গাণিতিক সমস্যাবলি

অনুশীলনীর গাণিতিক প্রশ্নোত্তর

প্রশ্ন-১। বিজ্ঞানী সেলসিয়াস যে থার্মোমিটার প্রবর্তন করেছিলেন সেই থার্মোমিটারে বরফের গলনাঙ্ক ছিল 100°C, পানির বাষ্পীভবন ছিল 0°C। সেই থার্মোমিটারের কোন তাপমাত্রায় সেলসিয়াস এবং ফারেনহাইট তাপমাত্রা সমান?

সমাধান:

এখানে,
সেলসিয়াস স্কেলে গলনাঙ্ক = 100°C
সেলসিয়াস স্কেলে বাষ্পীভবন = 0°C
সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা = T_c
ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা = T_F

এখন, $\frac{T_c - 100}{0 - 100} = \frac{T_F - 32}{212 - 32}$

বা, $\frac{T_c - 100}{-100} = \frac{T_F - 32}{180}$

বা, $T_c - 100 = \frac{5}{9}(T_F - 32)$

T_c এবং T_F সমান হলে:

$T_c - 100 = \frac{5}{9}(T_c - 32)$

বা, $9T_c - 900 = -5T_c + 160$

বা, $14T_C = 1060$

$\therefore T_c = 75.71°$ [Ans.]

প্রশ্ন-২। কোন তাপমাত্রায় সোনার ঘনত্ব 0.001% কমে যাবে?

সমাধান:

প্রাথমিক অবস্থায় সোনার ঘনত্ব ρ, ভর m এবং আয়তন V হলে,

$\rho = \frac{m}{V}$

এখন, 0.001% কমার পর সোনার ঘনত্ব, $\rho' = \rho - \rho \times \frac{0.001}{100}$

বা, $\rho' = \rho - \rho \times 0.00001$

বা, $\rho' = \rho(1 - 0.00001)$

বা, $\frac{m}{V'} = \frac{m}{V} \times 0.99999$ [$\because \rho' = \frac{m}{V'}$]

বা, $V = V' \times 0.99999$

$\therefore V' = 1.00001\ V$

এখানে,
সোনার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ,
$\alpha = 14 \times 10^{-6} K^{-1}$
ধরি, আদি তাপমাত্রা,
$T_1 = 25°C$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

আবার, জানা আছে,
আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = 3\alpha$

$= 3 \times 14 \times 10^{-6} K^{-1}$

$= 4.2 \times 10^{-5} K^{-1}$

আমরা জানি, $\gamma = \frac{(V' - V)}{V(T_2 - T_1)}$

বা, $\gamma = \frac{(1.00001 - 1)V}{V(T_2 - T_1)}$

বা, $\gamma = \frac{.00001}{T_2 - T_1}$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{.00001}{4.2 \times 10^{-5}}$

বা, $T_2 = \frac{.00001}{4.2 \times 10^{-5}} + 25$

$= 25.238°C$ [Ans.]

প্রশ্ন-৩। একটা উত্তপ্ত 1gm ওজনের লোহার টুকরা 30°C তাপমাত্রায় 1 liter পানিতে ছেড়ে দেওয়ার পর পানির তাপমাত্রা 15°C বেড়ে গেল। লোহার টুকরাটির তাপমাত্রা কত ছিল?

সমাধান:

এখানে,
লোহার ভর, $m_1 = 1 \times 10^{-3}$ kg
পানির ভর, $m_2 = 1L = 1kg$
লোহার আপেক্ষিক তাপ,
$s_1 = 0.45 \times 10^3 J/°C$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s_2 = 4.2 \times 10^3 J/°C$
লোহার টুকরার তাপমাত্রা, T = ?

ক্যালরিমিতির মূলনীতি অনুযায়ী,
আমরা জানি,
গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ
এখন, লোহা কর্তৃক বর্জিত তাপ,
$Q_1 = m_1 s_1 (T - 45)$
আবার, পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ,
$Q_2 = m_2 s_2 (45 - 30)$
এখন, $Q_1 = Q_2$

বা, $m_1 s_1 (T - 45) = m_2 s_2 (45 - 30)$

বা, $1 \times 10^{-3} kg \times 0.45 \times 10^3 J/°C\ (T - 45) = 1kg \times 4.2 \times 10^3 J/°C \times 15°C$

বা, $T - 45 = \frac{1kg \times 4.2 \times 10^3 J/°C \times 15°C}{1 \times 10^{-3} kg \times 0.45 \times 10^3 J/°C}$

বা, $T - 45 = 140000$

$\therefore T = 140045°C$ [Ans.]

বি.দ্র: এখানে প্রশ্নটি ত্রুটিপূর্ণ। কারণ বিশুদ্ধ লোহার গলনাঙ্ক 1539°C। সুতরাং নির্ণীত তাপমাত্রায় (140045°C) লোহা গলে যাবে। বাস্তবে এত উচ্চ তাপমাত্রা অর্জন করা সম্ভব নয়। যদি এই পরিমাণ তাপমাত্রা অর্জন সম্ভব হতো তাহলে লোহা প্লাজমা অবস্থায় থাকবে।

কিন্তু যদি প্রশ্নে 1gm লোহার টুকরার জায়গায় 1kg লোহার টুকরা দেওয়া হয় তাহলে প্রশ্নটি সঠিক হতো।

সেক্ষেত্রে $Q_1 = Q_2$

বা, $m_1 s_1 (T - 45) = m_2 s_2 (45 - 30)$

বা, $1kg \times 0.45 \times 10^3 J/°C (T - 45) = 1kg \times 4.2 \times 10^3 J/°C \times 15°C$

বা, $T - 45 = \frac{4.2 \times 10^3 J/°C \times 15°C}{0.45 \times 10^3 J/°C}$

বা, $T - 45 = 140$

$\therefore T = 185°C$ [Ans.]

প্রশ্ন-৪। 0°C তাপমাত্রার 1gm বরফে প্রতি সেকেন্ডে 10J করে তাপ প্রদান করা হলে কতক্ষণ পর পুরোটা বাষ্পীভূত হবে?

সমাধান:

এখানে,
বরফের ভর m = 1gm
$= 1 \times 10^{-3}$kg
গলনের সুপ্ততাপ, $L = 334000 Jkg^{-1}$
বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ,
$L_v = 2268000\ Jkg^{-1}$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$

এখন, 0°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_1 = mL$

$= 1 \times 10^{-3} kg \times 334000\ g^{-1}$

$= 334$ J

আবার, 0°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_2 = ms\,(100 - 0)$
$= 1\times10^{-3}kg \times 4200Jk\,g^{-1}K^{-1}\times100K$
$= 420J$

আবার, 100°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_3 = mL_v$
$= 1\times10^{-3}kg\times2268000Jkg^{-1}$
$= 2268\ J$

∴ মোট প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$
$= 334\ J + 420J + 2268J$
$= 3022J$

$\therefore$ প্রয়োজনীয় সময় $= \dfrac{3022J}{10\ J/s} = 302.2s$
= 5.04 min [Ans.]

প্রশ্ন-৫। একটি নিশ্ছিদ্র সিলিন্ডারে আবদ্ধ গ্যাসের তাপমাত্রা 30°C থেকে বাড়িয়ে 100°C করা হলে গ্যাসের চাপ কত শতাংশ বেড়ে যাবে?

সমাধান:

আমরা জানি, $PV = nRT$

এখন, 30°C তাপমাত্রায়,
$P_1V = nRT_1$
আবার, 100°C তাপমাত্রায়,
$P_2V = nRT_2$

$\therefore \dfrac{P_1V}{P_2V} = \dfrac{nRT_1}{nRT_2}$

বা, $\dfrac{P_1}{P_2} = \dfrac{T_1}{T_2}$

বা, $\dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{T_2}{T_1}$

বা, $\dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{373K}{303K}$

বা, $\dfrac{P_2}{P_1} = 1.23$

$\therefore P_2 = 1.23P_1$

$\therefore \Delta P = \dfrac{(P_2 - P_1)}{P_1}\times 100\%$
$= \dfrac{(1.23-1)P_1}{P_1}\times 100\%$
$= 0.23\times100\%$
= 23% [Ans.]

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 30°C = 303K$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 100°C = 373K$
আদি চাপ $= P_1$
শেষ চাপ $= P_2$
আয়তন $= V$
গ্যাসের পরিমাণ $= n$
আদর্শ গ্যাস ধ্রুবক $= R$

অতিরিক্ত গাণিতিক প্রশ্নোত্তর

Type-1

(তাপমাত্রা পরিমাপের বিভিন্ন স্কেলের সম্পর্ক নির্ণয় সংক্রান্ত)

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলী:

সূত্র	প্রতীক পরিচিতি	একক
$T_C = T_K - 273.15$ $T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$	T_C = সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা	ডিগ্রি সেলসিয়াস (°C)
	T_F = ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা	ডিগ্রি ফারেনহাইট (°F)
	T_K = কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা	কেলভিন (K)

⚠ Alert:

- **সূত্র:** তাপমাত্রার সকল স্কেলের ক্ষেত্রেই, $\dfrac{\text{তাপমাত্রা} - \text{নিম্নস্থিরাঙ্ক}}{\text{ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক} - \text{নিম্নস্থিরাঙ্ক}}$ এর অনুপাত সমান।
- **ব্যাখ্যা:** আমরা জানি, সেলসিয়াস স্কেলে নিম্নস্থিরাঙ্ক 0°C, ফারেনহাইট স্কেলে 32°F এবং কেলভিন স্কেলে 273.15K। আবার সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা T_F এবং কেলভিন স্কেলের তাপমাত্রা T_K হলে,

$$\frac{\text{তাপমাত্রা} - \text{নিম্নস্থিরাঙ্ক}}{\text{ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক} - \text{নিম্নস্থিরাঙ্ক}} = \frac{T_C - 0}{100-0} = \frac{T_K - 273.15}{373.15 - 273.15} = \frac{T_F - 32}{212-32}$$

$$\therefore \frac{T_C}{100} = \frac{T_K - 273.15}{100} = \frac{T_F - 32}{180}$$

Example:

প্রশ্ন-৬। সুস্থ দেহের তাপমাত্রা 98.4°F, সেলসিয়াসে সেটা কত?
[পাঠ্যবই উদাহরণ, পৃষ্ঠা-১৬৭]

সমাধান:

সেলসিয়াস এবং ফারেনহাইট তাপমাত্রার সম্পর্কটি এ রকম:

$$T_c = \frac{5}{9}(T_F - 32°)$$

কাজেই $T_F = 98.4°$ হলে

$$T_c = \frac{5}{9}(98.4° - 32°)$$
$= 36.89°$ (অর্থাৎ 37°C এর কাছাকাছি)

প্রশ্ন-৭। একটি বস্তুর তাপমাত্রা 39° C। ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে এর তাপমাত্রা কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

$T_C = \dfrac{5}{9}(T_F - 32)$

বা, $T_F = \dfrac{9T_C}{5} + 32$
$= \dfrac{9\times39}{5} + 32$
$= 102.2°F$ **[Ans.]**

দেওয়া আছে,
সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা, $T_C = 39°C$
ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $T_F = ?$
কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা, $T_K = ?$

আবার, আমরা জানি,
$T_C = T_K - 273.15$
বা, $T_K = T_C + 273.15$
$= 39 + 273.15$
= 312.15K [Ans.]

