HINTS AND SOLUTION'S OF HEAT TRANSFER

EXERCISE-1

भाग - I

A-1. $A = 100\ cm^2$

$i_H = \dfrac{90-10}{(1\times10^{-2})} \times(0.8)\ (100 \times 10^{-4})$

$\ell = 1$ cm

$\dfrac{dq}{dt} = i_H = 80 \times 0.8 = 64$ J/s

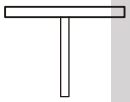
$Q = 64 \times 1 = 64$ J

A-2. $i_H = \dfrac{dQ}{dt}$

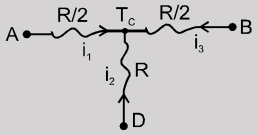
$i_H = \dfrac{\Delta T}{(L/KA)} = \dfrac{(100-0)\times42\times0.04}{1} \times 10^{-4} = 168 \times 10^{-4}$

$i_H = \dfrac{Q}{t} = \dfrac{mL}{t}\left(\dfrac{m}{t}\right) = \dfrac{i_H}{L} = \dfrac{168\times10^{-4}}{3.36\times10^{5}} = \dfrac{1}{2} \times 10^{-7}$ kg/s.

A-3.



(ऊष्मीय प्रतिरोध) $R = \dfrac{L}{KA} = 5.0$ K/W



$\Rightarrow \dfrac{T_A-T_C}{R/2} + \dfrac{T_D-T_C}{R} + \dfrac{T_B-T_C}{R/2} = 0$

$2T_A - 2T_C + T_D - T_C + 2T_B - 2T_C = 0$

$200 + 25 + 0 = 5T_C \qquad T_C = \dfrac{225}{5} = 45$

$i_{CD} = \dfrac{T_C-T_D}{R} = \dfrac{45-25}{5} = 4$ W

A-4.

$\dfrac{i_1}{i_2} = \dfrac{\Delta T/R_1}{\Delta T/R_2} = \dfrac{R_2}{R_1} = \dfrac{2R}{\pi R} = \dfrac{2}{\pi}$

A-5.

$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$ (श्रेणी क्रम संयोजन)

$$\frac{t_1+t_2+t_3}{K_{eq}A} = \frac{t_1}{K_1A} + \frac{t_2}{K_2A} + \frac{t_3}{K_3A}$$

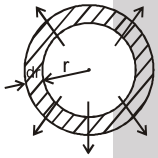
$$\frac{t_1+t_2+t_3}{K_{eq}} = \frac{t_1}{K_1} + \frac{t_2}{K_2} + \frac{t_3}{K_3}$$

$$K_{eq} = \frac{t_1+t_2+t_3}{\frac{t_1}{K_1}+\frac{t_2}{K_2}+\frac{t_3}{K_3}}$$

B-1.

$T_1 = 50^oC$ रेखीय दूरी r पर, dr चौड़ाई का एक अवयव चयन करते है।

$T_2 = 10^oC$ त्रिज्यीय दूरी r



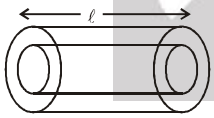
$$dR = \frac{dr}{K4\pi r^2}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{4\pi K}\int_5^{20}\frac{dr}{r^2} = \frac{1}{4\pi K}\left[\frac{r^{-2+1}}{-1}\right]_5^{20} = \frac{1}{4\pi K}\left[\frac{1}{5}-\frac{1}{20}\right]$$

$$= \frac{1}{4\pi K}\left(\frac{1}{5}-\frac{1}{20}\right)\times\frac{1}{10^{-2}} = \frac{10^2}{4\pi K}\left(\frac{4-1}{20}\right) = \frac{3}{4\pi K}\frac{10^2}{20}$$

$$i = 160\pi = 40\,\frac{(4\pi K)20}{3\times100} \qquad K = \frac{16\times30\times10}{40\times4\times2} = 15$$

B-2.

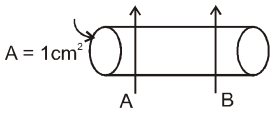


एक r त्रिज्या और dr चौड़ाई का एक खोखला बेलन मानते हैं।

$$dR = \frac{dr}{K\ \ 2\pi r.\ell} \qquad R = \frac{1}{2\pi K\ell}\int_{R_1}^{R_2}\frac{dr}{r} = \frac{1}{2\pi K\ell}\left(\ln\ r\right)_{R_1}^{R_2} = \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$i_H = \frac{T_2-T_1}{\frac{1}{2\pi K\ell}\ell n(R_2/R_1)} = \frac{2\pi K\ell(T_2-T_1)}{\ell n(R_2/R_1)}$$

C-1.



$\frac{dT}{dx}$ = 5ºC/Cm

$\left(\frac{dT}{dx}\right)_A$ = 5 $\left(\frac{dT}{dx}\right)$ = 2.6 i = $\frac{\Delta T}{L}$ (KA)

$i_A = \left(\frac{dT}{dx}\right)_A$ KA $i_B = \left(\frac{dT}{dx}\right)_B$ KA

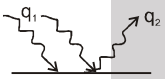
$i = \left(\frac{dQ}{dt}\right)_{Absorb_{अवशोषण}} = \left[\left(\frac{dT}{dx}\right)_A - \left(\frac{dT}{dx}\right)_B\right]$ KA = ms $\frac{d\theta}{dt}$

(5 – 2.6) × 200 × (1×10^{-2}) = ms $\frac{d\theta}{dt}$

2.4 × 2 = ms $\frac{d\theta}{dt}$ = 4.8

ms = 0.4 J/C $\frac{d\theta}{dt} = \frac{4.8}{0.4}$ = 12ºC/s

D-1.



अवशोषकता = $\frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{Q_a}{Q_i}$

उत्सर्जकता = $\frac{q_1 - q_2}{q_1}$

अवशोषकता = उत्सर्जकता

D-2. A = 1cm^2
T_s = 27ºC = 300 K
T_b = 327ºC = 600 K
P = σ e A (600^4 – 300^4)
= 6 × 10^{-8} × 1 × 10^{-4} (6^4 – 3^4) × 10^8 = 0.73 W

D-3. λ_{blue} = 5000 Aº
$\lambda_m \times T$ = नियत = b
λ_{Red} = 7500 Aº

$T_{blue} = \frac{b}{\lambda_{blue}} = \frac{0.3}{5\times10^{-5}}$ = 6 × 10^3 K

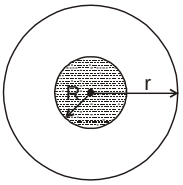
$T_{red} = \frac{b}{\lambda_{Red}} \quad \frac{0.3}{7.5\times10^{-5}}$ = 4 × 10^3 K

D-4 P = ms × 3 ms = $\frac{P}{3}$

mL = P × 30 mL = P × 30

$\frac{ms}{mL} = \frac{P}{3\times P\times 30} = \frac{1}{90}$.

