भौतिकी

अध्याय-11: द्रव्य के तापीय गुण

SHIVOM CLASSES 8696608541

द्रव्य के तापीय गुण

महत्वपूर्ण बिंदु

- विशिष्ट ऊष्मा का मात्रक जूल/किग्रा-°C अथवा कैलोरी/किग्रा-°C होता है।
- ऊष्मा का संचरण तीन विधियों द्वारा होता है। चालन, संवहन और विकिरण।
- जब किसी द्रव में कोई अपद्रव्य पदार्थ मिला दिया जाता है। तो इससे द्रव का क्वथनांक बढ़ जाता है।
- केल्विन पैमाने पर पानी का हिमांक 273K होता है।
- आदर्श कृष्णिका अपने ऊपर आपतित सभी तरंगदैर्ध्य की विकिरणों को पूर्ण रूप से अवशोषित कर लेती है।
- गुप्त ऊष्मा का SI पद्धति में मात्रक जूल/किलोग्राम होता है।
- जल का पारदर्शी एवं इसका ऊष्मीय प्रसार आसमान है जिस कारण तापमापी का प्रयोग जल में नहीं होता है।

अवशोषण क्षमता

किसी समय किसी पृष्ठ द्वारा अवशोषित विकिरण ऊर्जा की मात्रा एवं उसी समय में पृष्ठ पर आपतित कुल विकिरण ऊर्जा के अनुपात को उस पृष्ठ की अवशोषण क्षमता कहते हैं। इसे a से प्रदर्शित करते हैं। यह एक मात्रकहीन राशि है।

$$\text{अवशोषण क्षमता} = \frac{\text{अवशोषित विकिरण ऊर्जा}}{\text{आपतित विकिरण ऊर्जा}}$$

उत्सर्जन क्षमता

किसी ताप पर पृष्ठ के प्रति एकांक क्षेत्रफल द्वारा प्रति सेकंड उत्सर्जित कुल विकिरण ऊर्जा की मात्रा को उस पृष्ठ की उत्सर्जन क्षमता कहते हैं। इसे e से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{उत्सर्जन क्षमता} = \frac{\text{विकिरण ऊर्जा} \times \text{क्षेत्रफल}}{\text{समयांतराल}}$$

उत्सर्जन क्षमता का मात्रक जूल-मीटर^2/सेकंड होता है।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

कैलोरीमिति का सिद्धांत

ऊष्मा का संचरण सदैव उच्च ताप वाली वस्तु से निम्न ताप वाली वस्तु की ओर होता है। यह प्रक्रिया तब तक चलती है जब तक दोनों के ताप सामान नहीं हो जाएं।
अर्थात एक वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा दूसरी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा के बराबर होती है। यही कैलोरीमिति का सिद्धांत है।

दी गई ऊष्मा = ली गई ऊष्मा

आदर्श गैस समीकरण

आदर्श गैस (ideal gas)

जो गैस दाब तथा ताप की सभी परिस्थितियों में चार्ल्स और बॉयल के नियम का पालन करती है उसे आदर्श गैस कहते हैं।
कम घनत्व पर गैसें, आदर्श गैस होती हैं वास्तव में ऐसी कोई गैस ज्ञात नहीं है जिसका पूर्ण रूप से व्यवहार आदर्श गैस के समान हो, आदर्श गैस एक काल्पनिक गैस है जिसे किसी भी ताप और दाब पर द्रव में परिवर्तित नहीं किया जा सकता है।

समीकरण

जो समीकरण किसी गैस की निश्चित मात्रा के दाब, आयतन और ताप में संबंध व्यक्त करती है उसे आदर्श गैस समीकरण (ideal gas equation) कहते हैं।

$$PV = nRT$$

जहां P = गैस का दाब

V = गैस का आयतन

n = गैस के मोलो की संख्या

T = परमताप

एवं R एक नियतांक है। जिसे सार्वत्रिक गैस नियतांक कहते हैं। इसका मान 8.31 जूल/मोल-केल्विन होता है।

कम घनत्व पर गैसें इस नियम का पालन करती हैं। गैस नियतांक का मान भिन्न-भिन्न गैसों के एक ही द्रव्यमान के लिए, मान भिन्न-भिन्न होता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

यदि n = 1 मान लिया जाए तो आदर्श गैस समीकरण

$$\boxed{PV = RT}$$

परम शून्य ताप (absolute temperature)

-273°C ताप को परम शून्य ताप कहते हैं। तथा परम शून्य से परिकलित ताप को परम ताप कहते हैं। इसे केल्विन ताप भी कहते हैं।

-यह न्यूनतम ताप होता है इससे नीचा ताप नहीं होता है। परम ताप तथा केल्विन ताप में निम्न संबंध होता है।

$$\boxed{T = t + 273}$$

ऊष्मीय प्रसार

जब किसी ठोस को गर्म किया जाता है तो वह ठोस पदार्थ ऊष्मा ग्रहण करके फैलने लगता है। अर्थात् ठोस पदार्थ का ऊष्मा पाकर फैल जाने को ही ऊष्मीय प्रसार कहते हैं। इसे तापीय प्रसार भी कहते हैं।

ऊष्मीय प्रसार ठोसों में सबसे कम, द्रवों में ठोसों से अधिक तथा गैसों में सबसे अधिक होता है।

ऊष्मीय प्रसार के प्रकार

ऊष्मीय प्रसार में ठोसों की लंबाई, क्षेत्रफल और आयतन तीनों बढ़ जाते हैं इसी आधार पर ऊष्मीय (तापीय) प्रसार को तीन भागों में बांटा गया है।

(1) रेखीय प्रसार गुणांक

(2) क्षेत्रीय प्रसार गुणांक

(3) आयतन प्रसार गुणांक

1. रेखीय प्रसार गुणांक

माना कि छड़ की एक निश्चित तार t पर लंबाई L है। तथा इसके ताप में Δt की वृद्धि करने पर लंबाई में वृद्धि निम्न बातों पर निर्भर करती है -

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

(i) लंबाई में वृद्धि, छड़ की प्रारंभिक लंबाई के अनुक्रमानुपाती होती है।

$\Delta L \propto L$

(ii) लंबाई में वृद्धि, छड़ के ताप में वृद्धि के अनुक्रमानुपाती होती है।

$\Delta L \propto \Delta t$

अतः $\Delta L = L \times \Delta t$

या $\Delta L = \alpha \times L \times \Delta t$

जहां α एक नियतांक है जिसे छड़ के पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक (coefficient of linear expansion) कहते हैं। तो

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t}$$

$$\text{रेखीय प्रसार गुणांक} = \frac{\text{लंबाई में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक लंबाई} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$

रेखीय प्रसार गुणांक का मान छड़ के पदार्थ पर निर्भर करता है।

रेखीय प्रसार गुणांक का मात्रक प्रति डिग्री सेल्सियस ($^\circ C^{-1}$) होता है।

2. क्षेत्रीय प्रसार गुणांक

माना किसी ठोस पटल का क्षेत्रफल A है। पटल को गर्म करने पर इसके ताप में Δt वृद्धि हो जाती है। तब इसके क्षेत्रफल में वृद्धि निम्न बातों पर निर्भर करती है -

(i) क्षेत्रफल में वृद्धि, पटल के प्रारंभिक क्षेत्रफल के अनुक्रमानुपाती होती है।

$\Delta A \propto A$

(ii) पटल के ताप में वृद्धि के अनुक्रमानुपाती होती है।

$\Delta A \propto \Delta t$

अतः $\Delta A = A \times \Delta t$

या $\Delta A = \beta \times A \times \Delta t$

जहां β एक नियतांक है जिसे पटल का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक कहते हैं। तो

$$\beta = \frac{\Delta A}{A \times \Delta t}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक = $\frac{\text{क्षेत्रफल में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक क्षेत्रफल} \times \text{ताप में वृद्धि}}$

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक का मान पटल के पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है।

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक का मात्रक प्रति डिग्री सेल्सियस ($°C^{-1}$) होता है।

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक तथा रेखीय प्रसार गुणांक में संबंध

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक = 2 × रेखीय प्रसार गुणांक

या $\boxed{\beta = 2\alpha}$

अतः किसी पदार्थ का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक उसके रेखीय प्रसार गुणांक का दोगुना होता है यह इनके बीच संबंध है।

3. आयतन प्रसार गुणांक

माना किसी ठोस का आयतन V है। जब इसके ताप में Δt की वृद्धि की जाती है। तो इसके आयतन में वृद्धि निम्न बातों पर निर्भर करती है -

(i) आयतन में वृद्धि, ठोस के प्रारंभिक आयतन के अनुक्रमानुपाती होती है।

$\Delta V \propto V$

(ii) ठोस के ताप में वृद्धि के अनुक्रमानुपाती होती है।

$\Delta V \propto \Delta t$

अतः $\Delta V = V \times \Delta t$

या $\Delta V = \gamma \times V \times \Delta t$

जहां γ एक नियतांक है जिसे ठोस का आयतन प्रसार गुणांक कहते हैं। तो

$$\boxed{\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta t}}$$

आयतन प्रसार गुणांक = $\frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप में वृद्धि}}$

आयतन प्रसार गुणांक का मात्रक प्रति डिग्री सेल्सियस ($°C^{-1}$) होता है।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

