का त्रिक बिन्दु एक मानक बिन्दु है, क्यों? हिम के गलनांक तथा जल के क्वथनांक को मानक नियत बिन्दु मानने में (जैसा कि मूल सेल्सियस मापक्रम में किया गया था।) क्या दोष है?

(b) जैसा कि ऊपर वर्णन किया जा चुका है कि मूल सेल्सियस मापक्रम में दो नियत बिन्दु थे जिनको क्रमशः 0°C तथा 100°C संख्याएँ निर्धारित की गई थी। परम ताप मापक्रम पर दो में से एक नियत बिन्दु जल का त्रिक बिन्दु लिया गया है जिसे केल्विन परम ताप मापक्रम पर संख्या 273.16 K निर्धारित की गई है। इस मापक्रम (केल्विन परम ताप) पर अन्य नियत बिन्दु क्या है?

(c) परम ताप (केल्विन मापक्रम) T तथा सेल्सियस मापक्रम पर ताप t_c में सम्बंध इस प्रकार है

$$t_c = T - 273.15$$

इस सम्बंध में हमने 273.15 लिखा है 273.16 क्यों नहीं लिखा?

(d) उस परम ताप मापक्रम पर, जिसके एकांक अंतराल का आमाप फारेनहाइट के एकांक अंतराल की आमाप के बराबर है, जल के त्रिक बिन्दु का ताप क्या होगा?

https://www.evidyarthi.in/

हल (a) जल का वाष्पन तथा बर्फ का हिमांक दाब की स्थितियों पर निर्भर करते हैं तथा अशुद्धियों के मिलाने पर भी उपरोक्त में परिवर्तन होता है जबकि त्रिक बिन्दु (जल का) दाब तथा ताप की अद्वैत शर्त है अतः बर्फ का हिमांक तथा जल का वाष्पन बिन्दु कोई नियत बिन्दु पर नहीं होते हैं अपितु दाब के साथ परिवर्तित होते हैं।

(b) परम शून्य अथवा 0 K परिशुद्ध पैमाने के अन्य नियत बिन्दु हैं।

(c) केल्विन पैमाने पर हिमांक 273.15 K है तथा संगत सेल्सियस पैमाने का मान 0°C है। अतः सेल्सियस पैमाने तथा केल्विन पैमाने के मध्य सम्बन्ध $t_C = T - 273.15$ है जल का त्रिक बिन्दु 273.16 K है तथा इसका सेल्सियस पैमाने पर मान 0.01°C है

(d) केल्विन पैमाने पर जल का त्रिक बिन्दु = 273.16 K

केल्विन पैमाने पर विभाजन संख्या = 100

फारेनहाइट पैमाने पर कुल विभाजन = 180

∴ परम पैमाने पर जल का त्रिक बिन्दु 180 भागों में विभाजन

$$T = 273.16 \times \frac{180}{100} = 491.69$$

प्रश्न 5. **दो आदर्श गैस तापमापियों A तथा B में क्रमशः ऑक्सीजन तथा हाइड्रोजन प्रयोग की गई हैं। इनके प्रेक्षण निम्नलिखित है**

ताप	दाब तापमापी A में	दाब तापमापी B में
जल का त्रिक बिन्दु	1.250 10^5Pa	0.200 10^5Pa
सल्फर का सामान्य गलनांक	1.797 10^5Pa	0.287 10^5Pa

(a) तापमापियों A तथा B के द्वारा लिए गए पाठ्यांकों के अनुसार सल्फर के सामान्य गलनांक के परमताप क्या हैं?

(b) आपके विचार से तापमापियों A तथा B के उत्तरों में थोड़ा अंतर होने का क्या कारण है? (दोनों तापमापियों में कोई दोष नहीं है)। दो पाठ्यांकों के बीच की विसंगति को कम करने के लिए इस प्रयोग में और क्या प्रावधान आवश्यक हैं?

हल (a) माना सल्फर का हिम बिन्दु T K है।

A थर्मामीटर हेतु के लिए

जल के त्रिक बिन्दु पर दाब $(p_1) = 1.250 \times 10^5$ Pa

जल का त्रिक बिन्दु $(T_1) = 273.16$ K

सल्फर के सामान्य हिम बिन्दु पर दाब $(p_2) = 1.797 \times 10^5$ Pa

सल्फर का हिम बिन्दु $(T_2) = ?$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

या
$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} \times T_1$$

$$= \frac{1.797 \times 10^5}{1.250 \times 10^5} \times 273.16$$

$$= 392.69 \text{ K}$$

https://www.evidyarthi.in/

थर्मामीटर B हेतु के लिए

जल के त्रिक बिन्दु पर दाब $(p_1) = 0.200 \times 10^5$ Pa

जल का त्रिक बिन्दु $(T_1) = 273.16$ K

सल्फर के सामान्य हिम बिन्दु पर दाब $(p_2) = 0.287 \times 10^5$ Pa

सल्फर का हिम बिन्दु (हिमांक) $(T_2) = ?$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

