

তাপগতিবিদ্যা

Thermodynamics

অধ্যায়
০১

এ অধ্যায়ে
অনন্য
সংযোজন



এক নজরে এ অধ্যায়ের সূচাবলি

এ অধ্যায়ের গাণিতিক সমস্যা সংযোজিত গুরুতর সূত্রসমূহ নিচে ধারাবাহিকভাবে উপস্থাপিত হলো, যা তোমাদের সমস্যা সমাধানে গুরুতর ভূমিকা পালন করবে।

| ক্রম | সূত্র |
|------|---|
| ১. | $\theta = \frac{x_g - x_{ice}}{x_{steam} - x_{ice}} \times N$ |
| ২. | $T = (273.16 \text{ K}) \times \frac{X}{X_{tr}}$ |
| ৩. | $\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{K - 273}{373} = \frac{S - M}{B - M}$ |
| ৪. | $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$ |
| ৫. | $dU = dQ - dW; dQ = dU + dW = dU + PdV$ |
| ৬. | $dW = PdV = P(V_2 - V_1)$ |
| ৭. | $P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}; T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}; T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ |

| ক্রম | সূত্র |
|------|---|
| ৯. | $dQ = nC_p dT = nC_v dT; n = \frac{m}{M}$ |
| ১০. | $C_v = S \times M; C_p - C_v = R; \frac{C_p}{C_v} = \gamma$ |
| ১১. | $W = JH = \frac{1}{2} mv^2 = mgh = mSdT = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = nR\Delta T$ |
| ১২. | $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%; \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1}, \eta = \frac{W}{Q}$ |
| ১৩. | $\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%; \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$ |
| ১৪. | $W = Q_1 - Q_2$ |
| ১৫. | $dS = \frac{dQ}{T}; dQ = mL; dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T}, dQ = mS dT$ |



NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর গাণিতিক সমস্যাবলির সমাধান

শিল্প শিক্ষার্থী, NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহে এ অধ্যায়ের অনুশীলনীতে স্তরভিত্তিক গাণিতিক সমস্যাবলি দেওয়া আছে। প্রতিটি গাণিতিক সমস্যার পূর্ণাঙ্গ সমাধান পাঠ্যবইয়ের প্রশ্ন নথরের ধারাবাহিকভাবে নিচে প্রদত্ত হলো; যা তোমাদের সেরা প্রস্তুতি প্রস্তুত সহায়ক ভূমিকা পালন করবে।

৩ এটিএম শামসুর রহমান সেন্ট্রু ও জাকারিয়া তৌহিদ স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর গাণিতিক সমস্যার সমাধান

১ সেট-১ : সাধারণ সমস্যাবলি

সমস্যা ১। কোনো একটি রোধ ধার্মেটিয়ারের রোধ 0°C ও 100°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 8Ω ও 20Ω । ধার্মেটিয়াকে একটি চুম্বিতে স্থাপন করলে রোধ 36 ohm হয়। চুম্বির তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, চুম্বির তাপমাত্রা θ

এখানে, 0°C বরফ বিন্দুতে রোধ, $R_0 = 8\Omega$

$$100^{\circ}\text{C} \text{ বা স্টিম বিন্দুতে রোধ } R_{100} = 20\Omega$$

$$0^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় রোধ, } R_\theta = 36\Omega$$

আমরা জানি,

$$\theta = \frac{R_\theta - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100^{\circ}\text{C}$$

$$= \frac{36\Omega - 8\Omega}{20\Omega - 8\Omega} \times 100^{\circ}\text{C}$$

$$= \frac{28\Omega}{12\Omega} \times 100^{\circ}\text{C}$$

$$= 233.33^{\circ}\text{C}$$

সুতরাং চুম্বির তাপমাত্রা 233.33°C ।

সমস্যা ২। কোনো একটি রোধ ধার্মেটিয়ারের রোধ 0°C ও 100°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 8Ω ও 20Ω । ধার্মেটিয়াটিকে একটি চুম্বিতে স্থাপন করলে রোধ 32Ω হয়। চুম্বির তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে, 0°C বা বরফ বিন্দুতে রোধ, $R_0 = 8\Omega$

$$100^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় রোধ, } R_{100} = 20\Omega$$

$$0^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় রোধ, } R_\theta = 32\Omega ; \text{ চুম্বির তাপমাত্রা, } \theta = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \theta = \frac{R_\theta - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100^{\circ}\text{C}$$

$$= \frac{32\Omega - 8\Omega}{20\Omega - 8\Omega} \times 100^{\circ}\text{C} = \frac{24\Omega}{12\Omega} \times 100^{\circ}\text{C} = 200^{\circ}\text{C}$$