रेखीय, क्षेत्रीय तथा आयतन प्रसार गुणांक में संबंध

चूंकि $\beta = 2\alpha$ तथा $\gamma = 3\alpha$

तो $\alpha : \beta : \gamma = \alpha : 2\alpha : 3\alpha$

$$\boldsymbol{\alpha : \beta : \gamma = 1 : 2 : 3}$$

विशिष्ट ऊष्मा व ऊष्मा धारिता

ऊष्मा धारिता

किसी वस्तु को दी गई ऊष्मा की वह मात्रा जो उसके ताप में एकांक परिवर्तन करने के लिए अवशोषित की जाती है। उस वस्तु की ऊष्मा धारिता कहलाती है। अर्थात

किसी वस्तु का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस वस्तु की ऊष्मा धारिता (thermal capacity) कहते हैं।

यदि वस्तु का द्रव्यमान m तथा ΔT ताप वृद्धि करने पर उस्मा की मात्रा ΔQ हो तो

$$\text{ऊष्मा धारिता} = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

ऊष्मा धारिता का मात्रक

ऊष्मा धारिता का मात्रक जूल/°C अथवा कैलोरी/°C होता है तथा ऊष्मा धारिता का विमीय सूत्र $[ML^2T^{-2}\theta^{-1}]$ होता है।

विशिष्ट ऊष्मा

जब हम किसी वस्तु को किसी ताप पर गर्म करते हैं तो वस्तु का ताप बढ़ जाता है। अर्थात वस्तु को गर्म करने के लिए दी गई आवश्यक ऊष्मा की मात्रा, वस्तु के द्रव्यमान तथा ताप में हुई वृद्धि के अनुक्रमानुपाती होती है।

माना m द्रव्यमान की किसी वस्तु को Q ऊष्मा देने पर वस्तु के ताप में वृद्धि ΔT हो तो परिभाषा से

SHIVOM CLASSES 8696608541

$Q \propto m \times \Delta T$

$Q = C \times m \times \Delta T$

जहां C एक नियतांक है जिसे वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा (specific heat) कहते हैं। तो

$$\boxed{C = \frac{Q}{m \times \Delta T}}$$

यदि m = 1 , ΔT = 1 हो तब

$$\boxed{C = Q}$$

अर्थात विशिष्ट ऊष्मा को हम इस प्रकार भी परिभाषित कर सकते हैं कि

किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है जो उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान के ताप में एकांक वृद्धि करने के लिए आवश्यक होती है।

विशिष्ट ऊष्मा का SI मात्रक जूल/किग्रा-K अथवा किलोकैलोरी/किग्रा-°C होता है। तथा इसे कैलोरी/ग्राम-°C भी लिख सकते हैं। एवं विशिष्ट ऊष्मा का विमीय सूत्र $[L^2T^{-2}\theta^{-1}]$ होता है।

मोलर विशिष्ट ऊष्मा

यदि पदार्थ का द्रव्यमान m न लेकर इसे मोल के पदों में लिया जाए, तो इस प्रकार की ऊष्मा को मोलर विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। तब

मोलर विशिष्ट ऊष्मा = $\frac{1}{\mu}\frac{\theta}{\Delta T}$

मोलर विशिष्ट ऊष्मा का मात्रक जूल/मोल-K होता है।

ऊष्मा धारिता तथा विशिष्ट ऊष्मा में अंतर

- ऊष्मा धारिता वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करती है। जबकि विशिष्ट ऊष्मा वस्तु के द्रव्यमान एवं उसकी प्रकृति पर निर्भर करती है।
- ऊष्मा धारिता की इकाई कैलोरी/केल्विन होती है जबकि विशिष्ट ऊष्मा की इकाई जूल/किग्रा-K होती है।
- ऊष्मा धारिता को S से प्रदर्शित करती है जबकि विशिष्ट ऊष्मा को C से प्रदर्शित करते हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

स्थिर आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा

स्थिर आयतन पर किसी गैस के 1 ग्राम द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस गैस की स्थिर आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। इसे C_V से प्रदर्शित करते हैं। C_V का मात्रक कैलोरी/ग्राम-°C होता है।

स्थिर दाब पर विशिष्ट ऊष्मा

स्थिर दाब पर किसी गैस के 1 ग्राम द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस गैस की स्थिर दाब पर विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। इसे C_P से प्रदर्शित करते हैं। C_P का मात्रक कैलोरी/ग्राम-°C होता है।

गुप्त ऊष्मा

स्थिर ताप पर किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान की अवस्था परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा को उस पदार्थ की गुप्त ऊष्मा (latent heat) कहते हैं। इसे L से प्रदर्शित करते हैं।

यदि स्थिर ताप पर किसी पदार्थ का द्रव्यमान m तथा आवश्यक ऊष्मा Q हो तो गुप्त ऊष्मा का सूत्र निम्न होगा-

ऊष्मा = द्रव्यमान × गुप्त ऊष्मा

$Q = mL$

या $\boxed{L = \frac{Q}{m}}$

गुप्त ऊष्मा का मात्रक जूल/किग्रा होता है। एवं इसके अन्य मात्रक कैलोरी/ग्राम अथवा किलोकैलोरी/किग्रा भी होता है। गुप्त ऊष्मा एक अदिश राशि है इसका विमीय सूत्र $[L^2T^{-2}]$ होता है।

आसान शब्दों में कहें तो किसी पदार्थ को अपनी अवस्था परिवर्तन के लिए ऊष्मा की आवश्यकता होती है तब उस पदार्थ को दी गई ऊष्मा को गुप्त ऊष्मा कहते हैं।

जैसे - जब किसी ठोस को गर्म करते हैं। तब ठोस का ताप बढ़ता है एवं एक ताप पर ठोस की अवस्था में परिवर्तन होने लगता है। अर्थात ठोस द्रव में बदलने लगता है अतः ठोस की अवस्था परिवर्तन में दी गई ऊष्मा को गुप्त ऊष्मा कहते हैं।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

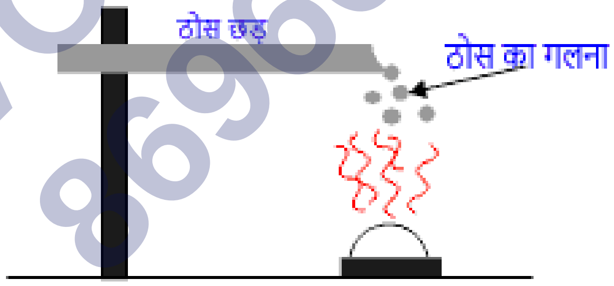
गुप्त ऊष्मा के प्रकार

गुप्त ऊष्मा दो प्रकार की होती है
(1) गलन की गुप्त ऊष्मा
(2) वाष्पन की गुप्त ऊष्मा

1. गलन की गुप्त ऊष्मा

जब किसी ठोस पदार्थ को गर्म किया जाता है तो उस ठोस पदार्थ का ताप बढ़ता जाता है। उस ठोस का एक गलन बिंदु होता है जब ठोस का ताप उसके गलन बिंदु से पार चला जाता है तो ठोस गलने लगता है। अर्थात ठोस का द्रव अवस्था में परिवर्तन होने लगता है अतः ठोस का द्रव अवस्था में परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस ठोस पदार्थ की गलन की गुप्त ऊष्मा (latent heat of fusion) कहते हैं। इसे संगलन की गुप्त ऊष्मा भी कहते हैं।
इसका मात्रक किलोकैलोरी/किग्रा या जूल/किग्रा होता है।

बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा 80 किलो किलोकैलोरी/किग्रा अथवा 3.33×10^5 जूल/किग्रा होती है।



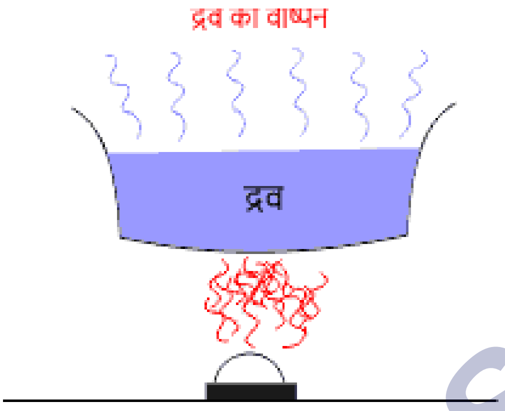
गलन की गुप्त ऊष्मा

2. वाष्पन की गुप्त ऊष्मा

जब किसी द्रव को गर्म किया जाता है तो द्रव का ताप बढ़ता जाता है। एवं वह द्रव वाष्प अवस्था में बदलने लगता है। अर्थात द्रव का गैस अवस्था में परिवर्तन होने लगता है अतः द्रव को गैस अवस्था में परिवर्तन करने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस द्रव की वाष्पन की गुप्त ऊष्मा (latent heat of vaporisation) कहते हैं।
इसका मात्रक किलोकैलोरी/किग्रा अथवा जूल/किग्रा होता है।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 539 किलोकैलोरी/किग्रा अथवा 22.6×10^5 जूल/किग्रा होती है।



वाष्पन की गुप्त ऊष्मा

ऊष्मा चालकता

पदार्थों का वह गुण, जिसके कारण उनमें चालन द्वारा ऊष्मा का संचारण होता है, ऊष्मा चालकता (Heat Conductivity) कहलाता है।
यह पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है, प्रत्येक पदार्थ की ऊष्मा चालकता अलग-अलग होती है।
ऊष्मा चालकता (Heat Conductivity) के आधार पर पदार्थों को तीन श्रेणियों में बांटा जा सकता है-