या
$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} \times T_1$$

$$= \frac{0.287 \times 10^5}{0.200 \times 10^5} \times 273.16$$

$$= 391.98 \text{ K}$$

(b) थर्मामीटर A तथा B के मान में अन्तर है क्योंकि H_2 तथा O_2 आदर्श गैस नहीं हैं इस अन्तर को कम करने हेतु पाठ्यांक अल्प दाब पर लेना चाहिए क्योंकि गैसें अल्प दाब पर आदर्श गैस की भाँति व्यवहार करती है।

प्रश्न 6. किसी 1m लम्बे स्टील के फीते का यथार्थ अंशांकन 27.0°C पर किया गया है। किसी तप्त दिन जब ताप 45°C था तब इस फीते से किसी स्टील की छड़ की लम्बाई 63.0 cm मापी गई। उस दिन स्टील की छड़ की वास्तविक लम्बाई क्या थी? जिस दिन ताप 27.0°C होगा उस दिन इसी छड़ की लम्बाई क्या होगी? स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक $= 1.20 \times 10^{-5}$ K^{-1}।

हल दिया है, 27°C पर स्टील टेप की लम्बाई $(L_0) = 1$ m $= 100$ cm

ताप में वृद्धि $(\Delta T) = 45° - 27° = 18°$C

रेखीय प्रसार गुणांक $(\alpha) = 1.20 \times 10^{-5}$K^{-1}

45°C पर स्टील टेप की लम्बाई $(L) = L_0(1 + \alpha\Delta T) = 100\,[1 + 1.20 \times 10^{-5} \times 18]$

$= 100[1.000216] = 100.0216$ cm

स्टील टेप 1 सेमी मार्क की 45°C पर लम्बाई $= \dfrac{100.0216}{100}$ cm

$\therefore$ 45°C पर 63 सेमी छड़ की लम्बाई $= \dfrac{100.0216}{100} \times 63 = 63.0136$ cm

जब ताप 27°C है, तब स्टील टेप पर 1 सेमी मार्क की लम्बाई पूर्णतः 1 cm होंगी।

$\therefore$ स्टील छड़ की 27°C पर लम्बाई $= 63$ cm

प्रश्न 7. किसी बड़े स्टील के पहिए को उसी पदार्थ की किसी धुरी पर ठीक बैठाना है। 27°C पर धुरी का बाहरी व्यास 8.70 cm तथा पहिए के केंद्रीय छिद्र का व्यास 8.69 cm है। सूखी बर्फ द्वारा धुरी को ठंडा किया गया है। धुरी के किस ताप पर पहिया धुरी पर चढ़ेगा? यह मानिए कि आवश्यक ताप परिसर में स्टील का रैखिक प्रसार गुणांक नियत रहता है

$$\alpha_{\text{स्टील}} = 1.20 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

https://www.evidyarthi.in/

हल दिया है, स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक

$$\alpha = 1.20 \times 10^{-5}/K$$

बाह्य व्यास $(l_1) = 8.70\,cm$

अन्त: व्यास $(l_2) = 8.69\,cm$

$$T_1 = 27 + 273 = 300\,K$$

$$T_2 = ?$$

शीतलन के कारण लम्बाई में परिवर्तन

$$l_2 = l_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

$$8.69 = 8.70[1 + 1.20 \times 10^{-5}(T_2 - 300)]$$

या $$8.69 = 8.70 + 8.70 \times 1.20 \times 10^{-5}(T_2 - 300)$$

$$8.69 - 8.70 = 8.70 \times 1.20 \times 10^{-5}(T_2 - 300)$$

या $$(T_2 - 300) = \frac{-0.01}{8.70 \times 1.20 \times 10^{-5}}$$

$$T_2 - 300 = -95.78\,K$$

या $$T_2 = (300 - 95.78)\,K = 204.22\,K$$

या $$T_2 = (204.22 - 273)\,°C$$

$$= -68.78°C = -69\,°C$$

प्रश्न 8. ताँबे की चादर में एक छिद्र किया गया है। 27.0°C पर छिद्र का व्यास 4.24 cm है। इस धातु की चादर को 227°C तक तप्त करने पर छिद्र के व्यास में क्या परिवर्तन होगा? ताँबे का रेखीय प्रसार गुणांक = $1.70 \times 10^{-5}\ K^{-1}$।

हल दिया है, छिद्र का व्यास $(d_1) = 4.24\,cm$

प्रारम्भिक ताप $(T_1) = 27 + 273 = 300\,K$

अन्तिम ताप $(T_2) = 227 + 273 = 500\,K$

रेखीय प्रसार गुणांक $(\alpha) = 1.70 \times 10^{-5}/°C$

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक $(\beta) = 2\alpha = 3.40 \times 10^{-5}/°C$

