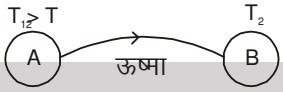
कैलोरीमिति एवं तापीय प्रसार

1. ऊष्मा

किन्हीं दो वस्तुओं या वस्तु के दो भागो के मध्य तापान्तर के कारण ऊर्जा का स्थानान्तरण ऊष्मा कहलाता है। अतः ऊष्मा, ऊर्जा का रूप है। यह संचरण ऊर्जा है जो तापान्तर के कारण होती है। स्थानान्तरण होने के पश्चात् यह ग्रहण करने वाली वस्तु की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। यह समझ आना चाहिये कि ऊष्मा का अर्थ सिर्फ ऊर्जा संचरण से है। वस्तु की ऊष्मा या वस्तु में ऊष्मा जैसे शब्द अर्थहीन है।



जब हम कहते है वस्तु को गर्म किया गया है इसका मतलब इसके अणु ज्यादा गतिज ऊर्जा के साथ गति कर रहें है। ऊष्मा ऊर्जा की S.I. इकाई जूल (J) है। इसकी दूसरी समान्य इकाई कैलोरी है।

1 कैलोरी = 4.18 जूल

1 कैलोरी : 1 ग्राम जल के तापमान को वायुमण्डलीय दाब पर 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने में आवश्यक उष्मा की मात्रा को 1 कैलोरी कहते हैं।

1.1 ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक :

पुराने समय में ऊष्मा को ऊर्जा के रूप में नहीं पहचाना गया था। ऊष्मा को किसी वस्तु का तापमान बढ़ाने या इसकी अवस्था बदलने के लिये आवश्यक माना जाता था। कैलोरी को ऊष्मा की इकाई परिभाषित किया गया था। ''ताप को निकाय पर यांत्रिक कार्य करके भी बढ़ाया जा सकता है'' इस बात को सिद्ध करने के लिये कई प्रयोग किये गये। इन प्रयोगो से यह पता चला कि ऊष्मा यांत्रिक ऊर्जा के तुल्य है और मापा गया एक कैलोरी कितनी यांत्रिक ऊर्जा के तुल्य है। यदि याांत्रिक कार्य W के कारण H ऊष्मा के समान ताप परिवर्तन होता तो हम लिख सकते है

$W = JH$

जहाँ J ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक कहलाता है। J जूल/कैलारी में परिभाषित किया जाता है। J का मान यह दर्शाता है कि 1 ग्राम पानी का तापमान 1°C से बढ़ाने के लिये कितने यांत्रिक कार्य की आवश्यकता है।

Solved Example

Example 1. 10 मी. गिरने के पश्चात् 10 किग्रा पानी की स्थितिज ऊर्जा में कितना परिवर्तन होता है (कैलारी में) ?

Solution : स्थितिज ऊर्जा में अन्तर $\Delta U = mgh = 10 \times 10 \times 10 = 1000\ J = \frac{1000}{4.186}\ cal$ **Ans.**

2. विशिष्ट ऊष्मा :

किसी पदार्थ का तापमान 1ºC से बढ़ाने या घटाने के लिये इसके इकाई द्रव्यमान द्वारा ली गयी या निकाली गयी ऊष्मा उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहलाती है।

जब एक वस्तु को गर्म किया जाता है तो यह ऊष्मा ग्रहण करती है। दूसरी तरफ जब वस्तु ठण्डी होती है तो ऊष्मा का त्याग करती है। ऊष्मा का ग्रहण या त्याग सीधे समानुपाती होता है :

(a) वस्तु के द्रव्यमान के $\Delta Q \propto m$

(b) वस्तु के तापमान में गिरावट या चढ़ाव पर $\Delta Q \propto \Delta T$

$\Delta Q \propto m\,\Delta T$ या $\mathbf{\Delta Q = \int m\,s\,\Delta T}$

तथा $dQ = m\,s\,dT$ या $Q = m\,s\,dT$.

जहाँ s एक नियतांक है जो वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा के रूप में जाना जाता है

$s = \frac{Q}{m\Delta T}$. (S.I. इकाई जूल/किग्रा–केल्विन तथा C.G.S इकाई कैलोरी/ग्राम °C.)

पानी की विशिष्ट ऊष्मा : $S = 4200\ J/kg^oC = 1000\ cal/kg^oC = 1\ Kcal/kg^oC = 1\ cal/gm^oC$

भाप की विशिष्ट ऊष्मा = पानी की विशिष्ट ऊष्मा की आधी = बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा

Solved Example

Example 2. 1 किग्रा पानी का तामपान 20ºC से बढ़ाने के लिये कितनी ऊष्मा चाहिये।

Solution : आवश्यक ऊष्मा = $\Delta Q = ms\Delta\theta = 1 \times 20 = 20$ Kcal.

$\because$ S = 1 cal/gmºC = 1 Kcal/kgºC

2.1 ऊष्मा धारिता या तापीय धारिता :

वस्तु की ऊष्मा धारिता इस प्रकार परिभाषित है कि वस्तु का ताप 1° बढाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा है। यदि वस्तु का द्रव्यमान 'm' व विशिष्ट ऊष्मा 's' है। तब

ऊष्मा धारिता = m s.

ऊष्मा धारिता की इकाई CGS पद्वति में **cal ºC^{-1}**; SI पद्वति में **JK^{-1}** है।

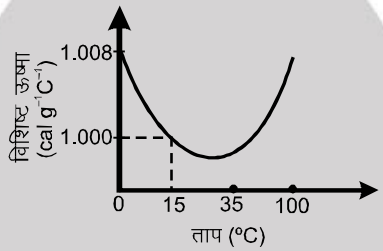
2.2 महत्वपूर्ण बिन्दु :

(a) हम जानते है $s = \frac{Q}{m\Delta T}$, यदि पदार्थ में अवस्था परिवर्तन होता है जो नियत ताप ($\Delta T = 0$) पर होता है तो $s = Q/0 = \infty$। अतः किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा जब यह स्थिर ताप पर उबल या पिघल रहा हो तो अनन्त होती है।

(b) यदि किसी पदार्थ का तापमान बिना ऊष्मा स्थानान्तरण के परिवर्तन (Q = 0) हो तो $s = \frac{Q}{m\Delta T} = 0$। यदि किसी द्रव को थर्मस में हिलाया जाता है तो इसका तापमान बिना किसी ऊष्मा स्थानान्तरण के परिवर्तित होता है और थर्मस में द्रव की विशिष्ट ऊष्मा शून्य होती है।

(c) सतृंप्त पानी की वाष्प का तापमान बढ़ाने के लिये ऊष्मा (Q) को निकाला जाता है। इसलिये सतृंप्त वाष्प की विशिष्ट ऊष्मा ऋणात्मक होती है (यह सिर्फ आपकी जानकारी के लिये है कोर्स में नहीं हैं)

(d) ग्राफ में एक वायुमण्डलीय दाब पर पानी की विशिष्ट ऊष्मा का जल के साथ अल्प परिवर्तन दर्शाया गया है। यह परिवर्तन 0 से 100ºC तक अन्तराल में 1% से भी कम होता है।



2.3 विशिष्ट ऊष्मा व जल तुल्यांक में सम्बन्ध :

यह पानी की उस मात्रा के समान होती है जिसमें वस्तु के समान ताप वृद्धि के लिए समान ऊष्मा की आवश्यकता होती है।

$ms\,\Delta T = m_w s_w \Delta T \Rightarrow m_w = \frac{ms}{s_w}$

कैलोरी में $s_w = 1$ $\therefore$ $m_w = ms$

m_w को W से भी प्रदर्शित करते हैं।

अतः $W = ms$.

2.4 अवस्था परिवर्तन :

अवस्था परिवर्तन के लिये आवश्यक ऊष्मा

Q = mL, L = गुप्त ऊष्मा

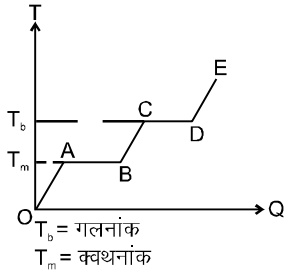
गुप्त ऊष्मा (L): किसी पदार्थ को नियत तापमान पर अवस्था परिवर्तन के लिये आवश्यक ऊष्मा गुप्त ऊष्मा कहलाती है।

गलन की गुप्त ऊष्मा (L_f) : किसी ठोस को एक वायुमण्डलीय दाब पर द्रव में परिवर्तन के लिए दी गयी ऊष्मा गलन की गुप्त ऊष्मा कहलाती है। बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा 80 कि. कैलोरी/किग्रा है।

वाष्पन की गुप्त ऊष्मा (L_v) : किसी द्रव को एक वायुमण्डलीय दाब व क्वथनांक पर वाष्प में बदलने के लिये आवश्यक ऊष्मा वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहलाती है। पानी की वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 540 कि. कैलोरी/किग्रा है।

बर्फ की गुप्त ऊष्मा : L = 80 cal/gm = 80 Kcal/kg = 4200 × 80 J/kg

वाष्प की गुप्त ऊष्मा : L = 540 cal/gm = 540 Kcal/kg = 4200 × 540 J/kg



चित्र में अवस्था परिवर्तन को विभिन्न रेखाओ द्वारा दर्शाया गया है।

OA – ठोस अवस्था, AB – ठोस + द्रव अवस्था (अवस्था परिवर्तन)

BC – द्रव अवस्था, CD – द्रव + वाष्प अवस्था (अवस्था परिवर्तन)

DE – वाष्प अवस्था

$\Delta Q = ms\Delta T$

ढाल = $\frac{\Delta T}{\Delta Q} = \frac{1}{ms} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta T}{\Delta Q} \propto \frac{1}{s}$

जहाँ पदार्थ के दिये गये द्रव्यमान (m) के लिए , T – Q ग्राफ का नियत ढाल, विशिष्ट ऊष्मा के व्युत्क्रमानुपाती है। यदि दिये गये चित्र में–

(ढाल) OA > (ढाल) DE

तब $(s)_{OA} < (s)_{DE}$

जब $\Delta Q = mL$

यदि (AB की लम्बाई) > (CD की लम्बाई)

तब (AB की गुप्त ऊष्मा) > (CD की गुप्त ऊष्मा)

Solved Examples

Example 3. 200°C की 1 किग्रा भाप को –20ºC की बर्फ में बदलने मे कितनी ऊष्मा मुक्त होगी।

Solution : आवश्यक ऊष्मा ΔQ = वाष्प को 200 ºC से 100ºC आने में मुक्त ऊष्मा + वाष्प को 100º C पानी में बदलने में ऊष्मा + पानी को 100º से 0ºC पानी + ऊष्मा को 0 ºC से – 20ºC तक बर्फ में बदलने में ऊष्मा

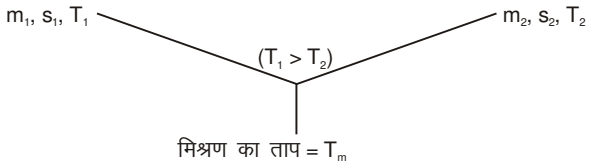
$$\Delta Q = 1 \times \frac{1}{2} \times 100 + 540 \times 1 + 1 \times 1 \times 100 + 1 \times 80 + 1 \times \frac{1}{2} \times 20 = 780 \text{ Kcal.}$$

3. कैलोरीमिति :

ऊष्मा गतिकी की वह शाखा जिसमें ऊष्मा मापन का अध्ययन किया जाता है कैलोरीमिति कहलाती है। एक साधारण कैलोरी मीटर कॉपर का बनाया जाता है तथा समान धातु का विलोडक बनाते है। पात्र को लकड़ी के बक्से में रखते हैं ताकि यह आस–पास के वातावरण से विलगित रहे। तापमापी की सहायता से इसका तापमान ज्ञात करते है। विभिन्न तापमानों के पदार्थ कैलोरीमीटर में परस्पर सम्पर्क में आते हैं। परिणामस्वरूप पदार्थ आपस में तथा कैलोरी मीटर के साथ ऊष्मा का आदान–प्रदान करते है। वातावरण से ऊष्मा का आदान–प्रदान नगण्य मानते है।

3.1 मिश्रण का नियम :

जब दो अलग–अलग तापक्रम वाले पदार्थो को आपस में मिलाया जाता है तो उनके बीच ऊष्मा का आदान–प्रदान तब तक चलता है जब तब उनका तापमान बराबर न हो जाये। इस तापमान को मिश्रण का तापमान कहते है।



यहाँ एक पदार्थ द्वारा ली गयी ऊष्मा = दूसरे के द्वारा दी गयी ऊष्मा

$\Rightarrow m_1 s_1 (T_1 - T_m) = m_2 s_2 (T_m - T_2)$

Solved Example

Example 4. एक लोहे के 2 kg द्रव्यमान वाले ब्लॉक को 10 m मी ऊँचाई से गिराते है। धरातल से टकराने के बाद इसकी 25% ऊर्जा वातावरण में चली जाती है। तो ब्लॉक का तापमान कितना बढेगा (विशिष्ट ऊष्मा 470 J/kg ºC)

Solution : $mS\Delta\theta = \frac{1}{4}mgh \quad \Rightarrow \quad \Delta\theta = \frac{10\times10}{4\times470}$

ऊष्मा गतिकी का शून्यांकी नियम :

यदि दो वस्तुऐं A तथा B अलग–अलग तीसरी वस्तु C के साथ तापीय साम्यावस्था में हो तो वस्तुऐं A तथा B एक दूसरे के साथ भी तापीय साम्यावस्था में होती है।

Solved Examples

Example 5. तीन समान द्रव्यमान के विभिन्न द्रव A, B, तथा C का तापमान क्रमशः 10ºC 15ºC व 20ºC है। जब A व B मिलाते है तो तापमान 13ºC और जब B व C को मिलाते तो तापमान 16ºC होता है जब A व C को मिलायेगें तो तापमान क्या होगा।

Solution : जब A व B को मिलाते है

$mS_1 \times (13 - 10) = m \times S_2 \times (15 - 13)$

$3S_1 = 2S_2$ .....(1)

जब B तथा C को मिलाते है

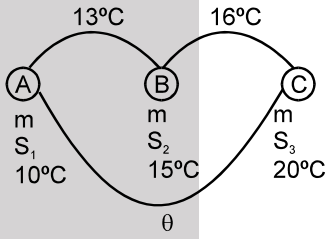
$S_2 \times 1 = S_3 \times 4$ .....(2)

जब C तथा A को मिलाते हैं

$S_1(\theta - 10) = S_3 \times (20 - \theta)$ ....(3)

समीकरण (1), (2) व (3) के उपयोग से

हम पाते हैं, $\theta = \frac{140}{11}$ ºC



Example 6. जब तीन भिन्न–भिन्न विशिष्ट ऊष्मा वाले तीन विभिन्न द्रवों को मिलाते है तो मिश्रण का ऊष्मीय साम्यावस्था में तापमान क्या होगा

$m_1, s_1, T_1 \rightarrow$ द्रव के लिये विवरण

$m_2, s_2, T_2 \rightarrow$ द्रव के लिये विवरण

$m_3, s_3, T_3 \rightarrow$ द्रव के लिये विवरण

Solution : सभी द्रवो द्वारा कुल ऊष्मा हानि या लाभ शून्य है।

$\Delta Q = 0$

$m_1s_1(T - T_1) + m_2s_2(T - T_2) + m_3s_3(T - T_3) = 0$

अतः $T = \frac{m_1s_1T_1 + m_2s_2T_2 + m_3s_3T_3}{m_1s_1 + m_2s_2 + m_3s_3}$

Example 7. निम्न समीकरण में H का मान ज्ञात करो 1 किग्रा बर्फ –20ºC पर = H + 100ºC पर 1 किग्रा पानी, यहाँ H, पदार्थ की अवस्था बदलने के लिये आवश्यक उष्मा है।

Solution : – 20ºC से बर्फ को 100ºC पर पानी में बदलने के लिये आवश्यक ऊष्मा

= –20°C की 1 किग्रा बर्फ को 0°C की 1 किग्रा० बर्फ बदलने में ऊष्मा +0°C की 1 किग्रा बर्फ को 0°C के 1 किग्रा पानी में

बदलने में ऊष्मा +0°C के 1 किग्रा पानी को 100°C के 1 किग्रा पानी में बदलने में ऊष्मा

$= 1 \times \frac{1}{2} \times 20 + 1 \times 80 + 1 \times 100 = 190$ Kcal.