(i)कुचालक

वह पदार्थ जिनमें, ऊष्मा का संचारण चालन द्वारा बहुत धीरे-धीरे या बहुत कम होता है, अर्थात् जिनकी ऊष्मा चालकता बहुत कम होती है, उन्हें कुचालक (Bad Conductors) कहते हैं।
एक आदर्श कुचालक की ऊष्मा चालकता जीरो होती है; जैसे- लकड़ी, रबर, पानी, काँच, अधिकतर द्रव जिनमें से पारे को छोड़कर व गैसें ऊष्मा की कुचालक हैं।

(ii)सुचालक

वह पदार्थ जिनमें, ऊष्मा का संचारण चालन विधि से आसानी से व तेजी से हो जाता है, उन्हें सुचालक (Good Conductors) कहते हैं।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

SHIVOM CLASSES 8696608541

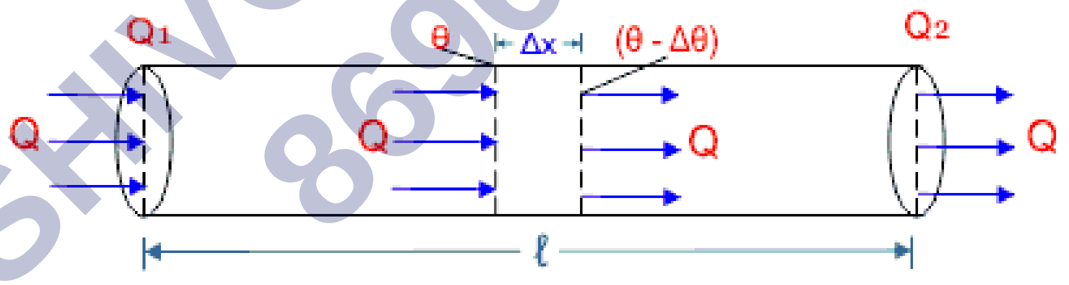
एक आदर्श चालक की ऊष्मा चालकता अनन्त होती है; जैसे- सोना, चाँदी, ताँबा, एल्युमीनियम आदि।
ऊष्मा चालकता सबसे अधिक चाँदी की होती है। पारा भी ऊष्मा का सुचालक होता है।

(iii) ऊष्मारोधक

वह पदार्थ जिनमें, ऊष्मा चालकता जीरो होती है अर्थात् ऊष्मा का चालन बिल्कुल नहीं होता है, ऊष्मारोधक (Heat Resistant) कहते हैं।
कोई भी पदार्थ पूर्ण रूप से ऊष्मारोधी नहीं होता है, फिर भी एस्बेस्टॉस तथा ऐबोनाइट को ऊष्मारोधी माना जा सकता है।

ऊष्मा चालकता गुणांक का सूत्र

माना एक लंबी व बेलनाकार अनुप्रस्थ परिच्छेद वाली पदार्थ की छड़ है जिसके प्रत्येक पृष्ठ का क्षेत्रफल A है। तथा इसकी लंबाई l है। यह छड़ स्थायी अवस्था में है। छड़ के दो समतल समतापी पृष्ठों के ताप क्रमशः θ व $(\theta - \Delta\theta)$ हैं। इन प्रश्नों के बीच दूरी है यदि इन पृष्ठों के ताप अलग-अलग हैं तो ऊष्मा का संचरण उच्च ताप वाले पृष्ठ से निम्न ताप वाले पृष्ठ की ओर होता है। प्रयोग द्वारा यह पाया गया कि समतापी पृष्ठों के अभिलंबवत्, t समय में प्रवाहित होने वाली ऊष्मा की मात्रा Q



ऊष्मा चालकता गुणांक

(i) प्रत्येक पृष्ठ के क्षेत्रफल A के अनुक्रमानुपाती होती है।

(ii) पृष्ठों के बीच ताप प्रवणता $-\frac{\Delta\theta}{\Delta x}$ के अनुक्रमानुपाती होती है।

(iii) समय t के अनुक्रमानुपाती होती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

इस प्रकार $Q \propto A\left(-\frac{\Delta\theta}{\Delta x}\right)t$

अथवा $Q = -\kappa A\frac{\Delta\theta}{\Delta x}t$ समी.①

जहां κ एक नियतांक है जिसे पदार्थ का ऊष्मा चालकता गुणांक (coefficient of thermal conductivity) कहते हैं। इसका मान छड़ के पदार्थ पर निर्भर करता है।

छड़ के स्थायी अवस्था में इसके प्रत्येक पृष्ठ पर ऊष्मा समान ही रहती है अर्थात् पृष्ठ के प्रत्येक भाग पर ऊष्मा Q ही रहती है। यदि छड़ के सिरों पर ताप

क्रमशः θ_1 व θ_2 हों तथा इनके बीच की दूरी l हो तो

ताप प्रवणता $\frac{\Delta\theta}{\Delta x} = \frac{\theta_2-\theta_1}{l}$

या $-\frac{\Delta\theta}{\Delta x} = \frac{\theta_1-\theta_2}{l}$

ताप प्रवणता का मान समी.① में रखने पर ऊष्मा

$$Q = \kappa A\frac{(\theta_1-\theta_2)}{l}t$$

यही ऊष्मा चालकता गुणांक का सूत्र है। इस सूत्र को स्थापित करने के लिए दो तरीके हैं यदि आप ताप प्रवणता के स्थान पर सीधे ही ताप में अंतर $(\theta_1 - \theta_2)$ से करेंगे तो यह छोटा भी हो जाएगा और आसान भी होगा।

ऊष्मा चालकता गुणांक का मात्रक

सूत्र $\kappa = \frac{Qt}{A(\theta_1-\theta_2)t}$ से

κ = जूल × मीटर/मीटर^2 × °C × सेकंड

κ = जूल/मीटर-सेकंड-°C

अतः ऊष्मा चालकता गुणांक का मात्रक जूल/मीटर-सेकंड-°C होता है। यदि ऊष्मा को कैलोरी में व्यक्त करो तो इसका मात्रक किलोकैलोरी/मीटर-सेकंड-°C होता है। अथवा ऊष्मा चालकता गुणांक का मात्रक वाट/मीटर-°C भी होता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

ऊष्मा चालकता गुणांक का विमीय सूत्र

चूंकि ऊष्मा चालकता गुणांक का मात्रक जूल/मीटर-सेकंड-°C होता है तब ऊष्मा चालकता गुणांक का विमीय सूत्र $[MLT^{-3}\theta^{-1}]$ होता है।

वीन का विस्थापन नियम

जब किसी कृष्णिका का ताप बढ़ाते हैं तो कृष्णिका से उत्सर्जित अधिकतम ऊर्जा विकिरण कम तरंगदैर्ध्य की ओर विस्थापित होती है। अर्थात् अधिक ताप बढ़ने पर तरंगदैर्ध्य का मान घटता है।

किसी आदर्श कृष्णिका से उत्सर्जित अधिकतम ऊर्जा की तरंगदैर्ध्य (λ_m) उसके परमताप T के व्युत्क्रमानुपाती होती है। अर्थात्

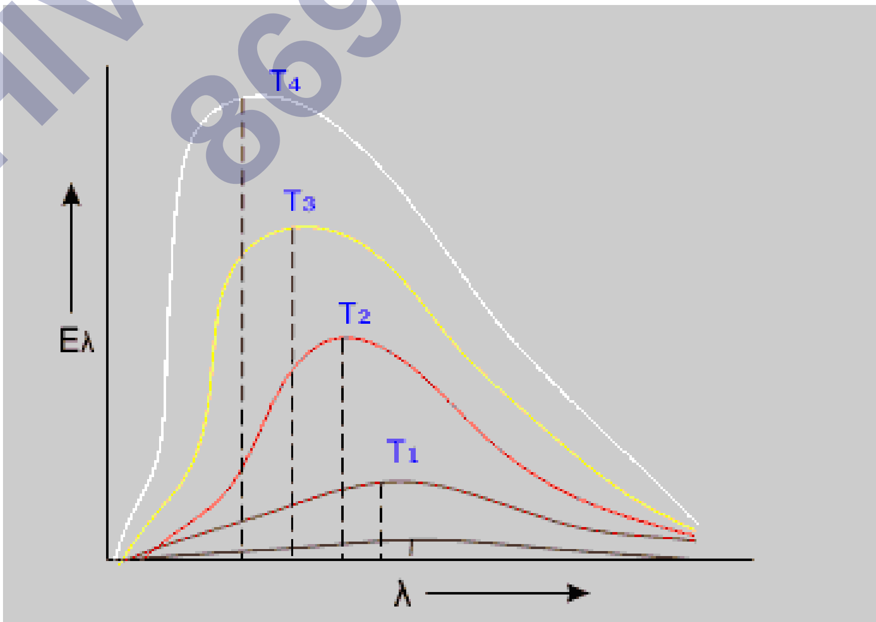
$$\lambda_m \propto \frac{1}{T}$$

$$\lambda_m = \frac{b}{T}$$

जहां एक b नियतांक है जिसे वीन नियतांक कहते हैं। तो

$$\boxed{\lambda_m \times T = b(\text{नियतांक})}$$

वीन नियतांक का मात्रक मीटर-केल्विन होता है। प्रयोग द्वारा इसका मान 2.90 × 10^3 प्राप्त होता है।