छिद्र का 27°C पर प्रारम्भिक क्षेत्र

$$A_1 = \pi r^2 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi}{4}(4.24)^2$$

$$= 4.494\pi\ cm^2$$

227 °C पर छिद्र का क्षेत्रफल $A_2 = A_1(1 + \beta \cdot \Delta t)$

$$= 4.494\pi[1 + 3.40 \times 10^{-5} \times (227 - 27)]$$

$$= 4.494\pi\,[1 + 3.40 \times 10^{-5} \times 200]$$

$$= 4.495\pi \times 1.0068$$

$$= 4.525\pi\ cm^2$$

https://www.evidyarthi.in/

227 °C पर छिद्र का व्यास d_2 है, तब $A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$

$$4.525\pi = \frac{\pi d_2^2}{4}$$

या $$d_2^2 = 4.525 \times 4$$

या $$d_2 = 4.2544 \text{ cm}$$

$\therefore$ व्यास में परिवर्तन $(\Delta d) = d_2 - d_1 = 4.2544 - 4.24$

$$= 0.0144 \text{ cm}$$

$$= 1.44 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

प्रश्न 9. 27°C पर 1.8 cm लम्बे किसी ताँबे के तार को दो दृढ़ टेकों के बीच अल्प तनाव रखकर थोड़ा कसा गया है। यदि तार को –39 °C ताप तक शीतित करें तार में कितना तनाव उत्पन्न हो जाएगा? तार का व्यास 2.0 mm है। पीतल का रेखीय प्रसार गुणांक = $2.0 10^{-5}$ K^{-1}, पीतल का यंग प्रत्यास्थता गुणांक = 0.91×10^{11} Pa।

जब कोई छड़ या तार दो दृढ़ क्लिपों के बीच कसकर रखा जाता है, तब ठण्डा होने पर उत्पन्न

$$\text{ऊष्मीय प्रतिबल} \left(\frac{F}{A}\right) = Y \alpha \Delta t$$

हल दिया है, तार की लम्बाई $(l_1) = 1.8$ m

प्रारम्भिक ताप $(t_1) = 27°C$

अन्तिम ताप $(t_2) = -39°C$

तार का व्यास $(d) = 2.0 \text{ mm} = 2.0 \times 10^{-3}$ m

रेखीय प्रसार गुणांक $(\alpha) = 2.0 \times 10^{-5}/K$

यंग प्रत्यास्थता गुणांक $(Y) = 0.91 \times 10^{11}$ Pa

$$\text{ऊष्मीय प्रतिबल} \left(\frac{F}{A}\right) = Y\alpha\Delta t$$

$\therefore$ तार में उत्पन्न तनाव $(F) = YA \alpha \Delta t$

$$= Y\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)\alpha \Delta t$$

$$= \frac{0.91 \times 10^{11} \times 3.14 \times (2 \times 10^{-3})^2 \times 2.0 \times 10^{-5} \times (-39 - 27)}{4}$$

$$= 0.91 \times 3.14 \times (-66)$$

$$= -377 \text{ N}$$

$$= -3.77 \times 10^2 \text{ N}$$

ऋणात्मक चिन्ह यह दर्शाता है कि संकुचन के कारण उत्पन्न बल अन्दर की ओर कार्यरत है।

https://www.evidyarthi.in/

प्रश्न 10. 50 cm लम्बी तथा 3.0 mm व्यास की किसी पीतल की छड़ को उसी लम्बाई तथा व्यास की किसी स्टील की छड़ से जोड़ा गया है। यदि ये मूल लम्बाइयाँ 40°C पर हैं, तो 250°C पर संयुक्त छड़ की लम्बाई में क्या परिवर्तन होगा? क्या सन्धि पर कोई तापीय प्रतिबल उत्पन्न होगा? छड़ के सिरों को प्रसार के लिए मुक्त रखा गया है। (ताँबे तथा स्टील के रेखीय प्रसार गुणांक क्रमशः $= 2.0 \times 10^{-5}\ K^{-1}$, स्टील $= 1.2 \times 10^{-5} K^{-1}$ हैं।)

हल दिया है, प्रारम्भिक ताप $(T_1) = (40 + 273)\,K = 313\,K$

अन्तिम ताप $(T_2) = (250 + 273)\,K = 523\,K$

$\therefore$ ताप में वृद्धि $(\Delta T) = 523 - 313 = 210\,K$

पीतल की छड़ हेतु

प्रारम्भिक लम्बाई $(l_1) = 50\,cm$

रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha = 2.0 \times 10^{-5}/K$

अन्तिम लम्बाई $(l_2) = l_1[1 + \alpha\,\Delta T]$

$= 50[1 + 2.0 \times 10^{-5} \times 210]$

$= 50 \times 1.00420$

$= 50.21\,cm$

$\therefore$ लम्बाई में वृद्धि $(\Delta l) = l_2 - l_1 = 50.21 - 50$

$= 0.21\,cm$

स्टील की छड़ हेतु

प्रारम्भिक लम्बाई $(l_1') = 50\,cm$

रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha' = 1.2 \times 10^{-5}/K$