অতএব, চুম্বির তাপমাত্রা 200°C ।

সমস্যা ৩। যদি কোনো পারদ ধার্মেটিয়ারে হিমাতে ও স্কুটনাক্তকে পারদ ভঙ্গের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে $4 \times 10^{-2} \text{ m}$ ও $18 \times 10^{-2} \text{ m}$ হয় তবে পারদ ভঙ্গের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে $11 \times 10^{-2} \text{ m}$ তখন তাপমাত্রা কত?

সমাধান : ধরি, পারদ ভঙ্গের তাপমাত্রা 0°C

$$\text{এখানে, হিমাতে পারদ ভঙ্গের দৈর্ঘ্য, } l_0 = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{স্কুটনাক্তে পারদ ভঙ্গের দৈর্ঘ্য, } l_{100} = 18 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$0^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় পারদ ভঙ্গের দৈর্ঘ্য } l_\theta = 11 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{আমরা জানি, } \theta = \frac{I_0 - I}{I_{100} - I_0} \times 100^\circ\text{C}$$

$$= \frac{11 \times 10^{-2} - 4 \times 10^{-2}}{18 \times 10^{-2} - 4 \times 10^{-2}} \times 100^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$$

অতএব, পারদ স্তৰের তাপমাত্রা = 50°C ।

সমস্যা ৮। স্থিৰ চাপে কোনো নিশ্চিত ভয়ের গ্যাস বৱফের গুলনাঙ্কে, পানিৰ স্কুটনাঙ্ক এবং গন্ধকের স্কুটনাঙ্কে যথাক্রমে 200 ঘন সে.মি., 273.2 ঘন সে.মি. এবং 525.1 ঘন সে.মি. আয়তন দখল কৰে। গন্ধকের স্কুটনাঙ্ক নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : ধৰি, গন্ধকের স্কুটনাঙ্ক 0°C

এখানে, 0°C বৱফ বিন্দুতে গ্যাসেৰ আয়তন, $V_0 = 200 \text{ cm}^3$

100°C স্কুটনাঙ্ক গ্যাসেৰ আয়তন, $V_{100} = 273.2 \text{ cm}^3$

গন্ধকের স্কুটনাঙ্কে গ্যাসেৰ আয়তন, $V_\theta = 525.1 \text{ cm}^3$

$$\text{আমরা জানি, } \theta = \frac{V_\theta - V_0}{V_{100} - V_0} \times 100^\circ\text{C}$$

$$= \frac{525.1 - 200}{273.2 - 200} \times 100^\circ\text{C} = 444.2^\circ\text{C}$$

সুতৰাং গন্ধকের স্কুটনাঙ্ক 444.2°C ।

সমস্যা ৯। একটি স্থিৰ আয়তন গ্যাস থাৰ্মোমিটাৰ 0°C এবং 100°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 1.25 m এবং 1.75 m পারদ স্তৰের চাপ পাওয়া গেল। একটি বাধে ঐ থাৰ্মোমিটাৰ স্থাপন কৰে 1.60 m পারদ স্তৰের চাপ পাওয়া গেল। বাধেৰ তাপমাত্রা কত?

সমাধান : ধৰি, বাধেৰ তাপমাত্রা 0°C

এখানে, 0°C বৱফ বিন্দুতে গ্যাসেৰ চাপ, $P_0 = 1.25 \text{ m}$

100°C বা স্টিম বিন্দুতে গ্যাসেৰ চাপ, $P_{100} = 1.75 \text{ m}$

0°C তাপমাত্রায় গ্যাসেৰ চাপ, $P_\theta = 1.60 \text{ m}$

$$\text{আমরা জানি, } \theta = \frac{P_\theta - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100^\circ\text{C}$$

$$= \frac{1.60 \text{ m} - 1.25 \text{ m}}{1.75 \text{ m} - 1.25 \text{ m}} \times 100^\circ\text{C} = 70^\circ\text{C}$$

সুতৰাং বাধেৰ তাপমাত্রা 70°C ।

সমস্যা ১০। একটি স্থিৰ আয়তন গ্যাস থাৰ্মোমিটাৰেৰ বাছকে তৱল বায়ু, গলিত বৱফ ও স্কুট পানিতে নিমজ্জিত কৰলে যথাক্রমে 20.5 cm , 72.0 cm এবং 99.4 cm পারদ স্তৰে চাপ পাওয়া গেল। গ্যাস থাৰ্মোমিটাৰ ক্ষেলে তৱল বায়ুৰ তাপমাত্রা নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : ধৰি, তৱল বায়ুৰ তাপমাত্রা 0°C ।