वीन का विस्थापन नियम

SHIVOM CLASSES 8696608541

इस नियम के अनुसार यह भी कहा जा सकता है कि कृष्णिका, विकिरण के स्पेक्ट्रमी वितरण वक्रों में ताप वृद्धि के साथ अधिकतम तरंगदैर्ध्य के संगत वक्र का उच्चतम ताप, कम तरंगदैर्ध्य की ओर विस्थापित होता है। इसी कारण इसे वीन का विस्थापन नियम कहते हैं।

वीन के विस्थापन नियम से सूर्य अथवा आकाशीय पिंडों का ताप ज्ञात कर सकते हैं। प्रयोग द्वारा सूर्य का ताप

इसके लिए λ_m = 4753

$\lambda_m = 4753 \times 10^{-10}$

सूर्य का ताप $T = \frac{b}{\lambda_m}$

$T = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{4753 \times 10^{-10}}$

T = 6100 केल्विन

अतः वीन के विस्थापन नियम के अनुसार सूर्य का ताप 6100 केल्विन होता है।

न्यूटन का शीतलन नियम

इस नियम के अनुसार, किसी गर्म वस्तु या पिंड से ऊष्मा क्षति की दर, वस्तु तथा उसके वातावरण के तापों के अंतर के अनुक्रमानुपाती होती है।
चूंकि हम जानते हैं कि ऊष्मा किसी वस्तु में उच्च ताप से निम्न ताप की ओर चलती है। अतः वस्तु जैसे-जैसे ठंडी होने लगती है तो उसकी ऊष्मा हानि की दर के मान में भी कमी आ जाती है।
यदि किसी पिंड का ताप वातावरण के ताप से अधिक होता है तो ऊष्मीय ऊर्जा का वातावरण में उत्सर्जन होने लगता है। जिस कारण पिंड का ताप कम हो जाता है।

माना किसी पिंड का ताप T तथा वातावरण का ताप T_0 है तो ऊष्मा हानि (क्षति) की दर

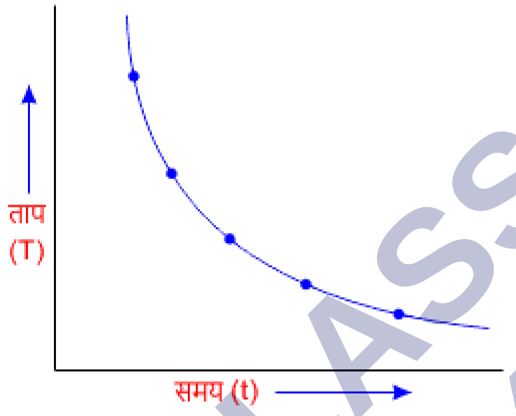
$\frac{dQ}{dt} \propto (T - T_0)$

या $\frac{dQ}{dt} = K(T - T_0)$

SHIVOM CLASSES 8696608541

जहां K एक नियतांक है जिसका मान पिंड के क्षेत्रफल एवं उसकी प्रकृति पर निर्भर करता है।

यह नियम केवल कम तापांतर के लिए लागू होता है। अर्थात न्यूटन का शीतलन नियम किसी पिंड पर तभी लागू होता है जब उसके ताप एवं वातावरण के ताप के बीच कम अंतर हो। अगर यह अंतर अधिक पाया जाता है तो यह नियम लागू नहीं होता है।



न्यूटन का शीतलन नियम

इस ग्राफ द्वारा स्पष्ट होता है कि समय के बढ़ने पर पिंड का ताप कम होता जाता है। और एक स्थिति ऐसी आती है कि पिंड का ताप वातावरण के ताप के समान (बराबर) हो जाता है। तब इस स्थिति में ऊष्मा क्षति होना रुक जाती है। चूंकि पिंड का ताप कम होकर वह ठंडा हो जाता है।

स्टीफन का नियम

किसी पृष्ठ का ताप बढ़ते जाने पर उस पृष्ठ से अनेकों विकिरण ऊर्जा उत्सर्जित होती हैं। विकिरण ऊर्जा के संबंध में वैज्ञानिक स्टीफन ने एक नियम का प्रतिपादन किया। जिसे स्टीफन का विकिरण नियम (Stefan's law of radiation) कहते हैं। इस नियम के अनुसार,
किसी कृष्णिका के एकांक पृष्ठ क्षेत्रफल के प्रति सेकंड में उत्सर्जित होने वाली विकिरण ऊर्जा उसके परमताप की चतुर्थ घात के अनुक्रमानुपाती होती है।
माना किसी कृष्णिका का परमताप T तथा उसके एकांक पृष्ठ क्षेत्रफल पर प्रति सेकंड उत्सर्जित होने वाली ऊर्जा E हो तो

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$E \propto T^4$

$E = \sigma T^4$

जहां σ एक नियतांक है जिसे स्टीफन नियतांक कहते हैं। यह स्टीफन नियतांक का सूत्र है। स्टीफन नियतांक का मात्रक जूल/मीटर^2-सेकंड-केल्विन^4 होता है। एवं इसका मान 5.67×10^{-8} होता है। यह नियम केवल कृष्णिका के लिए ही सत्य हैं।

माना T_1 ताप की एक कृष्णिका है जिसे T_2 ताप के एक बंद कमरे में रखा जाता है। कमरे की दीवारें काली हो तो आदर्श कृष्णिका द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा

$E_1 = \sigma T_1^4$

तथा उत्सर्जन की अतिरिक्त कृष्णिका द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा

$E_2 = \sigma T_2^4$ का अवशोषण भी होगा।

अतः कृष्णिका द्वारा उत्सर्जित कुल ऊर्जा

$E = E_1 - E_2$

$E = \sigma T_1^4 - \sigma T_2^4$

$E = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$

सूत्र द्वारा स्पष्ट होता है की कृष्णिका के उत्सर्जन की दर उसके ताप पर निर्भर करती है। कृष्णिका के आकार, आकृति पर निर्भर नहीं करती है।

स्टीफन के नियम से न्यूटन के शीतलन नियम की स्थापना

माना किसी वस्तु का ताप T_1 है एवं उसके वातावरण का ताप T_2 हो तो वस्तु से प्रति सेकंड, प्रति एकांक क्षेत्रफल से उत्सर्जित कुल ऊर्जा या

ऊष्मा हानि की दर = $e\sigma(T_1^4 - T_2^4)$

जहां e वस्तु की उत्सर्जन क्षमता है।

यदि T_1 का ताप T_2 से अधिक हो तो इसका अंतर

$t = T_1 - T_2$

$T_1 = T_2 + t$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अतः कुल उत्सर्जित पूजा = $e\sigma[(T_2 + t)^4 - T_2^4]$

$= e\sigma[T_2^4 (1 + t/T_2)^4 - T_2^4]$

द्विपद प्रमेय से इस समीकरण को हल करने पर

उत्सर्जित ऊर्जा = $e\sigma[T_2^4 (1 + 4t/T_2 + ...) - T_2^4]$

चूंकि T_2 की अपेक्षा t का मान बहुत कम है अतः t की उच्च घातों को छोड़ने पर

उत्सर्जित ऊर्जा = $e\sigma(T_2^4 + 4T_2^3t - T_2^4)$

उत्सर्जित ऊर्जा = $4e\sigma T_2^3t$

अथवा ऊष्मा हानि की दर $\propto$ तापांतर(t)

इस प्रकार न्यूटन का शीतलन नियम, स्टीफन के नियम का ही एक रूप है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

NCERT SOLUTIONS

अभ्यास (पृष्ठ संख्या 311-313)

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

उत्तर-

यहाँ $T_{Ne} = 24.57K$ तथा $T_{CO_2} = 216.55K$

परन्तु $(t + 273.15) = T \Rightarrow t = (T - 273.15)^\circ C$

$\therefore t_{Ne} = T_{Ne} - 273.15 = (24.57 - 279.15)^\circ C = -248.58^\circ C$

$t_{Co_2} = T_{Co_2} - 273.15 = (216.55 - 273.15) = -56.6^\circ C$

$\because \frac{F-32}{9} = \frac{T\text{-}273.15}{5}$

$\Rightarrow F = 32 + \frac{9}{5}(T - 273.15)$

$\therefore F_{Ne} = 32 + \frac{9}{5}(24.57 - 273.15)^\circ F = \left[32 + \frac{9\times -248.58}{5}\right]^\circ F$

$= \left[32 - \left(\frac{9\times 248.8}{5}\right)\right]^\circ F = 415.44^\circ F$

$F_{CO_2} = \left[32 + \frac{9}{5}(216.55 - 273.15)\right]^\circ F$

$= \left[32 + \frac{9}{5} \times -56.6\right]^\circ F$

$= \left(32 - \frac{9\times 56.6}{5}\right)^\circ = -69.88^\circ F$

प्रश्न 2 दो परम ताप मापक्रमों A तथा B पर जल के त्रिक बिन्दु को 200A तथा 350B द्वारा परिभाषित किया गया है। TA तथा TB में क्या सम्बन्ध है?