$\therefore$ अन्तिम लम्बाई $(l_2') = l_1'(1 + \alpha'\,\Delta T)$

$= 50\,[1 + 1.2 \times 10^{-5} \times 210]$

$= 50 \times 1.00252$

$= 50.126\,cm$

$\therefore$ लम्बाई में वृद्धि $(\Delta l') = l_2' - l_1'$

$= 50.126 - 50.0 = 0.126\,cm$

$\therefore$ लम्बाई में कुल वृद्धि $= \Delta l + \Delta l'$

$= (0.21 + 0.126)\,cm$

$= 0.336\,cm$

अतः सन्धि पर कोई प्रतिबल नहीं लगेगा क्योंकि छड़ के सिरे फैलने हेतु स्वतन्त्र है।

प्रश्न 11. ग्लिसरीन का आयतन प्रसार गुणांक $49 \times 10^{-5}\ /K$ है। ताप में 30°C की वृद्धि होने पर इसके घनत्व में क्या आंशिक परिवर्तन होगा?

हल दिया है, आयतन का प्रसार गुणांक $(\gamma) = 49 \times 10^{-5}/K$

ताप में वृद्धि $(\Delta t) = 30°C$

https://www.evidyarthi.in/

ग्लिसरीन का प्रारम्भिक आयतन V_0 है।

∴ 30°C ताप बढ़ने पर ग्लिसरीन का आयतन

$$V = V_0[1 + \gamma\Delta t]$$
$$= V_0[1 + 49 \times 10^{-5} \times 30]$$
$$= V_0[1 + 0.01470]$$
$$= 1.0147 V_0$$

∴ $$\frac{V_0}{V} = \frac{1}{1.0147} \quad \ldots(i)$$

यदि ग्लिसरीन का द्रव्यमान m है, तब

ग्लिसरीन का प्रारम्भिक घनत्व $(\rho_0) = \frac{m}{V_0}$

ग्लिसरीन का अन्तिम घनत्व $(\rho) = \frac{m}{V}$

∴ $$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{m/V}{m/V_0} = \frac{V_0}{V} = \frac{1}{1.0147} \quad \ldots(ii)$$

घनत्व में आपेक्षिक परिवर्तन $y = \frac{\Delta\rho}{\rho_0} = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} = \frac{\rho}{\rho_0} - 1$

समी (ii) से मान रखने पर,

$$\text{घनत्व में आपेक्षिक परिवर्तन} = \frac{1}{1.0147} - 1$$
$$= -0.0145$$
$$= -1.45 \times 10^{-2}$$

ऋणात्मक चिन्ह यह प्रदर्शित करता है कि ग्लिसरीन का घनत्व ताप बढ़ने पर घटता है।

प्रश्न 12. 8.0 kg द्रव्यमान के किसी ऐलुमिनियम के छोटे ब्लॉक में छिद्र करने के लिए किसी 10kW की बरमी का उपयोग किया गया है। 2.5 मिनट में ब्लॉक के ताप में कितनी वृद्धि हो जाएगी। यह मानिए कि 50% शक्ति तो स्वयं बरमी को गर्म करने में खर्च हो जाती है अथवा परिवेश में लुप्त हो जाती है। ऐलुमिनियम की विशिष्ट ऊष्मा धारिता $0.91 \text{J g}^{-1}\text{K}^{-1}$ है।

हल दिया है, ड्रिलिंग मशीन की शक्ति $(P) = 10 \text{ kW} = 10 \times 10^3 \text{ W}$

द्रव्यमान $(m) = 8.0 \text{ kg}$

समय $(t) = 2.5 \text{ min}$

$= 2.5 \times 60 \text{ s} = 150 \text{ s}$

विशिष्ट ऊष्मा $(s) = 0.91 \text{ J/g-K} = 0.9 \times 10^3 \text{ J/kg-K}$

मशीन द्वारा प्रयुक्त ऊर्जा $(E) = P \times t$

$= 10 \times 10^3 \times 150$

$= 1.5 \times 10^6 \text{J}$

https://www.evidyarthi.in/

ताप वृद्धि में प्रयुक्त ऊर्जा $(\Delta E) = 1.5 \times 10^6 \times \frac{50}{100}$ J

$$\Delta E = 7.5 \times 10^5 \text{ J}$$

यदि ब्लॉक का ताप $\Delta\theta$ बढ़ता है, तब

$$\Delta E = ms\Delta t$$

या
$$\Delta t = \frac{\Delta E}{ms} = \frac{7.5 \times 10^5}{8 \times 0.91 \times 10^3}$$

$$= 103°C$$

प्रश्न 13. **2.5 kg द्रव्यमान के ताँबे के गुटके को किसी भट्टी में 500°C तक तप्त करने के पश्चात् किसी बड़े हिम-ब्लॉक पर रख दिया जाता है। गलित हो सकने वाली हिम की अधिकतम मात्रा क्या है? ताँबे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता = 0.39 J g^{-1} K^{-1}; बर्फ की संगलन ऊष्मा = 335 J g^{-1}।**