D-5. दिया है :



$$\frac{(\sigma\ T^4)\ (4\pi R^2)}{(4\pi r^2)} = 1400$$

$$\therefore T = \left(\frac{1400\times r^2}{\sigma\ R^2}\right)^{1/4}$$

$$= \left[\frac{1400\times(1.5\times10^{11})^2}{(5.67\times10^{-8})\times(7\times10^8)^2}\right]^{1/4}$$

$$= 5803\ K$$

D-6. गोले का क्षेत्रफल $A = 4\pi r^2$

गोले का द्रव्यमान $m = \left(\frac{4}{3}\pi\rho r^3\right)$

अब, ऊर्जा विकिरण प्रति सकेण्ड $= (\sigma AT^4)$

$$\therefore \quad mc\left(-\frac{dT}{dt}\right) = \sigma AT^4$$

$$\text{or} \quad \int_0^t dt = \left(\frac{-mc}{\sigma A}\right)\int_{200}^{100} T^{-4}dT$$

$$\text{or} \quad t = \frac{mc}{3\sigma A}\left[\frac{1}{(100)^3} - \frac{1}{(200)^3}\right]$$

$$= \frac{7\ \ mc}{3\times8\sigma\ \ A} \times 10^{-6} = \frac{7\ \ mc\times10^{-6}}{24\ \ \sigma\ \ A}$$

मान रखने पर

$$t = \frac{\left(7\frac{4}{3}\pi\rho r^3\right)\ \ (c)\ \ \times10^{-6}}{3\times8\times5.67\times10^{-8}\times4\pi r^2} = 1.71\ \rho rc$$

E-1. $\frac{70-60}{5} = K\left[\frac{70+60}{2} - 30\right]$

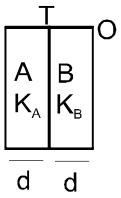
$$\Rightarrow \quad \frac{10}{5} = K\ [65 - 30] \qquad ...(i)$$

अब $\frac{60-50}{t} = K\ [65 - 30] \qquad ...(ii)$

समीकरण (i) मे (ii) भाग देने पर

$$\frac{t}{5} = \frac{35}{25} \qquad t = \frac{7}{5}\times5 = 7\ \text{min}$$

भाग - II

A-1. 36^o 

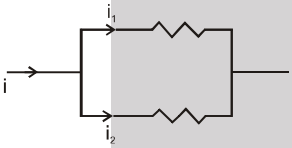
$K_A = 2K_B = 2\ K$

$\left(\frac{36-T}{d}\right) K_A A = \left(\frac{T-0}{d}\right) K_B A$

$(36 - T)\ 2\ K = T\ K$

$T = \frac{72}{3} = 24$

ΔT = तापान्तर $= 36 - 24 = 12$

A-2. 

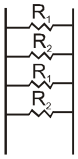
$i_1 = \frac{(100-20)}{3\times10^{-2}} (209)\ 9 \times 10^{-4}$

$i_2 = \frac{100-20}{3\times10^{-2}} (385)\ 9 \times 10^{-4}$

$i_T = i_1 + i_2 = 1.42 \times 10^3$ W

$\frac{i_{Cu}}{i_{Al}} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{385}{209}$

A-3. यह समान्तर क्रम संयोजन है।



$R_1 = \frac{d}{K_1 A}$ $R_2 = \frac{d}{K_2 A}$

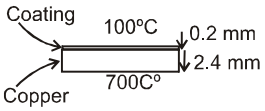
$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ + ...upto n^{th}

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{n}{2R_1} + \frac{n}{2R_2} = \frac{n}{2}\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\right)$

$R_{eq} = \frac{2(R_1R_2)}{n(R_1+R_2)}$ $\Rightarrow$ $\frac{d}{K_{eq}(nA)} = \frac{2\left(\frac{d}{K_1A}\right)\times\frac{d}{K_2A}}{n\frac{d}{A}\left(\frac{1}{K_1}+\frac{1}{K_2}\right)}$

$\Rightarrow$ $K_{eq} = \frac{K_1+K_2}{2}$

A-4.

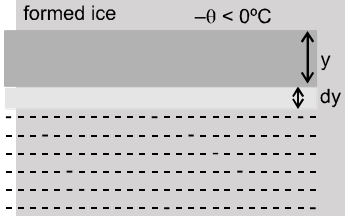


$i_H = \frac{\Delta T}{R_{eq}} = \frac{700-100}{R_1+R_2}$ जहाँ $R_{eq} = R_1 + R_2 = \frac{0.24}{0.9\times 400} + \frac{0.02}{0.15\times 400}$

$i_H = \frac{dQ}{dt} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta m.L}{\Delta t}$

$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{i_H}{L}$ जहाँ L = 540 cal/gm ; Δt = 3600 sec.

A-5. $i_H = \frac{0-(-\theta)}{(y/KA)} = \frac{\theta\ KA}{y} = \frac{dQ}{dt}$



$\frac{dQ}{dt} = L\ \frac{dm}{dt} = L\ \frac{\rho.A\ dy}{dt}$

$\frac{KA\theta}{y} = \rho\, AL\ \frac{dy}{dt}$

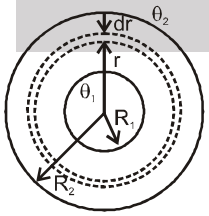
$\int_2^4 y dy = \int_0^{3600}\left(\frac{K\theta}{\rho L}\right)dt$

$\left(\frac{y^2}{2}\right)_2^4 = \frac{K\theta}{\rho L}\ (t)_0^{3600} \Rightarrow \frac{1}{2}\times[16-4] = \frac{4\times10^{-3}\times\theta\times(3600-0)}{0.9\times80}$

$\Rightarrow \quad \theta = \frac{1}{2}\times\frac{12\times0.9\times80}{4\times3600\times10^{-3}} = 30°C$

$\therefore \quad \theta = -30°C$ **Ans.**

B-1.



$\theta_1 - \theta_2 = \Delta\theta \qquad \frac{\theta_1-\theta}{\int_{R_1}^{R}\frac{dr}{K4\pi r^2}} = \frac{\theta_1-\theta_2}{\int_{R_1}^{R_2}\frac{dr}{K4\pi r^2}}$

$\frac{\Delta\theta/2}{\frac{1}{4\pi K_1}\left[\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R}\right]} = \frac{\Delta\theta}{\frac{1}{4\pi K_1}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)} \Rightarrow R = \frac{2R_1R_2}{R_1+R_2}$

C-1. $\left(-\frac{dT}{dt}\right) = \frac{\sigma eA}{mS}\ [T^4 - T_S^4]$

तापमान गिरने की दर अधिकतम होगी, जब ($T^4 - T_S^4$) का मान अधिकतम होगा अर्थात् T का मान अधिकतम होगा।

$\left(-\frac{dT}{df}\right)_{max} = \frac{\sigma eA}{mS}\ [500^4 - 300^4]$ सभी मानों को रखने पर और हल करने पर

C-2. एकांक क्षेत्रफल पर विकिरण की दर (T^4) के समानुपाती होती है।

$\therefore \quad P \propto AT^4$

$\Rightarrow \quad P \propto r^2.$

तथा $ms\frac{dT}{dt} \propto AT^4 \qquad \therefore \quad \frac{dT}{dt} = R \propto \frac{1}{r}$