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

SHIVOM CLASSES 8696608541

उत्तर- दिया है कि दोनों परम ताप मापक्रम हैं अर्थात् दोनों का शून्य, परम शून्य ताप से सम्पाती है। प्रश्नानुसार प्रथम पैमाने पर परम शून्य से जल के त्रिक बिन्दु (ताप 273.15K) तक के ताप को 200 भागों में तथा दूसरे पैमाने पर 350 भागों में विभाजित किया गया है।

अतः 200A - 0A = 350B - 0B = 273.16K - 0k

या 200A = 350B = 273.16K

प्रथम व अंतिम पदों से, $1\text{A} = \dfrac{273.16\text{K}}{200}$

दूसरे व अंतिम पदों से, $1\text{B} = \dfrac{273.16\text{K}}{350}$

माना किसी वस्तु का ताप इन पैमानों पर क्रमशः T_A तथा T_B मापे गए हैं, तब

$$T_A = T \times \frac{273.16}{200}\text{K}$$

$$T_B = T \times \frac{273.16}{350}\text{K}$$

भाग करने पर,

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

प्रश्न 3 किसी तापमापी का ओम में विद्युत प्रतिरोध ताप के साथ निम्नलिखित सन्निकट नियम के अनुसार परिवर्तित होता है $R=R0[1 + \alpha(T-T_0)]$ यदि तापमापी का जल के त्रिक बिन्दु 273,16K पर प्रतिरोध 101.6Ω तथा लैड के सामान्य संगलन बिन्दु (600.5K) पर प्रतिरोध 165.5Ω है तो वह ताप ज्ञात कीजिए जिस पर तापमापी का प्रतिरोध 123.4Ω है।

उत्तर-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

यहाँ $T_1 = 273.16K$ पर $R_1 = 101.6\Omega$

$T_2 = 600.5K$ पर $R_2 = 165.5\Omega$

माना $T_3 = ?$ पर $R_3 = 123.4\Omega$

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

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

$$R_2 = R_0[1 + \alpha(T_2 - T_0)] \ldots (2)$$

$$R_3 = R_0[1 + \alpha(T_3 - T_0)] \ldots (3)$$

समी. (2) से समी. (1) घटाने पर,

$$(R_2 - R_1) = R_0\alpha(T_2 - T_1) \ldots (4)$$

समी. (2) से समी. (1) घटाने पर,

$$(R_2 - R_1) = R_0\alpha(T_2 - T_1) \ldots (4)$$

समी. (3) से समी. (1) घटाने पर,

$$(R_3 - R_1) = R_0\alpha(T_3 - T_1) \ldots (5)$$

समी. (4) को समी. (5) से भाग देने पर,

$$\frac{R_2 - R_1}{R_3 - R_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1}$$

उपर्युक्त ज्ञात मान रखने पर,

$$\frac{165.5 - 101.6}{123.4 - 101.6} = \frac{600.5 - 273.16}{T_3 - 273.16}$$

$$\Rightarrow \frac{63.9}{21.8} = \frac{327.34}{T_3 - 273.16}$$

वज्रगुणन करके सरल करने पर $T_3 = 384.8K$

प्रश्न 4 निम्नलिखित के उत्तर दीजिए :

SHIVOM CLASSES 8696608541

a. आधुनिक तापमिति में जल का त्रिक बिन्दु एक मानक नियत 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 बिन्द थे। जिनको क्रमशः 0°C तथा 100°C संख्याएँ निर्धारित की गई थीं। 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¢ में सम्बन्ध इस प्रकार है:

t_c =T -273.15

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

d. उस परमताप मापक्रम पर, जिसके एकांक अन्तराल का आमाप फारेनहाइट के एकांक अन्तराल की आमाप के बराबर है, जल के त्रिक बिन्दु का ताप क्या होगा?

उत्तर-

a. क्योंकि जल का त्रिक बिन्दु एक अद्वितीय बिन्दु है, जिसके संगत ताप 273.16 K अद्वितीय है, जबकि हिम का गलनांक तथा जल का क्वथनांक नियत नहीं है ये दाब परिवर्तित करने पर बदल जाते हैं।

b. केल्विन मापक्रम पर अन्य नियत बिन्दु, परम शून्य ताप है जिस पर सभी गैसों का दाब शून्य हो जाता है।

c. सेल्सियस पैमाने पर 0°C, सामान्य दाब पर बर्फ का गलनांक है जिसके संगत केल्विन ताप 273.15 K है न कि 273.15 K। इस प्रकार प्रत्येक परम ताप, संगत सेल्सियस ताप से 273.15 K ऊँचा है इसीलिए उक्त सम्बन्ध में 273.15 का प्रयोग किया गया है।

हम जानते हैं कि 32°F = 273.15 K तथा 212°F = 273.15 K

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

∴ 212°F – 32°F = (373.15 – 273.15) K या 180°F = 100 K

⇒ फारेनहाईट पैमाने पर 1 अन्तराल का मान, $1^{\circ}F = \frac{100}{180}K$

∴ प्रश्नानुसार नए परम ताप पैमाने की इकाई 1F (माना) $= \frac{100}{180}K$

केल्विन पैमाने पर जल के त्रिक बिन्दु का ताप T = 273.16K माना नए परम ताप पैमाने पर त्रिक बिन्दु का ताप xF' है, तब-

$$xF' - 0F' = 273.16K - 0K$$

$\therefore\ xF' = 273.16K$ तथा दोनों पैमानों के शून्य सम्पाती हैं।

$$xF' = 273.16K$$

$$\Rightarrow\ x \times \frac{100}{180}K = 273.16K$$

अत: नए पैमाने पर त्रिक बिन्दु के ताप का आंकिक मान 491.69 होगा।

प्रश्न 5 दो आदर्श गैस तापमापियों A तथा B में क्रमश: ऑक्सीजन तथा हाइड्रोजन प्रयोग की गई है। इनके प्रेक्षण निम्नलिखित हैं-

ताप	**दाब तापमापी A में**	**दाब तापमापी B में**
जल का त्रिक बिंदु	1.250×10^5 pa	0.200×10^5 pa
सल्फर का सामान्य गलनांक	1.797×10^5 pa	0.287×10^5 pa

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 अन्तर 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?

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर-

a. तापमापी A के लिए-

त्रिक बिन्दु पर Ptr = 1.250 × 105 pa तथा Ttr = 273.16K

सल्फर के लिए P = 1.797 × 105 pa तथा T = ?

∵ गैस तापमापी द्वारा ताप मापन नियत आयतन पर किया जाता है, अतः तापमापी A के लिए,

$$= \frac{P}{T} = \text{नियतांक}$$

$$= \frac{P_{tr}}{T_{tr}} = \frac{P}{T}$$

$$\therefore \text{ सल्फर का गलनांक } T = T_{tr} \times \frac{P}{P_{tr}} = 273.16K \times \frac{1.797 \times 10^5 \text{ pa}}{1.250 \times 10^5 \text{ pa}}$$

$$= 392.69K$$

जबकि इसी प्रकार तापमापी B द्वारा मापा गया सल्फर का गलनांक,

$$T = \frac{P}{P_{tr}} \times T_{tr} = \frac{0.287 \times 10^5 \text{ pa}}{0.200 \times 10^5 \text{ pa}} \times 273.16K$$

$$= 391.18K$$

b. दोनों तापमापियों के पाठ्यांकों में अन्तर इसलिए है क्योंकि प्रयोग की गई गैसें आदर्श नहीं हैं। विसंगति को दूर करने के लिए पाठ्यांक कम दाब पर लेने चाहिए जिससे कि गैसें आदर्श गैस की भाँति व्यवहार करें।

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 63.0cm मापी गई। उस

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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 × 10-5K^{-1}।

उत्तर- जब ताप 27°C से बढ़कर 45°C हो जाती है तो ताप में वृद्धि ΔT = (45 – 27)°C ≡ 18K,

माना 27°C पर अंशांकित स्टील के फीते पर इस ताप वृद्धि के कारण इसकी l1 = 1 सेमी लम्बाई बढ़कर l2, हो जाती है तो-

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \times \triangle T} \text{ से } l_2 = l_1(1 + \alpha \triangle T)$$

$$l_2 = 1 \text{ सेमी } (1 + 1.20 \times 10^{-5} \times 18) = 1.000216 \text{ सेमी},$$

अतः यदि स्टील का फीता 45°C पर 1 सेमी मापता है तो छड़ की वास्तविक लम्बाई 1.000216 सेमी होगी। परन्तु यहाँ 45°C परं यह 63 सेमी मापता है।

अत: स्टील छड़ की वास्तविक लम्बाई-

= 63 × 1.000216 सेमी = 63.0136 सेमी

जिस दिन ताप 27°C होगा उस दिन स्टील फीते पर 1 सेमी चिह्न की वास्तविक लम्बाई 1 सेमी ही होगी चूंकि यह फीता इसी ताप पर अंशांकित किया गया है।

अत: 27°C पर छड़ की वास्तविक लम्बाई = 63.0 × 1 सेमी = 63.0 सेमी ही होगी।

प्रश्न 7 किसी बड़े स्टील के पहिए को उसी पदार्थ की किसी धुरी पर ठीक बैठाना है। 27°C पर धुरी का बाहरी व्यास 8.70cm तथा पहिए के केन्द्रीय छिद्र का व्यास 8.69cm है। सूखी बर्फ द्वारा धुरी को ठण्डा 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। α स्टील = 1.20 × 10^{-5} K^{-1}।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर- T_1 = 27°C = (27 + 273)K = 300K पर धुरी का व्यास D_1 = 8.70 सेमी।