ताप परिवर्तन पर ली गई अथवा दी गई ऊर्जा

$$Q = ms\Delta t$$

जहाँ, m = वस्तु का द्रव्यमान

s = वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा

तथा Δt = ताप में परिवर्तन है।

अवस्था परिवर्तन में ली गई अथवा दी गई ऊष्मा (नियत ताप पर)

$Q = mL$, जहाँ L अवस्था परिवर्तन में गुप्त ऊष्मा है।

हल दिया है, कॉपर ब्लॉक का द्रव्यमान $(m) = 2.5$ kg

ताप में परिवर्तन $(\Delta t) = 500°C$

विशिष्ट ऊष्मा $(s) = 0.39$ J/g-K = 390 J/kg-K

जल की गुप्त ऊष्मा $(L) = 335$ J/g

$= 335 \times 10^3$ J/kg

कॉपर ब्लॉक द्वारा अवशोषित ऊष्मा

$$Q_1 = ms\Delta t = 2.5 \times 390 \times 500 \text{ J}$$

माना हिमकृत बर्फ का द्रव्यमान m है।

मेल्टिंग हेतु आवश्यक ऊर्जा $(Q_2) = m'L$

कॉपर ब्लॉक द्वारा अवशोषित ऊर्जा = हिमकरण में प्रयुक्त ऊर्जा

$$Q_1 = Q_2$$

$$ms\Delta t = m'L$$

या
$$m' = \frac{ms\Delta t}{L} = \frac{2.5 \times 390 \times 500}{335 \times 10^3}$$

$$= 1.455 \text{ kg}$$

$$\approx 1.5 \text{ kg}$$

https://www.evidyarthi.in/

प्रश्न 14. किसी धातु की विशिष्ट ऊष्मा धारिता के प्रयोग में 0.20 kg के धातु के गुटके को 150°C पर तप्त करके, किसी ताँबे के ऊष्मामापी (जल तुल्यांक = 0.025 kg), जिसमें 27°C का 150 cm^3 जल भरा है, में गिराया जाता है। अंतिम ताप 40°C है। धातु की विशिष्ट ऊष्मा धारिता परिकलित कीजिए। यदि परिवेश में क्षय ऊष्मा उपेक्षणीय न मानकर परिकलन किया जाता है, तब क्या आपका उत्तर धातु की विशिष्ट ऊष्मा धारिता के वास्तविक मान से अधिक मान दर्शाएगा अथवा कम?

हल दिया है, धातु के ब्लॉक का द्रव्यमान $(m_1) = 0.20$ kg

धातु के ब्लॉक का ताप $(t_1) = 150°C$

कैलोरीमिति का ताप $(t_2) = 27°C$

मिश्रण का अन्तिम ताप $(t) = 40°C$

कैलोरीमिति में जल का आयतन $= 150\,cm^3$

कैलोरीमिति में जल का द्रव्यमान $= V \times \rho$

$$= (150 \times 10^{-6} m^3) \times (1 \times 10^3\ kg/m^3)$$

$$= 150 \times 10^{-3}\ kg$$

कैलोरीमिति का जल तुल्यांक $= 0.025\,kg = 25 \times 10^{-3}\ kg$

माना धात्विक ब्लॉक की विशिष्ट ऊष्मा 5 है।

धात्विक ब्लॉक द्वारा दी गई ऊष्मा ऊर्जा

$$Q_1 = m_1 s(t_1 - t_2)$$

$$= 0.20 \times s \times (150 - 40)$$

$$= 0.20 \times s \times 110 = 22\,s$$

जल तथा कैलोरीमिति द्वारा ली गई ऊष्मा ऊर्जा

$$Q_2 = (150 \times 10^{-3} + 25 \times 10^{-3}) \times s_2 \times (40 - 27)$$

$$= 175 \times 10^{-3} \times 4.2 \times 10^3 \times 13$$

$$= 175 \times 4.2 \times 13$$

कैलोरीमिति सिद्धान्त के अनुसार,

दी गई ऊष्मा = ली गई ऊष्मा

$$Q_1 = Q_2$$

$$22s = 175 \times 4.2 \times 13$$

$$s = \frac{175 \times 4.2 \times 13}{22}$$

$$= 434\ J/kg\text{-}K$$

$$= \frac{434}{1000}\ J/g\text{-}K = 0.434\ J/g\text{-}K$$

यदि वायुमण्डल में क्षय ऊष्मा नगण्य नहीं है, तब धातु की विशिष्ट ऊष्मा वास्तविक मान से कम होगी।