প্রশ্ন-৮ পরম তাপমাত্রা –273.15°C কে ডিগ্রি ফারেনহাইট ও কেলভিন এককে প্রকাশ কর।

সমাধান:
আমরা জানি,

$T_C = T_K - 273.15°$
বা, $T_K = T_C + 273.15$
বা, $T_K = -273.15 + 273.15$
$\therefore T_K = 0\ K$

এখানে,
তাপমাত্রা, $T_C = -273.15°C$
কেলভিন এককে তাপমাত্রা, $T_K = ?$
ফারেনহাইট এককে তাপমাত্রা, $T_F = ?$

সুতরাং কেলভিন এককে তাপমাত্রা 0 K।

আবার, $T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$
বা, $5T_F - 160 = 9T_C$
বা, $5T_F - 160 = 9 \times (-273.15)$
বা, $5T_F = 160 - 2458.35$
বা, $5T_F = -2298.35$
$\therefore T_F = -459.67$
সুতরাং, ফারেনহাইট এককে তাপমাত্রা –459.67°F। **[Ans.]**

প্রশ্ন-৯ মানুষের শরীরের স্বাভাবিক তাপমাত্রা 98.5°F হলে সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলে এর মান কত হবে?

সমাধান:
আমরা জানি,

$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$
বা, $T_C = \frac{5}{9}(98.5 - 32)$

এখানে,
ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, F = 98.5°F
সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা, $T_C = ?$
কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা, $T_K = ?$

বা, $T_C = \left(\frac{66.5}{9} \times 5\right)°C = 36.94°C$
$\therefore T_C = 36.94°C$
সুতরাং সেলসিয়াস স্কেলে মান হবে 36.94°C
আবার, $T_C = T_K - 273.15$
বা, $T_K - 273.15 = 36.94$
$\therefore T_K = (36.94 + 273.15)K = 310.09\ K$
সুতরাং কেলভিন স্কেলে মান হবে 310.09 K। **[Ans.]**

প্রশ্ন-১০ কোন তাপমাত্রায় সেলসিয়াস এবং ফারেনহাইট স্কেল সমান?
[পাঠ্যবই উদাহরণ, পৃষ্ঠা-১৬৬]

সমাধান:
সেলসিয়াস এবং ফারেনহাইট তাপমাত্রার সম্পর্কটি এ রকম:

$$T_c = \frac{5}{9}(T_F - 32°)$$
$$9T_c = 5T_F - 5 \times 32°$$

T_c এবং T_F সমান হলে: $4T_c = -5 \times 32°$
$= -160°$
$T_c = -40°$

অর্থাৎ যে তাপমাত্রা –40°C দেখায় সেই একই তাপমাত্রা –40°F দেখায়। **[Ans.]**

প্রশ্ন-১১ কোন তাপমাত্রায় কেলভিন এবং ফারেনহাইট স্কেল সমান?
[পাঠ্যবই উদাহরণ, পৃষ্ঠা-১৬৬]

সমাধান:
কেলভিন এবং ফারেনহাইট তাপমাত্রার সম্পর্কটি এ রকম:

$T_K - 273.15° = \frac{5}{9}(T_F - 32°)$
বা, $9T_K - 9 \times 273.15° = 5T_F - 5 \times 32°$
যদি T_K এবং T_F সমান হয়:
$4\ T_K = 9 \times 273.15° - 5 \times 32°$
বা, $T_K = 574.59°$ **[Ans.]**

প্রশ্ন-১২ কোন তাপমাত্রায় ফারেনহাইট স্কেলের পাঠ সেলসিয়াস স্কেলের পাঠের দ্বিগুণ হবে।

সমাধান:
আমরা জানি,

$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$
বা, $\frac{x}{5} = \frac{2x - 32}{9}$
বা, $5(2x - 32) = 9x$
বা, $10x - 160 = 9x$
বা, $10x - 9x = 160$
বা, $x = 160$
$\therefore x = 160°C$ **[Ans.]**

এখানে,
সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা, $T_C = x$
ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $T_F = 2x$

প্রশ্ন-১৩ স্বাভাবিক চাপে পারদের হিমাঙ্ক –39°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 357°C। একই চাপে ফারেনহাইট স্কেলে পারদের হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কত হবে?

সমাধান:
আমরা জানি,

$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$
বা, $\frac{-39}{5} = \frac{x - 32}{9}$ [হিমাঙ্কের জন্য]

এখানে,
ফারেনহাইট স্কেলে হিমাঙ্ক x
ফারেনহাইট স্কেলে স্ফুটনাঙ্ক y
সেলসিয়াস স্কেলে হিমাঙ্ক, = –39°C
এবং স্ফুটনাঙ্ক, = 357°C

বা, $5x = 160 - 351 = -191$
বা, $x = \frac{-191}{5}$
$\therefore x = -38.2°$
সুতরাং ফারেনহাইট স্কেলে পারদের হিমাঙ্ক –38.2°F।
আবার, $T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$
বা, $\frac{357}{5} = \frac{y - 32}{9}$ [স্ফুটনাঙ্কের জন্য]
বা, $5y = 160 + 3213 = 3373$
$\therefore y = 674.6°$
সুতরাং ফারেনহাইট স্কেলে পারদের স্ফুটনাঙ্ক 674.6°F। **[Ans.]**

প্রশ্ন-১৪ একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারের নিম্ন স্থিরাঙ্ক 4° এবং ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক 98°। ওই থার্মোমিটারের 51° পাঠ দিলে ফারেনহাইট এবং কেলভিন স্কেলে পাঠ কত হবে?

সমাধান:
এখন, ফারেনহাইট স্কেলের সাথে তুলনা করে পাই,

$$\frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_C - \text{নিম্ন স্থিরাঙ্ক}}{\text{ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক} - \text{নিম্ন স্থিরাঙ্ক}}$$

$\frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{51 - 4}{98 - 4}$
বা, $\frac{T_F - 32}{180} = \frac{47}{94}$
বা, $T_F - 32 = 180 \times \frac{47}{94}$
$T_F - 32 = 90$
$\therefore T_F = 90 + 32$
$\therefore T_F = 122°F$ **[Ans.]**

এখানে,
নিম্ন স্থিরাঙ্ক = 4°
ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক = 98°
সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা, $T_C = 51°$
ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $T_F = ?$
এবং কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা, $T_K = ?$

আবার, কেলভিন স্কেলের সাথে তুলনা করে পাই,

$\frac{T_K - 273.15}{373.15 - 273.15} = \frac{51 - 4}{98 - 4}$
বা, $\frac{T_K - 273.15}{100} = \frac{47}{94}$
$\therefore T_K = 273.15 + 100 \times \frac{47}{94} = 323.15\ K$ **[Ans.]**

Note: সূত্রটি পাঠ্যবইয়ে সরাসরি না থাকলেও বিভিন্ন স্কেলের মাঝে সম্পর্ক স্থাপনে সূত্রটি ব্যবহার করা হয়েছে।

প্রশ্ন-১৫। কোনো থার্মোমিটারে স্ফুটনাঙ্ক 160° এবং হিমাঙ্ক 15° দাগ কাটা আছে। এই থার্মোমিটারে কোনো তাপমাত্রা 73° হলে ফারেনহাইটে কত হবে?

<u>সমাধান:</u>
মনে করি, ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা T_F
আমরা জানি,

$$\frac{T_F - 32^\circ}{212^\circ - 32^\circ} = \frac{S - M}{B - M}$$

বা, $\frac{T_F - 32^\circ}{212^\circ - 32^\circ} = \frac{73^\circ - 15^\circ}{160^\circ - 15^\circ}$

বা, $\frac{T_F - 32^\circ}{180^\circ} = \frac{58^\circ}{145^\circ}$

বা, $T_F - 32^\circ = 72^\circ$
বা, $T_F = 32^\circ + 72^\circ$
$\therefore T_F = 104^\circ$
অতএব, ফারেনহাইট স্কেলের তাপমাত্রা 104°F। **[Ans.]**

এখানে,
হিমাঙ্ক, $M = 15^\circ$
স্ফুটনাঙ্ক, $B = 160^\circ$
তাপমাত্রা, $S = 73^\circ$

Note: সূত্রটি পাঠ্যবইয়ে সরাসরি না থাকলেও বিভিন্ন স্কেলের মাঝে সম্পর্ক স্থাপনে সূত্রটি ব্যবহার করা হয়েছে।

প্রশ্ন-১৬। A পাত্রে 40°C তাপমাত্রার পানি এবং B পাত্রে 15°C তাপমাত্রার কেরোসিন আছে। A ও B পাত্রের তরলের তাপমাত্রার পার্থক্য ফারেনহাইট স্কেলে প্রকাশ কর।

<u>সমাধান:</u>
ধরি, ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা = $T_{F'}$
আমরা জানি,

$$T_{C'} = \frac{5}{9}(T_{F'} - 32)$$

বা, $\frac{40}{5} = \frac{T_{F'} - 32}{9}$
বা, $5T_{F'} - 160 = 360$
বা, $5T_{F'} = 520$
$\therefore T_{F'} = 104°F$

এখানে,
A পাত্রের পানির তাপমাত্রা, $T_{C'} = 40°C$
B পাত্রের পানির তাপমাত্রা, $T_{C''} = 15°C$

আবার, ধরি, B পাত্রের পানির তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে = $T_{F''}$

$$T_{C''} = \frac{5}{9}(T_{F''} - 32)$$

বা, $\frac{15}{5} = \frac{T_{F''} - 32}{9}$
বা, $5T_{F''} - 160 = 135$
বা, $5T_{F''} = 295$
$\therefore T_{F''} = 59°F$
$\therefore$ ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রার পার্থক্য (104 – 59)°F
বা, 45°F। **[Ans.]**

প্রশ্ন-১৭। 300 K তাপমাত্রাকে ফারেনহাইট স্কেলে প্রকাশ কর।

<u>সমাধান:</u>
আমরা জানি,

$$\frac{T_K - 273.15}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

বা, $\frac{T_F - 32}{9} = \frac{300 - 273.15}{5}$

বা, $\frac{T_F - 32}{9} = \frac{26.85}{5}$

বা, $T_F - 32 = \frac{26.85 \times 9}{5}$

বা, $T_F = 48.33 + 32$
$\therefore T_F = 80.33$
অতএব, ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা 80.33°F। **[Ans.]**

এখানে,
কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা $T_K = 300K$
ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $T_F = ?$

প্রশ্ন-১৮। পানি বাষ্পে পরিণত হওয়ার তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে নির্ণয় কর।

<u>সমাধান:</u>
আমরা জানি,

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

বা, $9T_C = 5(T_F - 32)$

বা, $T_F - 32 = \frac{9 \times 100}{5}$

বা, $T_F - 32 = 180$
বা, $T_F = 180 + 32$
বা, $T_F = 212$
$\therefore$ নির্ণেয় তাপমাত্রা 212°F। **[Ans.]**

এখানে,
পানি বাষ্পে পরিণত হওয়ার তাপমাত্রা,
$T_C = 100°C$
ফারেনহাইট স্কেলে পানির তাপমাত্রা,
$T_F = ?$

Practice Problem:

প্রশ্ন-১৯। 36.89°C তাপমাত্রায় একটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য 100 m। ফারেনহাইট স্কেলে দণ্ডটির তাপমাত্রা কত? [উত্তর: 98.402°F]

প্রশ্ন-২০। কোনো একদিন বায়ুর তাপমাত্রা ছিল 32°C। কেলভিন স্কেলে বায়ুর তাপমাত্রা কত? [উত্তর: 305.15K]

প্রশ্ন-২১। তরল নাইট্রোজেন –196°C তাপমাত্রায় গ্যাসীয় অবস্থায় পরিবর্তিত হয়। ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে উক্ত তাপমাত্রা কত হবে? [উত্তর: –320.8°F, 77.15K]