এখানে, 0°C বৱফ বিন্দুতে গ্যাসেৰ চাপ, $P_0 = 72 \text{ cm}$

100°C স্টিম বিন্দুতে গ্যাসেৰ চাপ, $P_{100} = 99.4 \text{ cm}$

0°C তাপমাত্রায় গ্যাসেৰ চাপ, $P_\theta = 20.5 \text{ cm}$

$$\text{আমরা জানি, } \theta = \frac{P_\theta - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100^\circ\text{C}$$

$$= \frac{20.5 \text{ cm} - 72 \text{ cm}}{99.4 \text{ cm} - 72 \text{ cm}} \times 100^\circ\text{C} = -187.96^\circ\text{C}$$

সুতৰাং গ্যাস থাৰ্মোমিটাৰ ক্ষেলে তৱল বায়ুৰ তাপমাত্রা -187.96°C ।

সমস্যা ১১। একটি থাৰ্মিস্টোৰে 150°C তাপমাত্রায় রোধ 2.5Ω । যদি বোঝেৰ তাপমাত্রা গুণাঙ্ক 3.75×10^{-3} হয়, তবে 200°C তাপমাত্রায় এৰ রোধ কত হবে?

সমাধান : আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{R_T - R_0}{R_0 (T - T_0)}$$

$$\text{বা, } R_T - R_0 = \alpha R_0 (T - T_0)$$

$$\text{বা, } R_T = R_0 + \alpha R_0 (T - T_0)$$

$$= 2.5 + 3.75 \times 10^{-3} \times$$

$$2.5 (200 - 150)$$

$$= 2.97 \Omega$$

এখানে,

আদি তাপমাত্রা, $T_0 = 150^\circ\text{C}$

আদি রোধ, $R_0 = 2.5 \Omega$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T = 200^\circ\text{C}$

বোঝেৰ তাপমাত্রা গুণাঙ্ক,

$$\alpha = 3.75 \times 10^{-3}$$

চূড়ান্ত রোধ, $R_T = ?$

সমস্যা ১২। একটি প্লাটিনাম রোধ থাৰ্মোমিটাৰে পানিৰ তৈধ বিন্দুৰ রোধ 6.7Ω এবং কক্ষ তাপমাত্রায় রোধ 7.5Ω পাওয়া যাব। রোধ থাৰ্মোমিটাৰে কক্ষেৰ তাপমাত্রা কত হবে?

সমাধান : আমরা জানি,

$$T = \frac{R}{R_0} \times 273.16 \text{ K}$$

$$= \frac{7.5 \Omega}{6.7 \Omega} \times 273.16 \text{ K}$$

$$= 305.78 \text{ K}$$

সুতৰাং রোধ থাৰ্মোমিটাৰেৰ কক্ষ তাপমাত্রা 305.78 K ।

সমস্যা ১৩। একটি ধূৰ্ব আয়তন গ্যাস থাৰ্মোমিটাৰে T কেলভিন উক্ততায় চাপ পাওয়া গেল $6.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ । পানিৰ তৈধ বিন্দুতে চাপ $5 \times 10^4 \text{ Pa}$ হলে T এৰ মান নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান :

$$\text{আমরা জানি, } T = (273.16 \text{ K}) \times \frac{P}{P_0}$$

$$= (273.16 \text{ K}) \times \frac{6.5 \times 10^4 \text{ Pa}}{5 \times 10^4 \text{ Pa}}$$

$$= 355.108 \text{ K}$$

নিৰ্ণয় তাপমাত্রা, 355.108 K ।

এখানে,

T কেলভিন উক্ততায় চাপ,

$$P = 6.5 \times 10^4 \text{ Pa}$$

পানিৰ তৈধ বিন্দুৰ চাপ, $P_0 = 5 \times 10^4 \text{ Pa}$

তাপমাত্রা, $T = ?$

সমস্যা ১৪। বাতাবিক চাপে পারদেৰ হিমাঙ্ক -39°C এবং স্কুটনাঙ্ক 357°C । উক্ত চাপে ফারেনহাইট ক্ষেলে পারদেৰ হিমাঙ্ক ও স্কুটনাঙ্ক কত হবে?