क्योंकि $m = (v\rho) \propto r^3$ और $A \propto r^2$)

C-3. समान क्षेत्रफल अर्थात् समान निर्गत शक्ति होती है। A_3 क्षेत्रफल उच्च परास से सम्बन्धित है अतः फोटोन न्यूनतम आवृर्ती परास से होगें। अतः समान शक्ति के लिए इस अन्तःखण्ड से अधिकतम फोटॉनों की संख्या की आवश्यकता है।

D-1. अल्प तापान्तर के लिए स्टीफन का नियम

$\Delta u = e\sigma A[(T + \Delta T)^4 - T^4]$

या $\Delta u = e\sigma AT^4\left[\left[1+\frac{\Delta T}{T}\right]^4 - 1\right]$

या $\Delta u = e\sigma AT^4 \times 4 \times \frac{\Delta T}{T}$

या $\Delta u \propto \Delta T$

अर्थात् न्यूटन का शीतलन नियम स्टीफन नियम की विशेष स्थिति है।

D-2. $\because$ शीतलन की दर , $y = (T - T_0)\ k$ (न्यूटन का शीतलन का नियम)

T_0 : परिवेश का तापमान

k : धनात्मक अचर

$\Rightarrow$ ग्राफ धनात्मक ढ़ाल वाली सरल रेखा होगी

भाग - III

1. (a) प्रारम्भ में भाग A से ज्यादा ऊष्मा प्रवेश करेगी परन्तु धातु कुछ ऊष्मा अवशोषित कर लेगी तथा भाग A से कम ऊष्मा बाहर निकलेगी -

(b) नियत अवस्था पर ऊष्मा प्रवाह की दर

सभी भागों के लिए $\frac{dQ}{dt}$ समान

(c) नियत अवस्था पर $\frac{dQ}{dt} = kA\left|\frac{dT}{dx}\right|$ या $\left|\frac{dT}{dx}\right| = \frac{1}{kA}\left(\frac{dQ}{dt}\right)$

$\left|\frac{dT}{dx}\right|$, अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती है। अतः अधिकतम B पर तथा न्यूनतम A पर है।

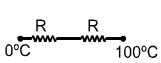
(d) नियत अवस्था पर ऊष्मा प्रवाह = 0

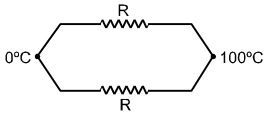
अतः $\frac{dT}{dt} = 0$ किसी भी काट क्षेत्र के लिए

EXERCISE-2

भाग–I

1.





$$\frac{Q_1}{t_1} = i_{H_1} = \frac{100-0}{2R} = \frac{50}{R}$$

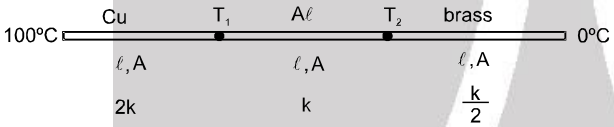
$i_H = \dfrac{100}{R/2} = \dfrac{200}{R} = \dfrac{Q_2}{t_2}$

$Q_1 = Q_2 = 10$ cal.

$$\frac{50}{R}\times(2) = \frac{200}{R}\times t_2$$

$t_2 = \dfrac{1}{2}$ min.

2.

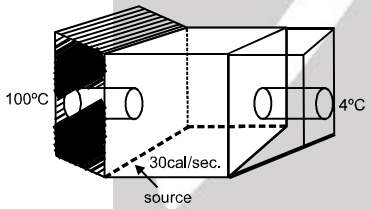


$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$

जहाँ $R_1 = \dfrac{\ell}{(2k)A}$, $R_2 = \dfrac{\ell}{kA}$, R_3 $\dfrac{\ell}{\left(\frac{k}{2}\right)A}$

$$\frac{100-0}{R_{eq}} = \frac{100-T_1}{R_1} = \frac{100-T_2}{R_1+R_2} = \frac{T_2-0}{R_3}$$

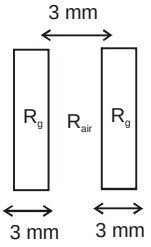
3.



$$36 = \left(\frac{T-100}{8}\right)kA + \left(\frac{T-4}{8}\right)kA$$

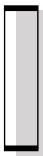
K = 0.5 cal/ºc/cm   A = 12 cm^2.

4.



(A)

$R_{eq} = 2R_g + R_{air} = \frac{2\ (3\ mm)}{k_g\ A} + \frac{(3\ mm)}{k_{air}\ A}$



(B)

$R = \frac{6\ mm}{k_g .\ A}$

$$\frac{i_A}{i_B} = \frac{\frac{\Delta T}{R_{eq}}}{\frac{\Delta T}{R}} = \frac{R}{R_{eq}} = \frac{\frac{6\ mm}{K_g .\ A}}{\frac{2\ (3\ mm)}{K_g\ A} + \left(\frac{3\ mm}{K_{air}\ A}\right)}$$

$$= \frac{\frac{1}{K_g}}{\frac{2\ K_{air} + K_g}{2K_g .\ K_{air}}} = \frac{2K_{air}}{K_g + 2\ K_{air}}$$

5. तापीय प्रतिरोध $R = \frac{\ell}{KA}$

समान तापान्तर के लिए,ताप धारा $\alpha\ \frac{1}{R}$

$$\Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\ell_2}{K_2A_2} \Big/ \frac{\ell_1}{K_1A_1} = \frac{\ell_2}{\ell_1}\ \frac{A_1}{A_2}\frac{K_1}{K_2}$$

$$= \frac{1}{2} x \frac{1^2}{2^2} x \frac{1}{1} = 1/8$$

6. ठण्डे सिरे से 25 cm पर ताप 25°C है। (ताप प्रवणता 1°C/cm है)
∴ छड़ के इस बिन्दू पर स्पर्श कराने पर ऊष्मा प्रवाह नहीं होगा।

7. $H = \sigma\ e\ A\ T^4$ $\qquad H \alpha A\ \alpha r^2$

$C = \frac{\sigma\ e\ A}{ms} (4T_S^3\ \Delta T)$ $\qquad C \alpha \frac{A}{m}\ \alpha \frac{r^2}{r^3}\ \alpha r$

8. $\frac{\sigma \times 4\pi R^2 . T_s^4}{4\pi d^2} \times \pi r^2 = \sigma \times 4\pi r^2 \times T_e^4$

$\frac{\sigma R^2 T_s^4}{d^2} = \alpha 4 T_e^4$

$Ts = \sqrt{\frac{2d}{R}} Te$

9. पूर्णतया काली वस्तु के लिये वीन विस्थापन नियमानुसार

$\lambda m \; T$ = नियतांक = वीन नियतांक b

यहाँ λ_m , उच्चतम तीव्रता I के संगत न्यूनतम तरंगदैर्ध्य है। .