প্রশ্ন-২২। কোন তাপমাত্রা সেলসিয়াস ও ফারেনহাইট স্কেলে পড়লে 10° পার্থক্য হয়? [উত্তর: –52.5°C বা –62.5°F এবং –27°C বা –17.5°F]

প্রশ্ন-২৩। একটি থার্মোমিটারে ঊর্ধ্ব স্থির বিন্দু 94°C এবং নিম্ন স্থির বিন্দু 5°C। থার্মোমিটারটির সাহায্যে একটি বস্তুর তাপমাত্রা 60°C পাওয়া গেল। বস্তুটির প্রকৃত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। [উত্তর: 59.14°C]

প্রশ্ন-২৪। একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটার এর নিম্ন স্থিরাঙ্ক 2°, ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক 98°। ওই থার্মোমিটারে 40° পাঠ দিলে ফারেনহাইট স্কেলে পাঠের মান কত হবে? [উত্তর: 103.25°F]

প্রশ্ন-২৫। একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারের বরফ বিন্দু 5°C, স্টিম বিন্দু 115°C। কোনো বস্তুর প্রকৃত তাপমাত্রা 40°C হলে এই থার্মোমিটার বস্তুটির তাপমাত্রা কত প্রদর্শন করবে? [উত্তর: 49°C]

প্রশ্ন-২৬। শীতকালের কোনো একদিনে বায়ুর তাপমাত্রা 4°C পাওয়া গেল। ফারেনহাইট স্কেলে ঐ তাপমাত্রা কত? [উত্তর: 39.2°F]

প্রশ্ন-২৭। একটি লোহার দণ্ডকে তাপ দিয়ে তার তাপমাত্রা 10°C বৃদ্ধি করা হলো। বর্ধিত তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে কত হবে তা নির্ণয় কর। [উত্তর: 50°F]

প্রশ্ন-২৮। এক টুকরা তামার তাপমাত্রা 50°C ফারেনহাইট স্কেলে এই তাপমাত্রা কত? [উত্তর: 122°F]

প্রশ্ন-২৯। ডিসেম্বর মাসে ঢাকার গড় তাপমাত্রা 23°C। ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে ডিসেম্বর মাসের গড় তাপমাত্রা কত? [উত্তর: ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা 73.4°F এবং কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা 296.15k]

প্রশ্ন-৩০। পারদের গলনাঙ্ক 234 K। পারদের গলনাঙ্ক সেলসিয়াস স্কেলে নির্ণয় কর। [উত্তর: –39.15°C]

Type-2

(দৈর্ঘ্য প্রসারণ সংক্রান্ত)

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলী:

সূত্র	প্রতীক পরিচিতি	একক
• $\alpha = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)}$	α = দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ	K^{-1}
	L_1 = আদি দৈর্ঘ্য	মিটার (m)
	L_2 = শেষ দৈর্ঘ্য	মিটার (m)
	$T_2 - T_1$ = তাপমাত্রা বৃদ্ধি	কেলভিন (K)

Example:

প্রশ্ন-৩১। 20° C তাপমাত্রায় তামার দণ্ডের দৈর্ঘ্য 10m, 120° C তাপমাত্রায় দণ্ডটির দৈর্ঘ্য 10.0167 m, এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কত? [পাঠ্যবই উদাহরণ, পৃষ্ঠা-১৬৯]

সমাধান:

দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)}$

$\alpha = \frac{10.0167m - 10m}{10m(120°C - 100°C)}$

$= 16.7 \times 10^{-6} °C^{-1}$ **[Ans.]**

এখানে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 10m$
শেষ দৈর্ঘ্য, $L_2 = 10.0167$ m
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 120°C$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 20° C$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

প্রশ্ন-৩২। 20°C তাপমাত্রায় একটি ইস্পাতের দণ্ডের দৈর্ঘ্য 100 m। 50°C তাপমাত্রায় এর দৈর্ঘ্য 100.033 m হলে ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ,

$\alpha = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)}$

$= \frac{0.033m}{100m \times 30K}$

$= 11 \times 10^{-6} K^{-1}$ **[Ans.]**

দেওয়া আছে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 100m$
শেষ দৈর্ঘ্য, $L_2 = 100.033$ m
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 20°C$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 50°C$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = (50-20)° = 30°C = 30K$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $L_2 - L_1 = 0.033m$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

প্রশ্ন-৩৩। একটি তামার তারের দৈর্ঘ্য 25°C তাপমাত্রায় 100m। তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে তারটির দৈর্ঘ্য 100.02m হয়। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 16.7×10⁻⁶K⁻¹ হলে তারটির তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করা হয়েছিল?

সমাধান:

ধরি, তারটির তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ ΔT

আমরা জানি,

$\alpha = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)}$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1\alpha}$

বা, $T_2 - 298K = \frac{100.02m - 100m}{100m \times 16.7 \times 10^{-6}K^{-1}}$

বা, $T_2 = 298K + 11.976$ K

বা, $T_2 = 309.976$ K

∴ তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta T = T_2 - T_1$

$= (309.976 K - 298 K)$

$= 11.976$ K

$= 11.976°C$

এখানে,
তারের আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 25°C$
$= (25 + 273)K = 298$ K
আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 100$ m
চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য, $L_2 = 100.02$ m
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 16.7 \times 10^{-6}K^{-1}$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা $T_2 = ?$

সুতরাং তারটির তাপমাত্রা 11.976°C বৃদ্ধি করা হয়েছিল। **[Ans.]**

প্রশ্ন-৩৪। একটি রেললাইনে 200 m দৈর্ঘ্যের লোহার পাত ব্যবহৃত হয়েছে। লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 11.5 × 10⁻⁶ K⁻¹। তাপমাত্রা স্বাভাবিকের চেয়ে 10°C বেড়ে গেলে লোহার পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

$\alpha = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)}$

বা, $L_2 - L_1 = \alpha L_1(T_2 - T_1)$

$= (11.5 \times 10^{-6} \times 200 \times 10)m$

$= 0.023$ m

এখানে,
লোহার পাতের আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 200m$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = 10°C = 10K$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 11.5 \times 10^{-6}K^{-1}$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $L_2 - L_1 = ?$

∴ লোহার পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ 0.023 m। **[Ans.]**

প্রশ্ন-৩৫। 0°C তাপমাত্রা 100 cm লম্বা একটি অ্যালুমিনিয়ামের পাতের তাপমাত্রা 200°C এ উন্নীত করা হলো। যদি অ্যালুমিনিয়ামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 23.8× 10⁻⁶ K⁻¹ হয় তবে পাতের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি কত হবে?

সমাধান:

আমরা জানি,

$\alpha = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)}$

বা, $L_2 - L_1 = \alpha L_1(T_2 - T_1)$

$= 23.8 \times 10^{-6}K^{-1} \times 100cm \times 200$ K

$= 0.476$ cm **[Ans.]**

এখানে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 100cm$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $(T_2 - T_1)$
$= (200 - 0)°C$
$= 200°C = 200$ K
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ,
$\alpha = 23.8 \times 10^{-6}K^{-1}$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $L_2 - L_1 = ?$

প্রশ্ন-৩৬। 17 × 10⁻⁶ K⁻¹ দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ বিশিষ্ট কোনো তারের তাপমাত্রায় 30K বৃদ্ধি করলে দৈর্ঘ্য বেড়ে 100.033 m হয়। তারের আদি দৈর্ঘ্য দ্বারা তৈরি রিং 32 m উচ্চতা বিশিষ্ট কোনো ফাঁপা ঘনকের ভিতর প্রবেশ করানো যাবে কি?

সমাধান:

আমরা জানি,

$\alpha = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)}$

বা, $L_2 - L_1 = \alpha L_1(T_2 - T_1)$

বা, $\frac{L_2 - L_1}{L_1} = \alpha(T_2 - T_1)$

বা, $\frac{L_2}{L_1} - 1 = \alpha(T_2 - T_1)$

বা, $\frac{L_2}{L_1} = 1 + \alpha(T_2 - T_1)$

বা, $L_1 = \frac{L_2}{1 + \alpha(T_2 - T_1)}$

বা, $L_1 = \frac{100.033 m}{1 + 17 \times 10^{-6}K^{-1} \times 30K} = 100$

এখানে,
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = 30$ K
শেষ দৈর্ঘ্য, $L_2 = 100.033$ m
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 17 \times 10^{-6}K^{-1}$
আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = ?$

রিং তৈরি করা হলে, তার পরিধি = 100m

বা, $2\pi r = 100$ [এখানে, r = রিংটির ব্যাসার্ধ]

বা, $r = \frac{100 m}{2 \times 3.1416}$

∴ r = 15.92 m

∴ রিংটির ব্যাস = 15.92m × 2 = 31.84 m

যেহেতু ঘনকের দৈর্ঘ্য রিংটির ব্যাস অপেক্ষা বড়, সুতরাং ফাঁপা ঘনকের ভিতরে রিংটিকে প্রবেশ করানো যাবে। **[Ans.]**

প্রশ্ন-৩৭। 2m দৈর্ঘ্যের একটি লোহা ও একটি তামার দণ্ডের তাপমাত্রা 10°C বৃদ্ধি করা হলো। লোহা ও তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ যথাক্রমে $11.6 \times 10^{-6}K^{-1}$ এবং $16.7 \times 10^{-6} K^{-1}$। লোহা ও তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\alpha_1 = \frac{(L_2 - L_1)'}{L_1(T_2 - T_1)}$$

বা, $(L_2-L_1)' = \alpha_1 L_1(T_2-T_1)$

$= 11.6 \times 10^{-6}K^{-1} \times 2m \times 10K$

$\therefore (L_2-L_1)' = 2.32 \times 10^{-4} m$

এখানে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 2$ m
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2-T_1 = 10°C = 10K$
লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha_1 = 11.6 \times 10^{-6}K^{-1}$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ, $(L_2-L_1)' = ?$

আমরা জানি,

$$\alpha_2 = \frac{(L_2 - L_1)''}{L_1(T_2 - T_1)}$$

বা, $(L_2-L_1)'' = \alpha_2 L_1(T_2-T_1)$

$= 16.7 \times 10^{-6}K^{-1} \times 2m \times 10K$

$\therefore (L_2-L_1)'' = 3.34 \times 10^{-4}$ m

এখানে,
তামার ক্ষেত্রে তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha_2 = 16.7 \times 10^{-6}K^{-1}$
তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ, $(L_2-L_1)'' = ?$

$\therefore$ লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ 2.32×10^{-4}m এবং তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ 3.34×10^{-4}m। **[Ans.]**

প্রশ্ন-৩৮। 1m দৈর্ঘ্যের একটি লোহা ও তামার তাপমাত্রা 50°C বৃদ্ধি করলে এদের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 0.00036 m এবং 0.00055 m বেড়ে যায়। লোহা ও তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগের পার্থক্য কত?