माना धुरी को T_2K तक ठण्डा किया गया है ताकि इसका व्यास सिकुड़कर पहिए के केन्द्रीय छिद्र के व्यास D_2 = 8.69 सेमी के बराबर हो जाये जिससे कि पहिया धुरी पर चढ़ सके।

$\therefore$ सूत्र- $l_2 = l_1[1+\alpha(T_2 - T_1)]$ के समरूप,

$D_2 = D_1[1+\alpha(T_2 - T_1)]$

अतः $8.69 = 8.70[1 + 1.20 \times 10^{-5}(T_2 - 3000)]$

अथवा $(T_2 - 300) = \left[\frac{8.69-8.70}{8.70(1.20\times10)^{-5}}\right] = \left[\frac{-0.01}{8.70\times1.20\times10^{-5}}\right]K$

$\Rightarrow T_2 - 300 = -95.76K$

$\Rightarrow T_2 = [300 - 95.76]K = 204.24K$

$\Rightarrow (204.24 - 273)^\circ C = -68.76^\circ C = -68.8^\circ C$

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

उत्तर-

-27°C पर क्षेत्रफल $A_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi}{4} \times (4.24)^2 cm.$

यदि 227°C पर छिद्र का व्यास D2 सेमी है तो 227°C पर छिद्र का क्षेत्रफल,

$A_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}$

ताँबे का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक,

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$\beta = 2\alpha = 2 \times 1.70 \times 10^{-5}\ {}^{\circ}C^{-1}$

$= 3.4 \times 10^{-5}\ {}^{\circ}C^{-1}$

क्षेत्रफल में वृद्धि- $\triangle A = A_2 - A_1$

$\because\ \beta = \frac{\triangle A}{A_1(\triangle T)} = \frac{A_2 - A_1}{A_1(\triangle T)}$

$\therefore\ A_2 = A_1(1 + \beta\triangle T)$

$\Rightarrow\ \frac{\pi D_2^2}{4} = \frac{\pi}{4}(4.24)^2[1 + 3.4 \times 10^{-5}(227 - 27)]$

$D_2^2 = (4.24)^2 \times 1.0068$ सेमी^{2}

$D_2 = 4.2544$ सेमी

व्यास में परिवर्तन $D_2 - D_1 = (4.2544 - 4.24) = 0.0144$ सेमी

$= 1.44 \times 10^{-2}$ सेमी(वृद्धि)

प्रश्न 9 27°C पर 1.8cm 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 तो तार में कितना तनाव उत्पन्न हो जाएगा? तार का व्यास 2.0mm है। पीतल का रेखीय प्रसार गुणांक = $2.0 \times 10^{-5} k^{-1}$, पीतल का यंग प्रत्यास्थता गुणांक = 0.91×10^{11} Pa.

उत्तर-

दिया है- $T_1 = 27°C$, $T_2 = -39°C$,

ताप परिवर्तन $\Delta T = [27 - (-39)] = 66^{\circ}C$ या $66K$, तार की लम्बाई $L = 1.8cm$

तार का व्यास $2r = 2.0mm$

$\therefore$ त्रिज्या $r = 1.0 \times 10^{-3}m$

रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha = 2.0 \times 10^{-5}K^{-1}$

तथा यंग प्रत्यास्थता गुणांक $Y = 0.91 \times 10^{-11}$ pa

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

ठंडा करने पर तार की लम्बाई में कमी,

$$\Delta L = L\alpha\Delta T = 1.8cm \times 2.0 \times 10^{-5}K^{-1} \times 66K$$

$$= 0.0024cm$$

परन्तु तार दृढ टेको के बीच बँधा है, अतः यह सिकुड़ नहीं पायेगा और इसे तनाव उत्पन्न हो जाएगा।

तार का अनुप्रस्थ क्षेत्रफल-

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (1.0 \times 10^{-3}m)^2 = 3.14 \times 10^{-6}m^2$$

सूत्र- $Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}}$ से,

तार में तनाव $F = YA\frac{\Delta L}{L} = 0.91 \times 10^{11}pa \times 3.14 \times 10^{-6}m^2 \times \frac{0.0024cm}{1.8cm}$

प्रश्न 10 50cm लम्बी तथा 3.0mm 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। (पीतल तथा स्टील के रेखीय प्रसार गुणांक क्रमशः $2.0 \times 10^{-5}k^{-1}$ तथा $1.2 \times 10^{-5} \times k^{-1}$ हैं।)

उत्तर- प्रत्येक छड़ का ताप T_1 = 40°C पर लम्बाई L_1 = 50 सेमी

संयुक्त छड़ का अन्तिम ताप T_2 = 250°C

अतः प्रत्येक छड़ के ताप में वृद्धि

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (250 - 40)°C = 210°C = 210K$$

(∵ सेल्सियस तथा केल्विन पैमाने पर 1 डिग्री को आकार बराबर होता है)

∵ पीतल की छड़ की लम्बाई में वृद्धि-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

(ΔL) पीतल $= L_1 \alpha.$पीतल $\times \Delta T$

$= 50$ सेमी $\times 2.0 \times 10^{-5} K^{-1} \times 210K$

$= 0.21$

सेमी स्टील की छड़ की लम्बाई में वृद्धि (ΔL)स्टील $= L_1 \times 0.$स्टील $\times \Delta T$

$= 50$ सेमी $\times 2.0 \times 10^{-5} K^{-1} \times 210K$

$= 0.126$ सेमी ≈ 0.13 सेमी

$\therefore$ संयुक्त छड़ की लम्बाई में वृद्धि

$= (\Delta L)$पीतल $+ (\Delta L)$ स्टील

$= 0.21$ सेमी $+ 0.13$ सेमी

$= 0.34$ सेमी

चूँकि छड़ों के सिरों को प्रसार के लिए मुक्त रखा गया है, अत: संधि पर कोई तापीय प्रतिबल उत्पन्न नहीं होगा।

प्रश्न 11 ग्लिसरीन का आयतन प्रसार गुणांक $49 \times 10^{-5} K^{-1}$ है। ताप में 30°C की वृद्धि होने पर इसके घनत्व में क्या आंशिक परिवर्तन होगा?

उत्तर-

$$V' = V(1 + \gamma \triangle T)$$

$$\frac{V}{V'} = \frac{1}{1+\gamma.\triangle T}$$

$$\frac{\frac{m}{\rho}}{\frac{m}{\rho'}} = \frac{1}{1+\gamma.\triangle T}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho'}{\rho} = \frac{1}{1+\gamma.\triangle T}$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\Rightarrow \left(\frac{\rho'}{\rho} - 1\right) = \frac{1}{1+\gamma.\triangle T} - 1 = \frac{-\gamma\triangle T}{1+\gamma.\triangle\ T}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\rho' - \rho}{\rho}\right) = \left[\frac{\gamma.\triangle T}{1+\gamma.\triangle T}\right]$$

$$= \left[\frac{49\times10^{-5}K^{-1}\times30K}{1+49\times10^{-5}\times30}\right]$$

$$= \left[\frac{0.01470}{1.01470}\right] = -1.45\times10^{-2} \approx -1.5\times10^{-2}$$

(-) चिन्ह घनत्व में कमी का प्रतिक है।

प्रश्न 12 8.0kg 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 = $0.91 Jg^{-1}K^{-1}$ है।

उत्तर- बरमी की शक्ति P = 10 किलोवाट = 104 वाट = 104 जूल/ सेकण्ड

समय t = 2.5 मिनट = 2.5 × 60 सेकण्ड = 150 सेकण्ड

∴ बरमी द्वारा प्रयुक्त ऊर्जा w = P × T = (104 जूल/ सेकण्ड) × 150 सेकण्ड

= 1.5 x 106 जूल।

m = 8.0 किग्रा के ऐल्युमीनियम के छोटे ब्लॉक द्वारा बरमी की प्रयुक्त ऊर्जा से ली गयी ऊर्जा-

$$50\% = \left(\frac{1.5\times10^{6}\times50}{100}\right)$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

एल्युमीनियम की विशिष्ट उष्माधारिता अर्थात विशिष्ट ऊष्मा,

$s = 0.91$ जूल/ ग्राम-केल्विन

0.93×10^3 जूल/ ग्राम-केल्विन

यदि गुटके के ताप में वृद्धि $\triangle T$ हो तो $Q = m \times s \times \triangle T$ से,

$$\triangle T = \frac{Q}{m \times s} = \frac{7.25 \times 10^5}{8.0 \times 0.9 \times 10^3}$$

= 103K या 103°C

प्रश्न 13 2.5kg 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 = $0.39 Jg^{-1}K^{-1}$; बर्फ की संगलन ऊष्मा= $335 Jg^{-1}$।

उत्तर- यहाँ गुटके का द्रव्यमान m = 2.5

किग्रा गुटके की विशिष्ट ऊष्माधारिता s = 0.39 जूल-ग्राम$^{-1}$K^{-1}

= 0.39×10^3 जूल-किग्रा-1°C^{-1}

गुटके का प्रारम्भिक ताप T_1 = 500°C,

अन्तिम ताप T_2 = बर्फ का ताप = 0°C

$\therefore$ गुटके के ताप में कमी $\Delta T = (T_1 - T_2) = 500^\circ C$

माना गलित होने वाले बड़े हिम ब्लॉक की मात्रा = mबर्फ

बर्फ के संगलन की ऊष्मा L = 335 जूल-ग्राम-1 = 335 × 103 जूल-किग्रा-1

ऊष्मामिति के सिद्धान्त से,

गुटके द्वारा दी गयी ऊष्मा = बर्फ द्वारा गलने में ली गयी ऊष्मा-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$m \times s \times \triangle T = m_{बरफ} \times L$$

$$m_{बर्फ} \left[\frac{m \times s \times \triangle T}{L}\right] = \left[\frac{2.5 \times 0.39 \times 10^3 \times 500}{335 \times 10^3}\right] \text{ किग्रा}$$

$$= 1.5 \text{ किग्रा}$$

प्रश्न 14 किसी धातु की विशिष्ट ऊष्मा धारिता के प्रयोग में 0.20kg के धातु के गुटके को 150°C पर तप्त करके, किसी ताँबे के ऊष्मामापी (जल तुल्यांक = 0.025kg) जिसमें 27°C का $150cm^3$ जल भरा है, में गिराया जाता है। अन्तिम 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?