या

चित्रानुसार

$(\lambda_m)_1 < (\lambda_m)_3 < (\lambda_m)_2$

अतः $T_1 > T_3 > T_2$

→ IIT-JEE में सामान्यतया वीन के विस्थापन के नियम पर सवाल पूछे जाते है JEE अभ्यास में प्रश्न संख्या 34 JEE 1998 में पूछा गया है जो वीन विस्थापन नियम पर आधारित है।

10. शीतलन दर $\left(-\frac{dT}{dt}\right) \propto$ उत्सर्जकता (e)

ग्राफ से,

$\left(-\frac{dT}{dt}\right)_x > \left(-\frac{dT}{dt}\right)_y \quad \therefore \quad e_x > e_y$

पुनः उत्सर्जकता (e) $\propto$ अवशोषण क्षमता (1) (अच्छा अवशोषक, अच्छा उत्सर्जक भी होता है)

$\therefore \quad a_x > a_y$

अतः सही विकल्प (3) है।

नोट : उत्सर्जकता एक शुद्ध नियतांक (विमाहीन) है, जबकि उत्सर्जक क्षमता की इकाई J/s या वाट है।

11. $Q \propto AT^4$ और $\lambda_m = T$ = नियतांक अतः,

$Q \propto \frac{A}{(\lambda_m)^4}$ or $Q \propto \frac{r^2}{(\lambda_m)^4}$

$Q_A : Q_B : Q_C = \frac{(2)^2}{(3)^4} : \frac{(4)^2}{(4)^4} : \frac{(6)^2}{(5)^4}$

$= \frac{4}{81} : \frac{1}{16} : \frac{36}{625}$

= 0.05 : 0.0625 : 0.0576

अतः Q_B उच्चतम है।

अतः विकल्प (2) सही है।

12. वीन विस्थापन नियम से

$\lambda_m T$ = नियतांक

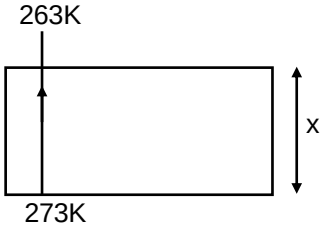
$\therefore \quad T \propto \frac{1}{\lambda_{max}}$

ग्राफ से $\lambda_{max(1)} > \lambda_{max(2)} > \lambda_{max(3)}$

$\therefore \quad T_1 < T_2 < T_3$

ग्राफ में निम्न चोटी (peak) रखने वाली धातु का कम तापमान होता है।

10.



$$\frac{KA(10)}{x} = L\frac{d}{dt}(\rho Ax)$$

$$\frac{2.2\times(10)}{x} = 3.4\times10^5\times0.9\times10^3\frac{dx}{dt}$$

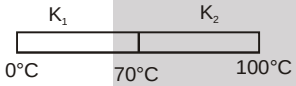
$$\frac{22}{3.4\times0.9\times10^8}\int_0^t dt = \int_0^{0.5} x\,dx$$

$$\frac{22}{306\times10^6}t = \frac{1}{2}(0.5)^2$$

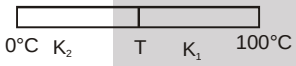
$$t = \frac{(0.5)^2\times306\times10^6}{44}\text{ sec} = \frac{306}{44\times4}\times10^6\text{ sec} = \frac{306000\times10^3}{44\times4\times24\times3600} \approx 20\text{ days}$$

भाग - II

1.



तापीय धारा i_H के समान है = $\frac{70-0}{R_1} = \frac{100-70}{R_2} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 3/7 \Rightarrow \frac{K_1}{K_2} = 3/7$



तापीय धारा i_H के समान है = $\frac{T-0}{R_2} = \frac{100-T}{R_1}$

$\Rightarrow \frac{100-T}{T} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{K_2}{K_1} = 7/3$

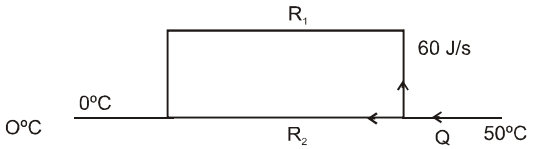
$\Rightarrow 300 - 3T = 7T \Rightarrow T = 30°C$ **Ans.**

2. माना T = 100º C T_0 = 50ºC

उष्मा = $(T - T_0)\frac{A}{\ell}(K_S + K_B)\times10\times60$

$= (100-50)\times\left(\frac{0.2\times10^{-4}}{31\times10^{-2}}\right)\times(46+109)\times10\times60 = 300\text{ J}$

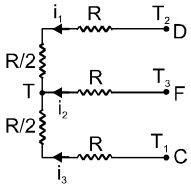
3.



R_1 = मुड़े हुए भाग का तापीय प्रतिरोध = $\frac{60}{K\ A}$, $R_2 = \frac{50}{KA}$

$\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)Q = 60\text{ J/s} \quad \Rightarrow \quad Q = 132\text{ j/s}$

4.

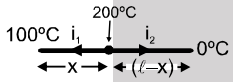


KCL द्वारा जंक्शन पर T प्राप्त कर सकते हैं।

$i_1 + i_2 + i_3 = 0$

$$\frac{T_2 - T}{R + \frac{R}{2}} + \frac{T_3 - T}{R} + \frac{T_1 - T}{R + \frac{R}{2}} = 0 .$$

5.



$$i_1 = \frac{dQ_1}{dt} = \frac{(200-100)kA}{x} = L_V \frac{dm_{steam}}{dt}$$

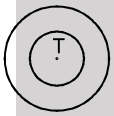
$$i_2 = \frac{dQ_2}{dt} = \frac{(200-0)\ kA}{(\ell - x)} = L_f \frac{dm_{fusion}}{dt}$$

प्रश्नानुसार

$$\frac{dm_{steam}}{dt} = \frac{dm_{fusion}}{dt}$$

$$\frac{100kA}{x\,L_v} = \frac{200kA}{(\ell - x)L_f} . \quad \Rightarrow \quad x = \frac{2\ell}{29} = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

6. किसी एक सामान्य क्षण 1000°C के लिये



$$i_H = \frac{1000 - T}{R_{eq}} = \frac{dQ}{dt}$$

जहाँ $R_{eq} = \int \frac{dx}{k(4\pi x^2)} = \frac{1}{4\pi k}\left(\frac{x^{-2+1}}{-2+1}\right)_{R_1}^{R_2}$

$$R_{eq} = \frac{1}{4\pi k}\left\{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right\} = \frac{1}{50}$$

अब, गुहा के अन्दर स्थित जल का द्रव्यमान

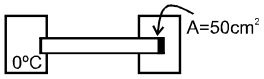
$$M = \rho \times \frac{4}{3}\pi R_1^3$$

$$\frac{dQ}{dt} = MS\ \frac{d\theta}{dt} = \frac{1000 - T}{R_{eq}} \qquad (d\theta = dT)$$

$$\int_{0^\circ}^{100^\circ} \frac{dT}{(1000 - T)} = \frac{1}{(R_{eq} MS)} \int_0^t dt$$

$$t = R_{eq}\, MS \times \left\{\ell n\left(\frac{1000}{900}\right)\right\}$$

7.