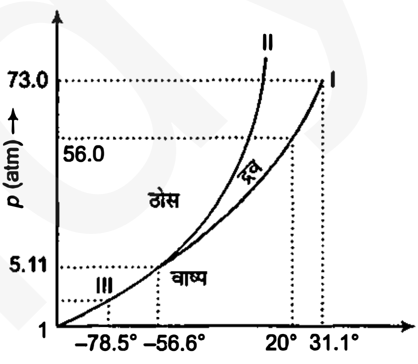
https://www.evidyarthi.in/

प्रश्न 15. **कुछ सामान्य गैसों के कक्ष ताप पर मोलर विशिष्ट ऊष्मा धारिताओं के प्रेक्षण नीचे दिए गए हैं**

गैस	**मोलर विशिष्ट ऊष्मा धारिता** (C_v) cal mol^{-1} K^{-1}
हाइड्रोजन	4.87
नाइट्रोजन	4.97
ऑक्सीजन	5.02
नाइट्रिक ऑक्साइड	4.99
कार्बन मोनोक्साइड	5.01
क्लोरीन	6.17

इन गैसों की मापी गई मोलर विशिष्ट ऊष्मा धारिताएँ एक परमाणुक गैसों की मोलर विशिष्ट ऊष्मा धारिताओं से सुस्पष्ट रूप से भिन्न हैं। प्रतीकात्मक रूप में किसी एक परमाणुक गैस की मोलर विशिष्ट ऊष्मा धारिता 2.92 cal/mol-K होती है। इस अन्तर का स्पष्टीकरण कीजिए। क्लोरीन के लिए कुछ अधिक मान (शेष की अपेक्षा) होने से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

हल सारणी में दी गई सभी गैसें द्विपरमाणुक हैं। द्विपरमाणुक गैसों की स्वतन्त्रता की कोटि 5 होती है जबकि एक परमाणुक गैस में स्वतन्त्रता की कोटि 3 होती है। अतः द्विपरमाणुक गैस की मोलर विशिष्ट ऊष्मा $5 \times \frac{R}{2} = 5 \times \frac{1.98}{2} = 4.95$ cal/mol-K है। यह सारणी में दी गई विशिष्ट ऊष्माओं के समतुल्य है–क्लोरीन को छोड़कर एक परमाणुक गैस में केवल स्थानान्तरणीय गति होती है जबकि द्विपरमाणुक गैस में स्थानान्तरणीय गति के साथ-साथ घूर्णन गति तथा काम्पनिक गति भी होती है।



अतः द्विपरमाणुक गैस का ताप 1°C बढ़ाने हेतु ऊष्मीय ऊर्जा स्थानान्तरणीय, काम्पनिक तथा घूर्णन ऊर्जाओं को बढ़ाने में व्यय होती है अतः द्विपरमाणुक गैस की मोलर विशिष्ट ऊष्मा एक परमाणुक गैस की मोलर विशिष्ट ऊष्मा से अधिक होती है।

Cl_2 सामान्य ताप पर घूर्णन गति, काम्पनिक गति तथा स्थानान्तरणीय गति करती है। जबकि अन्य गैसें (द्विपरमाणुक) केवल स्थानान्तरणीय एवं घूर्णन गतियाँ ही करती है। अतः Cl_2 की मोलर विशिष्ट ऊष्मा अन्य गैसों की मोलर विशिष्ट ऊष्माओं से अधिक होती है।

https://www.evidyarthi.in/

Ques 16 101°F ताप ज्वर से पीड़ित किसी बच्चे को एन्टीपायरिन (ज्वर कम करने की दवा) दी गई जिसके कारण उसके शरीर से पसीने के वाष्पन की दर में वृद्धि हो गई। यदि 20 मिनट में ज्वर 98°F तक गिर जाता है तो दवा द्वारा होने वाले अतिरिक्त वाष्पन की औसत दर क्या है? यह मानिए कि ऊष्मा ह्रास का एकमात्र उपाय वाष्पन ही है। बच्चे का द्रव्यमान 30 kg है। मानव शरीर की विशिष्ट ऊष्मा धारिता जल की विशिष्ट ऊष्मा धारिता के लगभग बराबर है तथा उस ताप पर जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 580 cal/g है।