अतः H = – 190 Kcal

यहाँ ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है कि 1 किग्रा. पानी को 100ºC से –20ºC तक बदलने पर 190 कि. कैलोरी ऊष्मा मुक्त होती है।

Example 8. –20ºC तापमान वाले 1 किग्रा बर्फ को 200ºC तापमान वाली 1 किग्रा भाप के साथ मिलाते है। साम्यावस्था का तापमान व मिश्रण में दोनो का भाग ज्ञात करो।

Solution : माना कि साम्यवस्था का तापमान 100 ºC है। –20ºC वाली 1 किग्रा बर्फ को 100ºC वाले 1 किग्रा पानी में परिवर्तन करने के लिए आवश्यक ऊष्मा

$$H_1 = 1 \times \frac{1}{2} \times 20 + 1 \times 80 + 1 \times 1 \times 100 = 190 \text{ Kcal}$$

भाप द्वारा 200ºC वाली 1 किग्रा भाप को 100ºC वाले पानी में बदलने में मुक्त ऊष्मा

$$H_2 = 1 \times \frac{1}{2} \times 100 + 1 \times 540 = 590 \text{ Kcal}$$

1 किग्रा बर्फ – 20ºC पर = H_1 + 100ºC पर 1 किग्रा. पानी .....(1)

200ºC पर 1 किग्रा भाप = H_2 + 100ºC पर 1 किग्रा पानी .....(2)

समीकरण (1) व (2) को जोड़ने पर

–20ºC पर 1 किग्रा बर्फ + 200ºC पर 1 किग्रा भाप = $H_1 + H_2$ + 2 किग्रा पानी 100ºC पर

बर्फ को आवश्यक ऊष्मा भाप द्वारा दी गयी ऊष्मा से कम है इसलिये मिश्रण का तापमान 100ºC है और भाप पूरी पानी में नहीं बदलेगी। इसलिए मिश्रण में भाप और पानी है जो सिर्फ 100ºC पर सम्भव है।

$$\text{भाप का द्रव्यमान जो पानी में बदला } m = \frac{190 - 1 \times \frac{1}{2} \times 100}{540} = \frac{7}{27} \text{ kg}$$

अतः मिश्रण के भाग–

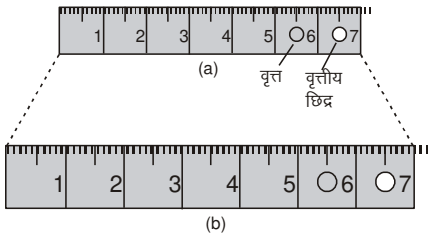
$$\text{वाष्प का द्रव्यमान} = 1 - \frac{7}{27} = \frac{20}{27} \text{kg}$$

$$\text{पानी का द्रव्यमान} = 1 + \frac{7}{27} = \frac{34}{27} \text{kg}$$

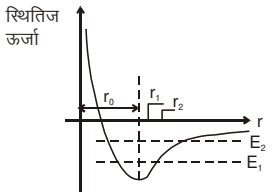
4. तापीय प्रसार :

अधिकतर धातु ताप बढ़ाने के साथ प्रसारित होती है। रेल की पटरी, पुल सभी में तापीय प्रसार को समायोजित करने के लिए अन्य साधन का प्रयोग करते है। जब एक समांगी वस्तु फैलती है तो वस्तु के दो बिन्दुओं के बीच की दूरी बढ़ती है। चित्र में धातु में छेद दर्शाया गया है। **वस्तु में प्रसार फोटोग्राफिक प्रसार की तरह होता है।** इसलिए छिद्र में प्रसार धातु के प्रसार के समान अनुपात में होता है, अतः यह छोटा नहीं होता है।

परमाणविक स्तर पर तापीय प्रसार को परमाणुओं के बीच की दूरी के साथ स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन से समझा जा सकता है। यदि परमाणु साम्यावस्था में होगा तो इसकी स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम होती है। दिये गये तापमान पर हर परमाणु साम्यावस्था के परितः कम्पन्न करता है तथा इसका औसत न्यूनतम बिन्दु पर रहता है। यदि कूप का आकार सममित नहीं है तो परमाणु की औसत अवस्था इस बिन्दु पर न्यूनतम नहीं होगी। जब तापमान बढ़ाते है तो कम्पन्न का आयाम बढ़ जाता है और औसत अवस्था अधिक अन्तर परमाणविक दूरी पर हो जाती है। यह बढ़ी हुयी दूरी ही धातु में प्रसार है। लगभग सभी ठोस व द्रव ताप बढ़ाने पर प्रसारित होते है। गैस भी फैलती है यदि प्रसारित होने दिया जाये। ठोस में लम्बाई, क्षेत्रफल या आयतन बदल सकता है जबकि द्रव में उनका आयतन बदलता है।



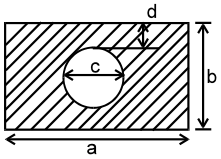
समान स्टील पैमाना दो भिन्न–भिन्न तापक्रम पर जब यह फैलता है, तो पैमाना, अंकित संख्यायें, चौड़ाई, वृत्त का व्यास एवं वृत्तीय छिद्र सभी समान अनुपात में बढ़ते है (स्पष्टता के लिए प्रसार को बढ़ाकर दिखाया गया है)



तापीय प्रसार उत्पन्न होते है, क्योंकि कूप की साम्यवस्था, r_0, के परितः सममिति नहीं होती है। जैसे ही ताप बढ़ता है, अणुओं की ऊर्जा में वृद्धि होती है। ऊर्जा E_2 के लिए औसत स्थिति, ऊर्जा E_1 के समान नहीं होती है।

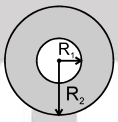
Solved Examples

Example 9. एक आयताकार प्लेट में एक वृत्तीय छेद चित्रानुसार है। यदि हम इसका तापमान बढ़ाते है तो निम्न चित्र में कौनसी विमा बढ़ेगी।



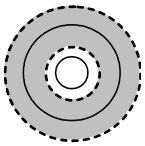
Solution : किन्हीं दो बिन्दुओं की दूरी ताप के साथ बढेगी। इसलिये सभी विमा a, b, c और d बढेगें।

Example 10. दिये गये चित्र में यदि तापमान बढ़ाते है तो निम्न में से क्या बढेगा।



(A) R_1 (B) R_2 (C) $R_2 - R_1$

Solution : उपरोक्त सभी



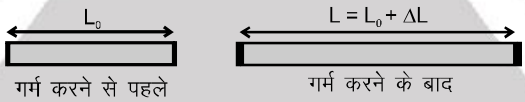
- - - - - विस्तारित सीमाऐं प्रदर्शित करते है

--------- वास्तविक सीमाऐं प्रदर्शित करते है

गर्म करने पर अन्तः परमाणविक दूरी बढ़ती है इसलिये अन्दर व बाहर की परिमित भी बढेगी। यदि परमाणु व्यवस्था को त्रिज्यीय दिशा में देखते है तो हम कह सकते है कि उपयुक्त सभी A,B,C सही है।

5. रेखीय प्रसार :

जब छड को गर्म किया जाता है तो इसकी लम्बाई में वृद्धि ΔL, इसकी मूल लम्बाई L_0 के और तापमान परिवर्तन ΔT के समानुपाती होती है, जहाँ ΔT ºC या K में है।

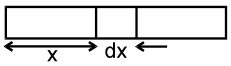


$dL = \alpha L_0 \, dT \Rightarrow \Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ यदि $\alpha \Delta T << 1$

$\alpha = \dfrac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$ जहाँ α रेखीय प्रसार गुणांक कहलाता जिसकी इकाई $^oC^{-1}$ या K^{-1} है

$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$. जहाँ L छड़ के गर्म करने के बाद की लम्बाई है।

α का तापमान व दूरी के साथ परिवर्तन



(a) यदि α दूरी के साथ बदलता है $\alpha = ax + b$.

तो कुल प्रसार = $\int (ax + b) \Delta T \, dx$.

(b) यदि α तापमान के साथ बदलता है $\alpha = f(T)$. तो $\Delta L = \int \alpha L_0 \, dT$

नोट : वास्तव में तापीय प्रसार हमेशा त्रिविमिय होता है। जब वस्तु की दो विमा एक के सापेक्ष नगण्य होती है तो अध्ययन सिर्फ एक ही विमा का किया जाता है और यह रेखीय प्रसार जाना जाता है।

Solved Examples

Example 11. जब एक 1 मी. लोहे की छड़ का तापमान 100ºC से बढाते तो उसकी लम्बाई में कितने प्रतिशत अन्तर आता है। लोहे के लिये $\alpha = 2 \times 10^{-5}/ºC$ है।

Solution : तापमान में बदलाव के कारण लम्बाई में प्रतिशत बदलाव–

$$\%\ell = \frac{\Delta\ell}{\ell} \times 100 = \alpha\Delta\theta \times 100$$

$$= 2 \times 10^{-5} \times 100 \times 100 = 0.2\% \quad \textbf{Ans.}$$

5.1 पदार्थो का तापीय प्रतिबल :

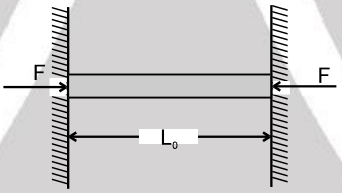
यदि छड़ प्रसार के लिये मुक्त होती है तो इसमें कोई प्रतिबल और विकृति नहीं होगी। प्रतिबल और विकृति तभी उत्पन्न होते है जब एक वस्तु के तापमान में बदलाव के कारण होने वाले प्रसारण या संकुचन को रोका जाये। जब छड़ का तापमान बंधित अवस्था में बढ़ाया या घटाया जाता है तो छड़ में तनाव या दबाव प्रतिबल उत्पन्न होते है।

ये प्रतिबल तापीय प्रतिबल कहलाते है।

$$\text{विकृति} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\text{अन्तिम लम्बाई} - \text{प्रारम्भिक लम्बाई}}{\text{प्रारम्भिक लम्बाई}} = \alpha\,\Delta T\,,$$

नोट : प्रारम्भिक लम्बाई और अन्तिम लम्बाई समान तापमान पर होनी चाहिये।

दो दृढ़ सिरे जिनके बीच की दूरी ℓ_0 है, के बीच ℓ_0 लम्बाई की एक छड़ स्थित है। अब यदि छड़ का तापमान $\Delta\theta$ से बढ़ाया जाता है तो छड़ में उत्पन्न विकृति होगी –



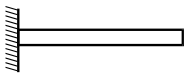
$$\text{विकृति} = \frac{\text{छड की लम्बाई नये तापमान पर} - \text{छड की मूल लम्बाई}}{\text{छड की मूल लम्बाई}} = \frac{\ell_0 - \ell_0(1+\alpha\Delta\theta)}{\ell_0(1+\alpha\Delta\theta)} = \frac{-\ell_0\alpha\Delta\theta}{\ell_0(1+\alpha\Delta\theta)}$$

$\because$ α बहुत कम है इसलिए

विकृति $= -\alpha\Delta\theta$ (उत्तर में ऋणात्मक चिन्ह यह दर्शाता है कि छड की लम्बाई प्राकृतिक लम्बाई से कम है, अर्थात दृढ सिरो द्वारा सम्पीडित होती है)

Solved Examples

Example 12. दिये चित्र में छड़ का एक सिरा मुक्त है तथा दूसरा सिरा जड़वत है। हम छड़ का तापमान $\Delta\theta$ से बढ़ाते है तो छड़ में विकृति होगी



(A) $\alpha\Delta\theta$ (B) $\frac{1}{2}\alpha\Delta\theta$ (C) शून्य (D) सूचना अपर्याप्त

Solution : यहाँ छड़ सिरे से प्रसारित होने के लिये मुक्त है इसलिये तापमान परिवर्तन पर छड़ में कोई विकृति उत्पन्न नहीं होगी। इसलिये उत्तर (C) है।

Example 13. एक लोहे की 15.00 सेमी. व्यास वाली वलय को एक घिरनी पर चढ़ाना है जिसका व्यास 15.05 सेमी. है। सभी माप कमरे के तापमान 20°C पर किये जाते है। वलय को न्यूनतम किस तापमान तक गर्म करना चाहिये ताकि यह सम्भव हो सकें। वलय में उत्पन्न विकृति ज्ञात करो जब यह कमरे के तापमान पर आ जाये। लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक $= 12 \times 10^{-6}/°C$.

Solution : वलय को इसका व्यास 15.00 सेमी. से 15.05 सेमी बढ़ाने के लिये गर्म किया जाना चाहिये

$\ell_2 = \ell_1 (1 + \alpha \Delta\theta)$ के प्रयोग करने पर –

$$\Delta\theta = \frac{0.05\text{cm}}{15.00\text{cm} \times 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}} = 278^{\circ}\text{C}$$

ताप = 20°C + 278°C = 298°C.

उत्पन्न विकृति = $\frac{\ell_2 - \ell_1}{\ell_1} = 3.33 \times 10^{-3}$.

Example 14. एक 1 मी. लम्बाई की छड़ चिकनी क्षैतिज सतह पर रखी है। यदि इसको 0°C से 100°C तक गर्म किया जाता है तो इसमें अनुदैर्ध्य विकृति कितनी होगी?

Solution : बाह्य बल की अनुपस्थिति में छड़ में कोई प्रतिबल या विकृति नहीं होगी। यहाँ छड़ प्रसार के लिये मुक्त है।

Example 15. एक स्टील की छड़ दो सिरों के बीच बंधी है तथा चिकने क्षैतिज तल पर रखी है। छड़ 20°C पर अपनी वास्तविक लम्बाई में है। यदि छड़ का तापमान 50°C से बढ़ाते है तो इसमें उत्पन्न अनुदैर्ध्य विकृति ज्ञात करो। स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक = $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ है।

Solution : हम जानते है कि

$$\text{विकृति} = \frac{\text{लम्बाई में परिवर्तन}}{\text{वास्तविक लम्बाई}} = \frac{\Delta\ell}{\ell_0}$$

$\therefore$ विकृति = $\alpha\Delta\theta = 1.2 \times 10^{-5} \times (50 - 20) = 3.6 \times 10^{-4}$

यहाँ विकृति सम्पीड़न विकृति है इसकी अन्तिम लम्बाई प्रारम्भिक से कम है।

Example 16. एक स्टील का तार जिसका काट क्षेत्रफल 0.5 mm^2 है, को दो जड़वत सिरो के बीच बाँधते है। यदि तार 20°C पर ठीक कसा हुआ रहता है, तो तनाव ज्ञात करो जब तापमान 0°C तक गिर जाता है। स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ और इसका यंग गुणांक 2.0×10^{11} N/m^2 दिया है।

Solution : यहाँ पर अन्तिम लम्बाई, वास्तविक से ज्यादा है इसलिये विकृति तनन है तथा तनन बल है

$F = AY\,\alpha\Delta t = 0.5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{11} \times 1.2 \times 10^{-5} \times 20 = 24$ N

5.2 लोलक घड़ी के आवर्तकाल में परिवर्तन :

लोलक घड़ी में सुईयो द्वारा दर्शाया गया समय लोलक द्वारा किये गये दोलन पर निर्भर करता है। प्रत्येक समय जब यह इसकी चरम अवस्था में पहुँचता है तो सैकण्ड की सुई एक सैकण्ड आगे बढ़ती है। इसका मतलब एक दोलन में सैकण्ड की सुई दो सैकण्ड चलती है।

माना $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, θ_0 तापमान पर और $T' = 2\pi\sqrt{\frac{L'}{g}}$, θ तापमान पर आवर्तकाल हैं।

$$\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}} = \sqrt{\frac{L\left[1+\alpha\Delta\theta\right]}{L}} = 1 + \frac{1}{2}\alpha\,\Delta\,\theta$$

इसलिये समय में परिवर्तन (हानि या लाभ) इकाई समय में $\frac{T'-T}{T}\ \frac{1}{2} = \alpha\,\Delta\theta$

't' समयान्तराल में समय में वृद्धि या कमी

$\Delta t = \frac{1}{2}\alpha\,\Delta\theta\,t$, यदि T सही आवर्तकाल है तो वृद्धि होती है

(a) $\theta < \theta_0$, $T' < T$ घड़ी जल्दी चलती है और समय में वृद्धि होती है।

(b) $\theta > \theta_0$, $T' > T$ घड़ी धीरे हो जाती है व समय में हानि होती है।

Solved Examples

Example 17. एक लोलक घड़ी में एक लोहे की छड़ से छोटा भारी पिण्ड जुड़ा है। यदि यह 20°C पर सही समय के लिये बनायी गयी है तो 40°C पर यह कितनी जल्दी या धीरे होगी। लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक = 1.2×10^{-6} /°C है।

Solution : 24 घण्टे (86400 सैकण्ड) में समय में अन्तर

$$\Delta t = \frac{1}{2} \alpha \Delta\theta \, t = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 10^{-6} \times 20 \times 86400 = 1.04 \text{ sec.}$$ **Ans.**

यह समय में हानि है, क्योंकि θ, θ_0 से ज्यादा है। यदि तापमान बढ़ता है तो आवर्त काल भी बढ़ता है। इसलिये घड़ी धीरे हो जाती है।

5.3 धात्विक पैमाने द्वारा लम्बाई का मापन :

स्थिति (i)

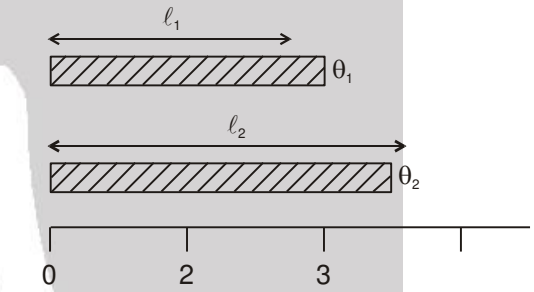
जब वस्तु केवल प्रसारित हो

$\ell_2 = \ell_1 \{1 + \alpha_0(\theta_2 - \theta_1)$

ℓ_1 = θ_1ºC पर वस्तु की वास्तविक लम्बाई = θ_1ºC पर मापी गई लम्बाई

ℓ_2 = θ_2ºC पर वस्तु की वास्तविक लम्बाई = θ_2ºC पर वस्तु की मापी गयी लम्बाई

α_0 = वस्तु का रेखीय प्रसार गुणांक



स्थिति (ii)

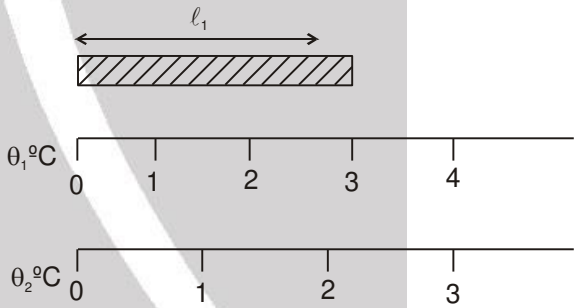
जब केवल मापित उपकरण को प्रसारित किया जाता है तो वस्तु की वास्तविक लम्बाई नहीं बदलेगी परन्तु मापित मान (MV) घटता है।