काला भाग विकिरण द्वारा उष्मा ऊर्जा अवशोषित करता है और चालक प्रक्रिया द्वारा 0ºC वाले कक्ष को उत्सर्जित करता है।

$$\frac{(17)}{1}kA = \frac{17-0}{R} = \sigma eA\{(300)^4 - (290)^4\} \quad \Rightarrow \; k = 3.6 \text{ W/m–ºC}$$

e = 1 काले भाग के लिये e = 1

8. $E = \sigma eA\left[(1000)^4 - (300)^4\right]$

जहाँ $A = 4\pi r^2$ & $r = 0.01$ m.

भाग - III

1. एक बुरा अवशोषक एक बुरा उत्सर्जक तथा अच्छा परावर्तक होता है तथा बुरा परावर्तक अच्छा उत्सर्जक होता है।

2.

$P_{emitte} = \sigma eAT^4$ since $T_1 = T_2$

$P_{absorb} = \sigma eAT_S^4$ So $P_1 = P_2$ at $t = 0$

ठण्डा होने की दर $\left(-\frac{dT}{dt}\right) = \frac{\sigma eA}{mS}\,[T^4 - T_S^4]$

क्योंकि $M_H < M_S$, अतः ठण्डा होने की दर अलग–अलग होगी। क्योंकि ठण्डा होने की दर समान नहीं है, अतः दोनों किसी भी क्षण समान ताप पर नहीं होंगे। (केवल t = 0 पर समान ताप पर होंगे)

3. $P_1 = P_2$

$\sigma e_A AT_A^4 = \sigma e_B AT_B^4$

$\frac{T_A}{T_B} = \left(\frac{0.81}{0.01}\right)^{1/4} = 3$

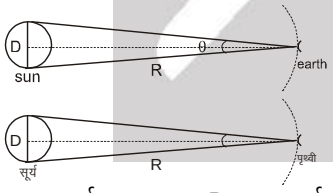
$T_B = \frac{T_A}{3} = \frac{5802}{3} = 1934$ K

$T_A \lambda_A = T_B \lambda_B$

$T_A \lambda = T_B (\lambda + 1)$

$\lambda = \frac{1}{2}$ μm

$\lambda_B = \lambda + 1 = 1.5$ μm



4.

माना सूर्य का व्यास D तथा सूर्य की पृथ्वी से दूरी R है।

$$\frac{D}{R} = \theta$$

सूर्य की सतह द्वारा प्रति सैकण्ड उत्सर्जित विकिरण

$$4\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 \sigma T^4 = \pi D^2 \sigma T^4.$$

यह विकिरण R दूरी पर $4\pi R^2$ क्षेत्रफल में फैल जाते है। पृथ्वी की सतह पर प्रति सैकण्ड प्रति एकांक क्षेत्रफल उत्सर्जित विकिरणों की मात्रा।

$$s = \frac{\pi D^2 \sigma T^4}{4\pi R^2} = \frac{\sigma T^4}{4}\left(\frac{D}{R}\right)^2.$$

इसलिए, $s \propto T^4$ तथा $s \propto \theta^2$

5. T λ = नियतांक $\qquad \nu_m = \dfrac{C}{\lambda_{max}}$

$\dfrac{T}{\nu_{max}}$ = नियतांक

$\dfrac{T_1}{\nu_1} = \dfrac{T_2}{\nu_2}$ $\qquad \nu_2 = \dfrac{T_2}{T_1} \cdot \nu_1 = \dfrac{2\ T}{T} \cdot \nu_1 = 2\nu_1$

$E = \sigma e A T^4$

$E \alpha T^4$

$\dfrac{E_2}{E_1} = (2)^4 = 16$

6. $\dfrac{T_1 - T_j}{\dfrac{L}{k_A A}} = \dfrac{T_2 - T_j}{\dfrac{L}{k_B A}}$

$\Rightarrow \quad (T_1 - T_j)k_A = (T_2 - T_j)k_B$

So T_j depends on k_A, k_B & T_1, T_2

$\dfrac{L}{k_A A} + \dfrac{L}{k_B A} = \dfrac{2L}{k_{eq} A} \quad \Rightarrow \quad k_{eq} = \dfrac{2k_A k_B}{k_A + k_B}$

B, C, D are correct.

भाग - IV

1. स्थायी अवस्था में, $\left.\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}\right|_{layer\ 1} = \left.\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}\right|_{layer\ 4}$

$\Rightarrow \dfrac{0.06 \times A \times (30 - 25)}{1.5 \times 10^{-2}} = \dfrac{0.10 \times A \times \Delta T}{3.5 \times 10^{-2}} \Rightarrow \Delta T = 7°C$

$T_3 = (-10 + 7)°C = -3°C$

2. $\left.\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}\right|_{परत\ 1} = \left.\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}\right|_{परत\ 3}$

$\Rightarrow \dfrac{0.06 \times A \times 5}{1.5 \times 10^{-2}} = \dfrac{0.04 \times A \times \Delta T}{2.8 \times 10^{-2}} \Rightarrow \Delta T = 14°C$

$T_3 = (-3 + 14)°C = 11°C$

3. $\left.\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}\right|_{परत\ 1} = \left.\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}\right|_{परत\ 2}$

$\Rightarrow \dfrac{0.06 \times A \times 5}{1.5 \times 10^{-2}} = \dfrac{K_2 \times A \times 14}{1.4 \times 10^{-2}}$

$\Rightarrow \quad K_2 = 0.02$ W/mK

4. हम जानते है $\theta - \theta_s = (\theta_0 - \theta_s)\, e^{-kt}$

जहाँ θ_0 = वस्तु का प्रारम्भिक तापमान = 40°C

θ = वस्तु का t समय पश्चात् तापमान

चूंकि वस्तु 40 से 38°C तक 10 मिनट में ठण्डी होती है, अतः

$38 - 30 = (40 - 30)\, e^{-k\,10}$ .... (1)

माना 10 मिनट पश्चात्, वस्तु का तापमान θ हो जाता है

$\theta - 30 = (38 - 30)\, e^{-k\,10}$ .... (2)

$\frac{(1)}{(2)}$ से $\frac{8}{\theta - 30} = \frac{10}{8}$, $\theta - 30 = 6.4 \quad \Rightarrow \theta = 36.4$ °C

5. ताप चर घातांकी घटता है।

6. 38 से 40°C तक 10 मिनट में गर्म करने के दौरान, वस्तु वातावरण में ऊष्मा क्षय करेगी जो कि 10 मिनट में 40 से 38°C तक ठण्डी हाने में उत्सर्जित ऊष्मा के बराबर होगी, जो कि $ms\,\Delta\theta = 2 \times 2 = 4$ J के बराबर है।

गर्म करने के दौरान वस्तु के लिए आवश्यक ऊष्मा = $m\,s\,\Delta\theta = 4$ J.

$\therefore$ कुल आवश्यक ऊष्मा = 8 J.