সমাধান:

অতএব, লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ,

$$\alpha_1 = \frac{(L_2 - L_1)'}{L_1(T_2 - T_1)} = \frac{0.00036 \text{ m}}{1 \text{ m} \times 50 \text{ K}} = 7.2 \times 10^{-6}K^{-1}$$

এখানে,
লোহা ও তামা উভয়ের আদি দৈর্ঘ্য যথাক্রমে, $L_1 = L_2 = 1$ m
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $(T_2-T_1) = 50°C = 50$ K
লোহার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $(L_2-L_1)' = 0.00036$m
তামার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $(L_2-L_1)'' = 0.00055$m

তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha_2 = \frac{(L_2 - L_1)''}{L_1(T_2 - T_1)}$

$$= \frac{0.00055 \text{ m}}{1 \text{ m} \times 50 \text{ K}} = 11 \times 10^{-6} K^{-1}$$

অতএব, লোহা ও তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগের পার্থক্য

$= \alpha_1 - \alpha_2$

$= (11 \times 10^{-6} - 7.2 \times 10^{-6})K^{-1}$

$= 3.8 \times 10^{-6}K^{-1}$ **[Ans.]**

প্রশ্ন-৩৯। 15°C তাপমাত্রায় একটি রেললাইনের 30 m দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট একাধিক ইস্পাতের পাত আছে। দুটি পাতের মধ্যে 1.5 cm এর একটি ফাঁক বিদ্যমান। কত তাপমাত্রায় পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী ফাঁক পূর্ণ হবে? [ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11 \times 10^{-6}K^{-1}$]

সমাধান:

ধরি, প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা T_2

আমরা জানি, $\alpha = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)}$

বা, $T_2-T_1 = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1\alpha}$

বা, $T_2-T_1 = \frac{1.5 \times 10^{-2}m}{30m \times 11 \times 10^{-6}K^{-1}}$

বা, $T_2-T_1 = 45.45$ K

বা, $T_2 = 288$ K + 45.45 K

বা, $T_2 = 333.45$ K

$\therefore T_2 = 60.45°C$

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 15°C = (15 + 273)K = 288$ K
রেল লাইনের দৈর্ঘ্য, $L_1 = 30$ m
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 11 \times 10^{-6}K^{-1}$
তাপমাত্রার পার্থক্য, $T_2-T_1 = ?$

সুতরাং 60.45°C তাপমাত্রায় পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী ফাঁক পূর্ণ হয়ে যাবে। **[Ans.]**

প্রশ্ন-৪০। 25 m দূরত্বে অবস্থিত দুটি বৈদ্যুতিক খুঁটিকে ইস্পাতের তার দ্বারা টানা দেওয়া হয়। ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11 \times 10^{-6}K^{-1}$ তাপমাত্রা যথাক্রমে 40°C ও 15°C হলে সম্ভাব্য দুর্ঘটনা এড়ানোর জন্য তারটি কি পরিমাণ ঢিলা করে লাগাতে হবে।

সমাধান:

আমরা জানি, $\alpha = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)}$

বা, $L_2-L_1 = \alpha L_1(T_2-T_1)$

$= 11 \times 10^{-6} \times 25 \times 25$

বা, $L_2-L_1 = 6.875 \times 10^{-3}$ m

$= 6.875$ mm

এখানে,
ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য, $L_1 = 25$m
তাপমাত্রার পার্থক্য, $T_2-T_1 = (40-15)°C = 25°K$
ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 11 \times 10^{-6}K^{-1}$
ইস্পাতের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $L_2-L_1 = ?$

$\therefore$ টানা তারটি 6.875 mm ঢিলা করে লাগাতে হবে।

Practice Problem:

প্রশ্ন-৪১। 0°C তাপমাত্রায় একটি পিতলের দণ্ডের দৈর্ঘ্য 2 m। 100°C তাপমাত্রায় এর দৈর্ঘ্য 200.38 cm হলে পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কত? [উত্তর: $19 \times 10^{-6}K^{-1}$]

প্রশ্ন-৪২। 20°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য 100 m দীর্ঘ একটি লোহার রেললাইন বৃদ্ধি পেয়ে 100.0232 m হয়। রেললাইনের উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কত? [উত্তর: $11.6 \times 10^{-6}K^{-1}$]

প্রশ্ন-৪৩। লোহার তৈরি 2000 m দীর্ঘ একটি রেললাইনের তাপমাত্রা 10°C থেকে বৃদ্ধি করে 40°C করা হলে লাইনের দৈর্ঘ্য 6.96 cm বেড়ে যায়। রেল লাইনের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কত? [উত্তর: $1.16 \times 10^{-6}K^{-1}$]

প্রশ্ন-৪৪। দুটি ইলেকট্রিক পিলারের মধ্যবর্তী তামার তারের দৈর্ঘ্য শীতকালে 400 m। শীত ও গ্রীষ্মকালের তাপমাত্রার পার্থক্য 10°C হলে গ্রীষ্মকালে তারটি কতটুকু বেড়ে যাবে? [তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $17 \times 10^{-6}K^{-1}$] [উত্তর: 0.068m]

প্রশ্ন-৪৫। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাওয়ায় 100 m দৈর্ঘ্যের একটি লোহার পাতের দৈর্ঘ্য 0.0115 m বেড়ে গেল। লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11.5 \times 10^{-6}K^{-1}$ হলে তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পেয়েছিল? [উত্তর: 10°C]

প্রশ্ন-৪৬। 30°C তাপমাত্রায় একটি ইস্পাতের দণ্ডের দৈর্ঘ্য 20 m হলে 100°C এর দৈর্ঘ্য কত হবে? ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11 \times 10^{-6}K^{-1}$। [উত্তর: 20.0154m]

Type-3

(ক্ষেত্রপ্রসারণ সংক্রান্ত)

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলী:

সূত্র	প্রতীক পরিচিতি	একক
• $\beta = \frac{(A_2 - A_1)}{A_1(T_2 - T_1)}$	β = ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ A_1 = আদি ক্ষেত্রফল A_2 = শেষ ক্ষেত্রফল T_2-T_1 = তাপমাত্রা বৃদ্ধি	K^{-1} মিটার² (m^2) মিটার² (m^2) কেলভিন (K)

Alert: এখানে, Δ দ্বারা পরিবর্তন বুঝানো হয়েছে। যেমন- ΔA হলো $A_2 - A_1$ তথা ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন।

Example:

প্রশ্ন-৪৭। কক্ষ তাপমাত্রায় (25°C) 4 m^2 ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি সীসার পাতকে 175°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করায় ক্ষেত্রফল 4.033 m^2 হয়। পাতের ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ কত?

সমাধান:

ধরি, পাতটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ β

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{A_2 - A_1}{A_1(T_2 - T_1)}$$

$$= \frac{0.033\ m^2}{4\ m^2 \times 150\ K}$$

$$= 5.5 \times 10^{-5} K^{-1}$$

এখানে,
পাতের আদি ক্ষেত্রফল, $A_1 = 4\ m^2$
চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল, $A_2 = 4.033\ m^2$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 25°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 175°C$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = (175-25)°C = 150°C = 150\ K$
ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি, $A_2 - A_1 = (4.033-4)m^2 = 0.033 m^2$

সুতরাং, পাতের ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $5.5 \times 10^{-5} K^{-1}$. **[Ans.]**

প্রশ্ন-৪৮। 15 m দীর্ঘ ও 5 m প্রস্থ একটি তামার পাতের তাপমাত্রা 32°C থেকে কমে 5°C এ নেমে আসায় এর ক্ষেত্রফল 676.35cm^2 কমে গেল। তামার পাতের ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ কত?

সমাধান:

আমরা জানি, ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ,

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_1(T_1 - T_2)}$$

$$= \frac{676.35 \times 10^{-4} m^2}{75\ m^2 \times 27\ K}$$

$$= 33.4 \times 10^{-6} K^{-1}$$

অতএব, তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $33.4 \times 10^{-6} K^{-1}$ **[Ans.]**

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 32°C$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 5°C$
তাপমাত্রার পার্থক্য, $T_1 - T_2 = (32-5)°C = 27°C = 27K$
আদি ক্ষেত্রফল, $A_1 = 15\ m \times 5\ m = 75\ m^2$
ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি, $\Delta A = 676.35\ cm^2 = 676.35 \times 10^{-4} m^2$

প্রশ্ন-৪৯। 0°C তাপমাত্রা এক খন্ড তামার পাতের দৈর্ঘ্য 50 m এবং প্রস্থ 40 m। 30°C তাপমাত্রায় এই পাতের ক্ষেত্রফল হয় 2002 m^2। তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{A_2 - A_1}{A_1(T_2 - T_1)}$$

$$= \frac{2\ m^2}{2000\ m^2 \times 30\ K}$$

$$= 33.33 \times 10^{-6} K^{-1}\ \textbf{[Ans.]}$$

এখানে,
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = (30-0)°C = 30°C = 30\ K$
আদি ক্ষেত্রফল, $A_1 = 50\ m \times 40\ m = 2000\ m^2$
শেষ ক্ষেত্রফল, $A_2 = 2002\ m^2$
ক্ষেত্রপ্রসারণ, $\Delta A = (2002-2000)\ m^2 = 2\ m^2$
ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, $\beta = ?$

প্রশ্ন-৫০। একটি ধাতব পাতের ক্ষেত্রফল 0.12 m^2। ধাতুটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $24 \times 10^{-6} K^{-1}$। পাতটির তাপমাত্রা 40°C বৃদ্ধি করলে ক্ষেত্রফল কত বৃদ্ধি পাবে?

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{A_2 - A_1}{A(T_2 - T_1)}$$

বা, $\Delta A = \beta A(T_2 - T_1)$

$= 24 \times 10^{-6} K^{-1} \times 0.12\ m^2 \times 40\ K$

$= 0.0001152\ m^2$

এখানে,
পাতের আদি ক্ষেত্রফল, $A = 0.12 m^2$
পাতের ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, $\beta = 24 \times 10^{-6} K^{-1}$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = 40°C = 40\ K$
ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি, $\Delta A = ?$

∴ পাতটির ক্ষেত্রফল 0.0001152 m^2 বৃদ্ধি পাবে। **[Ans.]**

প্রশ্ন-৫১। 25°C তাপমাত্রায় একটি তামার পাতের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ যথাক্রমে 1m ও 0.5m। তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $33.4 \times 10^{-6} K^{-1}$। পাতটির ক্ষেত্রফল 1% বৃদ্ধি করতে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত করতে হবে?

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{\Delta A}{A(T_2 - T_1)}$$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{\Delta A}{\beta A}$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{0.005 m^2}{33.4 \times 10^{-6} K^{-1} \times 0.5 m^2}$

বা, $T_2 = 299.4°C + T_1$

বা, $T_2 = 299.4°C + 25°C$

∴ $T_2 = 324.4°C$

এখানে,
আদি ক্ষেত্রফল, $A = 1\ m \times 0.5 m = 0.5\ m^2$
ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি, $\Delta A = 0.5 m^2$ এর 1% $= 0.5 m^2 \times 0.01 = 0.005\ m^2$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 25°C$
তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, $\beta = 33.4 \times 10^{-6} K^{-1}$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

∴ চূড়ান্ত তাপমাত্রা 324.4°C। **[Ans.]**

প্রশ্ন-৫২। 25°C তাপমাত্রার 19.60 m^2 ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তামার বলকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হলে বলের চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল কত হবে? [তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $33.4 \times 10^{-6} K^{-1}$]

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{A_1 - A}{A(T_2 - T_1)}$$

বা, $A_1 - A = \beta A(T_2 - T_1)$

$= 33.4 \times 10^{-6} K^{-1} \times 19.60 m^2 \times 75K$

বা, $A_1 - A = 0.049\ m^2$

এখানে,
তামার বলের ক্ষেত্রফল, $A = 19.60 m^2$
তাপমাত্রার পার্থক্য, $(T_2 - T_1) = (100-25)°C = 75°C = 75\ K$
ক্ষেত্রপ্রসারণ সহগ, $\beta = 33.4 \times 10^{-6} K^{-1}$
চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল, $A_1 = ?$

∴ তামার বলের চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল, $A_1 = A + \Delta A$
$= 19.60\ m^2 + 0.049\ m^2$
$= 19.649\ m^2$ **[Ans.]**