সমাধান : ধৰি, ফারেনহাইট ক্ষেলে হিমাঙ্ক $= x$ এবং স্কুটনাঙ্ক $= y$

এখানে, সেলসিয়াস ক্ষেলে হিমাঙ্ক $= -39^\circ\text{C}$ এবং স্কুটনাঙ্ক $= 357^\circ\text{C}$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } \frac{-39}{5} = \frac{x - 32}{9} \quad [\text{হিমাঙ্কেৰ জন্য}]$$

$$\text{বা, } 5x = 160 - 351 = -191$$

$$\text{বা, } x = \frac{-191}{5} = -38.2^\circ$$

সুতৰাং ফারেনহাইট ক্ষেলে পারদেৰ হিমাঙ্ক -38.2°F ।

$$\text{আবাৰ, } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } \frac{357}{5} = \frac{y - 32}{9} \quad [\text{স্কুটনাঙ্কেৰ জন্য}]$$

$$\text{বা, } 5y = 160 + 3213 = 3373$$

$$\text{বা, } y = \frac{3373}{5} = 674.6^\circ$$

সুতৰাং ফারেনহাইট ক্ষেলে পারদেৰ স্কুটনাঙ্ক 674.6°F ।

সমস্যা ১৫। পৱনমূল্য তাপমাত্রার মান ফারেনহাইট ক্ষেলে কত?

সমাধান : এখানে, সেলসিয়াস ক্ষেলে পৱন শূন্য তাপমাত্রা $= -273^\circ\text{C}$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } F - 32 = \frac{9}{5} \times C$$

$$\text{বা, } F = \frac{9}{5} \times C + 32 = \frac{9}{5} \times (-273) + 32 = -\frac{2457}{5} + 32 = -\frac{2297}{5}$$

$$\therefore F = -459.4$$

অতএব, পৱন শূন্য তাপমাত্রার মান ফারেনহাইট ক্ষেলে -459.4°F হবে।

সমস্যা ১৬। ফারেনহাইট ক্ষেলে কোনো কুৰুৰ তাপমাত্রা 95°F হলে কেলভিন ক্ষেলে উক্ত কুৰুৰ তাপমাত্রা কত?

সমাধান : ধৰি, কেলভিন ক্ষেলে তাপমাত্রা, K

$$\text{আমরা জানি, } \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

$$\text{বা, } \frac{95 - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

$$\text{বা, } \frac{63}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

$$\text{বা, } K - 273 = \frac{63 \times 5}{9}$$

$$\text{বা, } K = (35 + 273) K = 308 K$$

অতএব, কেলভিন ক্ষেত্রে তাপমাত্রা 308 K।

সমস্যা ১৩। ডরল নাইট্রোজেন - 196 °C তাপমাত্রায় গ্যাসীয় অবস্থায় পরিবর্তিত হয়। কারেনহাইট ও কেলভিন ক্ষেত্রে তাপমাত্রা কত হবে?

সমাধান : ধরি, কারেনহাইট ক্ষেত্রে তাপমাত্রা, F

এবং কেলভিন ক্ষেত্রে তাপমাত্রা, K

$$\text{আমরা জানি, } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } \frac{-196}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } F - 32 = \frac{-196 \times 9}{5}$$

$$\text{বা, } F = (-352.8 + 32) ^{\circ}\text{F}$$

$$\therefore F = -320.8 ^{\circ}\text{F}$$

সতরাঁ কানেক্টেইট ক্ষেত্রে তাপমাত্রা - 320.8 °F

$$\text{আবার, } \frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5}$$

$$\text{বা, } \frac{-196}{5} = \frac{K - 273}{5}$$

$$\text{বা, } K - 273 = -\frac{196}{5} \times 5$$

$$\text{বা, } K = (-196 + 273) K = 77 K$$

সুতরাঁ কেলভিন ক্ষেত্রে তাপমাত্রা 77 K।

সমস্যা ১৪। কোন তাপমাত্রায় কারেনহাইট ক্ষেত্রের পাঠ সেলসিয়াস ক্ষেত্রের পাঠের বিপুল হবে?