7 to 9. (a) स्थायी अवस्था पर

प्रति सैकण्ड प्राप्त की गई ऊष्मा = प्रति सैकण्ड त्यागी गई ऊष्मा

40W = त्यागी गई ऊष्मा

(b) न्यूटन के शीतलन के नियम से

$\frac{dQ}{dt} \propto (T - T_0) \quad \Rightarrow \quad \frac{dQ}{dt} = k\,(T - T_0)$

$\Rightarrow$ at 60º C पर $k\,(60 - 25) = 40 \quad \Rightarrow \quad k = \frac{40}{35}$

39ºC पर ऊष्मा हानि की दर = $k\,(39 - 25) = 16$ W

(c) $40 = k\,(60 - 25)$

$= k\,(T - 25)$

तथा $\frac{dT}{dt} = \frac{(39 - 25)}{2 \times 60} = \frac{T - 25}{t}$

$\Rightarrow T - 25 = \frac{7t}{60}$

इसप्रकार $\frac{dQ}{dt} = (T - 25)\,k = \frac{T - 25}{35} \times 40$

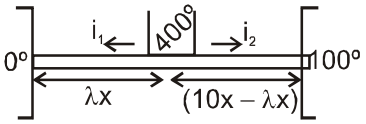
$Q = \int\left(\frac{dQ}{dt}\right) dt \qquad Q = \int_0^{2\times 60} \frac{2}{15} \times t\, dt$

$Q = \frac{2}{15 \times 2}\left[t^2\right]_0^{2\times 60} \Rightarrow \quad Q = 960$ J

EXERCISE-3

भाग - I

1.



$i_1 = \frac{400-0}{(\lambda x/kA)}$, $i_2 = \frac{400-100}{(10-\lambda)x/kA}$

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{\left(\frac{dm}{dt}\right)L_f}{\left(\frac{dm}{dt}\right)L_v} = \frac{L_f}{L_v}$$

$$\frac{400/\lambda x}{300/(10-\lambda)x} = \frac{80}{540} \quad \Rightarrow \quad \lambda = 9$$

2. $(\lambda_m)_B = 3(\lambda_m)_A$

$\Rightarrow \quad T_A = 3T_B$

$E_1 = 4\pi (6)^2 \sigma T_A^4 = 4\pi(6)^2 (3T_B)^4$

$E_2 = 4\pi (18)^2 \sigma T_B^4$

$\frac{E_1}{E_2} = 9.$

3. **A :** स्थायी अवस्था में A तथा E से ऊष्मा प्रवाह समान है।

C : $\Delta T = i \times R$

A तथा E के लिए 'i' समान होगा किन्तु E के लिए R न्यूनतम होगा

D : $i_B = \frac{\Delta T}{R_B}$

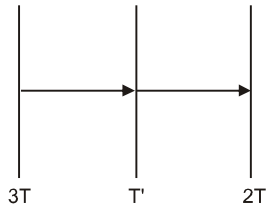
$i_C = \frac{\Delta T}{R_C}$

$i_D = \frac{\Delta T}{R_D}$

यदि $i_c = i_B + i_D$

अतः $\frac{1}{R_C} = \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_D} \quad \Rightarrow \frac{8KA}{\ell} = \frac{3KA}{\ell} + \frac{5kA}{\ell}$

4.



स्थायी अवस्था पर माध्य पट्टिका द्वारा अवशोषित ऊष्मा की दर, उत्सर्जित ऊष्मा की दर के तुल्य है

$\sigma A(3T)^4 - \sigma A(T')^4 = \sigma A(T')^4 - \sigma A(2T)^4$

$(3T)^4 - (T')^4 = (T')^4 - (2T)^4$

$(2T')^4 = (16 + 81)\, T^4$

$T' = \left(\frac{97}{2}\right)^{1/4} T$

5. विन्यास 1 में तुल्य तापीय प्रतिरोध है $\frac{3R}{2}$

विन्यास 2 में तुल्य तापीय प्रतिरोध है $\frac{R}{3}$

तापीय प्रतिरोध $\propto$ उच्च ताप से निम्न ताप की ओर ऊष्मा प्रवाह में लिया गया समय

6. स्थायी अवस्था में

$I\pi R^2 = \sigma(T^4 - T_0^4)4\pi R^2$

$\Rightarrow \quad I = \sigma (T^4 - T_0^4) 4$

$\Rightarrow \quad T^4 - T_0^4 = 40 \times 10^8$

$\Rightarrow \quad T^4 - 81 \times 10^8 = 40 \times 10^8$

$\Rightarrow \quad T^4 = 121 \times 10^8$

$\Rightarrow \quad T \approx 330\ K$

7. According to Wien's displacement law

$\lambda_{m_A} T_A = \lambda_{m_B} T_B$

Ratio of energy radiated per unit time

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\sigma T_A^4 A_A}{\sigma T_B^4 A_B}$$

$$\frac{10^4 E}{E} = \frac{(\sigma)(4\pi)(400r)^2 T_A^4}{(\sigma)(4\pi)(r)^2 T_B^4} C$$

$$\left\{\frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right\}^4 .(400)^2 = 10^4 \Rightarrow \left\{\frac{\lambda_A}{\lambda_B}\right\}^4 = 2^4 \Rightarrow \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = 2$$

8. फिलामेंट सिरों की तरफ पतला हो जाता है। इस कारण प्रतिरोध बढ़ता है तथा शक्ति व्यय कम होता है। अतः यह कम प्रकाश उत्सर्जित करता है। तापमान वितरण असमरूप होता है। वह स्थिति जहाँ पर तापमान अधिकतम होता है। वहाँ से फिलामेंट टूट जाता है। कृष्णिका विकिरण वक्र सममतल हो जाता है। इसलिये बल्ब के अंतिम समय में फिलामेंट कम विद्युत शक्ति व्यय करता है।

9. $\log_2 \frac{P_1}{P_0} = 1$

इसलिये, $\frac{P_1}{P_0} = 2$

स्टीफन के नियम द्वारा

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4 = \left(\frac{2767 + 273}{487 + 273}\right)^4 = 4^4$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{2P_0} = 4^4$$

$$\frac{P_2}{P_0} = 2 \times 4^4$$

$$\log_2 \frac{P_2}{P_0} = \log_2 \left[2 \times 4^4\right]$$

$= \log_2 2 + \log_2 4^4$

$= 1 + \log_2 2^8$

$= 1 + 8 = 9$

10. (A) चुंकि मानवीय शरीर के तापमान में कोई परिवर्तन नही है। इसलिए शरीर के द्वारा विकसित ऊर्जा समान रहेगी ($W_1 = \sigma aT^4 = \sigma a(310)^4$)

(B) $W \propto$ क्षेत्रफल

इसलिए अगर पृष्ठीय क्षेत्रफल घटेगा, तो मानव के शरीर से विकसित ऊर्जा घटेगी।

(C) $\lambda_m T = b \quad \Rightarrow \quad T \uparrow, \quad \lambda_m \downarrow$

(D) ($W_1 = \sigma aT^4 = \sigma a(310)^4$)

चुंकि यह दिया गया है $\sigma T_0^4 = 460\ Wm^{-2}$

अतः $\sigma a(310)^4 > 460\ Wm^{-2}$

इसलिए (D) विकल्प गलत है।

11. चुकि ऊष्मा प्रवाह की दर समान है अतः

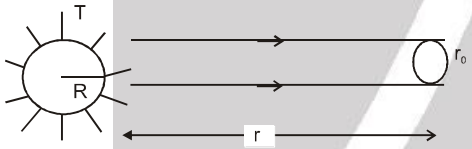
$$\frac{300-200}{R_1} = \frac{200-100}{R_2}$$

$R_1 = R_2$

$$\Rightarrow \frac{L_1}{K_1A_1} = \frac{L_2}{K_2A_2} \Rightarrow \frac{K_1}{K_2} = \frac{A_2}{A_1} = 4$$

भाग - II

1.