✍ Practice Problem:

প্রশ্ন-৫৩। একটি ধাতব পাতের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ যথাক্রমে 4000 cm ও 3000 cm। ঐ ধাতুর ওপর তাপমাত্রা 30°C বৃদ্ধি করলে এ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন ঘটে 2m^2। ধাতুটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর। [উত্তর: $5.56 \times 10^{-5} K^{-1}$]

প্রশ্ন-৫৪। 0°C তাপমাত্রায় এক খন্ড তামার পাতের দৈর্ঘ্য 50 m এবং প্রস্থ 40 m। 30°C তাপমাত্রায় এই পাতের ক্ষেত্রফল হয় 2001 m^2। তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর। [উত্তর: $16.66 \times 10^{-6} K^{-1}$]

প্রশ্ন-৫৫। 6 m দৈর্ঘ্য ও 4 m প্রস্থের একটি লোহার টুকরার তাপমাত্রা 30°C বৃদ্ধ করলে ক্ষেত্রফল 24.5 m^2 হয়। লোহার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ কত? [উত্তর: $6.94 \times 10^{-4} K^{-1}$]

প্রশ্ন-৫৬। 0°C তাপমাত্রায় একটি ইস্পাত খন্ডের ক্ষেত্রফল 200 cm^2। একে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করার ফলে এর ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পেয়ে 200.33 cm^2 হলো। ইস্পাতের ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ কত? [উত্তর: $16.5 \times 10^{-6} K^{-1}$]

Type-4
(আয়তন প্রসারণ সংক্রান্ত)

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলী:

সূত্র	প্রতীক পরিচিতি	একক
• $\gamma = \frac{(V_2 - V_1)}{V_1(T_2 - T_1)}$	γ = আয়তন প্রসারণ সহগ	K^{-1}
	V_1 = আদি আয়তন	মিটার^3 (m^3)
	V_2 = শেষ আয়তন	মিটার^3 (m^3)
	$T_2 - T_1$ = তাপমাত্রা বৃদ্ধি	কেলভিন (K)

Alert: এখানে, Δ দ্বারা পরিবর্তন বুঝানো হয়েছে। যেমন- ΔV হলো $V_2 - V_1$ তথা আয়তনের পরিবর্তন।

Example:

প্রশ্ন-৫৭। একটি ধাতুর আয়তন প্রসারণ সহগ $8.34 \times 10^{-5} K^{-1}$। ঐ ধাতুর আয়তন 2% বৃদ্ধি করতে কত তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে?

সমাধান:

ধরি, তাপমাত্রার পরিবর্তন হবে $(T_2 - T_1)$

আমরা জানি,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0(T_2 - T_1)}$$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{\Delta V}{V_0 \gamma}$

$$= \frac{\frac{V}{50}}{V \times 8.34 \times 10^{-5} K^{-1}}$$

এখানে,
ধরি, ধাতুটির আদি আয়তন, $V_0 = V$
∴ ধাতুটির আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = V$ এর 2%
বা, $\Delta V = \frac{V \times 2}{100}$
বা, $\Delta V = \frac{V}{50}$
ধাতুটির আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = 8.34 \times 10^{-5} K^{-1}$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{1}{50 \times 8.34 \times 10^{-5} K^{-1}} = 239.8$ K

অতএব, ঐ ধাতুর আয়তন 2% বৃদ্ধি করতে হলে তাপমাত্রা 239.8K বৃদ্ধি করতে হবে। [Ans.]

প্রশ্ন-৫৮। 25°C তাপমাত্রার 2000 mm^3 আয়তনের একটি কন্টেইনারকে 80°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হলে এর আয়তন 23mm^3 বৃদ্ধি পায়। কন্টেইনারের আয়তন প্রসারণ সহগ কত?

সমাধান:

ধরি, আয়তন প্রসারণ সহগ = γ

আমরা জানি,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_1(T_2 - T_1)}$$

$$= \frac{23 \text{ mm}^3}{2000 \text{ mm}^3 \times 55 \text{ K}}$$

∴ $\gamma = 20.91 \times 10^{-5} K^{-1}$

[Ans.]

এখানে,
কন্টেইনারের আদি আয়তন, $V_1 = 2000$ mm^3
আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = 23$ mm^3
প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 25°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 80°C$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= T_2 - T_1$
$= (80 - 25)°C$
$= 55°C$
$= 55K$

প্রশ্ন-৫৯। একটি পাত্রের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা যথাক্রমে 50 cm, 30 cm ও 20 cm। 50°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ঐ পাত্রের আয়তন $7.515 \times 10^{-5} m^3$ বৃদ্ধি পায়। পাত্রটির আয়তন প্রসারণ সহগ কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0(T_2 - T_1)}$$

$$= \frac{7.515 \times 10^{-5}}{0.03 \times 50}$$

$= 5.01 \times 10^{-5} K^{-1}$

∴ পাত্রটির আয়তন প্রসারণ সহগ, $5.01 \times 10^{-5} K^{-1}$। [Ans.]

এখানে,
পাত্রটির আয়তন,
$V_0 = 50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$
$= (0.5 \times 0.3 \times 0.2) m^3$
$= 0.03$ m^3
আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = 7.515 \times 10^{-5} m^3$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = 50°C = 50K$
পাত্রটির আয়তন প্রসারণ সহগ, γ = ?

প্রশ্ন-৬০। 0°C তাপমাত্রায় একটি ইস্পাত খন্ডের ক্ষেত্রফল 200×10^{-4} m^2 এবং উচ্চতা 20 cm। একে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হলে চূড়ান্ত আয়তন কত হবে? [ইস্পাতের আয়তন প্রসারণ সহগ $2.475 \times 10^{-5} K^{-1}$]

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\gamma = \frac{V_2 - V_1}{V_1(T_2 - T_1)}$$

বা, $V_2 - V_1 = \gamma V_1(T_2 - T_1)$
$= 2.475 \times 10^{-5} \times 4 \times 10^{-3} \times 100 m^3$

বা, $V_2 - V_1 = 9.9 \times 10^{-6} m^3$

বা, $V_2 = (V_1 + 9.9 \times 10^{-6}) m^3$
$= (4 \times 10^{-3} + 9.9 \times 10^{-6}) m^3$

∴ $V_2 = 4.0099 \times 10^{-3} m^3$

এখানে,
ইস্পাতের আদি ক্ষেত্রফল, $A = 200 \times 10^{-4} m^2$
ইস্পাতের আদি উচ্চতা, h = 20 cm
= 0.2 m
ইস্পাতের আদি আয়তন,
$V_1 = Ah$
$= (200 \times 10^{-4} \times 0.2) m^3$
$= 4 \times 10^{-3}$ m^3
ইস্পাতের আয়তন প্রসারণ সহগ,
$\gamma = 2.475 \times 10^{-5} K^{-1}$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = (100 - 0)°C$
$= 100°C$
$= 100K$
ধরি, আয়তন বৃদ্ধি = ΔV
চূড়ান্ত আয়তন, V_2 = ?

∴ চূড়ান্ত আয়তন $4.0099 \times 10^{-3} m^3$। [Ans.]

Practice Problem:

প্রশ্ন-৬১। 0.04164 K^{-1} আয়তন প্রসারণ সহগ বিশিষ্ট একটি ধাতুর আয়তন 5% বৃদ্ধি করতে তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করতে হবে? [উত্তর: 1.2°C]

প্রশ্ন-৬২। 20°C তাপমাত্রায় একটি ধাতব দণ্ডের আয়তন প্রসারণ সহগ $3 \times 10^{-10} K^{-1}$। দণ্ডটির আয়তন 2% বৃদ্ধি করতে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত করতে হবে? [উত্তর: 6.67×10^7°C]

প্রশ্ন-৬৩। 0°C তাপমাত্রায় 1000 cm^3 আয়তনের একটি বস্তুকে 100°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে এর আয়তন 1003.3 cm^3 হয়। বস্তুর উপাদানের আয়তন প্রসারণ সহগ কত? [উত্তর: $33 \times 10^{-6} K^{-1}$]

Type-5
(দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ ও আয়তন প্রসারণ সহগের সম্পর্ক নির্ণয় সংক্রান্ত)

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলী:

সূত্র	প্রতীক পরিচিতি	একক
$\alpha = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$	α = দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ	K^{-1}
	β = ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ	K^{-1}
	γ = আয়তন প্রসারণ সহগ	K^{-1}

Alert: এখানে, Δ দ্বারা পরিবর্তন বুঝানো হয়েছে। যেমন- ΔV হলো $V_2 - V_1$ তথা আয়তনের পরিবর্তন।

Example:

প্রশ্ন-৬৪। তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $22.0 \times 10^{-6} K^{-1}$ হলে আয়তন প্রসারণ সহগ কত?

সমাধান:

আমরা জানি, $2\gamma = 3\beta$

বা, $\gamma = \frac{3}{2}\beta$

$= \frac{3}{2} \times 22.0 \times 10^{-6} K^{-1}$

$= 33.0 \times 10^{-6} K^{-1}$

এখানে,
তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ,
$\beta = 22.0 \times 10^{-6} K^{-1}$
তামার আয়তন প্রসারণ সহগ γ

সুতরাং, তামার আয়তন প্রসারণ সহগ $33.0 \times 10^{-6} K^{-1}$। [Ans.]

100 m দৈর্ঘ্যের একটি অ্যালুমিনিয়ামের তাপমাত্রা 25°C থেকে 875°C এ উন্নীত করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেয়ে 100.02 m হয়। অ্যালুমিনিয়ামের আয়তন প্রসারণ সহগ কত?

সমাধান:

ধরি, অ্যালুমিনিয়ামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ α

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)}$$
$$= \frac{(100.02 - 100)m}{100m \times 850K}$$
$$= 2.353 \times 10^{-7} K^{-1}$$

আবার আয়তন প্রসারণ সহগ γ হলে

$\gamma = 3\alpha$

এখানে,
অ্যালুমিনিয়ামের তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 100m$
চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য, $L_2 = 100.02m$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 25°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 875°C$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = (875 - 25)°C = 850°C = 850\ K$
আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = ?$

বা, $\gamma = 3 \times 2.353 \times 10^{-7} K^{-1} = 7.059 \times 10^{-7} K^{-1}$

সুতরাং, তারের আয়তন প্রসারণ সহগ $7.059 \times 10^{-7} K^{-1}$। [Ans.]

40°C তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য 100 m দীর্ঘ লোহার রেল লাইনের দৈর্ঘ্য কতটুকু বৃদ্ধি পাবে? লোহার আয়তন প্রসারণ সহগ $34.8 \times 10^{-6} K^{-1}$.

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)} \quad ....(1)$$

আবার, $\alpha = \frac{\gamma}{3}$ ....(2)

সমীকরণ (1) ও (2) নং হতে পাই,

$$\frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)} = \frac{\gamma}{3}$$

বা, $L_2 - L_1 = \frac{\gamma \times L_1(T_2 - T_1)}{3}$

$$= \frac{34.8 \times 10^{-6} K^{-1} \times 100\ m \times 40\ K}{3}$$
$$= 0.046\ m \text{ [Ans.]}$$

এখানে,
তাপমাত্রা পরিবর্তন, $T_2 - T_1 = 40°C = 40\ K$
আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 100\ m$
আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = 34.8 \times 10^{-6} K^{-1}$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $L_2 - L_1 = ?$

একটি লোহার টুকরার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $3.47 \times 10^{-4} K^{-1}$। এর আয়তন 3% বৃদ্ধি করলে তাপমাত্রার পরিবর্তন কত হবে?