$MV = \ell_1 \{1 - \alpha_S (\theta_2 - \theta_1)\}$

α_S = मापित उपकरण का रेखीय प्रसार गुणांक

θ_1 °C पर MV = 3

θ_2°C पर MV = 2.2



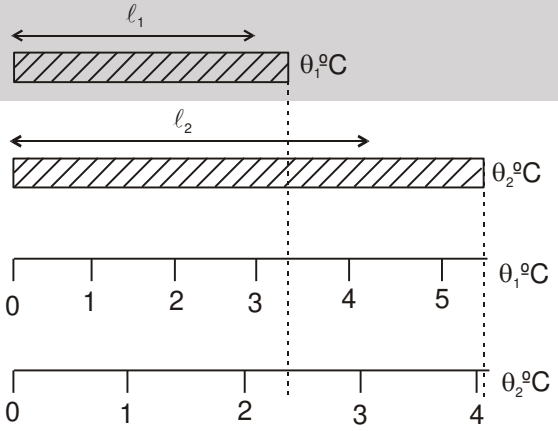
स्थिति (iii)

यदि दोनों एक साथ प्रसारित हो।

$MV = \{1 + (\alpha_0 - \alpha_s)(\theta_2 - \theta_1)$

(i) यदि $\alpha_0 > \alpha_s$, तो मापित मान वास्तविक मान से ज्यादा है θ_1ºC ताप पर

(ii) यदि $\alpha_0 < \alpha_s$, तो θ_1ºC ताप पर मापित मान वास्तविक मान से कम है।



θ_1ºC पर MV = 3.4

θ_2ºC पर MV = 4.1

मापक मान = अशांकित मान × {1 + α Δ θ}

जहाँ $\alpha = \alpha_0 - \alpha_s$

α_o = वस्तु का रेखीय प्रसार गुणांक, α_s = पैमाने का रेखीय प्रसार गुणांक

$\Delta\theta = \theta - \theta_C$

θ = मापन के समय तापमान θ_C = अशांकन के समय तापमान

पैमाने के लिये,

वास्तविक मापन = पैमाने का पाठ्यांक $[1 + \alpha (\theta - \theta_0)]$

यदि $\theta > \theta_0$ तो वास्तविक मापन > पैमाने का पाठ्यांक

यदि $\theta < \theta_0$ तो वास्तविक मापन < पैमाने का पाठ्यांक

Solved Examples

Example 18. एक छड को वर्नियर केलिपर से मापा गया और ये 180mm लम्बा पाया गया। मापन के समय तापमान 10ºC है। मापन में त्रुटि होगी, यदि वर्नियर केलिपर के पैमाने को 20ºC पर पाठ्यांकित किया गया है। ($\alpha = 1.1 \times 10^{-5}°C^{-1}$. माना कि छड़ की लम्बाई नहीं बदलेगी)

(A) 1.98×10^{-1} mm (B*) 1.98×10^{-2} mm

(C) 1.98×10^{-3} mm (D) 1.98×10^{-4} mm

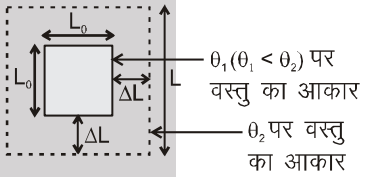
Answer : **(B)**

Solution : सही मापन = पैमाने का पाठ्यांक $[1 + \alpha (\theta - \theta_0)] = 180\ [1 - 10 \times 1.1 \times 10^{-5}]$

त्रुटि = $180 - 180\ [1 - 1.1 \times 10^{-4}] = 1.98 \times 10^{-2}$ mm

6. क्षेत्रफल प्रसार या द्विविमीय प्रसार

जब ठोस को गर्म करते है तो क्षेत्रफल बढ़ता है। इस तापीय प्रसार को क्षेत्रफल प्रसार कहते है, माना एक A_0 क्षेत्रफल की प्लेट है। जब इसको गर्म किया जाता है तो क्षेत्रफल में परिवर्तन इसके वास्तविक क्षेत्रफल A_0 तथा तापान्तर ΔT के समानुपाती होता है।



$dA = \beta A_0\, dT$ या $\mathbf{\Delta A = \beta\, A_0\, \Delta T}$

$\beta = \dfrac{\Delta A}{A_0 \Delta T}$ (β की विमा $ºC^{-1}$ या K^{-1} है)

$A = A_0 (1 + \beta\, \Delta T)$ जहाँ A प्लेट को गर्म करने के बाद का क्षेत्रफल है।

Solved Examples

Example 19. एक समतल पृष्ठ जिसका क्षेत्रफल 10°C पर $2m^2$ है तो इसका क्षेत्रफल 110ºC पर क्या होगा। इसका क्षेत्रफल प्रसार गुणांक 2×10^{-5}/C है।

Solution : $A = A_0(1 + \beta\Delta\theta) = 2\{1 + 2 \times 10^5 \times (110 - 10)\} = 2 \times \{1 + 2 \times 10^{-3}\}$ मी.^{2} **Ans.**

7. आयतन प्रसार या त्रिविमीय प्रसार

जब ठोस को गर्म करते है, तो इसका आयतन बढ़ता है इसको आयतन प्रसार कहते है। माना कि एक ठोस या द्रव जिसका वास्तविक आयतन V_0 है। जब इसको नये आयतन तक गर्म किया जाता है तो आयतन परिवर्तन ΔV है।

$dV = \gamma V_0\, dT$ या $\Delta V = \gamma\, V_0\, \Delta T$

$\gamma = \dfrac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$ (γ की विमा $ºC^{-1}$ or K^{-1} है)

$\mathbf{V = V_0 (1 + \gamma\, \Delta T)}$ जहाँ V वस्तु को गर्म करने के बाद आयतन है।

Solved Examples

Example 20. काँच के पात्र का आयतन 20°C पर 1000 cc है। इसमें इस तापमान पर पारे का कितना आयतन डाला जाना चाहिये ताकि शेष बचे हुये स्थान का आयतन ताप के साथ परिवर्तित नहीं हो। पारे तथा काँच का आयतन प्रसार गुणांक क्रमशः 1.8×10^{-4}/°C तथा 9.0×10^{-6}/°C है।

Solution : माना काँच के पात्र का 20ºC पर आयतन V_g तथा पारे का आयतन 20ºC पर V_m है। इसलिये शेष भाग का आयतन = $V_g - V_m$ होगा, जो कि नियत दिया गया है

$V_g - V_m = V_g' - V'_m$ जहाँ V_o' और V_m' अन्तिम आयतन है।

$V_g - V_m = V_g \{1 + \gamma_g \Delta\theta\} - V_m\{1 + \gamma_{Hg} \Delta\theta\} \quad \Rightarrow \quad V_g \gamma_g = V_m \gamma_{Hg}$

$V_m = \frac{100 \times 9 \times 10^{-6}}{1.8 \times 10^{-4}} \quad \Rightarrow V_m = 50$ cc.

8. α , β और γ में सम्बन्ध

(i) समांगी ठोस के लिए : $\alpha : \beta : \gamma = 1 : 2 : 3$ अथवा $\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$

(ii) असमांगी ठोस के लिए $\beta = \alpha_1 + \alpha_2$ और $\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$, यहां α_1, α_2 और α_3 X, Y और Z दिशा में रेखीय प्रसार गुणांक है।

Solved Examples

Example 21. यदि एक घनाभ वस्तु ($\ell \times 2\ell \times 3\ell$) में ताप के साथ लम्बाई में 1% का परिवर्तन आता है। तो क्षेत्रफल व आयतन में कितने प्रतिशत अन्तर आयेगा।

Solution : ताप के साथ लम्बाई में प्रतिशत अन्तर = % ℓ

$\frac{\Delta\ell}{\ell} \times 100 = \alpha\Delta\theta \times 100 = 1$

क्षेत्रफल में परिवर्तन $\Rightarrow$ % A = $\frac{\Delta A}{A} \times 100 = \beta\Delta\theta \times 100 \quad \Rightarrow \quad 2 (\alpha \Delta \theta \times 100)$

% A = 2 % **Ans.**

आयतन में परिवर्तन

% V = $\frac{\Delta V}{V} \times 100 = V \Delta \theta \times 100 = 3 (\alpha \Delta \theta \times 100)$

% V = 3 % **Ans.**

9. घनत्व का ताप के साथ परिवर्तन

हम जानते है कि द्रव्यमान = आयतन × घनत्व

किसी पदार्थ का द्रव्यमान ताप के साथ परिवर्तित नहीं होता है, इसलिए तापमान बढ़ाने पर, आयतन बढ़ेगा। अतः घनत्व घटेगा।

$$d = \frac{d_0}{(1+\gamma\Delta T)}$$

ठोस के γ का मान सामान्यतः कम होता है। इसलिए हम लिख सकते है $d = d_0 (1 - \gamma \Delta T)$ (द्विपद प्रमेय के प्रयोग से).

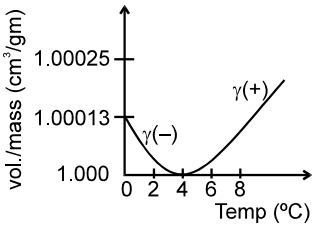
नोट :

(i) द्रव के लिए γ का परिमाण 10^{-3} क्रम का होता है।

(ii) **पानी का विचित्र प्रसार :** पानी के लिए घनत्व 0ºC से 4ºC तक बढ़ता है। इसलिए γ ऋणात्मक है। 4ºC से उच्च ताप तक घनत्व घटता है इसलिए γ धनात्मक है। 4ºC पर घनत्व अधिकतम होता है। पानी का यह व्यवहार पानी में

उपस्थित तीन तरह के अणुओं के कारण होता है। H_2O, $(H_2O)_2$ और $(H_2O)_3$ का द्रव्यमान व आयतन भिन्न–भिन्न ताप पर अलग–अलग होता है।

पानी के इस विचित्र व्यवहार के कारण सर्दी के मौसम में बर्फ पहले झील की सतह पर जमती है। जैसे–जैसे सर्दी बढती है, पानी का तापमान प्रारम्भ में सतह पर घटता है। यहां पानी डूब जाता है क्योकि इसका घनत्व बढ जाता है। क्रमागत रूप से सतह पर 0ºC पहले होता है ओर झील की ऊपरी सतह बर्फ से ढक जाती है। ठण्ड के मौसम में भी जलीय जीवन सुरक्षीत रहता है क्योकि झील की तली अभी द्रव (unfrozen) रूप में होती है जिसका तापमान 4ºC से ऊपर होता है।



Solved Examples

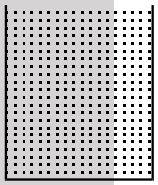
Example 22. लकड़ी और बेन्जीन का घनत्व 0°C पर क्रमशः 880 kg/m³ और 900 kg/m³ है। लकड़ी का रेखीय प्रसार गुणांक 1.2 ×10⁻³/°C तथा बेन्जीन का 1.5 × 10⁻³/°C है। किस तापमान पर लकड़ी का टुकड़ा बेन्जीन में ठीक डूब जायेगा ?

Solution : डूबने के लिए गुरूत्व बल = ऊपर की तरफ बल $mg = F_B$

$\Rightarrow V\rho_1 g = V\rho_2 g \quad \Rightarrow \rho_1 = \rho_2$

$$\frac{880}{1+1.2\times10^{-3}\theta} = \frac{900}{1+1.5\times10^{-3}\theta} \Rightarrow \theta = 83^\circ C$$

10. पात्र में द्रव का आभासी प्रसार



प्रारम्भ मे पात्र पूरा भरा था। जब तापमान ΔT से बदलता है तो

द्रव का आयतन $V_L = V_0 (1 + \gamma_L \Delta T)$

पात्र का आयतन $V_C = V_0 (1 + \gamma_C \Delta T)$

द्रव का पात्र के सापेक्ष बाहर निकलने वाला आयतन $\Delta V = V_L - V_C$

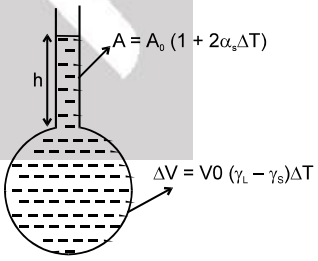
$\Delta V = V_0 (\gamma_L - \gamma_C) \Delta T$

इसलिए द्रव का आभासी प्रसार गुणांक पात्र के सापेक्ष $\gamma_{\text{आभासी}} = \gamma_L - \gamma_C$

पात्र + द्रव के निकाय के प्रसार की स्थिति में –

यदि $\gamma_L > \gamma_C \longrightarrow$ द्रव का स्तर बढ़ेगा।

यदि $\gamma_L < \gamma_C \longrightarrow$ द्रव का स्तर घटेगा।



नलिका में द्रव के स्तर की ऊँचाई में वृद्धि जब गोला (bulb) प्रारम्भ मे पूरी तरह नही भरा था।

$$h = \frac{\text{द्रव का आयतन}}{\text{नलिका का क्षे०}} = \frac{V_0(1+\gamma_L\Delta T)}{A_0(1+2\alpha_S\Delta T)} = h_0\{1 + (\gamma_L - 2\alpha_S)\Delta T\}$$

$h = h_0\{1 + (\gamma_L - 2\alpha_S)\Delta T\}$

जहाँ h_0 = पात्र में द्रव की वास्तविक ऊँचाई

α_S = पात्र का रेखीय प्रसार गुणांक

Solved Examples

Example 23 एक 100 cm^3 आयतन वाले काँच के पात्र को पारे से भरा जाता है तथा इसको 25°C से 75°C तक गर्म किया जाता है। पारे का कितना आयतन बाहर निकलेगा ? काँच का रेखीय प्रसार गुणांक = 1.8×10^{-6}/°C तथा पारे का आयतन प्रसार गुणांक 1.8×10^{-4}/°C है।

Solution : $\Delta V = V_0(\gamma_L - \gamma_C)\,\Delta T = 100 \times \{1.8 \times 10^{-4} - 3 \times 1.8 \times 10^{-6}\} \times 50$

$\Delta V = 0.87\ cm^3$ **Ans.**

11. उत्प्लावन बल का ताप के साथ परिवर्तन

यदि वस्तु पूरी तरह से द्रव में डूबी है

ठोस के लिए, उत्प्लावन बल $F_B = V_0\, d_L\, g$

V_0 = ठोस का द्रव के अन्दर आयतन

d_L = द्रव का घनत्व

वस्तु का आयतन ताप बढ़ाने के बाद, $V = V_0\,[1 + \gamma_S\,\Delta\theta]$,

वस्तु का घनत्व तापमान बढ़ने के बाद $d'_L = \dfrac{d_L}{\left[1+\gamma_L\Delta\theta\right]}$.

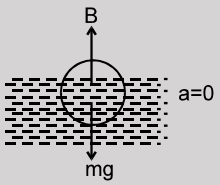
तापमान बढ़ने के बाद वस्तु का उत्प्लावन बल, $F'_B = V\,d'_L\,g$, $\dfrac{F'_B}{F_B} = \dfrac{\left[1+\gamma_S\Delta\theta\right]}{\left[1+\gamma_L\Delta\theta\right]}$,

यदि $\gamma_S < \gamma_L$ तो $F'_B < F_B$ (उत्प्लावन बल घटता है) या द्रव में वस्तु का आभासी भार बढ़ जाता है।

$[W - F'_B > W - F_B]$.

Solved Examples

Example 24. एक वस्तु द्रव में तैर रही है, यदि निकाय का तापमान बढ़ाते है तो उत्प्लावन बल में क्या अन्तर आयेगा। (वस्तु हमेशा तैरने की स्थिति रहती है।)



Solution : वस्तु साम्यावस्था में है।

अतः $mg = B$

और गुरूत्वीय बल, ताप परिवर्तन से नहीं बदलता है। अतः उत्प्लावन बल स्थिर रहता है। ताप बढ़ाने पर घनत्व घटता है तथा वस्तु का द्रव में आयतन बढ़ता है, जिससे उत्प्लावन बल, गुरूत्वीय बल के बराबर रहता है।

Example 25. पूर्व प्रश्न में तापमान बढ़ाने पर स्थितियों की व्याख्या करो जब वस्तु ऊपर जाती है, नीचे जाती है या उसी स्थान पर रहती है।

Solution : माना f = वस्तु के आयतन का वह भाग जो द्रव में डूबा है

$$f = \frac{\text{वस्तु का आयतन जो द्रव में डूबा है}}{\text{वस्तु का कुल आयतन}}$$

$f_1 = \dfrac{v_1}{v_0}$ θ_1ºC पर

$f_2 = \dfrac{v_2}{v_0(1+3\alpha_S\Delta\theta)}$ θ_2ºC पर

सामायावस्था के लिए $mg = B = v_1d_1g = v_2d_2g$.