उत्तर- धातु के गुटके का द्रव्यमान m = 0.20 किग्री

माना इसकी विशिष्ट ऊष्मा = s

जल तथा ऊष्मामापी की ताप T_2 = 27°C

मिश्रण को प्रारम्भिक ताप T_1 = 150°C

मिश्रण का अन्तिम ताप T = 40°C

ऊष्मामापी का तुल्यांक W = Ms = 0.025 किग्रा।

जल का आयतन = 150 सेमी^{3} = 150 × 10^{-6} मी^{3}

जल का घनत्व = 103 किग्रा/ मी^{3}

∴ जले का द्रव्यमान M = आयतन × घनत्व

= 150 × 10-6 मी3 × 103 किग्रा/ मी^{3} = 0.150 किग्रा

धातु के गुटके द्वारा दी गयी ऊष्मा = m × s × (T_1 - T)

= 0.20 × s × (150 - 40) = 0.20 × 110 × s

(ऊष्मामापी + जल) द्वारा ली गयी ऊष्मा =(m जल × S जल + W) × (T - T_2)

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

= (0.150 × 1 + 0.025) × (40 - 27)

= (0.175 × 13) किलो कैलोरी

कैलोरीमिति के सिद्धान्त से,

दी गयी ऊष्मा = ली गयी ऊष्मा

$$\therefore 0.20 \times 110 \times 5 = 0.175 \times 13$$

$$s = \left(\frac{0.175 \times 123}{0.20 \times 110}\right)$$ किलो कैलोरी/ किग्रा-°C

$$= 0.103$$ किलो कैलोरी/ किग्रा-K

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

क्रम	गैस	मोलर विशिष्ट ऊष्मा धारिता (C_v) (cal mol^{-1} K^{-1})
1.	हाइड्रोजन	4.87
2.	नाइट्रोजन	4.97
3.	ऑक्सीजन	5.02
4.	नाइट्रिक ऑक्साइड	4.99
5.	कॉर्बन मोनोक्साइड	5.01
6.	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?

उत्तर- एक परमाणुक गैसों के अणुओं में केवल स्थानान्तरीय गतिज ऊर्जा होती है जबकि द्विपरमाणुक गैसों के अणुओं में स्थानान्तरीय गतिज ऊर्जा के अतिरिक्त घूर्णी गतिज ऊर्जा भी होती है। ऐसा इसलिए सम्भव है क्योंकि द्विपरमाणुक गैसों के अणु अन्तराणविक अक्ष के लम्बवत् दो

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अक्षों के परितः घूर्णन भी कर सकते हैं। जब किसी गैस को ऊष्मा दी जाती है तो यह ऊष्मा अणुओं की सभी प्रकार की ऊर्जाओं में समान वृद्धियाँ करती है। अब चूँकि द्विपरमाणुक गैसों के अणुओं की ऊर्जा के प्रकार अधिक होते हैं इसीलिए इनकी मोलर विशिष्ट ऊष्मा धारिताएँ भी अधिक होती हैं। क्लोरीन की मोलर विशिष्ट ऊष्मा धारिता की अधिक होना यह प्रदर्शित करता है कि इसके अणु स्थानान्तरीय तथा घूर्णी गतिज ऊर्जा के अतिरिक्त कम्पनिक गतिज ऊर्जा भी रखते हैं।

प्रश्न 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 30kg 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^{-1} है।

उत्तर- बच्चे का द्रव्यमान M = 30 किग्रा

उसके ताप में कमी

$$\triangle T = (101 - 98)^{\circ F} = \left(3 \times \frac{5}{9}\right)^{\circ C}$$

बच्चे के शरीर की विशिष्ट उष्माधारिता

s = जल की विशिष्ट उष्माधारिता = 1 किलो कैलोरी/ किग्रा-°C

$\therefore$ बच्चे के शरीर से ऊष्मा ह्रास = $\left[30 \times 1 \times \frac{5}{3}\right]$ किलो कैलोरी = 50 किलो कैलोरी

t = 20 मिनट में यदि वाष्पीकृत जल का द्रव्यमान m हो तो,

$$m = \left(\frac{Q}{L}\right) = \frac{50\text{kcal}}{580\text{kcal/ kg}} = \frac{5}{8} \text{ किग्रा}$$

$\therefore$ अतिरिक्त वाष्पन की औसत दर-

$$\frac{m}{t} = \frac{\frac{5}{58}\text{kg}}{20\text{m}} = \frac{5 \times 1000\text{g}}{58 \times 20\text{m}}$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

= 4.31 ग्राम/ मिनट

प्रश्न 17 थर्मोकोल का बना 'हिम बॉक्स' विशेषकर गर्मियों में कम मात्रा के पके भोजन के भण्डारण का सस्ता तथा दक्ष साधन है। 30cm भुजा के किसी हिम बॉक्स की मोटाई 5.0cm है। यदि इस बॉक्स में 4.0kg हिम रखा है तो 6h के पश्चात बचे हिम की मात्रा का आकलन कीजिए। बाहरी ताप 45°C है तथा थर्मोकोल की ऊष्मा चालकता 0.01 $Js^{-1}m^{-1}k^{-1}$ है। (हिम की संगलन ऊष्मा = 335 × $103Jkg^{-1}$)

उत्तर- हिम बॉक्स की भुजा a = 30cm = 0.3m, बॉक्स की मोटाईl = 5.0cm = 0.05m

बाहरी ताप T_1 = 45°C, अन्दर (बर्फ) का ताप T_2 = 0°C

समय t = 6h = 6 x 60 x 60s , बर्फ का द्रव्यमान = 4.0kg

थर्मोकोल की ऊष्मा चालकता K = $0.01Js^{-1}m^{-1}K^{-1}$

बर्फ की संगलन ऊष्मा $L_f = 335 \times 103Jkg^{-1}$ $\triangle = 45^\circ C = 45K$

हिम बॉक्स का बाह्य क्षेत्रफल $A = 6a^2 = 6 \times (0.3m)^2 = 0.54m^2$

$t = 6 \times 60 \times 60s$ में हिम बॉक्स के भीतर पहुंची ऊष्मा की मात्रा,

$$\frac{0.01Js^{-1}m^{-1}K^{-1} \times 0.54m^2 \times 45K}{0.05m} \times 6 \times 60 \times 60s$$

$$= 1.05 \times 10^5 J$$

माना ईसे ऊष्मा को प्राप्त करके m द्रव्यमान बर्फ पिघल जाती है। इस प्रक्रिया में बर्फ द्वारा अवशोषित ऊष्मा,

$$Q = mL$$

$$\therefore\ mL_f = 1.05 \times 10^5 J$$

$$\Rightarrow\ m = \frac{1.05 \times 10^5 J}{L_f} = \frac{1.05 \times 10^5}{335 \times 10^3 Jkg^{-1}} = 0.313kg$$

अतः शेष हिम की मात्रा $m' = 4.0kg - 0.313kg = 3.687kg \approx 3.7kg$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 18 किसी पीतल के बॉयलर की पेंदी का क्षेत्रफल $0.15m^2$ तथा मोटाई 1.0cm है। किसी गैस स्टोव पर रखने पर इसमें 6.0kg/ min की दर से जल उबलता है। बॉयलर के सम्पर्क की ज्वाला के भाग का ताप आकलित कीजिए। पीतल की ऊष्मा चालकता = $109Js^{-1}m\text{-}1K^{-1}$, जल की वाष्पन ऊष्मा = $2256 \times 103\ Jkg^{-1}$ है।