সমাধান:

ধরি, আদি আয়তন = V

আমরা জানি, আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = 3\alpha = 3 \times 3.47 \times 10^{-4} K^{-1}$

$\therefore \gamma = 10.41 \times 10^{-4} K^{-1}$

আবার, আমরা জানি,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V(T_2 - T_1)}$$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{\Delta V}{V\gamma}$

$$= \frac{0.03\ V}{V \times 10.41 \times 10^{-4} K^{-1}}$$

$\therefore T_2 - T_1 = 28.82K$
$= 28.82°C$

এখানে,
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 3.47 \times 10^{-4} K^{-1}$
আয়তন পরিবর্তন, ΔV = V এর 3% $= 0.03V$
তাপমাত্রা পার্থক্য, $T_2 - T_1 = ?$

সুতরাং, তাপমাত্রার পরিবর্তন হবে 28.82°C। [Ans.]

0.4 m দৈর্ঘ্য ও 0.3 m প্রস্থ বিশিষ্ট একটি ধাতব পাতের তাপমাত্রা 30°C বৃদ্ধি করলে এর ক্ষেত্রফল 0.1 m² বৃদ্ধি পায়। ধাতুটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{\Delta A}{A(T_2 - T_1)}$$
$$= \frac{0.1\ m^2}{0.12 m^2 \times 30K}$$
$$= 0.02778\ K^{-1}$$

আবার, $\beta = 2\alpha$

এখানে,
ক্ষেত্রফল, $A = 0.3m \times 0.4\ m = 0.12 m^2$
ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি, $\Delta A = 0.1\ m^2$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2 - T_1 = 30°C = 30K$
ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, $\beta = ?$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

বা, $\alpha = \frac{\beta}{2} = \frac{0.02778\ K^{-1}}{2} = 0.01388\ K^{-1}$

$\therefore$ দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $0.01388\ K^{-1}$। [Ans.]

2 m বাহুবিশিষ্ট একটি লোহার ঘনকের তাপমাত্রা 25°C থেকে 100°C করায় এর আয়তন বেড়ে 8.043m³ হয়। লোহার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

$2\gamma = 3\beta$

বা, $\beta = \frac{2}{3}\gamma$

$$= \frac{2}{3} \times \frac{\Delta V}{V(T_2 - T_1)}$$
$$= \frac{2}{3} \times \frac{0.043\ m^3}{8m^3 \times 75K}$$
$$= 4.778 \times 10^{-5} K^{-1}$$

এখানে,
লোহার ঘনকের একবাহুর দৈর্ঘ্য, = 2m
লোহার ঘনকের আদি আয়তন, $V = (2m)^3 = 8m^3$
লোহার ঘনকের আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = (8.043 - 8)m^3 = 0.043\ m^3$
তাপমাত্রা পার্থক্য, $T_2 - T_1 = (100 - 25)°C = 75°C = 75K$
লোহার ক্ষেত্রপ্রসারণ সহগ, $\beta = ?$

$\therefore$ লোহার ক্ষেত্রপ্রসারণ সহগ $47.78 \times 10^{-6} K^{-1}$। [Ans.]

0°C তাপমাত্রার একটি সিসার গুলির আয়তন 2.5×10^{-6} m³। 98°C তাপমাত্রায় এর আয়তন $0.021 \times 10^{-6} m^3$ বৃদ্ধি পায়। সিসার আয়তন, ক্ষেত্র, দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর।

সমাধান :

আমরা জানি,

আয়তন প্রসারণ সহগ,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_1(T_2 - T_1)}$$
$$\because \gamma = \frac{0.021 \times 10^{-6}\ m^3}{2.5 \times 10^{-6}\ m^3 \times 98K}$$
$$= 85.7 \times 10^{-6}\ K^{-1}$$

আবার, $\gamma = 3\alpha$

বা, $\alpha = \frac{\gamma}{3}$

$$= \frac{85.7 \times 10^{-6}}{3} K^{-1}$$
$$= 28.6 \times 10^{-6}\ K^{-1}$$

এখানে,
গুলির আদি আয়তন, $V_1 = 2.5 \times 10^{-6} m^3$
আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = 0.021 \times 10^{-6} m^3$
তাপমাত্রার পার্থক্য, $T_2 - T_1 = (98 - 0)°C = 98°C = 98\ K$
সিসার আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = ?$
ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $\beta = ?$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

আবার, $\beta = 2\alpha = 2 \times 28.6 \times 10^{-6}\ K^{-1} = 57.2 \times 10^{-6}\ K^{-1}$

Ans: আয়তন প্রসারণ-সহগ $\gamma = 85.7 \times 10^{-6}\ K^{-1}$ ক্ষেত্র প্রসারণ-সহগ, $\beta = 57.2 \times 10^{-6}\ K^{-1}$, দৈর্ঘ্য প্রসারণ-সহগ, $\alpha = 28.6 \times 10^{-6}\ K^{-1}$

Type-7
(আদর্শ গ্যাসের সূত্র সংক্রান্ত)

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলী:

সূত্র	প্রতীক পরিচিতি	একক
• $PV = nRT$	P = চাপ	Pa বা Nm^{-2}
	V = আয়তন	m^3
	n = গ্যাসের পরিমাণ	mol
	R = ধ্রুবক	$JK^{-1}\ mol^{-1}$
	T = তাপমাত্রা	K

⚠ Alert:
• পাঠ্যবইয়ে R-এর একক ভুল দেওয়া আছে।

✍ Example:

প্রশ্ন-৮৪ । 5mol হিলিয়াম গ্যাসপূর্ণ একটি বেলুনের আয়তন $0.10m^3$ । বেলুনের ভেতরে গ্যাসের চাপ $1.2\times10^5Nm^{-2}$ হলে বেলুনের মধ্যবর্তী গ্যাসের তাপমাত্রা কত? $(R = 8.314JK^{-1}mol^{-1})$

সমাধান:

আমরা জানি,

$PV = nRT$

বা, $T = \frac{PV}{nR}$

বা, $T = \frac{1.2\times10^5Nm^{-2}\times0.10m^3}{5mol\times8.314JK^{-1}mol^{-1}}$

$\therefore T = 288.67K$

$\therefore$ গ্যাসের তাপমাত্রা 288.67K **[Ans.]**

এখানে,
চাপ, $P = 1.2\times10^5Nm^{-2}$
আয়তন $V = 0.10m^3$
ধ্রুবক, $R = 8.314JK^{-1}mol^{-1}$
গ্যাসের পরিমাণ, n = 5mol
তাপমাত্রা, T = ?

প্রশ্ন-৮৫ । $1.013\times10^5\ Nm^{-2}$ চাপে ও 27°C তাপমাত্রায় 1mol গ্যাসের আয়তন বের কর। (ধ্রুবক $R = 8.314JK^{-1}mol^{-1}$)

সমাধান:

আমরা জানি,

বা, $PV = nRT$

বা, $V = \frac{nRT}{P}$

বা, $V = \frac{1mol\times8.314JK^{-1}mol^{-1}\times300K}{1.013\times10^5Nm^{-2}}$

$\therefore V = 0.0246m^3$

$\therefore$ গ্যাসের আয়তন $0.0246m^3$ **[Ans.]**

এখানে,
চাপ, $P = 1.013\times10^5Nm^{-2}$
তাপমাত্রা, T = 27°C
= (27+273)K
= 300K
গ্যাসের পরিমাণ, n = 1mol
ধ্রুবক, $R = 8.314JK^{-1}mol^{-1}$
আয়তন, V = ?

প্রশ্ন-৮৬ । যদি $R = 8.314JK^{-1}\ mol^{-1}$ হয় তবে 27°C তাপমাত্রায় $0.01m^3$ আয়তনের 2 mol গ্যাসের চাপ কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

$PV = nRT$

বা, $P = \frac{nRT}{V}$

বা, $P = \frac{2mol\times8.314JK^{-1}mol^{-1}\times300K}{0.01m^3}$

বা, $P = 498840Nm^{-2}$

$\therefore$ গ্যাসের চাপ, $498840Nm^{-2}$ **[Ans.]**

এখানে,
তাপমাত্রা, T = 27°C
= (27+273)K
= 300K
আয়তন, $V = 0.01m^3$
গ্যাসের পরিমাণ, n = 2mol
ধ্রুবক $R = 8.314JK^{-1}mol^{-1}$
চাপ, P = ?

প্রশ্ন-৮৭ । 100°C তাপমাত্রায় এবং $242\times10^3\ Nm^{-2}$ চাপে একটি ঘনককে গ্যাস দিয়ে পূর্ণ করা হলো। ঘনকের বাহুর দৈর্ঘ্য 20cm হলে, ঘনকটি পূর্ণ করতে কত মোল গ্যাসের প্রয়োজন? $(R = 8.314JK^{-1}mol^{-1})$

সমাধান:

আমরা জানি,

$PV = nRT$

বা, $n = \frac{PV}{RT}$

বা, $n = \frac{242\times10^3Nm^{-2}\times8\times10^{-3}m^3}{8.314JK^{-1}mol^{-1}\times373K}$

$\therefore n = 0.624$ mol

এখানে,
তাপমাত্রা, T = 100°C
= (100+273)K
= 373K
চাপ, $P = 242\times10^3Nm^{-2}$
আয়তন, $V = (20cm)^3$
[∵ V = (ঘনকের বাহুর দৈর্ঘ্য)^3]
= $800cm^3$
= $8\times10^{-3}m^3$
$R = 8.314JK^{-1}mol^{-1}$
গ্যাসের পরিমাণ, n = ?

$\therefore$ ঘনকটি পূর্ণ করতে 0.624 mol গ্যাসের প্রয়োজন। **[Ans.]**

Practice Question:

প্রশ্ন-৮৮ । একটি সিলিন্ডারে 127°C তাপমাত্রা ও 90×10^3 Nm চাপে 0.75 mol গ্যাস রাখা আছে। গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর। $(R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1})$ **[উত্তর: 0.028 m^3]**

প্রশ্ন-৮৯ । একটি বর্গাকার পাত্রে $72\times10^3\ Nm^{-2}$ চাপে 1.5 mol গ্যাস রাখা আছে। বর্গাকার পাত্রের বাহুর দৈর্ঘ্য 15 cm। গ্যাসের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। $(R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1})$ **[উত্তর: 129.90K]**

Type-8
(তাপধারণ ক্ষমতা ও আপেক্ষিক তাপের সম্পর্ক নির্ণয় সংক্রান্ত)

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলী:

সূত্র	প্রতীক পরিচিতি	একক
$s = \frac{Q}{m(T_2-T_1)}$ $= \frac{C}{m}$	s = আপেক্ষিক তাপ	জুল/কেজি/কেলভিন ($J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$)
	m = ভর	কেজি (kg)
	T_2-T_1 = তাপমাত্রার পার্থক্য	কেলভিন (K)
	Q = তাপ	জুল (J)
	C = তাপধারণ ক্ষমতা	জুল/কেলভিন(JK^{-1})

⚠ Alert: এখানে, Δ দ্বারা পরিবর্তন বুঝানো হয়েছে। যেমন- ΔT হলো $T_2 - T_1$ তথা তাপমাত্রার পরিবর্তন।

✍ Example:

প্রশ্ন-৯০ । 3 kg সীসার তাপমাত্রা 20°C বাড়াতে কত তাপের প্রয়োজন হবে? সীসার আপেক্ষিক তাপ 130 J $kg^{-1}K^{-1}$.