हल दिया है, बच्चे का द्रव्यमान $(m) = 30\,kg$

लिया गया समय $(t) = 20\,min$

तापमान में कमी $= (101 - 98)\,°F$

$$\Delta T = 3°F = 3 \times \frac{5}{9}°C = \frac{5}{3}°C$$

मानव शरीर की विशिष्ट ऊष्मा $(s) = 4.2 \times 10^3\ J/kg\text{-}°C$

वाष्पन की गुप्त ऊष्मा $(L) = 580\,cal/g = 580 \times 10^3\,cal/kg$

$$= (580 \times 10^3 \times 4.2)\ J/kg$$

तापमान ह्रास के दौरान शरीर से उदगमित ऊष्मा

$$Q_1 = ms\Delta T$$

माना शरीर से पसीने के वाष्पन द्वारा m' द्रव्यमान वाष्पित होता है।

वाष्पन में ली गई ऊष्मा

$$Q_2 = m'L$$

किन्तु $$Q_1 = Q_2$$

∴ $$ms\Delta T = m'L$$

या $$m' = \frac{ms\Delta T}{L}$$

$$= \frac{30 \times 4.2 \times 10^3 \times 5/3}{580 \times 4.2 \times 10^3}$$

$$= \frac{10}{116} = 0.0862\ kg$$

∴ अतिरिक्त वाष्पन की दर $= \dfrac{0.0862}{20}$

$$= 0.00431\ kg/min$$

$$= 4.31\ g/min$$

https://www.evidyarthi.in/

Ques 17 थर्मोकोल का बना 'हिम बॉक्स' विशेषकर गर्मियों में कम मात्रा के पके भोजन के भंडारण का सस्ता तथा दक्ष साधन है। 30 cm भुजा के किसी हिम बॉक्स की मोटाई 5.0 cm है। यदि इस बॉक्स में 4.0 kg हिम रखा है तो 6 h के पश्चात् बचे हिम की मात्रा का आकलन कीजिए। बाहरी ताप 45°C है तथा थर्मोकोल की ऊष्मा चालकता 0.01 J s^{-1} m^{-1} K^{-1} है। (हिम की संगलन ऊष्मा = 335×10^3 J kg^{-1})

हल दिया है, बर्फ बॉक्स की प्रत्येक भुजा $(a) = 30$ cm

बॉक्स के 6 फलकों का क्षेत्रफल $= 6 \times (30 \times 30)\, cm^2$

$$A = 5400 \times 10^{-4}\ m^2$$

बॉक्स की मोटाई $(d) = 5.0\ cm = 5.0 \times 10^{-2}$ m

हिम का द्रव्यमान $(m) = 4.0$ kg

समय $(t) = 6\ h = 6 \times 60 \times 60$ s

तापान्तर $(\Delta\theta) = \theta_1 - \theta_2$

$= 45° - 0 = 45°C$

जल की गुप्त ऊष्मा $(L) = 335 \times 10^3$ J/kg

ऊष्मा चालकता गुणांक $(K) = 0.01$ J/s-m-K

माना m' द्रव्यमान मेल्ट होता है।

वातावरण द्वारा दी गई ऊष्मा = मेल्टिंग में ली गई ऊष्मा

$$Q = \frac{KA\Delta\theta t}{d} = m' \cdot L$$

या
$$m' = \frac{KA\Delta\theta t}{Ld}$$

$$= \frac{0.01 \times 5400 \times 10^{-4} \times 45° \times 6 \times 60 \times 60}{335 \times 10^3 \times 5 \times 10^{-2}}$$

$= 0.313$ kg

$\therefore$ मेल्टिंग के पश्चात् शेष बॉक्स का द्रव्यमान $= m - m'$

$= 4 - 0.313$

$= 3.687$ kg

Ques 18 किसी पीतल के बॉयलर की पेंदी का क्षेत्रफल 0.15 m^2 तथा मोटाई 1.0 cm है। किसी गैस स्टोव पर रखने पर इसमें 6.0 kg/min की दर से जल उबलता है। बॉयलर के संपर्क की ज्वाला के भाग का ताप आकलित कीजिए। पीतल की ऊष्मा चालकता = 109 J $s^{-1}m^{-1}K^{-1}$; जल की वाष्पन ऊष्मा = 2256×10^3 J kg^{-1} है।

हल दिया है, बॉयलर की पेंदी का क्षेत्रफल $(A) = 0.15\ m^2$

मोटाई $(d) = 1.0\ cm = 1 \times 10^{-2}$ m

जल के उबलने की दर $= 6.0\ kg/min = \frac{6.0}{60}\ kg/s = 0.1\ kg/s$

https://www.evidyarthi.in/

पीतल की ऊष्मा चालकता गुणांक $(K) = 109$ J/s-m-K

जल की वाष्पन ऊष्मा $(L) = 2256 \times 10^3$ J/kg

माना स्टोव के साथ बॉयलर के एक भाग का तापमान θ_1 है।

ऊष्मा ऊर्जा प्रवाह की दर = वाष्पन में प्रयुक्त ऊष्मा ऊर्जा की दर

$$\frac{KA\Delta\theta}{d} = mL$$

$$\frac{KA(\theta_1 - \theta_2)}{d} = mL$$

$$\frac{109 \times 0.15\,(\theta_1 - 100)}{1 \times 10^{-2}} = 0.1 \times 2256 \times 10^3$$

$$1635\,(\theta_1 - 100) = 2256 \times 10^2$$

$$\theta_1 = \frac{225600}{1635} + 100$$

$$= 137.98 + 100$$

$$= 237.98°C \approx 238°C$$

Ques 19 **स्पष्ट कीजिए कि क्यों?**

(a) अधिक परावर्तकता वाले पिण्ड अल्प उत्सर्जक होते हैं।

(b) कंपकंपी वाले दिन लकड़ी की ट्रे की अपेक्षा पीतल का गिलास कहीं अधिक शीतल प्रतीत होता है।