अतः $v_2 = \frac{v_1 d_1}{d_2}$ $\quad \because \quad d_2 = \frac{d_1}{1+\gamma_L \Delta\theta} = v_1(1 + \gamma_L \Delta\theta)$

$\therefore \quad f_2 = \frac{v_1(1+\gamma_L \Delta\theta)}{v_0(1+3\alpha_s \Delta\theta)}$ $\quad$ जहां $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

स्थिति I : वस्तु नीचे जाती है, यदि $f_2 > f_1$ मतलब $\gamma_L > 3\alpha_S$

स्थिति II : वस्तु ऊपर जाती है, यदि $f_2 < f_1$ मतलब $\gamma_L < 3\alpha_S$

स्थिति III : उसी जगह रहती है, यदि $f_2 = f_1$ मतलब $\gamma_L = 3\alpha_S$

12. द्विधात्विक पट्टी

दो अलग–अलग धातु की पट्टी को पार्श्व जोड़कर द्विधात्विक पट्टी बनाते है। इसको एक समान रूप से गर्म करते है तो यह चाप के आकार मे मुड़ जाती है। अधिक रेखीय प्रसार गुणांक वाला भाग उत्तल हो जाता है। द्विधात्विक पट्टी द्वारा बनाये गये चाप की त्रिज्या :

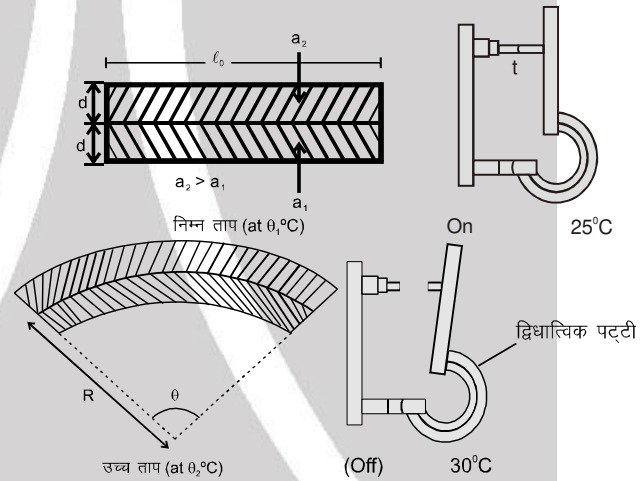
$$\ell_0 (1 + \alpha_1 \Delta\theta) = \left(R - \frac{d}{2}\right)\theta$$

$$\ell_0 (1 + \alpha_2 \Delta\theta) = \left(R + \frac{d}{2}\right)\theta$$

$$\Rightarrow \frac{1+\alpha_2 \Delta\theta}{1+\alpha_1 \Delta\theta} = \frac{R+\frac{d}{2}}{R-\frac{d}{2}}$$

$$\Rightarrow R = \frac{d}{(\alpha_2 - \alpha_1)\Delta\theta}$$

$\Delta\theta = \theta$ ताप में परिवर्तन $= \theta_2 - \theta_1$



चित्र (a) तथा (b) में एक द्विधात्विक पट्टी को T_0 तापमान पर एक पीतल की पट्टी और दूसरी स्टील की पट्टी को जोड़कर बनाया गया है। चित्रानुसार पट्टी सापेक्ष तापमान से अधिक तापमान पर मुड़ जाती है। सापेक्ष तापमान से कम तापमान पर पट्टी दूसरी ओर मूड जाती है। बहुत से ताप उपकरण इसी सिद्धान्त पर कार्य करते हैं, जैसे एक विद्युत परिपथ को बनाने और तोड़ने पर तापमान बढ़ता है और घटता है

13. तापीय प्रसार के अनुप्रयोग

(a) लोहे की दो पटरियों के मध्य अल्प अन्तराल छोड़ते है।

(b) लोहे की वलय को गर्म करके लकड़ी के पहिये पर चढ़ाते है।

(c) काँच की बोतल की गर्दन मे कार्क फँस जाने पर इसे गर्म करके निकाल सकते है।

(d) घड़ी का लोलक इन्वार (invar) मिश्र धातु का बनाते है। [जिंक व कॉपर की मिश्र धातु]

14. तापमान

तापमान को वस्तु के गर्म या ठण्ड की कोटि के रूप में परिभाषित करते है। ऊष्मा ऊर्जा अधिक तापमान वाली वस्तु से कम तापमान वाली की तरफ चलती है, जब तक कि तापमान समान न हो जाये। इस स्थिति में वस्तुऐं तापीय साम्यावस्था में कहलाती है।

14.1 तापमान का मापन

ऊष्मागतिकी वह शाखा जिसमें तापमान के मापन का अध्ययन करते है तापमिति कहलाती है। किसी वस्तु का तापमान मापने के लिए तापमापी उपयोग मे लिया जाता है। पदार्थ जैसे द्रव और गैस जो तापमापी मे काम आता है , तापमापीय पदार्थ कहलाता है।

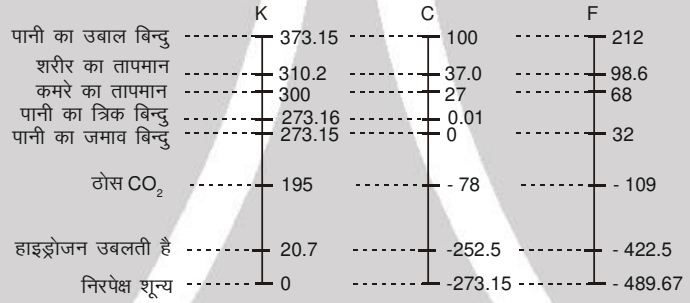
14.2 विभिन्न तापमान के पैमाने

तापमापी को निम्न पैमानों में अशांकित किया जाता है–

(a) सेन्टीग्रेड या सेल्शियस पैमाना (ºC) (b) फारेनहाइट पैमाना (ºF)

(c) रूमर पैमाना (ºR) (d) केल्विन पैमाना (K)

14.3 विभिन्न तापमान पैमाने की तुलना



विभिन्न तापीय पैमानों के बीच सम्बन्ध निम्न है –

$$\frac{K-273}{100} = \frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{R}{80}$$

एक पैमाने से दूसरे पैमाने में परिवर्तन का सामान्य सूत्र –

$$\frac{\text{ए क पैमाने } (S_1) \text{ पर ताप } -(S_1) \text{ पर निम्न स्थिर बिन्दु}}{(S_1) \text{ पर उच्च स्थिर बिन्दु} - (S_1) \text{ पर निम्न स्थिर बिन्दु}} = \frac{\text{अन्य पैमाने } (S_2) \text{ पर ताप- } (S_2) \text{ पर निम्न स्थिर बिन्दु}}{(S_2) \text{ पर उच्च स्थिर बिन्दु} - (S_2) \text{ पर निम्न स्थिर बिन्दु}}$$

14.4 तापमापी

तापमापी, तापमान मापने के उपयोग में आने वाला यंत्र है। सभी तापमापी, तापमान परिवर्तन के साथ तापमापी पदार्थ का गुण परिवर्तित होता है, के सिद्धान्त पर कार्य करते हैं।

अच्छे तापमापी पदार्थ में आवश्यक गुण

(1) चिपकने का गुण न हो (आसंजक बल अनुपस्थित होना चाहिए)

(2) कम गलनांक (कमरे के ताप की तुलना में)

(3) उच्च क्वथनांक

(4) आयतन प्रसार गुणांक अधिक होना चाहिए। (मापन में यर्थाता बढाने के लिए)

(5) ऊष्मा धारिता कम होनी चाहिए।

(6) चालकता अधिक होनी चाहिए।

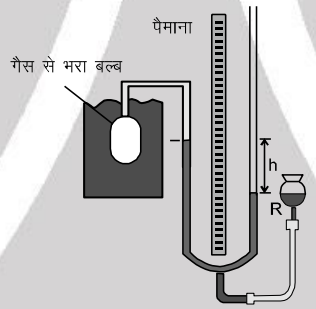
पारे में उपरोक्त सभी गुण होते है।

14.5 तापमापी के प्रकार (JEE के लिए नही है)

तापमापियों के प्रकार तथा इसकी परास	तापीयमापन गुण	लाभ	दोष	विशिष्ट प्रयोग
काँच में पारा – 39ºC से 450ºC	केशिका नली में पारे स्तम्भ की लम्बाई	(i) तेज तथा सरल (प्रत्यक्ष मापन) (ii) रखने में आसानी	(i) टूटने वाला (ii) छोटा आकार (iii) सीमित परास	(i) प्रत्येक प्रयोगशाला प्रयोग में जहाँ ज्यादा शुद्धता आवश्यक नहीं है। (ii) स्थिर आयतन गैस तापमापी से ज्यादा शुद्धता तक अंशाकित कर सकते है।
स्थिर आयतन गैस तापमापी 270º से 1500ºC	स्थिर आयतन पर नियत द्रव्यमान की गैस का दाब	(i) बहुत शुद्ध (ii) अधिक संवेदी (iii) ज्यादा परास (iv) बनाने में आसानी	(i) बल्ब का आयतन ज्यादा होना (ii) प्रयोग में सुस्त तथा असुविधाजनक	(i) अन्य सभी के अंशाकन के लिए मानक (ii) परास के आधार पर He, H_2 तथा N_2 का प्रयोग (iii) आदर्श गैस पैमाने तक संशोधित किया जा सकता है (iv) -183ºC ताप तक मानक प्रयोग
प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी –180º से 1150ºC	प्लेटिनम कुण्डली का विद्युत प्रतिरोध	(i) शुद्ध (ii) ज्यादा परास	परिवर्ती तापक्रम के लिए अनुपयुक्त (अर्थात् परिवर्तन के लिए सुस्त)	(i) अल्प स्थिर तापान्तर के लिए सबसे अच्छा तापमापी (ii) 183ºC से 630ºC के बीच मानक मापन
तपयुग्म –250ºC से 1150ºC	असमान धातुओं की संधि पर तापान्तर के कारण उत्पन्न विद्युत वाहक बल	(i) अल्प ऊष्मीय धारिता के कारण ज्यादा संवेदनशील (ii) ज्यादा परास (iii) दूरस्थ स्थानों के मापन में प्रयोग (लम्बे तार लगाकर)	चलित कुण्डली वोल्टमीटर से वि०वा० बल मापने पर शुद्धता समाप्त होती है (क्यों तेज परिवर्तन के कारण विभवमापी अनुपयुक्त)	(i) अल्प स्थिर तापान्तर के लिए सबसे अच्छा तापमापी। (ii) गेल्वेनोमीटर के अंशाकन के बाद प्रत्यक्ष मापन (iii) 630ºC से 1063ºC के बीच मानक मापन
विकिरण तापमापी 1000ºC से ज्यादा	गर्म वस्तु द्वारा उत्सर्जित विकिरण के रंग	ताप मापन के दौरान सम्पर्क नहीं होता है	(i) जटिल (ii) प्रत्यक्ष पाठ्यांक नहीं (प्रशिक्षित प्रेक्षक जरूरी)	(i) केवल उच्च ताप के लिए तापमापी (ii) 1063ºC के ऊपर मानक मापन।

14.6 नियत आयतन गैस तापमापी

मानक तापमापी जिसकी सहायता से दूसरे तापमापी को अशांकित करते है। यह नियत आयतन की गैस के दाब पर आधारित है। चित्र में स्थिर आयतन तापमापी दर्शाया गया है, जिसमें गैस से भरे बल्ब को नलिका द्वारा पारे दाबमापी से जोड़ते है।



स्थिर आयतन तापमापी दर्शाया गया है, जिसमें गैस से भरे बल्ब को द्रव में डुबोया गया है जिसका कि तापमान T मापना है।

$$T = (273.16\ K)\left(\lim_{\text{गैस}\to 0}\ \frac{P}{P_3}\right)$$

P = मापने वाले ताप पर दाब, P_3 = दाब जब बल्ब त्रिक बिन्दु पर हो।

Solved Examples

Example 26. 0ºC तथा 100ºC पर तापमापी के पारे स्तम्भ का पाठ्यांक क्रमशः 50 सेमी० तथा 75 सेमी० है। वह ताप ज्ञात करो जब पारे स्तम्भ का पाठ्यांक 80 सेमी० हों ?

Solution : सूत्र के प्रयोग से –

$$\frac{80-50}{75-50} = \frac{T-0}{100-0}$$

$\Rightarrow$ T = 120ºC

Solved Miscellaneous Problems

Problem 1. एक 10 ग्राम द्रव्यमान की गोली की चाल 400 मी/से. है। इसकी गतिज ऊर्जा कैलोरी में ज्ञात करो।

Solution : $\Delta k = \frac{1}{2} \times \frac{10}{1000} \times 400 \times 400 = 800$

$\frac{800}{4.2} = 191.11$ Cal.

Problem 2. 1 किग्रा वाष्प का तापमान 100ºC से 200ºC तक बढ़ाने के लिये कितनी ऊष्मा चाहिये।

Solution : आवश्यक ऊष्मा $= 1 \times \frac{1}{2} \times 100 = 50$ kcal $= 1$ cal

Problem 3. 1 ग्राम पानी का तापमान 1ºC बढ़ाने के लिये कितनी ऊष्मा चाहिये।

Solution : आवश्यक ऊष्मा $= 1 \times 10^{-3} \times 1 \times 1 = 1 \times 10^{-3}$ kcal

Problem 4. 10 ग्राम पानी को 420 J ऊर्जा देने पर इसका तापमान कितना बढ़ेगा।

Solution : $\frac{420 \times 10^{-3}}{4.20} = 10 \times 10^{-3} \times 1 \times \Delta t = 10^{\circ}$ C

Problem 5. दो वस्तुओं के घनत्व का अनुपात 3 : 4 तथा विशिष्ट ऊष्मा का अनुपात 4 : 3 है। इनके इकाई आयतन की ऊष्मा धारिता का अनुपात ज्ञात करिये।

Solution : $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{3}{4}, \frac{s_1}{s_2} = \frac{4}{3}$

अनुपात $= \frac{m \times s}{m/\rho} \Rightarrow \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{s_1}{s_2} \times \frac{\rho_1}{\rho_2} = 1 : 1.$

Problem 6. 1 किग्रा वाष्प को 150ºC से 50ºC पानी में बदलने में कितनी ऊष्मा मुक्त होगी।

Solution : $H = 1 \times \frac{1}{2} \times 50 + 1 \times 540 + 1 \times 1 \times 50$

$= 540 + 75 = 615$ Kcal

मुक्त ऊष्मा = 615 Kcal.

Problem 7. 200 ग्राम पानी को नगण्य ऊष्मा धारिता वाले कैलोरीमिती में भरा जाता है। इसका तापमान 20ºC से, गर्म करके बढ़ाया जाता है। पानी को दी गयी ऊष्मा ज्ञात करिये।

Solution : $H = 200 \times 10^{-3} \times 1 \times 20 = 4$ Kcal.

दी गई ऊष्मा = 4000 cal

Problem 8. एक 5 ग्राम की गोली 400 मी/से. से गति करती हुयी निशाने पर टकराती है। यह मानते हुये कि पूरी गतिज ऊर्जा ऊष्मा ऊर्जा में बदल जाती है, गोली के ताप में वृद्धि ज्ञात करो। गोली की वि. ऊष्मा 500 जूल/किग्रा ºC है।

Solution : गतिज ऊर्जा $= \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-3} \times 400 \times 400$

$ms \Delta T = 5 \times 10^{-3} \times 500 \times \Delta T$

$\Delta T = 160^{\circ}$ C

ताप में वृद्धि = 160 ºC

Problem 9. –10ºC वाली 1 किग्रा बर्फ को 100ºC वाले पानी के साथ मिलाते है। तो साम्यवस्था तापमान व मिश्रण के भाग ज्ञात करो।

Solution : 1 kg बर्फ द्वारा ली गई ऊष्मा = 1 kg पानी द्वारा दी गई ऊष्मा

$1 \times \frac{1}{2} \times 10 + 1 \times 80 + 1 \times T = 1 \times (100 - T)$

$85 = 100 - 2T \Rightarrow 2T = 15$

$\theta = \frac{15}{2} = 7.5$ ºC, (पानी)

Problem 10. –10ºC वाली 1 किग्रा बर्फ को 50ºC वाले पानी के साथ मिलाते है। तो मिश्रण का तापमान व मिश्रण के भाग ज्ञात करो।

Solution : बर्फ द्वारा ली गयी ऊष्मा = 5 Kcal + 80 Kcal = 85 Kcal

पानी द्वारा दी गयी ऊष्मा = 1 × 1 × 50 = 50 Kcal

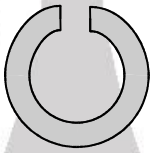
ली गयी ऊष्मा > दी गयी ऊष्मा अतः बर्फ पूरा नहीं पिघलेगा, माना m g बर्फ पिघलता है तो

$$1 \times \frac{1}{2} \times 10 + 80\ m = 50$$

$$80\ m = 45 \ \Rightarrow \ m = \frac{45}{80}$$

मिश्रण के भाग $\begin{Bmatrix} \text{पानी} & \left(1+\frac{45}{80}\right)\ \text{kg} \\ \text{बर्फ} & \left(1-\frac{45}{80}\right)\ \text{kg} \end{Bmatrix}$ तथा तापक्रम 0ºC है।

Problem 11. एक छोटी वलय में कुछ भाग चित्रानुसार छुटा हुआ है तापमान बढ़ाने पर छुटे हुये भाग का आकार का क्या होगा।



Solution : छुटे हुये भाग का आकार बढेगा।

Problem 12. लम्बाई ℓ_1 और रेखीय प्रसार गुणांक α, की पतली छड़ को आधार लेकर और लम्बाई ℓ_2 व रेखीय प्रसार गुणांक α_2 की दो पतली छड़ों की सहायता से एक समद्विबाहु त्रिभुज बनते है। यदि शीर्ष और आधार के मध्य बिन्दु के बीच की दूरी तापमान परिवर्तन के साथ अपरिवर्तित रहती तो दर्शाइये कि $\frac{\ell_1}{\ell_2} = 2\sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1}}$.

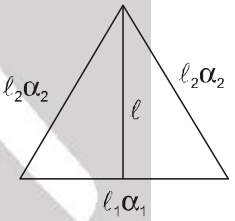
Solution :

$$\ell = \sqrt{\left(\frac{\ell_1}{2}\right)^2 + (\ell_2)^2}$$

$$\ell^2 = \left(\frac{\ell_1}{2}\right)^2 + (\ell_2)^2$$

$$0 = \frac{2\ell_1}{2}\frac{1}{2}\frac{d\ell_1}{dT} + 2\ell_2 \times \frac{d\ell_2}{dT} = 2\ell_2 \times \ell_2\ \alpha_2 \Delta T$$

$$\Rightarrow \ \frac{\ell_1^2}{\ell_2^2} = 4\ \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \Rightarrow \frac{\ell_1}{\ell_2} = 2\sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1}}\ .$$



Problem 13. एक सर्दी की रात जब तापमान 0°C है एक कंक्रीट पट्टिका की लम्बाई 10 m है। गर्मी के दिनों में जब तापमान 35°C है, पट्टिका की लम्बाई ज्ञात करो। कंक्रीट का रेखीय प्रसार गुणांक है – 1.0×10^{-5}/°C.