সমাধান:

আমরা জানি,

$s = \frac{Q}{m\Delta T}$

$Q = ms(\Delta T)$

$= 3kg\times130\ J\ kg^{-1}K^{-1}\times20K$

$= 7800$ J

তাপের প্রয়োজন = 7800 J **[Ans.]**

দেয়া আছে,
ভর, m = 3 kg
আপেক্ষিক তাপ,
$s = 130\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, ΔT= 20°C =20K
প্রয়োজনীয় তাপশক্তি, Q = ?

প্রশ্ন-৯১। এক টুকরা রুপার তাপমাত্রা 28°C থেকে 78°C এ উন্নীত করতে 8625 J তাপশক্তির প্রয়োজন হয়। রুপার টুকরাটির ভর নির্ণয় কর। রুপার আপেক্ষিক তাপ 230 $Jkg^{-1}K^{-1}$.

সমাধান:

আমরা জানি,

$$s = \frac{Q}{m(T_2-T_1)}$$

বা $m = \frac{Q}{s(T_2-T_1)}$

$$= \frac{8625J}{230J\,kg^{-1}K^{-1} \times 50K}$$

$= 0.75$ kg

∴ রুপার ভর m = 0.75 kg [Ans.]

দেয়া আছে,
তাপমাত্রা বৃদ্ধি,
$T_2-T_1 = 78 - 28 = 50°C = 50$ K
আপেক্ষিক তাপ, $s = 230\ J\ kg^{-1}K^{-1}$
তাপশক্তি, Q = 8625 J
ভর, m = ?

প্রশ্ন-৯২। একটি মোটর গাড়ির ইঞ্জিন 1000g পানিকে 20°C বৃদ্ধি করাতে তা ইঞ্জিনে সৃষ্ট তাপকে শোষণ করে নেয়। পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 $Jkg^{-1}K^{-1}$। ইঞ্জিনটি কী পরিমাণ তাপ শোষণ করে নিতে পারে?

সমাধান:

ইঞ্জিন কর্তৃক শোষিত তাপ, Q হলে,

আমরা জানি,

$$s = \frac{Q}{m\Delta T}$$

$Q = ms\,\Delta T$

$= 1kg \times 4200Jkg^{-1}K^{-1} \times 20K$

$= 84000$ J

অতএব, ইঞ্জিন কর্তৃক শোষিত তাপ 84000 J। [Ans.]

এখানে,
পানির ভর = 1000g = 1kg
তাপমাত্রা বৃদ্ধি ΔT = 20°C = 20K
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200Jkg^{-1}K^{-1}$

প্রশ্ন-৯৩। 2kg ভরের কোনো পদার্থের তাপমাত্রা 60°C বৃদ্ধি করতে 468000J তাপ প্রয়োগ করতে হয়। পদার্থটির আপেক্ষিক তাপ কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

$$s = \frac{Q}{m\Delta T}$$

$$= \frac{468000\ J}{2kg \times 60K}$$

$= 3900\ Jkg^{-1}K^{-1}$

অতএব, পদার্থটির আপেক্ষিক তাপ 3900 $Jkg^{-1}K^{-1}$। [Ans.]

এখানে,
পদার্থের ভর m = 2 kg
প্রয়োগকৃত তাপ, Q = 468000J
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, ΔT = 60°C = 60K
আপেক্ষিক তাপ, s = ?

প্রশ্ন-৯৪। 50 g দস্তার তাপমাত্রা 20°C থেকে 100°C এ উন্নীত করতে 1520 J তাপ প্রয়োগ করতে হয়। দস্তার আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

$$s = \frac{Q}{m(T_2-T_1)}$$

$$= \frac{1520J}{0.05\,kg \times 80\,K}$$

$= 380\ J\ kg^{-1}K^{-1}$

দস্তার আপেক্ষিক তাপ = 380 $J\ kg^{-1}K^{-1}$. [Ans.]

দেয়া আছে,
ভর, m = 50g = 0.05 kg
তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T_2-T_1 = (100-20)°C = 80°C = 80K$
তাপশক্তি, Q = 1520 J
আপেক্ষিক তাপ, s = ?

প্রশ্ন-৯৫। 23K তাপমাত্রার 300g বেনজিনকে 8670 J তাপশক্তি প্রদান করলে এর তাপমাত্রা কত হবে? (বেনজিনের আপেক্ষিক তাপ 1700 $Jkg^{-1}K^{-1}$)

সমাধান:

আমরা জানি,

$$s = \frac{Q}{m(T_2-T_1)}$$

বা $T_2-T_1 = \frac{Q}{ms}$

$$= \frac{8670J}{0.3kg \times 1700Jkg^{-1}K^{-1}}$$

$= 17$K

বা, $T_2-T_1 = 17$ K

∴ $T_2 = 17K + 23K = 40K$

শেষ তাপমাত্রা = 40K [Ans.]

দেয়া আছে,
ভর, m = 300g = 0.3 kg
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 23K$
তাপশক্তি, Q = 8670 J
আপেক্ষিক তাপ $s = 1700Jkg^{-1}K^{-1}$
শেষ তাপমাত্রা, T_2 = ?

✍ Practice Problem:

প্রশ্ন-৯৬। এক টুকরা রুপার তাপমাত্রা 301 K থেকে 351 K এ উন্নীত করতে 8625 J তাপশক্তির প্রয়োজন হয়। রুপার টুকরাটির ভর কত? [উত্তর: 0.75kg]

প্রশ্ন-৯৭। 23°C তাপমাত্রার 300g বেনজিনকে 8670 J তাপশক্তি প্রদান করলে এর তাপমাত্রা কত হবে? বেনজিনের আপেক্ষিক তাপ 1700 J $kg^{-1}K^{-1}$। [উত্তর: 40°C]

প্রশ্ন-৯৮। 50 gm বস্তুর তাপমাত্রা 100°C থেকে 20°C এ উন্নীত করতে 1520J তাপ প্রয়োগ করতে হয়। বস্তুর আপেক্ষিক তাপ কত? [উত্তর: 380 J $kg^{-1}K^{-1}$]

প্রশ্ন-৯৯। 230°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত 500 g ভরের একখণ্ড তামাকে পানিতে ডুবানোর ফলে উভয়ের তাপমাত্রা 20°C হলো। তামার দণ্ডটি কী পরিমাণ তাপশক্তি হারাবে? তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J $kg^{-1}K^{-1}$। [উত্তর: 42000 J]

প্রশ্ন-১০০। 0.2 kg ভরের একটি পিতলের বলকে একটি চুল্লী থেকে তুলে 25°C তাপমাত্রার 150 g পানিতে ডুবান হল। পিতলের বলের বর্জিত সমস্ত তাপ পানি গ্রহণ করছে মনে করলে এবং উভয়ের তাপমাত্রা 67°C-এ এসে দাঁড়ালে চুল্লীর তাপমাত্রা বের করে। পিতলের আপেক্ষিক তাপ 380 J $kg^{-1}K^{-1}$. [উত্তর: 415.16°C]

প্রশ্ন-১০১। 02 kg ভরের একটি পিতলে বলকে একটি চুল্লী থেকে তুলে 25°C তাপমাত্রার 150 g পানিতে ডুবান হলো। পিতলের বলের বর্জিত সমস্ত তাপ পানি গ্রহণ করছে মনে করলে এবং উভয়ের তাপমাত্রা 67°C-এ এসে দাঁড়ালে চুল্লীর তাপমাত্রা বের কর। পিতলের আপেক্ষিক তাপ 380 J $kg^{-1}K^{-1}$. [উত্তর: 415.16°C]

প্রশ্ন-১০২। এক টুকরা রুপার তাপমাত্রা 301 K থেকে 315K এ উন্নীত করতে 8625 J তাপশক্তির প্রয়োজন হয়। রুপার টুকরাটির ভর কত? [রুপার আপেক্ষিক তাপ 230 J $kg^{-1}K^{-1}$] [উত্তর: 2.6786 kg]

প্রশ্ন-১০৩। 100 gm ভরবিশিষ্ট অ্যালুমিনিয়াম পাতের তাপমাত্রা 20 °C বাড়াতে 1800 J তাপ লাগে। অ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ বের করতে হবে? [উত্তর: 900 J $kg^{-1}K^{-1}$]

Type-9

(ক্যালোরিমিতির মূলনীতি সংক্রান্ত)

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলী:

সূত্র	প্রতীক পরিচিতি	একক
গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ $Q = ms\,(T_2 - T_1)$ $Q = mL$ $Q = mL_v$	Q = তাপের পরিমাণ	জুল (J)
	s = আপেক্ষিক তাপ	জুল/কেজি/কেলভিন ($J\ Kg^{-1}K^{-1}$)
	m = ভর	কেজি (kg)
	T_2-T_1 = তাপমাত্রার পার্থক্য	কেলভিন (K)
	L = গলনের সুপ্ততাপ	জুল/কেজি ($J\ Kg^{-1}$)
	L_V = বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ	জুল/কেজি ($J\ Kg^{-1}$)

... ধারা পরিবর্তন বুঝানো হয়েছে। যেমন- ΔT
$= T_2 - T_1$ তথা তাপমাত্রার পরিবর্তন।

Example:

প্রশ্ন-১০৪। 30°C তাপমাত্রায় 1 liter পানিতে 100 gm ওজনের এক টুকরো বরফ ছেড়ে দেওয়া হলো। পুরো বরফটি গলে যাবার পর মোট পানির তাপমাত্রা কত হবে? (বরফের সুপ্ততাপ L=334 kJ/kg)
[পাঠ্যবই উদাহরণ, পৃষ্ঠা-১৮০]

সমাধান:
বরফটুকু গলতে এবং বরফ গলা পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় পৌঁছাতে যে তাপের প্রয়োজন হবে সেই তাপটুকু 1 kg পানিকে সরবরাহ করতে হবে। ধরা যাক পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রা T, তাহলে বরফ যে পরিমাণ তাপ গ্রহণ করবে সেগুলো হলো
গলার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ এবং গলার পর 0°C থেকে T পর্যন্ত তাপমাত্রা বাড়ার জন্য তাপ

গৃহীত তাপ,
$Q = m_1L + m_1sT$
$= 0.1 \times 334000 + 0.1 \times 4200 \times T$
$= (33400 + 420T)$ J

বর্জিত তাপ
$Q_2 = m_2s(T' - T)$
$= 1 \times 4200 \times (30 - T)$

এখানে,
বরফের ভর, m_1 = 100gm = 0.1kg
বরফ গলনের সুপ্ততাপ, L = 334000J kg^{-1}
পানির আপেক্ষিক তাপ, s = 4200 J$kg^{-1}K^{-1}$

এখানে,
পানির ভর m2 = 1kg
পানির তাপমাত্রা, T' = 30°c
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, T = ?