उत्तर- पेंदी का क्षेत्रफल $A = 0.15m^2$, मोटाई l = 1.0cm = 0.01m,

पीतल की ऊष्मा चालकता $K = 109Js^{-1}m^{-1}K^{-1}$,

जल की वाष्पन ऊष्मा $L = 2256 \times 103J\ kg^{-1}$,

जल उबलने की दर = 6.0kg/ min

मानी ज्वाला का ताप T_1 है जबकि बॉयलर का आन्तरिक ताप $T_2 = 100°C$

t = 1 minute या 60s में बॉयलर के भीतर प्रविष्ट होने वाली ऊष्मा,

$$Q = \frac{KA(T_1 - T_2)}{l} \times t$$

प्रश्नानुसार, 60s में 6.0kg जल में उबलता है, इसके लिए आवश्यक ऊष्मा

$$Q = mL = 6.0kg \times 2256 \times 10^3 Jkg^{-1}$$

$$= 13536 \times 10^3 J$$

$$\therefore \frac{KA(T_1 - T_2)}{l} t = 13536 \times 10^3$$

$$\Rightarrow T_1 - T_2 = \frac{13536 \times 10^3 \times l}{K\ At}$$

$\therefore$ ज्वाला का ताप $T_1 = T_2 + \frac{13536 \times 10^3 \times l}{K\ At}$

$$= 100^\circ C + \frac{13536 \times 10^3 J \times 0.01m}{109Js^{-1}K^{-1} \times 0.15m^2 \times 60s}$$

$$T_1 = 100^\circ C + 137.98^\circ C \approx 238^\circ C$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 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।

उत्तर-

a. हम जानते हैं कि उच्च परावर्तकता वाले पिण्ड अपने ऊपर गिरने वाले अधिकांश विकिरण को परावर्तित कर देते हैं अर्थात् वे अल्प अवशोषक होते हैं, इसीलिए वे अल्प उत्सर्जक भी होते हैं।
b. लकड़ी की ट्रे ऊष्मा की कुचालक होती है जबकि पीतल का गिलास ऊष्मा का सुचालक है। यद्यपि कंपकंपी वाले दिन दोनों ही समान ताप पर होंगे, परन्तु हाथ से छूने पर गिलास हमारे हाथ से तेजी व्य के तापीय गुण 311 से ऊष्मा लेता है जबकि लकड़ी की ट्रे बहुत कम ऊष्मा लेती है। यही कारण है कि पीतल का गिलास लकड़ी की ट्रे की तुलना में अधिक ठण्डा लगता है।
c. इसका कारण यह है कि खुले में रखे तप्त लोहे का गोला तेजी से ऊष्मा खोता है और ऊष्मा धारिता कम होने के कारण तेजी से ठण्डा होता जाता है, इससे उत्तापमापी को पर्याप्त विकिरण ऊर्जा लगातार नहीं मिल पाती। इसके विपरीत भट्टी में रखने पर गोले का ताप स्थिर बना रहता है और वह नियत दर से विकिरण उत्सर्जित करता रहता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

d. हम जानते हैं कि वायु ऊष्मा की कुचालक होती है, यही कारण है कि पृथ्वी के चारों ओर का वायुमण्डल एक कम्बल की भाँति कार्य करता है और पृथ्वी से उत्सर्जित होने वाले ऊष्मीय विकिरणों को वापस पृथ्वी की ओर परावर्तित कर देता है। वायुमण्डल की अनुपस्थिति में पृथ्वी से उत्सर्जित होने वाले ऊष्मीय विकिरण सीधे सुदूर अन्तरिक्ष में चले जाते तथा पृथ्वी अशरणीय शीतल हो जाती।

e. हम जानते हैं कि 1g जलवाष्प, 100°C के 1g जल की तुलना में 540 cal अतिरिक्त ऊष्मा रखती है। इससे स्पष्ट है कि जलवाष्प आधारित तापन निकाय, तप्त जल आधारित तापन निकाय से अधिक दक्ष हैं।

प्रश्न 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 को परिकलन कीजिए जिसमें उसका ताप 60°C से 30°C हो जाएगा।

उत्तर- 80°C तथा 50°C का माध्य 65°C है इसका परिवेश ताप से अन्तर (65 - 20) = 45°C है।

$$\frac{\text{ताप में कमी}}{\text{समयान्तराल}} = K\ (\text{तापान्तर})\ \text{से},$$

$$\frac{(80-50)^\circ C}{5 \text{min}} = K(45^\circ C)$$

$$\Rightarrow \frac{6^\circ C}{\text{min}} = K(45^\circ C) \ldots (1)$$

माना t समय में ताप 60°C से 30°C हो जाता है।

60°C व 30°C का माध्य 45°C है जिसका परिवेश ताप से अंतर (45 - 20)°C = 25°C है।

$$\frac{\text{ताप में कमी}}{\text{समयान्तराल}} = K\ (\text{तापान्तर})\ \text{से},$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\frac{(60-30)^\circ C}{t} = (K25^\circ C)$$

$$\Rightarrow \frac{30^\circ C}{t} = K(25^\circ C) \ldots (2)$$

समीकरण (1) को समीकरण (2) से भाग देने पर,

$$6^\circ C\, min^{-1} \times \frac{t}{30^\circ C} = \frac{K(45^\circ C)}{K(25^\circ C)}$$

$$\therefore\ t = \frac{45}{25} \times \frac{30}{6} min = 9min$$

अर्थात पिंड के ताप को 60°C से 30°C तक गिरने में 9 min लगेंगे।

अतिरिक्त अभ्यास (पृष्ठ संख्या 313-314)

प्रश्न 21 CO_2 के P-T प्रावस्था आरेख पर आधारित निम्नलिखित प्रश्न का उत्तर दीजिए-

a. किस ताप व दाब पर CO_2 की ठोस, द्रव तथा वाष्प प्रावस्थाएँ साम्य में सहवर्ती हो सकती है?

b. CO_2 के गलनांक तथा क्वथनांक पर दाब में कमी का क्या प्रभाव पड़ता है?

c. CO_2 के लिए क्रान्तिक ताप तथा दाब क्या हैं? इनको क्या महत्त्व है?

d. (i) -70°C ताप व 1 atm दाब, (ii) -60°C ताप व 10 atm दाब, (iii)15°C ताप व 56 atm दाब पर CO_2 ठोस, द्रव अथवा गैस में किस अवस्था में होती है?

उत्तर-

a. -56.6°C ताप तथा 5.11 atm दाब पर (त्रिक बिन्दु के संगत)।

b. दाब में कमी होने पर दोनों घटते हैं।

c. बिन्दु 8 के संगत, क्रान्तिक ताप = 31.1°C तथा क्रान्तिक दाब = 73.0 atm इससे उच्च ताप पर CO2 द्रवित नहीं होगी, चाहे उस पर कितना भी अधिक दाब आरोपित किया जाए।

d. (i) वाष्प अर्थात् गैसीय अवस्था में, (ii) ठोस अवस्था में, (iii)द्रव अवस्था में।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 22 CO_2 के P-T प्रावस्था आरेख पर आधारित निम्नलिखित प्रश्न का उत्तर दीजिए-

a. 1 atm दाब तथा -60°C ताप पर CO2 का समतापी सम्पीडन किया जाता है? क्या यह द्रव प्रावस्था में जाएगी?
b. क्या होता है जब 4 atm दाब पर CO2 का दाब नियत रखकर कक्ष ताप पर शीतन किया जाता है।
c. 10 atm दाब तथा -65°C ताप पर किसी दिए गए द्रव्यमान की ठोस CO2 को दाब नियत रखकर कक्ष ताप तक तप्त करते समय होने वाले गुणात्मक परिवर्तनों का वर्णन कीजिए।
d. CO2 को 70°C तक तप्त तथा समतापी सम्पीडित किया जाता है। आप प्रेक्षण के लिए इसके किन गुणों में अन्तर की अपेक्षा करते हैं?

उत्तर-

a. समतापी सम्पीडन का अर्थ है कि गैस को -60°C ताप पर दाब अक्ष के समान्तर ऊपर को ले जाया जाता है। इसके लिए हम -60°C ताप पर दाब अक्ष के समान्तर रेखा खींचते हैं। हम देख सकते हैं। कि यह रेखा गैसीय क्षेत्र से सीधे ठोस क्षेत्र में प्रवेश कर जाती है और द्रव क्षेत्र से नहीं गुजरती। इसका अर्थ यह है कि गैस बिना द्रवित हुए ठोस में बदल जाएगी।
b. इस बार हम 4 atm दाब पर ताप अक्ष के समान्तर रेखा खींचते हैं। हम देखते हैं कि यह रेखा वाष्प क्षेत्र से सीधे ठोस क्षेत्र में प्रवेश कर जाती है। इसका अर्थ है गैस, द्रव अवस्था में आए बिना ही ठोस अवस्था में संघनित हो जाएगी।
c. इस बार हम 10 atm दाब तथा -65°C ताप से प्रारम्भ करके ताप अक्ष के समान्तर रेखा खींचते हैं। यह रेखा ठोस क्षेत्र से द्रव क्षेत्र तथा द्रव क्षेत्र से वाष्प क्षेत्र में प्रवेश करेगी।

   इसका अर्थ यह है कि 10 atm दाब तथा -65°C ताप पर गैस ठोस अवस्था में होगी। गर्म किए जाने पर धीरे-धीरे यह द्रव अवस्था में आ जाएगी तथा और गर्म किए जाने पर गैसीय अवस्था में आ जाएगी। द्रव्य के तापीय गुण 309 है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

d. ∵ 70°C ताप गैस के क्रान्तिक ताप से अधिक है, अत: इसे समतापी सम्पीडन द्वारा द्रवित नहीं किया जा सकता। अत: चिर स्थायी गैसों की भाँति दाब बढ़ाते जाने पर इसका आयतन कम होता जाएगा।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)