पृथ्वी पर आपतित कुल विकिरण शक्ति = $\left(\frac{\sigma(4\pi R^2)T^4}{4\pi r^2}\right)\pi r_0^2$

सूर्य को कृष्ण वस्तु माना गया है

2. माना सन्धि का ताप = T

$$\frac{T_1 - T}{\left(\frac{L_1}{AK_1}\right)} = \frac{T - T_2}{\left(\frac{L_2}{K_2A}\right)}$$

$$\Rightarrow \quad T\left(\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}\right) = \frac{T_1L_2}{K_2} + \frac{T_2L_1}{K_1}$$

$$\Rightarrow \quad T = \frac{T_1K_1L_2 + T_2L_1K_2}{L_1K_2 + L_2K_1}$$

3. $$\frac{dQ}{dt} = -kA\frac{d\theta}{dx}$$

स्थिर अवस्था में $\frac{dQ}{dt}$ = नियतांक

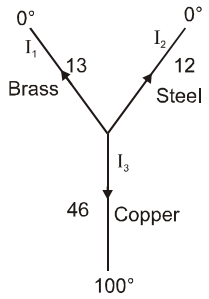
$d\theta \ \alpha - dx$

$$\int_{\theta_0}^{\theta} d\theta = -k\int_0^x dx$$

$\theta = \theta_0 - kx$

4. न्यूटन के शीतलन के नियम के अनुसार विकल्प **(3)** सही उत्तर है।

5.



$I_1 + I_2 + I_3 = 0$

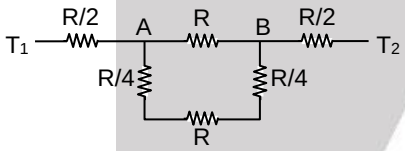
$$\frac{K_1(T-0)}{\ell_1}+\frac{K_2(T-0)}{\ell_2}+\frac{K_3(T-100)}{\ell_3}=0$$

$$\frac{0.12}{12}T+\frac{0.26}{13}T+\frac{0.92}{46}(T-100)=0$$

$T = 40°C$

$\frac{dQ}{dt}$ ताम्बे के लिए $\frac{0.92\times 4}{46}$ = (100 – 40) = 4.8 cal/sec.

6.



$$T_A - T_B = \frac{T_1 - T_2}{\frac{8R}{5}} \times \frac{3R}{5} = \frac{3}{8}\times 120 = 45^oC$$

7. $$-\frac{dT}{dt}=\frac{4\sigma eAT_0^{\,3}(T-T_0)}{ms}$$

$\rho_A < \rho_B$

$m_A < m_B$

at $t = 0$ $\quad -\frac{dT}{dt}=\frac{1}{ms}$

High level Problems (HLP)

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

1. $\frac{R_A}{R_C} = \frac{k_C}{k_A} = \frac{1}{2}$

& $\frac{R_B}{R_D} = \frac{k_D}{k_B} = \frac{1}{2}$

$\because \frac{R_A}{R_C} = \frac{R_B}{R_D}$ $\Rightarrow$ यह संतुलित व्हीटस्टोन सेतु है।

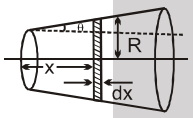
$\Rightarrow \frac{(\theta_2 - \theta)}{R_B} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{R_A + R_B} \Rightarrow \theta = \frac{3\theta_1 + \theta_2}{4}$

$\Rightarrow$ स्त्रोत से ऊष्मा प्रवाह की दर

$$= \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{\left(\frac{(R_A + R_B)(R_C + R_D)}{R_A + R_B + R_C + R_D}\right)}$$

$$= \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{\left(\frac{\left(\frac{1}{k_A} + \frac{1}{k_B}\right)\left(\frac{1}{k_C} + \frac{1}{k_D}\right)\frac{\ell}{A}}{\frac{1}{k_A} + \frac{1}{k_B} + \frac{1}{k_C} + \frac{1}{k_D}}\right)} = \frac{3k_0 A(\theta_2 - \theta_1)}{8\ell}$$

2.



$i_H = \frac{T_H - T_C}{R_{eq}}$

$dR = \frac{dx}{K\pi R^2}$ $\tan\theta = \frac{R - R_1}{x} = \frac{R_2 - R_1}{L}$

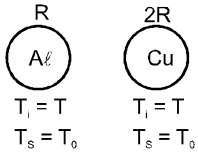
$\Rightarrow R = R_1 + x\left(\frac{R_2 - R_1}{L}\right)$

$$R_{eq} = \int dR = \int \frac{dx}{k\pi\left[R_1 + \frac{x(R_2 - R_1)}{L}\right]^2}$$

$\Rightarrow R_{eq} = \frac{L}{k\pi R_1 R_2}$

$i_H = \frac{T_H - T_C}{R_{eq}} . = \frac{K\pi R_1 \ R_2 (T_H - T_C)}{L}$

3.



$e_{Al} = e_{cu}$

C – शीतलन दर H – उष्मा क्षय

$$\frac{H_{A\ell}}{H_{Cu}} = \frac{\sigma e A_{Al}(T_{Al}^4 - T_0^4)}{\sigma e A_{Cu}(T_{Cu}^4 - T_0^4)}$$

at t = 0 $T_{A\ell} = T_{cu} = T$.

$$= \frac{A_{Al}}{A_{Cu}} = \frac{R^2}{(2R)^2} = \frac{1}{4}.$$

(b) C – शीतलन दर

$$\frac{C_{A\ell}}{C_{Cu}} = \left(\frac{A_{A\ell}}{m_{A\ell}.S_{A\ell}}\right)\left(\frac{m_{cu}S_{cu}}{A_{cu}}\right)$$

$$= \left(\frac{A_{A\ell}}{A_{cu}}\right)\left(\frac{m_{cu}}{m_{A\ell}}\right)\left(\frac{S_{cu}}{S_{A\ell}}\right) = \left(\frac{R}{2R}\right)^2 \times \left\{\left(\frac{2R}{R}\right)^3 \times 3.4\right\} \times \frac{390}{900} = 2.9$$

4. (a) $Q_{max} = ms(T_1 - T_0)$

वस्तु बाह्य वातावरण के साथ तापीय साम्यवस्था प्राप्त करने तक ऊष्मा का क्षय करेगी

(b) $0.5\ ms(T_1 - T_0) = ms(T_1 - T)$

$\Rightarrow$ $T = 0.5(T_1 + T_0)$

and $\frac{dT}{dt} = -k(T - T_0)$

$$\int_{T_1}^{0.5(T_1+T_0)} \frac{dT}{-(T-T_0)} = \int_0^t k\ dt \quad \text{or या} \quad t = \frac{\ell n 2}{k}$$

5.