(c) कोई प्रकाशिक उत्तापमापी (उच्च तापों को मापने की युक्ति), जिसका अंशांकन किसी आदर्श कृष्णिका के विकिरणों के लिए किया गया है, खुले में रखे किसी लाल तप्त लोहे के टुकड़े का ताप काफी कम मापता है, परन्तु जब उसी लोहे के टुकड़े को भट्टी में रखते हैं, तो वह ताप का सही मान मापता है।

(d) बिना वातावरण के पृथ्वी अशरणीय शीतल हो जाएगी।

(e) भाप के परिचालन पर आधारित तापन निकाय तप्त जल के परिचालन पर आधारित निकायों की अपेक्षा भवनों को उष्ण बनाने में अधिक दक्ष होते हैं।

हल (a) हम जानते हैं कि $a + r + t = 1$

जहाँ a, r तथा t क्रमशः अवशोषकता, परावर्तकता तथा पारगमन हैं। t को उत्सर्जकता भी कहते हैं किरचॉफ के नियमानुसार $e \propto a$ अर्थात् अच्छे अवशोषक अच्छे उत्सर्जक होते हैं–यदि परावर्तकता r अधिक है, तब a अवशोषकता न्यूनतम होगी तथा e उत्सर्जकता भी न्यूनतम होगी।

(b) पीतल की ऊष्मा चालकता उच्चतम है अर्थात् पीतल ऊष्मा का अच्छा चालक है जब परिणामस्वरूप पीतल को छुआ जाता, तब पीतल से शरीर की ओर ऊष्मा तीव्र गति से प्रवाहित होती है पीतल ठण्डा प्रतीत होता है जबकि लकड़ी ऊष्मा का बुरा चालक है, अतः इसमें ऊष्मा प्रवाहित नहीं होती है।

(c) माना भट्टी में लोहे का तापमान T है, तब स्टीफन के नियमानुसार प्रति सेकण्ड प्रति इकाइ क्षेत्रफल से विकिरण ऊर्जा $E = \sigma T^4$ है जब वस्तु खुले वातावरण में T_0

https://www.evidyarthi.in/

ताप पर रखी जाती है, तब विकिरित ऊर्जा $E' = \sigma[T^4 - T_0^4]$ है। अतः $E' < E$, अतः खुले में रखे लाल गरम लोहे के टुकड़े का ताप काफी कम होता है।

(d) गैसें सामान्यतः अचालक होती हैं पृथ्वी का वायुमण्डल एक अचालकीय पात्र की भाँति कार्य करता है तथा यह ऊष्मा का पलायन नहीं करता अपितु इसे पुनः पृथ्वी पर परावर्तित करता है–यदि वातावरण न हो तो पृथ्वी ठण्डी हो जाएगी तथा ऊष्मा का पलायन होगा।

(e) क्योंकि भाप की ऊष्माधारिता (540 cal/g) जल की ऊष्माधारिता (80 cal/g) से बहुत अधिक होती है (समान ताप पर) अतः भाप निकाय को उष्ण बनाए रखने में अधिक दक्ष है।

Ques 20 **किसी पिण्ड का ताप 5 min में 80°C से 50°C हो जाता है। यदि परिवेश का ताप 20°C है, तो उस समय का परिकलन कीजिए जिसमें उसका ताप 60°C से 30°C हो जाएगा।**

हल दिया है, प्रारम्भिक ताप $T_1 = 80°C$

अन्तिम ताप $T_2 = 50°C$

वातावरण का ताप $T_0 = 20°C$

$t_1 = 5$ min

न्यूटन के शीतलन नियमानुसार,

शीतलन की दर
$$\frac{dT}{dt} = k\left[\frac{T_1 + T_2}{2} - T_0\right]$$

$$\frac{(80-50)}{5} = k\left[\frac{80+50}{2} - 20\right]$$

$$\frac{30}{5} = k(65-20)$$

$$6 = k \times 45$$

या
$$k = \frac{6}{45} = \frac{2}{15} \qquad \ldots(i)$$

द्वितीय अवस्था में,

प्रारम्भिक ताप $T_1' = 60°C$

अन्तिम ताप $T_2' = 30°C$

$t' = ?$

अब,
$$\frac{(60-30)}{t'} = \frac{2}{15}\left[\frac{60+30}{2} - 20\right]$$

$$\frac{30}{t'} = \frac{2}{15}(45-20)$$

या
$$t' = \frac{30 \times 15}{2 \times 25}$$

$$= 9 \text{ min}$$

https://www.evidyarthi.in/