Solution : $\ell_t = 10(1 + 1 \times 10^{-5} \times 35) = 10.0035$ m

Problem 14. एक स्टील की छड़ जो कि दोनों सिरों पर बंधी हुई है, एक स्थिर क्षैतिज आधार पर रखी हुई है। छड़ में 20°C पर विकृति नहीं है। यदि तापमान 50°C तक बढ़ा दिया जाये तो छड़ में अनुदैर्ध्य विकृति ज्ञात करो। (स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक = 1.2×10^{-5}/°C)

Solution : $\frac{\Delta\ell}{\ell} = \frac{\ell_0 \alpha \Delta\theta}{\ell_0} = 3.6 \times 10^{-4}$

Problem 15. यदि छड़ प्रारम्भ में $\Delta\ell$ से संकुचित हो तो छड़ में विकृति क्या होगी जब तापमान

(a) $\Delta\theta$ से बढ़ाते है (b) $\Delta\theta$ से घटाते है

Solution: (a) विकृति $= \frac{\Delta\ell}{\ell} + \alpha\Delta\theta$ (b) विकृति $= \left|\frac{\Delta\ell}{\ell} - \alpha\Delta\theta\right|$

Problem 16. एक लोलक घड़ी में ताँबे की छड़ को लगाया जाता है तथा यह 20°C पर सही समय दर्शाती है। यदि इसको 0°C पर ठण्डा करते है तो यह प्रतिदिन 15 सैकण्ड जल्दी हो जाती है। ताँबे का रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात करो।

Solution : $\frac{15}{24\times60\times60} = \frac{1}{2}\ \alpha \times 20 \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{1}{16\times3600} = 1.7 \times 10^{-5}/°C$

Problem 17. एक मीटर स्टील पैमाने को 20°C पर सही पाठयांक के लिये अशांकित किया गया है। 50 सेमी व 51 सेमी निशान के बीच की दूरी 10°C पर ज्ञात करो। स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक $1.1 \times 10^{-5}/°C$ है।

Solution : $\ell_t = 1\ (1 - 1.1 \times 10^{-5} \times 10) = 0.99989$ cm

Problem 18. एक एकसमान ठोस पीतल का गोला एक व्यास के सापेक्ष ω_0 कोणीय चाल से घूम रहा है। यदि इसका तापमान अब 100ºC से बढ़ा दिया जाता है तो इसकी नयी कोणीय चाल क्या होगी। ($\alpha_B = 2.0 \times 10^{-5}$ perºC)

(A) $\frac{\omega_0}{1-0.002}$ (B) $\frac{\omega_0}{1+0.002}$ (C) $\frac{\omega_0}{1+0.004}$ (D) $\frac{\omega_0}{1-0.004}$

Answer : **(C)**

Solution : $I_0\ \omega_0 = I_t\ \omega t$

$Mr_0^2\ \omega_0 = Mr_0^2\ (1 + 2\alpha\Delta T)\omega_t$

$\omega_t = \frac{\omega_0}{1+0.004}$.

Problem 19. पतले पीतल की दिवारों से बने एक पात्र का आयतन तथा ठोस पीतल के गोले का आयतन समान एवं 0ºC पर 1,000 सेमी.^{3} के बराबर है। 20ºC से गर्म किये जाने पर पात्र एवं गोले के आयतन में क्या परिवर्तन होगा। पीतल का रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha = 1.9 \times 10^{-5}$ है।

Solution : $\Delta V = V_0\ 3\alpha\ \Delta T = 1.14\ cm^3$

$1.14\ cm^3$ दोनो के लिए

Problem 20. एक पतले तांबें के तार की लम्बाई L, 1% से बढ़ जाती है जब यह तापमान T_1 से T_2 तक गर्म की जाती है। जब एक पतले तांबे की पट्टिका को जिसकी विमायें 2L × L को T_1 से T_2 तक गर्म किया जाता है, तो क्षेत्रफल में प्रतिशत परिवर्तन होगा ?

(A) 1% (B) 3% (C) 4% (D) 2%

Answer : **(D)**

Solution : $L_f = L\ (1 + \alpha\Delta t\ ) \Rightarrow \frac{L_f}{L} \times 100 = (1 + \alpha\Delta t) \times 100 = 1\%$

$A_f = 2L \times L\ (1 + 2\ \alpha\Delta t) \Rightarrow \frac{A_f}{2L\times L} \times 100 = (1 + 2\alpha\ \Delta t) \times 100 = 2\%$

Problem 21. पानी का घनत्व 0°C पर 0.998 g/cm^3 तथा 4°C पर 1.000 g/cm^3 है। 0 से 4°C तक की परास के लिए पानी का औसत आयतन प्रसार गुणांक ज्ञात करो।

Solution : $d_t = \frac{d_0}{1+\gamma\Delta t} \Rightarrow 1 = \frac{0.998}{1+\gamma\times4} \Rightarrow \gamma = -5 \times 10^{-4}\ /{}^0C$

Problem 22. 0°C पर एक काँच के पात्र का माप 10 cm × 10 cm × 10 cm है। इसको इस ताप पर पारे से भरते है। जब तापमान 10°C बढ़ाते है तो 1.6 cm^3 पारा बाहर निकलता है। पारे का आयतन प्रसार गुणांक ज्ञात करो। काँच का रेखीय गुणांक = 6.5×10^{-6}/°C है।

Solution : $\Delta V = V_{Hg} - V_V$

$1.6 = 10^3 \gamma_\ell \times 10 - 10^3 \times 3 \times 6.5 \times 10^{-6} \times 10$

$\gamma_L = (1.6 + 0.195) \times 10^{-4} = 1.795 \times 10^{-4}$ /^{0}C

Problem 23. एक धातु की गेंद को जो एल्कोहल मे डूबी है, का 0°C पर भार W_1 तथा 50°C पर भार W_2 है। धातु का आयतन प्रसार गुणांक एल्कोहल से कम है। धातु का घनत्व एल्कोहल से ज्यादा है। ज्ञात कीजिए कि W_1 और W_2 में कौन ज्यादा है ?

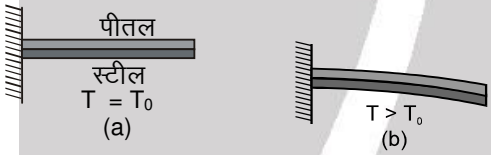
Solution : $\gamma_M < \gamma_\ell$

अतः, $\frac{F'_B}{F_B} = \frac{[1+\gamma_S \Delta\theta]}{[1+\gamma_\ell \Delta\theta]} \Rightarrow F'_B < F_B$

अतः आभासी भार बढ़ जाता है

अतः, $W_2 > W_1$

Problem 24. निम्न लिखित चित्र में कौनसी पट्टी पीतल या स्टील का ज्यादा रेखीय प्रसार गुणांक होगा ?



Solution : पीतल पट्टी

Problem 25. एक गलत तापमापी का अधिकतम व निम्नतम तापमान 5ºC और 105ºC है। यदि तापमापी 25ºC तापमान दर्शाता तो वास्तविक तापमान क्या है?

Solution : $\frac{25-5}{100} = \frac{C-0}{100}$

C = 20º C

Problem 26. किस तापमान पर फॉरेनहाइट पैमाना सेल्सियस पैमाने के दुगने के बराबर पाठयांक दर्शायेगा ?

Solution : $\frac{F-32}{180} = \frac{C-0}{100}, \frac{2x-32}{180} = \frac{x-0}{100}$

10x – 160 = 9x

x = 160º C

Problem 27. एक बीमार का तापमान 40ºC है। फॉरेनाइट पर इसका तापमान क्या है ?

Solution : $\frac{F-32}{180} = \frac{40-0}{100} \Rightarrow F = 104º F$

Exercise-1

✍ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

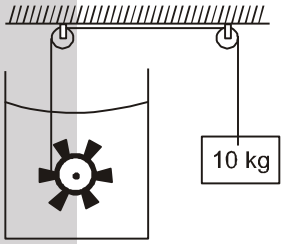
खण्ड़ (A) : ऊष्मामिति

A-1.✍ निम्न समीकरण में H का मान ज्ञात करो।
1 किग्रा० भाप 200ºC पर = H + 1 किग्रा० पानी 100ºC पर ($S_{भाप}$ = नियत = 0.5 Cal/gm°C)

A-2. बर्फ के टुकड़े (0°C पर) को कितनी ऊँचाई से छोड़ा जाना चाहिए ताकि यह पूर्णतया पिघल जायें। बर्फ द्वारा सिर्फ एक चौथाई उत्पन्न ऊर्जा को ऊष्मा रूप में अवशोषित किया जाता है। (बर्फ की गुप्त ऊष्मा = 3.4×10^5 J kg^{-1}, g = 10 m/s^2)

A-3. तांबे का 200 ग्राम द्रव्यमान का एक घन 37º के झुकाव के खुरदरे नततल पर नियत चाल से फिसलता है। माना कि यांत्रिक ऊर्जा में हानि तांबे के द्रव्यमान को तापीय ऊर्जा के रूप में मिल जाती है। ब्लॉक के 60 सेमी० फिसलने पर कितना तापमान बढ़ेगा। तांबे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 420 J/kg-K है।

A-4✍. चित्र में दर्शाए अनुसार एक घूमने वाला पहिया 10 kg द्रव्यमान के ब्लॉक से जुडा हुआ है। पहिया, 4000 J/K ऊष्मा धारिता के द्रव में डुबा हुआ है। पात्र रूद्धोष्म है। ब्लॉक के धीरे धीरे 1m नीचे जाने के समयन्तराल में गणना करे।
(a) द्रव पर किया गया कार्य
(b) द्रव को दी गई ऊष्मा
(c) द्रव के तापमान में वृद्धि
पहिये और पात्र की ऊष्मा धारिता नगण्य है।



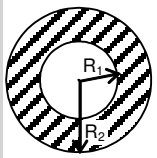
A-5 25°C ताप पर 300 g पानी को 0°C ताप पर 100 g बर्फ में मिलाया जाता है। मिश्रण का अन्तिम ताप ज्ञात कीजिए।
[1989; 2M]

खण्ड़ (B) : तापीय प्रसार

B-1. एक धातु की गेंद का ताप बढ़ाते है। आयतन, पृष्ठीय क्षेत्रफल तथा त्रिज्या के प्रतिशत परिवर्तनों को बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित करें।

B-2. एक कांसे की चकती स्टील की प्लेट के छेद में फँसी हुई है। आप चकती को निकालने के लिए निकाय को गर्म करेंगे या ठण्डा करेंगे। मानें कि $\alpha_s < \alpha_b$ ।

B-3.✍ यदि प्रदर्शित प्लेट का तापमान $\Delta\theta$ से बढ़ा दे तो ज्ञात करो –
(a) नयी आन्तरिक त्रिज्या
(b) नयी बाह्य त्रिज्या
(c) बाह्य व आन्तरिक त्रिज्या में अन्तर और दर्शाइये कि यह धनात्मक है।
(d) धात्विक प्लेट का क्षेत्रफल (मानिए कि प्रसार गुणांक α है)



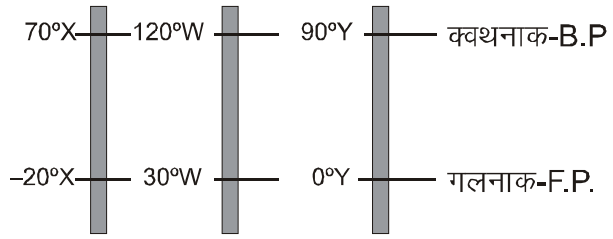
B-4.✍ हमारे पास समान पदार्थ तथा समान त्रिज्या का एक ठोस तथा एक खोखला गोला है। उन दोनों को समान मात्रा में ताप बढ़ाने के लिए गर्म किया जाता है। आयतन प्रसार के कारण उन दोनों का आयतन किस तरह परिवर्तित होगा, सम्बन्ध बताइये। दो स्थितियां मानिए (i) खोखले गोले में हवा है। (ii) खोखले गोले में निर्वात है।

B-5 0ºC पर एल्यूमिनियम एवं स्टील की छड़ो की लम्बाईयों का योग क्या होगा, जिसके लिए प्रत्येक ताप पर उनकी लम्बाईयों का अन्तर 0.25m हो। (एल्यूमिनियम एवं स्टील के लिए 0ºC पर रेखीय प्रसार गुणांक क्रमशः 22×10^{-6}/ºC तथा 11×10^{-6}/ºC है।)

B-6 एक स्टील का पेमाना 20 ºC पर सही अंशाकित है तथा इसे 30 ºC पर एक मेज की लम्बाई मापने में प्रयुक्त किया जाता है। लम्बाई के मापन में प्रतिशतत्रुटि ज्ञात कीजिए। [$\alpha_{steel} = 11 \times 10^{-6}$/ ºC]

खण्ड़ (C) : ताप

C-1. चित्र मे तीन तापमापी दर्शाये गये है जिन पर पानी का गलनांक तथा क्वथनांक अंकित है



(a) इन पैमानों पर डिग्री के आकार को संयोजित करें, सर्वाधिक पहले।

(b) दिए गए तापमानों को व्यवस्थित करें, सर्वाधिक पहले : 50°X, 50°W और 50°Y.

C-2. किस तापमान पर सेन्टीग्रेड तथा फॉरेनहाइट पैमाने पर पाठ्यांक समान होता है।

भाग - II : एकल विकल्पी वस्तुनिष्ठ प्रश्न (SINGLE CHOICE OBJECTIVE QUESTIONS)

खण्ड़ (A) : ऊष्मामिति

A-1. m द्रव्यमान तथा θ (°C में) तापमान वाले पानी को अधिक द्रव्यमान M वाली बर्फ जो उसके गलनांक पर है, पर डाला जाता है। यदि पानी की विशिष्ट ऊष्माधारिता c है तथा बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा L है तो पिघले हुए बर्फ का द्रव्यमान दिया जाता है–

(A) $\frac{ML}{mc\theta}$ (B) $\frac{mc\theta}{ML}$ (C) $\frac{Mc\theta}{L}$ (D) $\frac{mc\theta}{L}$

A-2. एक तापीय विलगित निकाय में 100 ग्राम पानी 0°C पर है। जब पानी के ऊपर की हवा को पंप द्वारा बाहर खींचा जाता है तो कुछ पानी जम जाता है तथा कुछ 0°C पर वाष्पित हो जाता है। यदि पात्र में पानी नहीं बचता हो तो बने हुए बर्फ का द्रव्यमान होगा। पानी की 0°C पर वाष्पन की गुप्त ऊष्मा = 2.10×10^6 J/kg तथा बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा = 3.36×10^5 J/kg है।

(A) 86.2 g (B) 13.8 g (C) 76.2 g (D) 65.6 g

A-3. –10°C पर 20 gm बर्फ, 100 °C पर m gm वाष्प के साथ मिलायी जाती है। m का न्यूनतम मान ताकि सम्पूर्ण बर्फ व सम्पूर्ण वाष्प जल में परिवर्तित हो जाये। (दिया है : s_{ice} = 0.5 cal/gm°C, s_{water} = 1 cal/gm°C, L (गलन) = 80 cal/gm तथा L (वाष्पन) = 540 cal/gm)

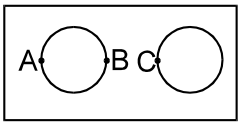
(A) $\frac{85}{32}$ gm (B) $\frac{85}{64}$ gm (C) $\frac{32}{85}$ gm (D) $\frac{64}{85}$ gm

A-4. – 20 °C की 2 kg बर्फ को 20 °C के 5 kg पानी से मिलाया जाता है। मिश्रण में पानी की अन्तिम मात्रा होगी [बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा = 0.5 cal/gm °C, पानी की विशिष्ट ऊष्मा = 1 cal/gm °C, बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा = 80 cal/gm] **[JEE-2003 (Scr.), 3/84,–1]**

(A) 6 kg (B) 7 kg (C) 3.5 kg (D) 5 kg

खण्ड़ (B) : तापीय प्रसार

B-1. धातु की शीट से दो छिद्र काटे जाते है। यदि इसको गर्म किया जाता है, तो दूरियाँ AB और BC (चित्रानुसार)



(A) दोनों बढ़ेगी। (B) दोनों घटेगी। (C) AB बढ़ेगी, BC घटेगी (D) AB घटेगी, BC बढ़ेगी।

B-2. एक स्टील पैमाने को इस तरह बनाया गया है कि मिमी० अन्तराल की शुद्धता की परास 6×10^{-5} मिमी० है। अंशाकन के दौरान मिमी० चिन्ह को मापने के दौरान ताप में महत्तम परिवर्तन है ($\alpha = 12 \times 10^{-6}$ /°C) –

(A) 4.0°C (B) 4.5°C (C) 5.0°C (D) 5.5°C

B-3. गर्म करने के दौरान प्रसार –
(A) सिर्फ ठोस में होता है।
(B) पदार्थ का घनत्व बढ़ता है।
(C) पदार्थ का घनत्व घटता है
(D) सभी द्रवों तथा ठोसों में समान दर से होता है।

B-4. यदि द्वि–धातु पट्टी को गर्म करें, तो –
(A) यह कम तापीय प्रसार गुणांक वाली धातु की तरफ मुड़ेगी।
(B) यह अधिक तापीय प्रसार गुणांक वाली धातु की तरफ मुड़ेगी।
(C) यह सर्पिल–आकार में मुड़ेगी।
(D) कोई मुड़ाव नहीं होगा।