$R_i = 3cm$

$R_o = 6\ cm$

$$\frac{dq}{dt} = \sigma\, e\, A\,(T^4 - 0^4) = ms.\ \frac{dT}{dt}$$

$$\int_O^{t_o} dt = \frac{ms}{\sigma e A}\int_{1000}^{500} \frac{dT}{T^4}$$

जहाँ $m = \rho \times \frac{4}{3}\pi(R_o^3 - R_i^3)$ $A = 4\pi R_o^2$

6. (a) $t = \frac{35-25}{2}$ = 5 sec.

$P \times t = 90 \times 10$ or $P \times 5 = 90 \times 10$

$P = 180$ W

(b) $P' = \frac{CdT}{dt}$ = 90 × 0.2 = 18 W

(c) $\frac{P_{30}}{P_{35}} = \frac{30-25}{35-25}$ or $P_{30} = 9W$ ($\because P_{35} = 18$ W)

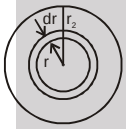
(d) $P \times t = C\Delta T + Q_{lost}$

$180 \times t = 90 \times 10 + 9 \times t$ or $t = \frac{90\times10}{(180-9)} = \frac{100}{19}$ sec.

7. $\frac{dQ}{dt} = KA\left(\frac{T_2 - T_1}{\ell}\right)$

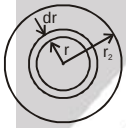
यहाँ $A = \pi (R_2^2 - R_1^2)$

8. $\int dR = \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{2\pi \quad r \quad \ell \quad k}$



हल करने पर $R = \frac{\ell n \quad r_2/r_1}{2\pi \quad \ell \quad k}$ $G = \frac{1}{R}$.

9. $\int dR = \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{4\pi \quad r^2 \quad k}$



$R = \frac{(r_2 - r_1)}{4\pi \quad r_1 \quad r_2 \quad k}$

$G = \frac{1}{R} = \frac{4\pi \quad r_1 \quad r_2 \quad k}{(r_2 - r_1)}$

10. बेलन के लिए $R = \frac{\ell n \quad r_2/r_1}{2\pi \quad \ell \quad k}$

$mL = \left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{R}\right)$. समय

$\Rightarrow$ जहाँ L = गलन की गुप्त ऊष्मा

$\Rightarrow$ समय $= \frac{mL \times R}{(\theta_2 - \theta_1)} = \frac{mL \quad \ell n \quad r_2/r_1}{2\pi \quad \ell \quad k.50}$

11. पूरी धात्विक प्लेट हमेशा एक समान ताप (T) पर है, इसलिए यह अनन्त चालकता रखती है,

तब, $-mc\frac{dT}{dt} = \frac{ks(T_0 - T)}{\ell}$

$$\Rightarrow \quad -mc\int_{T_1}^{T_2}\frac{dt}{T_0 - T} = \frac{ks}{\ell}\int_0^t dt$$

$$\ell n\left(\frac{T_0 - T_2}{T_0 - T_1}\right) = \frac{ks\ t}{mc\ell}$$

$$\Rightarrow \quad t = \frac{mc\ell}{ks}\ \ell n\left|\frac{T_0 - T_2}{T_0 - T_1}\right|$$

12. $A = 1.6\ m^1$ $\quad e = 1$

$= p\ \sigma eA\ T^4$ $\quad = (6 \times 10^{-8})\ (1)\ 1.6\ m^2\ (310)^4 = 887\ J$

13. (a) $e\ \sigma\ AT^4 = 0.55 \times 6 \times 10^{-8} \times 1.5 \times (323)^4 = 539\ W$

(b) $e\ \sigma\ AT^4_{Surr.} = 0.55 \times 6 \times 10^{-8} \times 15 \times (295)^4 = 375\ W$

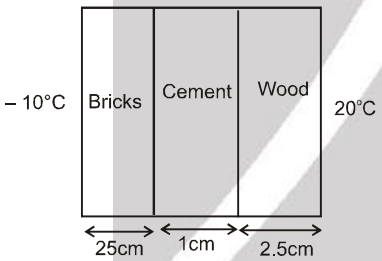
(c) $539 - 375 = 164\ W$

14. $e\ \sigma\ A(T^4 - T^4_{surroundings})$ $\quad e\ \sigma\ A(T^4 - T^4_{\text{परिवेश}}) = 0.97 \times 5.67 \times 10^{-8}\ .2\ (301^4 - 293^4)$ $\quad = 92.2\ W$

15. $A = 137\ m^2$

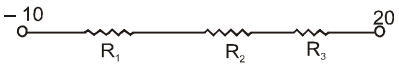
$$i_H = \frac{dQ}{dt} = \frac{20 - (-10)}{R_1 + R_2 + R_3} = 9\ kW$$

जहाँ



$$R_1 = \frac{0.25}{1 \times (137)} \qquad R_3 = \frac{0.025}{0.125 \times 137}$$

$$R_2 = \frac{0.01}{1.5 \times 137}$$



16. $\frac{dQ}{dt} = -kA\frac{dT}{dx}$

$\left(\frac{dQ}{dt}\right)\int dx = -\int \frac{A\alpha dT}{T}$

$\left(\frac{dQ}{dt}\right) x = A\alpha \ell n \frac{T_1}{T(x)}$

$\left(\frac{dQ}{dt}\right)\ell = A\alpha \ell n \frac{T_1}{T_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{A}\left(\frac{dQ}{dt}\right) = \left(\frac{\alpha}{\ell}\right)\ell n \left(\frac{T_2}{T_1}\right) = q$

or $\frac{\ell}{x} = \frac{\ell n \frac{T_1}{T_2}}{\ell n \frac{T_1}{T(x)}}$

or $\left(\frac{T_1}{T(x)}\right)^{\ell} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{x}$

or $T(x) = T_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{x/\ell}$

$q = \frac{1}{A}\frac{dQ}{dt}$

Ans. $T(x) = T_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{x/\ell}$; $q = (\alpha/\ell)\,\ell n\left(\frac{T_1}{T_2}\right)$

17. $\frac{dQ}{dt} = \frac{Ks}{\ell}(T_1 - T_2)$

जहाँ पर T_1 और T_2 दोनों टुकुड़ों का तापमान है 't' समय के सापेक्ष

$-C_1\frac{dT_1}{dt} = \frac{Ks}{\ell}(T_1 - T_2)$

$C_1\frac{dT_2}{dt} = \frac{Ks}{\ell}(T_1 - T_2)$

or $-\frac{dT_1}{dt} = \frac{Ks}{\ell C_1}(T_1 - T_2)$

or $\frac{dT_2}{dt} = \frac{Ks}{\ell C_2}(T_1 - T_2)$

or $\frac{-d(T_1 - T_2)}{dt} = \frac{Ks}{\ell}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$

or $-\int_{\Delta T_0}^{\Delta T} \frac{d(T_1 - T_2)}{(T_1 - T_2)} = \frac{Ks}{\ell}\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right]\int_0^t dt$

Ans. $\Delta T = \Delta T_0\, e^{-\alpha t}$

जहाँ where $\alpha = (1/C_1 + 1/C_2)\,SK/\ell$