ক্যালরিমিতির মূলনীতি হতে,
গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ
বা, $Q_1 = Q_2$
বা, 33400+ 420T = 4200 (30 – T)
বা, 4200T + 420T = 4200×30 – 33400
বা, 4620T = 92600°c
বা, $T = \frac{92600}{4620}$ °c
= 20.04° c **[Ans.]**

প্রশ্ন-১০৫। 75°C তাপমাত্রায় 2 liter পানিতে 20°C তাপমাত্রার 1 liter পানি যোগ করা হলে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত?
[পাঠ্যবই উদাহরণ, পৃষ্ঠা-১৮১]

সমাধান:
ধরা যাক চূড়ান্ত তাপমাত্রা T তাহলে 2 liter পানির তাপমাত্রা 75°C থেকে কমে সেটি T তে পৌঁছাবে। এই তাপটুকু গ্রহণ করে 2liter পানির তাপমাত্রা 20°C থেকে বেড়ে T তে পৌঁছাবে।

গৃহীত তাপ,
$Q_1 = m_1s(T - T_1)$
$= 1 \times 4200 (T - 20)$

বর্জিত তাপ,
$Q_2 = m_2s(T_2 - T)$
$= 2 \times 4200 (75 - T)$

এখানে,
20°C তাপমাত্রার বস্তুর,
ভর, m_1 = 1kg
আপেক্ষিক তাপ,
s = 4200J $kg^{-1}K^{-1}$
তাপমাত্রা, T_1 = 20°C
75° তাপমাত্রার বস্তুর,
ভর m_2 = 2kg
তাপমাত্রা T_2 = 75°C
চূড়ান্ত তাপমাত্রা T

ক্যালরিমিতির মূলনীতি হবে,
গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ
বা, $Q_1 = Q_2$
বা, 4200 (T – 20) = 2 × 4200 (75 – T)
বা, T – 20 = 2 (75 – T)
বা, 3T = 170°C
∴ T = 56.6°C **[Ans.]**

প্রশ্ন-১০৬। 120°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত 10 gm ওজনের এক টুকরো লোহা একটি পাত্রে রাখা 30°C তাপমাত্রার 1 kg পানিতে ছেড়ে দেওয়া হলো। পানির তাপমাত্রা কত হবে?
[পাঠ্যবই উদাহরণ, পৃষ্ঠা-১৮২]

সমাধান:
লোহার তাপমাত্রা বেশি বিধায় এটি তাপ বর্জন করবে এবং পানি তাপ গ্রহণ করবে।
এখন,
গৃহীত তাপ, $Q_1 = m_1s_1(T - T')$
$= 1 \times 4200 (T - 30)$
$= 4200 (T - 30)$
আবার,
বর্জিত তাপ, $Q_2 = m_2s_2 (T'' - T)$
$= .01 \times 450 (120 - T)$
$= 4.5 (120 - T)$

পানির,
ভর, m_1 = 1kg
আপেক্ষিক তাপ,
s = 4200J $kg^{-1}K^{-1}$
তাপমাত্রা, T' = 30°C
লোহার,
ভর, m_2 = 10gm
$= \frac{10}{100}$ kg
= .01 kg
আপেক্ষিক তাপ,
S_2 = 450J $kg^{-1}K^{-1}$
তাপমাত্রা, T'' = 120°C
চূড়ান্ত তাপমাত্রা T

ক্যালরিমিতির মূলনীতি থেকে
গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ
বা, $Q_1 = Q_2$
বা, 4200 (T – 30) = 4.5 (120 –T)
বা, 4204.5T = 4.5 × 120 + 4200 × 30
বা, $T = \frac{126540}{4204.5}$ = 30.1°C **[Ans.]**

প্রশ্ন-১০৭। 120°C তাপমাত্রার 100 g ভরের একটি বস্তুকে 50 g ভরবিশিষ্ট একটি তামার পাত্রে 20°C তাপমাত্রার 300g পানির মধ্যে ডুবালে চূড়ান্ত তাপমাত্রা 30°C এ পৌঁছায়। বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। [তামার আপেক্ষিক তাপ 400J$kg^{-1}K^{-1}$]

সমাধান:
এখানে, বস্তুটি তাপ বর্জন করবে, তামার পাত্র ও পানির পাত্র তাপ গ্রহণ করবে।
আমরা জানি,
গৃহীত বা বর্জিত তাপ = ভর × আপেক্ষিক তাপ × তাপমাত্রার পার্থক্য
বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ,
$\therefore Q_1 = m_1s\Delta T_1$
= 0.1kg×s×(120–30)K
= 0.1kg × s × 90K
= 9 s J.
তামার পাত্র কর্তৃক গৃহীত তাপ,
$Q_2 = m_2 s_2 \Delta T_2$
= 0.05kg×400J $kg^{-1}K^{-1}$ × (30–20)K
= 0.05kg× 400J $kg^{-1}K^{-1}$×10K
= 200 J
পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ,
$Q_3 = m_3s_3\Delta T_3$
=0.3kg×4200J$kg^{-1}K^{-1}$×(30–20)K
= 0.3kg×4200J$kg^{-1}K^{-1}$×10K
= 12600 J

এখানে,
মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা, = 30°C
বস্তুর ভর, m_1 = 100g = 0.1g
বস্তুর তাপমাত্রা পার্থক্য,
ΔT_1 = (120–30)°C
= 90°C = 90K
তামার পাত্রের ভর, m_2= 50g
= 0.05kg
তামার আপেক্ষিক তাপ,
s_2= 400J $kg^{-1}K^{-1}$
তাপমাত্রার পার্থক্য, ΔT_2= (30–20)°C
= 10°C
= 10K
পানির ভর, m_3 = 300g = 0.3kg
পানির আপেক্ষিক তাপ,
s_3 = 4200J $kg^{-1}K^{-1}$
পানির তাপমাত্রার পার্থক্য,
ΔT_3 = (30–20)°C
= 10°C = 10K
বস্তুর আপেক্ষিক তাপ, s = ?

তাপের সমীকরণ হতে আমরা জানি যে,
গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ
বা, $Q_2 + Q_3 = Q_1$
বা, 200J + 12600J = 9 sJ
বা, 9 s J = 12800 J
$\therefore s = \frac{12800\ J}{9\ J}$ = 1422.22 = 1422 J kg^{-1} K^{-1}
∴ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ 1422 J$kg^{-1}K^{-1}$। **[Ans.]**

প্রশ্ন-১০৮। 100°C তাপমাত্রার 700 g তামা 2 kg ভরবিশিষ্ট তামার পাত্রে 25°C তাপমাত্রার 1 kg পানির মধ্যে রাখা হল। তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J $kg^{-1}K^{-1}$ হলে মিশ্রণের তাপমাত্রা বের কর।

সমাধান:

ধরি মিশ্রণের তাপমাত্রা = t°C

আমরা জানি,

$s = \frac{Q}{m\Delta T}$

বা, $Q = ms\Delta T$

তামা কর্তৃক বর্জিত তাপ:

$Q_1 = m_1s_1\Delta T_1$
$= 0.7 \times 400 \times (100 - t)J$
$= 280(100 - t)$ J
$= (28000 - 280t)$ J

তামার পাত্র কর্তৃক গৃহীত তাপ:

$Q_2 = m_2s_1\Delta T_2$
$= 2 \times 400 \times (t - 25)$
$= (800t - 20000)$ J

পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ:

$Q_3 = m_3s_3\Delta T_3$
$= 1 \times 4200 \times (t - 25)$
$= (4200t - 105000)$

এখানে,
তামার ভর, $m_1 = 700g = 0.7$ kg
তামার আপেক্ষিক তাপ $s_1 = 400J\ kg^{-1}K^{-1}$
তামার তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\Delta T_1 = (100-t)°C = (100-t)K$
তামার পাত্রের ভর $m_2 = 2kg$
তামার পাত্রের তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta T_2 = (t-25)°C = (t-25)K$
পানির ভর $m_3 = 1kg$
পানির আপেক্ষিক তাপ $s_3 = 4200Jkg^{-1}K^{-1}$
পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\Delta T_3 = (t-25)°C = (t-25)K$

আমরা জানি,
বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

বা, $Q_1 = Q_2 + Q_3$

বা, $28000 - 280t = 800t - 20000 + 4200t - 105000$

বা, $800t + 4200t + 280t = 28000 + 20000 + 105000$

বা, $5280t = 153000$

বা, $t = \frac{153000}{5280} = 28.98°C$

∴ মিশ্রণের তাপমাত্রা 28.98°C। **[Ans.]**

প্রশ্ন-১০৯। 30°C তাপমাত্রার 200g রূপাকে সম্পূর্ণ গলনের প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ হিসাব কর। রূপার আপেক্ষিক তাপ, গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ এবং গলনাঙ্ক যথাক্রমে 2130 $Jkg^{-1}K^{-1}$, 105000 Jkg^{-1} এবং 960°C.

সমাধান:

এখন, 30°C তাপমাত্রার 200g বা 0.2kg রূপাকে 960°C এ উন্নীত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_1 = ms(T_2 - T_1)$
$= 0.2kg \times 230Jkg^{-1}K^{-1} \times 930K$
$= 42780J$

আবার, 960°C তাপমাত্রার 0.2kg রূপাকে গলাতে প্রয়োজনীয় তাপ,

Q_2 = ভর (m) × গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ (L)
$= 0.2kg \times 105000Jkg^{-1}$
$= 21000J$

∴ মোট তাপ, $Q = Q_1 + Q_2$
$= (42780 + 2100)$
$= 63780$ J

এখানে,
রূপার ভর, m = 200g = 0.2kg
রূপার আপেক্ষিক তাপ,
$s = 230\ Jkg^{-1}\ K^{-1}$
তাপমাত্রার পার্থক্য,
$T_2 - T_1 = (960-30)°C = 930°C = 930K$
গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$L = 105000\ Jkg^{-1}$
তাপের পরিমাণ, Q = ?

∴ প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ 63780 J. **[Ans.]**

প্রশ্ন-১১০। 0°C তাপমাত্রার 3kg বরফকে বাষ্পে পরিণত করতে কত তাপের প্রয়োজন হবে? পানির আপেক্ষিক তাপ, বরফ গলনের সুপ্ততাপ এবং বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ যথাক্রমে 4200$Jkg^{-1}k^{-1}$, 336000 Jkg^{-1} এবং 2268000 Jkg^{-1}.

সমাধান:

এখন, 0°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_1 = mL$
$= 3kg \times 336000\ Jkg^{-1}$
$= 1.008 \times 10^6J$

আবার, 0°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_2 = ms(T_2 - T_1)$
$= 3kg \times 4200Jkg^{-1}K^{-1} \times 100K$
$= 1.26 \times 10^6J$

এখানে,
বরফের ভর, m = 3kg
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$
গলনের সুপ্ততাপ,
$L = 336000Jkg^{-1}$
বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ,
$L_V = 2268000Jkg^{-1}$
তাপের পরিমাণ,
$T_2 - T_1 = (100-0)°C = 100°C = 100K$
তাপমাত্রার পার্থক্য, Q = ?

আবার, 100°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_3 = mL_V$
$= 3kg \times 2268000\ Jkg^{-1}$
$= 6.804 \times 10^6J$

∴ মোট প্রয়োজনীয় তাপ, $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$
$= (1.008 \times 10^6 + 1.26 \times 10^6 + 6.804 \times 10^6)J$
$= 9.072 \times 10^6$ J

∴ প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ **9.072×10^6 J [Ans.]**

Practice Problem:

প্রশ্ন-১১১। 70°C তাপমাত্রার 100 g পানিকে 10°C তাপমাত্রার 200 g পানির সাথে ভালোভাবে মিশ্রিত করলে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হবে? [উত্তর: 30°C]

প্রশ্ন-১১২। একটি তামার ক্যালরিমিটারের ভর 250 g এবং এর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ 400J $kg^{-1}K^{-1}$। এর তাপমাত্রা 20°C থেকে 70°C এ উঠাতে কত তাপের প্রয়োজন হবে? [উত্তর: 5000 J]

প্রশ্ন-১১৩। 1 kg বরফকে 30°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে কী পরিমাণ তাপ লাগবে? [উত্তর:462000J]

প্রশ্ন-১১৪। 100 g বরফ (0°C তাপমাত্রার) সম্পূর্ণ গলায়ে বাষ্পে পরিণত করতে কতটুকু তাপ লাগবে? গলনের সুপ্ততাপ 33600 Jkg^{-1}, পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 Jkg^{-1} এবং বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ 2268000 Jkg^{-1}। [উত্তর: 30.24×10^4J]