B-5. दो छड़ें, एक ℓ_1 लम्बाई तथा α_a रेखीय प्रसार गुणांक की एल्यूमिनियम छड़ तथा दूसरी ℓ_2 लम्बाई तथा α_s रेखीय प्रसार गुणांक की स्टील की छड़ को सिरे से सिरे को मिलाकर जोड़ा जाता है, तथा $\ell_1 + \ell_2$ लम्बाई की एक छड़ बनायी जाती है। दोनों छड़ों में समान तापान्तर t°C पर समान प्रसार होता है। तब $\frac{\ell_1}{(\ell_1+\ell_2)}$ का मान है : **[JEE-2003 (Scr.), 3/84,–1]**

(A) $\frac{\alpha_s}{\alpha_a}$ (B) $\frac{\alpha_a}{\alpha_s}$ (C) $\frac{\alpha_s}{(\alpha_a+\alpha_s)}$ (D) $\frac{\alpha_a}{(\alpha_a+\alpha_s)}$

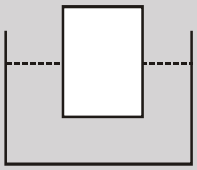
B-6. एक द्रव जिसका आयतन प्रसार गुणांक γ है, को पात्र में भरा जाता है, जिसके पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक α है। यदि गर्म करने पर द्रव बाहर बहता है तो –
(A) $\gamma > 3\alpha$ (B) $\gamma < 3\alpha$ (C) $\gamma = 3\alpha$ (D) इनमें से कोई नहीं

खण्ड़ (C) : ताप

C-1. तापमान में 25° C का परिवर्तन कितने परिवर्तन के समान है :
(A) 45° F (B) 72° F (C) 32° F (D) 25° F

भाग - III : कॉलम को सुमेलित कीजिए (MATCH THE COLUMN)

1. एक समान घनत्व का समदेशिक (isotropic) ठोस बेलन जिसका रेखीय प्रसार गुणांक α तथा घनत्व ρ है, γ आयतन प्रसार गुणांक तथा d घनत्व वाले द्रव में चित्रानुसार तैर रहा है।



स्तम्भ I	स्तम्भ II
(A) द्रव के अन्दर स्थित बेलन का आयतन नियत रहेगा।	(p) $\gamma = 0$
(B) द्रव के बाहर बेलन का आयतन नियत रहेगा।	(q) $\gamma = 2\alpha$
(C) द्रव के बाहर बेलन की ऊँचाई नियत रहेगी।	(r) $\gamma = 3\alpha \frac{d}{\rho}$
(D) द्रव के अन्दर बेलन की ऊँचाई नियत रहेगी।	(s) $\gamma = (2\alpha + \alpha\frac{d}{\rho})$

2. निम्न प्रश्न में स्तम्भ-I में कुछ भौतिक राशियाँ हैं तथा स्तम्भ-II में उनकी इकाईयाँ हैं, उन्हें सुमेलित कीजिए -

स्तम्भ I	स्तम्भ II
(A) रेखीय प्रसार गुणांक	(p) Cal/°C
(B) जल तुल्यांक	(q) gm
(C) ऊष्मा धारिता	(r) $(°C)^{-1}$
(D) विशिष्ट ऊष्मा	(s) Cal/g°C

Exercise-2

✍ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग-I : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

1.✍ एक धातु की गेंद जिसका विशिष्ट घनत्व 4.5 तथा विशिष्ट ऊष्मा 0.1 cal/gm-°C है, को 0ºC की बड़ी बर्फ की पट्टिका पर रखा जाता है। जब गेंद का तापमान 0°C हो जाता है तो गेंद आधी बर्फ में डूब जाती है। गेंद का प्रारम्भिक तापमान है (बर्फ की गुप्त ऊष्मा = 80 cal/g, बर्फ का विशिष्ट घनत्व = 0.9)

(A) 100 °C (B) 90 °C (C) 80 °C (D) 70 °C

2. एक स्टील कारखाने में यह पाया जाता है कि लोहे के M kg द्रव्यमान को गलनांक बिन्दु पर गलन अवस्था में रखने के लिए P वॉट शक्ति की आवश्यकता होती है जब शक्ति स्त्रोत बंद कर दिया जाता है तो यह लोहा t sec समय में सम्पूर्ण रूप से ठोस में बदल जाता है। लोहे के गलन की गुप्त ऊष्मा होगी :

(A) 2 Pt / M (B) Pt / 2M (C) Pt / M (D) PM / t

3. 100º C पर वाष्प, 0.02 kg जल तुल्यांक वाले एक कैलोरीमापी में 15°C पर भरे 1.1 kg जल से तब तक गुजारी जाती है, जब तक कि कैलोरीमापी व इसके अवयवों का ताप 80°C तक नहीं बढ़ जाता। संघनित वाष्प का द्रव्यमान किलोग्राम में है **[JEE 1986, 2]**

(A) 0.130 (B) 0.065 (C) 0.260 (D) 0.135

4.✍ किसी ठोस वस्तु का जड़त्व आघूर्ण I है , जिसका रेखीय प्रसार गुणांक α है। यदि तापमान में ΔT परिवर्तन किया जाता है, तो I मे संगत परिवर्तन है–

(A) $\alpha I \Delta T$ (B) $\frac{1}{2}\alpha I \Delta T$ (C) $2\alpha I \Delta T$ (D) $3\alpha I \Delta T$

5. दो छड़ जिनकी लम्बाई ℓ_1 व ℓ_2, है तथा उनके पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक α_1 व α_2 है को एक–दूसरे से जोड़ा जाता है। प्राप्त छड़ का तुल्य रेखीय प्रसार गुणांक है :

(A $\frac{\ell_1\alpha_2 + \ell_2\alpha_1}{\ell_1 + \ell_2}$) (B) $\frac{\ell_1\alpha_1 + \ell_2\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$ (C) $\frac{\ell_1\alpha_1 + \ell_2\alpha_2}{\ell_1 + \ell_2}$ (D) $\frac{\ell_2\alpha_1 + \ell_1\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$

6.✍ नियत दाब पर आदर्श गैस का तापीय आयतन प्रसार गुणांक है –

(A) T (B) T^2 (C) $\frac{1}{T}$ (D) $\frac{1}{T^2}$

(यहाँ T = गैस का परम ताप)

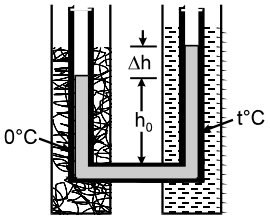
7. एक धात्विक गेंद को पानी में डुबोया जाता है, गेंद का ताप 5ºC एवं भार w_1 है, तथा पानी का ताप 50ºC एवं भार w_2 है। धातु का आयतन प्रसार गुणांक, पानी से कम है तो –

(A) $w_1 > w_2$ (B) $w_1 < w_2$ (C) $w_1 = w_2$ (D) आँकड़े अपर्याप्त है।

8.✍ एक धातु का टुकड़ा पारे पर तैरता है। धातु व पारे के आयतन प्रसार गुणांक क्रमशः γ_1 व γ_2 है। यदि पारे व धातु दोनों का ताप ΔT, से बढ़ाया जाये तो धातु का पारे में डूबे हुए आयतन का अंश _____ गुणक से परिवर्तित होता है। (अंतिम अंश व प्रारम्भिक अंश का अनुपात) **[JEE 1991, 2]**

(A) $\frac{1+\gamma_2\Delta T}{1+\gamma_1\Delta T}$ (B) $\frac{1+\gamma_1\Delta T}{1+\gamma_2\Delta T}$ (C) $1 + (\gamma_1 + \gamma_2)\Delta T$ (D) इनमें से कोई नहीं

9. दो ऊर्ध्वाधर नलिका जिनमें द्रव भरा है, के निचले सिरे एक क्षैतिज केश नली द्वारा जुड़े है। एक नलिका चारों ओर बर्फ तथा 0°C पानी से घिरी है तथा दूसरी के चारों ओर से t°C ताप के गर्म पानी से घिरी हुई है। द्रवों के दोनों स्तम्भों में, Δh ऊँचाई का अन्तर है तथा 0°C वाले स्तम्भ में द्रव की ऊँचाई h_0 है। द्रव का आयतन प्रसार गुणांक होगा



(A) $\frac{\Delta h}{h_0 t}$ (B) $\frac{2\Delta h}{h_0 t}$ (C) $\frac{2h_0}{\Delta h t}$ (D) $\frac{h_0}{\Delta h t}$

10. 263K के बाहरी तापमान के साथ एक ठण्डी सर्दी से एक 0.5 m गहराई का छोटा तालाब दिखाया गया है। बर्फ की तापीय चालकता $K = 2.2\ W\ m^{-1}\ K^{-1}$ है, गुप्त ऊष्मा $L = 3.4 \times 10^5\ Jkg^{-1}$ तथा घनत्व $\rho = 0.9 \times 10^3\ kgm^{-3}$ तालाब का तापमान 273 K लें। सम्पूर्ण तालाब को जमने में लगने वाला समय लगभग है **[Olympiad (Stage-1) 2017]**

(A) 20 days (B) 25 days (C) 30 days (D) 35 days

11. भिन्न पदार्थो की दो एकसमान ज्यामिति की छड़ें, जिनके ऊष्मीय प्रसार गुणांक क्रमशः α_1 व α_2 तथा यंग गुणांक Y_1 व Y_2 हैं, दो दृढ़ व भारी दीवारों के बीच कसी (fixed) जाती है। इन छड़ों को इस प्रकार गर्म किया जाता है कि इनके ताप में समान वृद्धि होती है। छड़ें मुड़ती नहीं है। यदि $\alpha_1 : \alpha_2 = 2 : 6$ तो दोनों छड़ों में उत्पन्न तापीय प्रतिबल (thermal stresses) समान होंगे, यदि $Y_1 : Y_2$ बराबर है –

(A) 2 : 3 (B) 1 : 1 (C) 3 : 1 (D) 4 : 9

12. दो एक जैसी पतली धातु की पट्टीकाओं में से एक एल्युमिनियम की तथा दूसरी लौहें की है, इनकों एक साथ जोड़कर द्विधात्विक पट्टिका बनायी जाती है, तापमान 50ºC बढ़ाया जाता है। यदि दोनों पट्टिकाओं का केन्द्रिय तल 2mm दूर हो जाता है तथा एल्युमिनियम एवं लौहे का तापीय प्रसार गुणांक क्रमशः $30 \times 10^{-6}/^0C$ तथा $10 \times 10^{-6}/^0C$ हो तो द्विधात्विक पट्टिका की औसत वक्रता त्रिज्या क्या होगी ? **[Olympiad 2014 (stage-1)]**

(A) 50 cm (B) 100 cm (C) 150 cm (D) 200 cm

13. किसी तापमान पर क्रमशः l_1 तथा l_2 लम्बाई की दो पतली छड़ों को एक दूसरे के साथ सिरों से जोड़ा जाता है, अब संयुक्त छड़ को θ तापमान से गर्म किया जाता है। यदि दोनों छड़ों के रेखीय प्रसार गुणांक क्रमशः α_1 तथा α_2 हो तो संयुक्त छड़ का उभयनिष्ठ रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए। **[Olympiad 2015 (stage-1)]**

(A) $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$ (B) $\sqrt{\alpha_1 . \alpha_2}$ (C) $\frac{l_1\alpha_2 + l_2\alpha_1}{l_1 + l_2}$ (D) $\frac{l_1\alpha_1 + l_2\alpha_2}{l_1 + l_2}$

भाग - II : एकल एवं द्वि–पूर्णांक मान प्रकार (SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE)

1. एक मटके में 20 kg पानी भरा हुआ है। मटके की सतह पर बने छिद्रो से प्रति सेकण्ड 0.5 gm पानी बाहर निकलता है, जो वाष्पीत होने के लिए आवश्यक ऊष्मा शेष पानी से लेता है। उस समय (लगभग) की गणना (मिनीट में) करे जिसमें पानी का ताप 5ºC से घट जाता है। वातावरण से पानी को ऊष्मा स्थान्तरण नगण्य है, (अपना उत्तर निकटम पूर्णांक में दीजिए।)

पानी की विशिष्ट ऊष्मा = 4200J/KgºC
पानी के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 2.27×10^6 J/Kg

2. 59 kw वाला पानी का हीटर 150 L पानी को 21°C से 38ºC तक गर्म करने में कितना समय (मिनिट में) लेगा

3. किसी पद्वार्थ की विशिष्ट ऊष्मा तापमान के साथ $c = 0.2 + 0.16\ T + 0.024\ T^2$ के अनुसार परिवर्तित होती है। यहां T,°c में तथा c, cal/gk में है। इस पद्वार्थ के 2g का तापमान 0° से 5°C करने में आवश्यक ऊष्मा ज्ञात कीजिए

4. 0°C की 50g बर्फ को 0°C के 200g पानी के साथ मिश्रित किया जाता है। इस निकाय (बर्फ + पानी) को 6 kcal ऊष्मा दी जाती है। निकाय का अन्तिम तापमान (in °C) ज्ञात करो

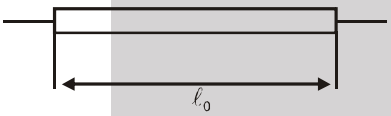
5. पृथ्वी 1400 वॉट/मी०^2 सौर शक्ति प्राप्त करती है। यदि सम्पूर्ण सौर ऊर्जा को 0.2 मी०^2 क्षेत्रफल वाले लैन्स से 280 ग्राम के बर्फ के टुकड़े पर केन्द्रित करें, तो बर्फ को पिघलने मे लगा समय X × 10 sec हो तो x का मान ज्ञात करों। (बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा = 3.3×10^5 J/kg) **[JEE 1997, 2]**

6. एक 50 gm की सीसे की गोली जिसकी विशिष्ट ऊष्मा 0.02 cal/gm है, प्रारम्भ में 30º C पर है। यह ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर 840 m/sec की चाल से दागी जाती है और वापस लौटते हुए इसके प्रारम्भिक स्तर पर 0º C पर बर्फ के एक टुकड़े से टकराती है। कितना बर्फ पिघलता है। यह मानिये कि सम्पूर्ण ऊर्जा केवल बर्फ को पिघलाने में खर्च होती है। अपना उत्तर (in gms) निकटतम पूर्णांक ग्राम में दीजिए। **[REE 1988, 5]**

7. 100 gm पानी का तापक्रम भाप मिलाकर 24º C से 90º C तक बढ़ाते हैं। उपरोक्त उद्देश्य के लिए प्रयुक्त भाप का द्रव्यमान (in gms) ज्ञात कीजिए। **[JEE 1996, 2]**

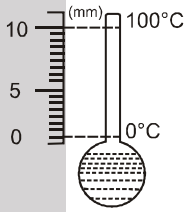
8. एक विद्युत ऊष्मक कुण्डली एक कैलोरीमापी में रखी जाती है। जिसमें 10°C पर 360 gm जल है। कुण्डली 90 वॉट की दर से ऊर्जा खर्च करती है। कुण्डली व कैलोरीमापी का जल तुल्यांक 40 gm है। ज्ञात कीजिए 10 मिनट पश्चात् जल का ताप (°C में) क्या होगा? अपना उत्तर निकटवर्ती पूर्णांक में दीजिए। [J = 4.2 Joules/cal] **[REE 1985, 7]**

9.



32° C तापमान वृद्धि के परिणाम स्वरूप प्रदर्शित छड़ केन्द्र से दो अलग–अलग भागों के रूप में ऊपर उठ जाती है। यदि प्रदर्शित निश्चित दूरी ℓ_0 का मान 4 m तथा छड़ का रेखीय प्रसार गुणाक 25×10^{-6} °c^{-1} हो तो छड़ के केन्द्र के उठाव x(cm में) का मान ज्ञात करों।

10. चित्र में प्रदर्शित जड़वत् पैमाने पर किसी द्रव के स्तर का पाठ्यांक 0°C तथा 100° C पर क्रमशः 0 तथा 10 mm है। आयतनीय प्रसार गुणाक तापमान के साथ $\gamma = \gamma_0 \left(1+\frac{T}{100}\right)$ के अनुसार परिवर्तीत होता है (जहां T, °C में है) 48°C पर द्रव का स्तर (mm में) ज्ञात कीजिए



11. एक सैकण्ड सरल लोलक बहुत पतली रस्सी से बना है, जिसका ऊष्मीय रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha = 20 \times 10^{-4}$ /°C है तथा इसके एक सिरे पर एक भारी कण लटकाया गया है। डोरी का स्वतन्त्र सिरा एक स्थिर लिफ्ट की छत से लटकाया गया है। लोलक 0 °C पर सही समय प्रदर्शित करता है, जब ताप 50 °C तक बढ़ता है तो 60kg लिफ्ट चालक जो भौतिक विज्ञान का छात्र है, लोलक का समय सही दर्शाने के लिए लिफ्ट को ऊर्ध्व ऊपर त्वरित करता है, जब लोलक 50 °C पर सही समय प्रदर्शित करता हो तो इस समय लिफ्ट चालक का आभासी भार (kgwt में) ज्ञात करो। (g = 10 m/s^2 लें।)

12. 25 cm लम्बी स्टील की छड़ का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल 0.8 cm^2 है। इसे 10°C ताप बढ़ाकर होने वाले प्रसार के बराबर खींचने में 10X बल की आवश्यकता हो तो X का मान ज्ञात करो (स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक 10^{-5}/°C है। तथा यंग गुणांक 2×10^{10} N/m^2 है) **[JEE 1989, 3]**

13. एक लीटर के एक फ्लास्क में थोड़ा पारा भरा है। यह पाया जाता है कि भिन्न–भिन्न तापों पर फ्लास्क के अन्दर वायु का आयतन समान रहता है। फ्लास्क के अन्दर पारे का आयतन (लीटर में) X/100 हो तो X का मान ज्ञात करो। कांच का रेखीय प्रसार गुणांक = 9×10^{-6} /º C है। पारे का आयतन प्रसार गुणांक = 1.8×10^{-4} /º C । **[JEE 1991, 3]**

भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार

1. जब भिन्न–भिन्न ताप के दो अक्रियाशील नमूनों को नगण्य ऊष्मा धारिता वाले विलगित पात्र में मिलाया जाता है तो मिश्रण का अंतिम तापक्रम हो सकता है –
(A) कम तापक्रम वाले से कम या ज्यादा तापक्रम वाले से ज्यादा।
(B) कम या ज्यादा तापक्रम के बराबर।
(C) कम तापक्रम वाले से ज्यादा लेकिन ज्यादा तापक्रम वाले से कम।
(D) कम तथा ज्यादा तापक्रम का औसत।

2. जब 10ºC के m ग्राम पानी को 0°C की m ग्राम बर्फ से मिलाते है, तो निम्न में से कोनसे कथन गलत है।
(A) निकाय का तापक्रम निम्न समीकरण से व्यक्त करते हैं $m \times 80 + m \times 1 \times (T - 0) = m \times 1 \times (10 - T)$
(B) सभी बर्फ पिघल जायेगी तथा निकाय का ताप 0°C से ज्यादा परन्तु 10°C से कम होगा।
(C) सभी बर्फ पिघल जायेगी तथा निकाय का ताप 0°C होगा।
(D) सभी बर्फ नहीं पिघलेगी तथा निकाय का ताप 0°C होगा।

3. दो समरूप पात्रों (नगण्य ऊष्मीय प्रसार) में पानी समान स्तर तक 4°C पर भरा जाता है। यदि एक को (A कहें) गर्म करें तथा दूसरे को (B कहें) ठण्डा किया जाता है, तब :

(A) A का जल स्तर निश्चित रूप से बढ़ेगा। (B) B का जल स्तर निश्चित रूप से बढ़ेगा।

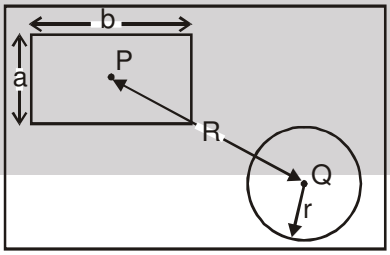
(C) A का जल स्तर निश्चित रूप से घटेगा। (D) B का जल स्तर निश्चित रूप से घटेगा।

4. एक द्वि–धातु पट्टी, दो समरूप एक तांबे तथा दूसरी पीतल की पट्टी से मिलकर बनी है। दोनों धातुओं का रेखीय प्रसार गुणांक α_C तथा α_B है। गर्म करने पर, पट्टी का ताप ΔT बढ़ जाता है तथा यह मुड़कर R त्रिज्या का चाप बनाती है। तब 'R' है :

(A) ΔT के समानुपाती (B) ΔT के व्युत्क्रमानुपाती

(C) $|\alpha_B - \alpha_C|$ के समानुपाती (D) $|\alpha_B - \alpha_C|$ के व्युत्क्रमानुपाती

5. एक आयताकार धातु की प्लेट में, दिखायी गयी मापों की आयत एवं वृत्तीय आकार की दो गुहाऐं चित्रानुसार बनायी गयी हैं। P तथा Q इन गुहाओं के केन्द्र हैं। प्लेट को गर्म करने पर, निम्न में कौनसी राशियाँ बढ़ती हैं –



(A) πr^2 (B) ab (C) R (D) b

6.* ℓ लम्बाई के एक धात्विक तार को दो आधारों के बीच में कुछ तनाव के साथ बांधा जाता है। तार को $\theta°$ तापमान से ठण्डा किया जाता है। माना तार के लिए Y यंग गुणांक, ρ घनेत्व तथा α तापीय रेखीय प्रसार गुणांक हो तो इस तार के दौलनों की आवृत्ति समानुपाती होगी। **[OLYMPIAD-2016_STAGE-1]**

(A) $\sqrt{Y}$ (B) $\sqrt{\theta}$ (C) $\frac{1}{\ell}$ (D) $\sqrt{\frac{\alpha}{\rho}}$

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

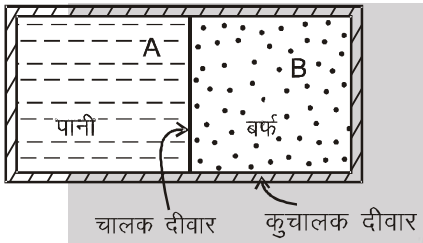
अनुच्छेद-1

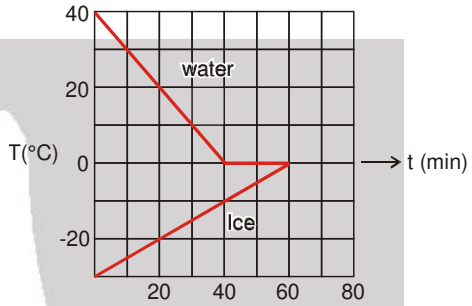
एक तापीय कुचालक पात्र के दो भागों A तथा B में, जो एक सुचालक दीवार द्वारा विभाजित हैं, 0.60 किग्रा पानी के नमूने तथा बर्फ के नमूने को रखा गया है। पानी से सुचालक दीवार द्वारा बर्फ को संचरित ऊष्मा की दर P नियत है, जब तक कि तापीय साम्यवस्था नहीं पहुँचती। पानी तथा बर्फ के ताप T तथा समय t के बीच वक्र ग्राफ में दर्शाया गया है। पूरी प्रक्रिया के दौरान भागों का तापक्रम समांगी रहता है।

बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा = 2100 J/kg-K

पानी की विशिष्ट ऊष्मा = 4200 J/kg-K

बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा = 3.3×10^5 J/kg





1. दर P का मान है –

(A) 42.0 W (B) 36.0 W (C) 21.0 W (D) 18.0 W

2. पात्र में बर्फ का प्रारम्भिक द्रव्यमान है –

(A) 0.36 kg (B) 1.2 kg (C) 2.4 kg (D) 3.6 kg

3. तापीय साम्यावस्था पहुँचने तक पानी से बर्फ में रूपान्तरण के कारण बनी बर्फ का द्रव्यमान है –

(A) 0.12 kg (B) 0.15 kg (C) 0.25 kg (D) 0.40 kg

अनुच्छेद-2

नगण्य ऊष्मा धारिता के एक पात्र में 0°C की 200 ग्राम बर्फ तथा 100°C की 100 ग्राम वाष्प को 55°C ताप के 200 ग्राम पानी के साथ मिश्रित किया जाता है। वातावरण में ऊष्मा क्षय नगण्य मानें तथा पात्र में दाब 1.0 वायुमण्डलीय स्थिर रहता है। (बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा = 80 cal/gm, पानी के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा = 540 cal/gm, बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा = 0.5 cal/gm-K, पानी की विशिष्ट ऊष्मा = 1 cal/gm-K)

4. निकाय का अन्तिम ताप क्या है –

(A) 48°C (B) 72°C (C) 94°C (D) 100°C

5. अन्तिम ताप पर, निकाय में उपस्थित कुल पानी का द्रव्यमान है –

(A) 472.6 gm (B) 483.3 gm (C) 493.6 gm (D) 500 gm

6. निकाय में शेष वाष्प की मात्रा है –

(A) 16.7 gm (B) 12.0 gm

(C) 8.4 gm (D) 0 ग्राम, चूंकि कोई वाष्प नहीं बचती हैं।

Exercise-3

चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

*** चिन्हित प्रश्न एक से अधिक सही विकल्प वाले प्रश्न है -**

भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. एक ठोस घन (रेखीय प्रसार गुणांक, α_S) द्रव (आयतन प्रसार गुणांक, γ_L) से भरे पात्र में तैर रहा है। यदि तापक्रम को ΔT से बढ़ा दें, तो घन की द्रव के अन्दर डूबी लम्बाई अपरिवर्तित रखने के लिए α_S तथा γ_L में क्या सम्बन्ध होगा।

[JEE-2004 (Mains), 2/60]

2. एक खुले पात्र में 27°C वाले 2 लीटर पानी को 1 kW हीटर द्वारा गर्म करते है। औसत रूप से बाह्य वातावरण में ऊष्मा 160 जूल/सेकण्ड की दर से क्षय रही है। तापक्रम 77°C तक पहुँचने मे लगा आवश्यक समय है

[JEE-2005 (Scr.), 3/84, –1]

(A) 8 min 20 sec (B) 10 min (C) 7 min (D) 14 min

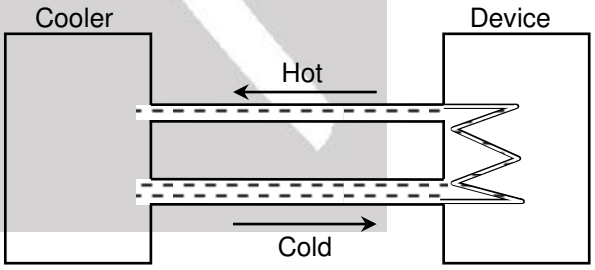
3. एक ऊष्मारोधी पात्र में 373 K की 0.05 किग्रा० भाप तथा 253 K की 0.45 किग्रा० बर्फ को मिलाते है। मिश्रण का अन्तिम ताप ज्ञात करो। (केल्विन में) **[JEE 2006, 6/184, –1]**

दिया है, $L_{\text{गलन}}$ = 80 कैलोरी/ग्राम = 336 J/g, $L_{\text{वाष्पन}}$ = 540 कैलोरी/ग्राम= 2268 जूल/ग्राम, $S_{\text{बर्फ}}$ = 2100 जूल/किलोग्राम-K = 0.5 कैलोरी/ग्राम-K और $S_{\text{पानी}}$ = 4200 जूल/किलोग्राम-K = 1 कैलोरी/ग्राम-K.

4. एक m ग्राम द्रव्यमान का बर्फ का टुकड़ा (विशिष्ट उष्मा = 2100 J kg^{-1} $^{\circ}C^{-1}$ तथा गुप्त ऊष्मा = 3.36×10^5 J kg^{-1}) वायुमण्डलीय दाब पर –5 ºC पर रखा है। इसे 420 J की ऊष्मा दी जाती है जिससे यह पिघलना शुरू हो जाती है। अन्त में जब बर्फ–पानी का मिश्रण सन्तुलन में है, तब यह पाया जाता है कि 1 ग्राम बर्फ पिघल चुकी है। यह मानते हुए कि इस प्रक्रिया में किसी अन्य ऊष्मा का आदान प्रदान नहीं हुआ है, m का मान (ग्राम में) होगा। **[JEE 2010, 3/163]**

5. 'L' लम्बाई की स्टील–तार, जो 40°C तापमान पर है, को छत से लटका कर उसके मुक्त सिरे पर द्रव्यमान 'm' लटकाया जाता है। अब तार को ठंड़ा करके उसका तापमान 40°C से 30°C लाने पर उसकी लम्बाई फिर से वास्तविक लम्बाई 'L' के बराबर हो जाती है। स्टील का तापीय रेखीय प्रसार गुणांक 10^{-5} /°C है, स्टील का यंग गुणांक 10^{11} N/m^2 है तथा तार की त्रिज्या 1 mm है। मानें कि L >> तार का व्यास। 'm' का kg में मान लगभग है **[JEE 2011, 4/160]**

6. 120 लिटर क्षमता वाला पानी का एक कूलर समान दर P watts से पानी को ठंडा कर सकता है। एक बंद परिसंचारण में (जैसा व्यवस्था चित्र में दर्शाया गया है) कूलर के पानी से एक बाहरी यंत्र को ठंडा किया जाता है जो हमेशा 3 kW ऊष्मा उत्पन्न करता है। यंत्र को दिया गया पानी का तापमान 30°C से ज्यादी नहीं हो सकता एवं पूरा 120 लिटर पानी प्रारम्भ में 10°C तक ठंडा किया गया है।



पूरा निकाय तापरोधी है। इस यंत्र को तीन घंटे तक चालू रखने के लिए कम से कम कितनी शक्ति P (watts में) की जरूरत है ? (पानी की विशिष्ट ऊष्मा = 4.2 kJ kg^{-1} K^{-1} और पानी का घनत्व = 1000 kg m^{-3})

[JEE (Advanced) 2016; P-1, 3/62, –1]

(A) 1600 (B) 2067 (C) 2533 (D) 3933

7. एक पतले तार PQ के छोर Q को अन्य पतले तार RS के छोर R पर टांका लगाकर (soldered) जोड़ा गया है। 10 °C पर दोनों तारों की लम्बाई 1m है। अब इस निकाय के छोर P तथा छोर S को क्रमशः 10 °C तथा 400 °C पर स्थिर रखा जाता है। यह निकाय चारों ओर से ऊष्मारोधी है। यदि तार PQ की ऊष्मा चालकता तार RS की ऊष्मा चालकता से दुगनी है तथा तार PQ का रेखीय ऊष्मिय प्रसार गुणांक (coefficient of linear thermal expansion) 1.2×10^{-5} K^{-1} है, तब तार PQ की लम्बाई में परिवर्तन का मान है **[JEE (Advanced) 2016; P-2, 3/62, –1]**

(A) 0.78 mm (B) 0.90 mm (C) 1.56 mm (D) 2.34 mm

भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. 836 W हीटर द्वारा 1 लीटर पानी को 10ºC से 40ºC तक गर्म करने में लगा समय होगा : **[AIEEE 2004]**
(1) 50 s (2) 100 s (3) 150 s (4) 200 s

2. निम्न ताप (T) पर एक धातु की विशिष्ट ऊष्मा धारिता निम्न से दी जाती है : **[AIEEE 2011,11 May; 4/120, –1]**

$$C_p\ (kjK^{-1}\ kg^{-1}) = 32\left(\frac{T}{400}\right)^3$$

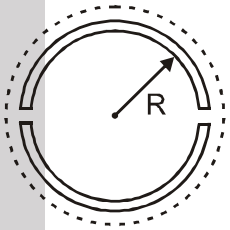
इस धातु से बने 100 ग्राम के एक बर्तन को कमरे के तापमान (27ºC) पर कार्यरत एक विशेष रेफ्रीजरेटर द्वारा 20K से 4K तक ठण्डा किया जाने के लिये आवश्यक कार्य की मात्रा है :
(1) 0.148 kJ से अधिक। (2) 0.148 kJ और 0.028 kJ के बीच।
(3) 0.028 kJ से कम। (4) 0.002 kJ के बराबर।

3. यंग प्रत्यास्थता गुणांक Y और रेखिक प्रसार गुणांक α वाली एक धातु की छड़ को इसके दोंनो सिरों पर इस प्रकार पकड़ रखा है कि इसकी लम्बाई अचर रहती है। यदि इसके तापमान में tºC की वृद्धि की जाती है, तब इसमें उत्पन्न रेखिय प्रतिबल है : **[AIEEE 2011, 11 May; 4/120, –1]**

(1) $\frac{Y}{\alpha t}$ (2) $Y\alpha t$ (3) $\frac{1}{(Y\alpha t)}$ (4) $\frac{\alpha t}{Y}$

4. 20 cm व्यास के एक एल्यूमिनियम गोले को 0ºC से 100ºC तक गर्म किया जाता है। इसके आयतन में परिवर्तन होगा (दिया है एल्यूमिनियम का रेखिक प्रसार गुणांक $\alpha_{Al} = 23 \times 10^{-6}/ºC$) : **[AIEEE 2011, 11 May; 4/120, –1]**
(1) 2.89 cc (2) 9.28 cc (3) 49.8 cc (4) 28.9 cc

5. त्रिज्या R का एक लकड़ी का पहिया दो अर्द्धवृत्तीय भागों से बनाया गया है (चित्र देखें)। लम्बाई L और अनुप्रस्थ परिच्छेद क्षेत्रफल S की एक धातु की पट्टी से बने एक वलय द्वारा दोनों भागों को पकड़ कर रखा गया है। L का मान $2\pi R$ से कुछ कम है। वलय को पहिये पर चढ़ाने के लिये, इसे इतना गर्म किया जाता है जिससे कि इसके तापमान में ΔT की वृद्धि हो और यह पहिये के ऊपर ठीक चढ़ जाए। अब यह वातावरण के तापमान तक ठंडा होता है, यह अर्द्धवृत्तीय भागों को एक साथ दबाता है। यदि धातु का रेखिक प्रसार गुणांक α और यंग प्रत्यास्थता गुणांक Y है, तब पहिये के एक भाग द्वारा दूसरे भाग पर लगाया गया बल है : **[AIEEE 2012 ; 4/120, –1]**



(1) $2\pi SY\alpha\Delta T$ (2) $SY\alpha\Delta T$ (3) $\pi\, SY\alpha\Delta T$ (4) $2SY\alpha\Delta T$

6. एक पेन्डुलम घड़ी 40°C तापमान पर 12 s प्रतिदिन धीमी हो जाती है तथा 20°C तापमान पर 4 s प्रतिदिन तेज़ हो जाती है। तापमान जिस पर यह सही समय दर्शायेगी तथा पेन्डुलम की धातु का रेखीय–प्रसार गुणांक (α) क्रमशः हैं : **[JEE (Main) 2016, 4/120, –1]**
(1) 60°C ; $\alpha = 1.85 \times 10^{-4}$/°C (2) 30°C ; $\alpha = 1.85 \times 10^{-3}$/°C
(3) 55°C ; $\alpha = 1.85 \times 10^{-2}$/°C (4) 25°C ; $\alpha = 1.85 \times 10^{-5}$/°C

7. 100 gm द्रव्यमान वाला ताँबे के एक गोले का तापमान T है। उसे एक 170 gm पानी से भरे हुए 100 gm के ताँबे के कैलोरीमीटर जोकि कमरे के तापमान पर है, में डाल दिया जाता है। त्तपश्चात निकाय का तापमान 75º C पाया जाता है। T का मान होगा। (दिया है : कमरे का तापमान = 30ºC, ताँबे की विशिष्ट ऊष्मा = 0.1 cal/gmºC) **[JEE (Main) 2017, 4/120, –1]**
(1) 825º C (2) 800ºC (3) 885ºC (4) 1250ºC

8. 0°C पर रखे हुए एक घन पर एक दबाव P लगाया जाता है जिससे वह सभी तरफ से बराबर संपीडित होता है। घन के पदार्थ का आयतन प्रत्यास्थता गुणांक K एवं रेखीय प्रसार गुणांक α है। यदि घन को गर्म करके मूल आकार में लाना हो तो उसके तापमान को कितना बढ़ाना पड़ेगा। **[JEE (Main) 2017, 4/120, –1]**

(1) $3PK\alpha$ (2) $\frac{P}{3\alpha K}$ (3) $\frac{P}{\alpha K}$ (4) $\frac{3\alpha}{PK}$

Answers

EXERCISE-1

भाग - I

खण्ड़ (A)

A 1. H = 590 kcal **A 2.** 136 km

A 3. $\frac{3}{350} = 8.6 \times 10^{-3}$ ºC

A 4. (a) 100 J (b) 0 (c) 1/40 ºC

A 5 0ºC

खण्ड़ (B)

B 1. %R < %A < %V

B 2. निकाय को ठण्डा करेंगे

B 3. (a) $R_1' = R_1 (1 + \alpha\Delta\theta)$ (b) $R_2' = R_2 (1 + \alpha\Delta\theta)$

(c) $R_2' - R_1' = (R_2 - R_1) (1 + \alpha\Delta\theta)$

(d) $A' = (\pi R_2^2 - \pi R_1^2)(1 + 2\alpha\Delta\theta) = A(1 + 2\alpha\Delta\theta)$

B 4. (i) खोखला गोला > ठोस गोला
(ii) खोखला गोला = ठोस गोला

B 5. 0.75m **B 6.** 1.1×10^{-2}

खण्ड़ (C)

C 1. (a) सभी बराबर (b) 50ºX, 50ºY, 50ºW.

C 2 . – 40ºC or – 40ºF

भाग - II

खण्ड़ (A)

A 1. (D) **A 2.** (A) **A 3.** (A)

A 4. (A)

खण्ड़ (B)

B 1. (A) **B 2.** (C) **B 3.** (C)

B 4. (A) **B 5.** (C) **B 6.** (A)

खण्ड़ (C)

C 1. (A)

भाग - III

1. (A) – (p) ; (B) – (r) ; (C) – (s) ; (D) – (q)

2. (A) – (r) ; (B) – (q) ; (C) – (p) ; (D) – (s)

EXERCISE-2

भाग - I

1.	(C)	**2.**	(C)	**3.**	(A)
4.	(C)	**5.**	(C)	**6.**	(C)
7.	(B)	**8.**	(A)	**9.**	(A)
10.	(A)	**11.**	(C)	**12.**	(D)
13.	(D)				

भाग - II

1.	6	**2.**	3	**3.**	8
4.	8	**5.**	33	**6.**	53
7.	12	**8.**	42	**9.**	8
10.	4	**11.**	66	**12.**	16
13.	15				

भाग - III

1.	(BCD)	**2.**	(ABC)	**3.**	(AB)
4.	(BD)	**5.**	(ABCD)	**6.**	(ABCD)

भाग - IV

1.	(A)	**2.**	(C)	**3.**	(B)
4.	(D)	**5.**	(B)	**6.**	(A)

EXERCISE-3

भाग - I

1.	$\gamma_L = 2\alpha_s$	**2.**	(A)	**3.**	273 K.
4.	8	**5.**	3	**6.**	(B)
7.	(A)				

भाग - II

1.	(3)	**2.**	(2)	**3.**	(2)
4.	(4)	**5.**	(4)	**6.**	(4)
7.	(3)	**8.**	(2)		

High Level Problems (HLP)

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

1. ऊष्मीय अचालक तांबे के बंद पात्र में पानी 15ºC पर भरा हुआ है। जब पात्र को बहुत तेजी से 15 मिनट तक हिलाया जाता है तो तापमान 17ºC तक बढ़ जाता है। पात्र का द्रव्यमान 100 ग्राम और इसमें उपस्थित पानी का द्रव्यमान 200 ग्राम है। तांबे व पानी की विशिष्ट ऊष्मा क्रमशः 420 J/kg-K और 4200 J/kg-K है। किसी भी प्रकार का ऊष्मीय प्रसार नगण्य है। (a) द्रव–पात्र निकाय को दी गई ऊष्मा कितनी है ? (b) इस निकाय पर कितना कार्य किया जाता है ? (c) निकाय की आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि कितनी है ?

2. किसी लोलक घड़ी द्वारा दर्शाया गया समय लोलक द्वारा किये गये दोलनों की संख्या पर निर्भर करता है। जब भी यह चरम बिन्दु पर पहुँचता है तो सैकण्ड की सूई एक सैकण्ड से आगे बढ़ती है। इसका मतलब एक पूर्ण दोलन में घड़ी की सूई दो सैकण्ड आगे बढ़ती है।

(a) 20ºC तापमान पर अंशांकित घड़ी में लोलक 15 मिनट में कितने दोलन करता है।

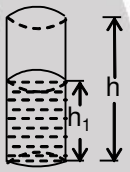
(b) यदि $\alpha = 2 \times 10^{-5}/^{\circ}C$ हो तो 40ºC तापमान पर घड़ी का लोलक 15 मिनट में कितने दोलन पूर्ण करेगा।

(c) यदि घड़ी प्रारम्भ में 12 : 00 pm समय दर्शाती है तो 40ºC पर 15 मिनट बाद कितना समय दर्शायेगी ?

(d) यदि सही घड़ी 15 मिनट में दो सैकण्ड आगे हो जाती है तो ज्ञात करो –

(i) अतिरिक्त कम्पन्न की संख्या (ii) नया आवर्तकाल (iii) ताप में परिवर्तन।

3. एक बेलनाकार पात्र का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल 'A', लम्बाई 'h' तथा रेखीय प्रसार गुणांक α_C है। पात्र को द्रव से h_1 ऊँचाई तक भरा जाता है द्रव का आयतन प्रसार गुणांक γ_L है। यदि निकाय का तापमान $\Delta\theta$ से बढ़ाया जाता है तो



(a) बेलनाकार पात्र की नयी ऊँचाई, नया क्षेत्रफल तथा नया आयतन और पानी का नया आयतन ज्ञात करो।

(b) यदि पात्र के प्रसार को नगण्य मानें तो पानी के स्तर की ऊँचाई ज्ञात करो।

(c) γ_L व α_c के मध्य सम्बन्ध ज्ञात करो जिसके लिए द्रव स्तर के ऊपर पात्र का आयतन

(i) बढ़ता है (ii) घटता है (iii) नियत रहता है

(d) यदि $\gamma_\ell > 3\alpha_c$ और $h = h_1$ हो तो द्रव का बाहर निकलने वाला आयतन बताइये।

(e) यदि बेलनाकार पात्र की सतह को, अन्दर भरें द्रव का स्तर मापने के लिए, संख्याओं से अंकित किया जाता है यहाँ प्रारम्भिक ताप पर सही अंशाकन (correct marking) माना गया है यदि निकाय का तापमान $\Delta\theta$ से बढ़ायें तो

(i) पात्र पर दर्शाये पैमाने पर द्रव की ऊँचाई बताइये। द्रव के प्रसार को नगण्य मानें।

(ii) पात्र पर दर्शाये पैमाने पर द्रव की ऊँचाई बताइये। पात्र के प्रसार को नगण्य मानें।

(iii) γ_L और α_C में सम्बन्ध बताइये यदि द्रव स्तर की ऊँचाई धरातल के सापेक्ष

(1) बढ़ती है। (2) घटती है। (3) नियत रहती है।

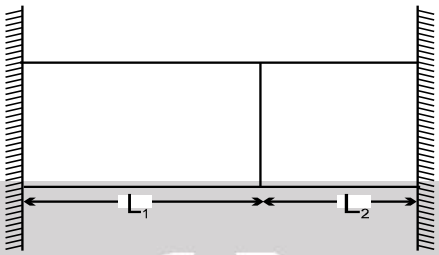
4. एक ग्राम जल (आयतन = 1 cm^3) जब एक वायुमण्डलीय दाब पर उबाला जाता है तो 1671 cm^3 वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। इस दाब पर वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 539 cal/gm है। किये गये कार्य की गणना कीजिए। **[REE 1986, 3]**

5. 15g भार का एक धातु का टुकड़ा 100ºC तक गरम किया जाता है, अब इसे पानी तथा बर्फ के मिश्रण में (तापीय साम्यवस्था में) डुबाने पर यह पाया जाता है, कि मिश्रण का आयतन 0.15 cm^3 घटता है तथा मिश्रण का तापमान नियत रहता है। धातु की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात कीजिये। दिया है बर्फ का विशिष्ट घनत्व = 0.92 तथा बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा 80 cal/gm है।

6. एक बैरोमीटर (दाबमापी) का पीतल का पैमाना 0ºC पर सही पाठ्यांक देता है। पीतल का ऊष्मीय प्रसार गुणांक 0.00002/º C है। बैरामीटर 27°C पर 75 cm पाठ्यांक देता है। 27º C पर सही वायुदाब क्या है? **[JEE 1989, 2]**

7. लोहे के लोलक वाली एक घड़ी 20º C पर सही समय देती है। यदि ताप 40º C हो जाता है, तो एक दिन में यह कितनी आगे या पीछे हो जायेगी? (लोहे का आयतन प्रसार गुणांक = 0.000036/º C है) **[JEE1990, 3]**

8. भिन्न धातुओं की दो छड़ों का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल A समान है, ये सिरे से सिरे को जोड़कर दो भारी प्लेटफार्म के मध्य चित्रानुसार रखी जाती है। प्रथम छड़ की लम्बाई L_1, रेखीय प्रसार गुणांक α_1 व यंग गुणांक Y_1 है। दूसरी छड़ के लिए संगत राशियाँ L_2, α_2 व Y_2 है। अब दोनों छड़ों का ताप T°C से बढ़ाया जाता है। दी गई राशियों के पदों में वह बल ज्ञात कीजिए जो छड़ें (उच्चतर ताप पर) एक दूसरे पर आरोपित करती है। उच्चतर ताप पर छड़ों की लम्बाई भी ज्ञात करो। यह मानिये कि छड़ों के अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल में कोई परिवर्तन नहीं है एवं छड़ें मुड़ती नहीं है। दीवारों में कोई विकृति नहीं है। **[JEE 1990, 5]**



9. समान अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल की एक तांबे की छड़ व एक दूसरी भिन्न पदार्थ की छड़ दोनों सिरे से सिरे को जोड़कर एक संयुक्त छड़ बनाई जाती है। 25° C पर संयुक्त छड़ की लम्बाई 1m है एवं तांबे की छड़ की लम्बाई 30 cm है। 125° C पर संयुक्त छड़ की लम्बाई 1.91 mm से बढ़ती है। जब छड़ को दो दृढ दीवारों के मध्य पकड़कर प्रसारित होने से रोक दिया जाता है तो यह पाया जाता है कि ताप में वृद्धि के साथ इसके अवयवों की लम्बाई नहीं बदलती है। दूसरी छड़ का यंग गुणांक व रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए। दिया गया है तांबे के लिए यंग गुणांक = 1.3×10^{11} N/m² एवं रेखीय प्रसार गुणांक = 1.7×10^{-5} /° C. **[JEE 1990, 4]**

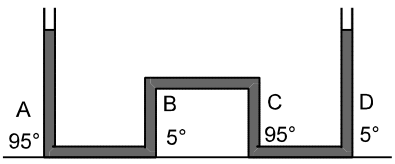
10. धातु के एक टुकड़े का भार वायु में 46 g है। जब यह 27°C पर विशिष्ट गुरूत्व 1.24 के द्रव में डुबोया जाता है तो इसका भार 30 g है। जब द्रव का ताप 42°C तक बढ़ाया जाता है तो धातु के टुकड़े का भार 30.5 g है। 42° C पर द्रव का विशिष्ट गुरूत्व 1.20 है। धातु का रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए। **[JEE 1991, 3]**

11. समान अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल व समान लम्बाई ℓ_0 की दो एल्युमिनियम तथा एक स्टील छड़ों को चित्रानुसार पार्श्व रूप से जोड़ा जाता है। प्रारम्भ में छड़ 0°C पर है। θ ताप पर छड़ की लम्बाई ज्ञात करें यदि एल्युमिनियम व स्टील का यंग प्रत्यास्था गुणांक क्रमशः Y_a तथा Y_s है एवं एल्युमिनियम व स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक क्रमशः α_a तथा α_s है।

एल्युमिनियम
स्टील
एल्युमिनियम

12. एक वस्तु तथा 30 सेमी० लम्बे एक धातु पैमाने को लें। पैमाना 20°C पर अंशांकित किया जाता है।
(a) 40°C पर पैमाने द्वारा दर्शाये गये 1 सेमी० भाग की वास्तविक लम्बाई क्या है। दिया है $\alpha_s = 2\times10^{-5}$ /°C.
(b) पैमाने का पाठयांक 40°C पर क्या होगा यदि वस्तु की वास्तविक लम्बाई 10 सेमी० है।
(c) वस्तु की 40°C पर वास्तविक लम्बाई क्या होगी यदि इसकी लम्बाई 10 सेमी० मापी जाती है।
(d) (b) व (c) भाग के मापन में कितने % त्रुटि है।
(e) यदि वस्तु का रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha_0 = 4 \times 10^{-5}$ है तथा पैमाने का प्रसार नगण्य मानें तो (b) व (c) भाग का उत्तर दीजिए।
(f) यदि $\alpha_0 = 4 \times 10^{-5}$ और $\alpha_s = 2 \times 10^{-5}$ हो तो (b) व (c) के भाग के उत्तर दीजिए।

13. चित्र में दिखाये उपकरण में चार काँच के स्तम्भ क्षैतिज भागों द्वारा जुड़े हैं। दो केन्द्रीय स्तम्भों (B तथा C) की ऊँचाई 49 cm है। दो बाहरी स्तम्भ (A तथा D) वायुमण्डल में खुले हैं। A तथा C को 95° C तापक्रम पर जबकि स्तम्भ B तथा D को 5° C तापक्रम पर बनाये रखते हैं। A तथा D में द्रव की ऊँचाई आधार रेखा से क्रमशः 52.8 सेमी० तथा 51 सेमी० है। द्रव का तापीय आयतन प्रसार गुणांक ज्ञात करो। **[JEE 1997, 5]**



HLP Answers

1. (a) शून्य (b) 1764 J (c) 1764 J

2. (a) 450 (b) 449 (c) 12:14:59 pm

(d) (i) 1 (ii) $\frac{900}{451}$ s (iii) $\frac{10^5}{450}$ ºC

3. (a) $h_f = h\{1+\alpha_c \Delta\theta\}$

$A_f = A\{1 + 2\alpha_c\Delta\theta\}$

$v_f = Ah\{1 + 3\alpha_c\Delta\theta\}$

द्रव का आयतन $V_W = Ah_1(1+\gamma_L\Delta\theta)$

(b) $h_f = h_1\{1 + \gamma_L \Delta\theta\}$

(c) (i) $3h\alpha_c > h_1\gamma_\ell$ (ii) $3h\alpha_c < h_1\gamma_\ell$

(iii) $3h\alpha_c = h_1\gamma_\ell$

(d) $\Delta V = Ah(\gamma_L - 3\alpha c)\Delta\theta$

(e) (i) $h_f = h_1(1 - 3\alpha_C\Delta\theta)$

(ii) $h_f = h_1(1 + \gamma_L\Delta\theta)$

(iii) (1) $\gamma_L > 2\alpha_c$ (2) $\gamma_L < 2\alpha_c$ (3) $\gamma_L = 2\alpha_c$

4. 169.171 J

5. 0.092 cal/gmºC

6. 75.0405 cm

7. 10.368 s

8. $F = \frac{AT(L_1\alpha_1 + L_2\alpha_2)Y_1Y_2}{L_1Y_2 + L_2Y_1}$, प्रथम की छड़ की लम्बाई $= L_1 + \frac{L_1L_2T(Y_1\alpha_1 - Y_2\alpha_2)}{L_1Y_2 + L_2Y_1}$,

दूसरी छड़ की लम्बाई $= L_2 + \frac{L_1L_2T(Y_2\alpha_2 - Y_1\alpha_1)}{L_1Y_2 + L_2Y_1}$]

9. $Y_2 = 1.105 \times 10^{11}$ N/m², $\alpha_2 = 2 \times 10^{-5}$ /º C]

10. $\alpha = \frac{1}{43200}$ /º C $= 2.31 \times 10^{-5}$ /º C

11. $\ell_0\left[1 + \frac{2Y_a\alpha_a + Y_s\alpha_s}{2Y_a + Y_s}\theta\right]$

12. (a) $\ell = 1\{1 + 2 \times 10^{-5} \times 20\}$

(b) $\ell = 10\{1 - 4 \times 10^{-4}\}$

(c) $\ell = 10\{1 + 4\times10^{-4}\}$

(d) $\%\ \ell_1 = -4 \times 10^{-2}\%$

$\%\ \ell_2 = \frac{-4\times10^{-2}}{1+4\times10^{-4}}\% \approx -4 \times 10^{-2}\%$

(e) $\ell_1 = 10\{1 + 20 \times 4 \times10^{-5}\}$

$\ell_2 = 10\{1 - 20 \times 4 \times10^{-5}\}$

(f) $\ell_1 = 10\{1 + 40 \times 10^{-5}\}$

$\ell_2 = 10\{1 - 40 \times 10^{-5}\}$

13. $\gamma = 2 \times 10^{-4}$ / °C