সমাধান : ধরি, x ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা কারেনহাইট ক্ষেত্রে 2x ডিগ্রি কারেনহাইট হবে।

$$\text{আমরা জানি, } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } \frac{x}{5} = \frac{2x - 32}{9}$$

$$\text{বা, } 9x - 10x = -160$$

$$\text{বা, } -x = -160$$

$$\therefore x = 160$$

∴ সেলসিয়াস ক্ষেত্রের পাঠ 160°C এবং কারেনহাইট ক্ষেত্রের পাঠ = $2 \times 160^{\circ}\text{C} = 320^{\circ}\text{F}$

অতএব, 160°C বা 320°F তাপমাত্রায় কারেনহাইট ক্ষেত্রের পাঠ সেলসিয়াস ক্ষেত্রের পাঠের বিপুল হবে।

সমস্যা ১৫। কোন তাপমাত্রা সেলসিয়াস ও কারেনহাইট ক্ষেত্রে পড়লে 10° পর্যবেক্ষ্য হয়?

সমাধান : কারেনহাইট ক্ষেত্রে পাঠ = x হলে,

সেলসিয়াস ক্ষেত্রে পাঠ = $x \pm 10$ হবে

$$\text{আমরা জানি, } \frac{F - 32}{9} = \frac{C}{5}$$

এখন, $F = x$ এবং $C = x + 10$ ধরে পাই,

$$\frac{x - 32}{9} = \frac{x + 10}{5}$$

$$\text{বা, } 9x + 90 = 5x - 160$$

$$\text{বা, } 9x - 5x = -160 - 90$$

$$\text{বা, } 4x = -250$$

$$\therefore x = -62.5$$

∴ কারেনহাইট ক্ষেত্রে পাঠ = -62.5°F এবং সেলসিয়াস ক্ষেত্রে পাঠ = $(-62.5 + 10)^{\circ}\text{C} = -52.5^{\circ}\text{C}$

আবার, $F = x$ এবং $C = x - 10$ ধরে পাই,

$$\frac{x - 32}{9} = \frac{x - 10}{5}$$

$$\text{বা, } 9x - 90 = 5x - 160$$

$$\text{বা, } 9x - 5x = -160 + 90$$

$$\text{বা, } 4x = -70$$

$$\text{বা, } x = -17.5$$

∴ কারেনহাইট ক্ষেত্রে পাঠ = -17.5°F এবং সেলসিয়াস ক্ষেত্রে পাঠ = $(-17.5 - 10)^{\circ}\text{C} = -27.5^{\circ}\text{C}$

সমস্যা ১৬। কোন তাপমাত্রা কারেনহাইট ও কেলভিন ক্ষেত্রে পড়লে 5° পর্যবেক্ষ্য হয়?

সমাধান : কারেনহাইট ক্ষেত্রে পাঠ = x হলে, কেলভিন ক্ষেত্রে পাঠ = $x \pm 5$ হবে

$$\text{আমরা জানি, } \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

এখন, $F = x$ এবং $K = x + 5$ | আবার, $F = x$ এবং $K = x - 5$ ধরে পাই,

$$\frac{x - 32}{9} = \frac{x + 5 - 273}{5}$$

$$\text{বা, } \frac{x - 32}{9} = \frac{x - 268}{5}$$

$$\text{বা, } 9x - 2412 = 5x - 160$$

$$\text{বা, } 9x - 5x = -160 + 2412$$

$$\text{বা, } 4x = 2252$$

$$\therefore x = 563$$

∴ কারেনহাইট ক্ষেত্রে পাঠ = 563 °F এবং কেলভিন ক্ষেত্রে পাঠ = $(563 + 5) = 568$ K.

সমস্যা ১৭। একটি ত্রুটিপূর্ণ ধার্মোমিটার প্রদাণ চাপে গণিত বরফকে 1°C এবং শুষ্ক বাল্পে 98°C পাঠ দেয়। ধার্মোমিটারটি 40°C পাঠ দিলে প্রকৃত তাপমাত্রা কত?

সমাধান : আমরা জানি, সকল তাপমাত্রা ক্ষেত্রের ক্ষেত্রে,

$\text{তাপমাত্রা} - \text{নিম্ন স্থিরবিন্দু}$ | $\text{উর্ধ্ব স্থিরবিন্দু} - \text{নিম্ন স্থিরবিন্দু}$ এর অনুপাত সমান

$$\therefore \frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{S - M}{B - M}$$

$$\text{বা, } \frac{C}{100} = \frac{40^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}}{98^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}}$$

$$\text{বা, } \frac{C}{100} = \frac{39^{\circ}\text{C}}{97^{\circ}\text{C}}$$

$$\text{বা, } C = \left(\frac{39}{97} \times 100 \right) ^{\circ}\text{C} = 40.2^{\circ}\text{C}$$

∴ প্রকৃত তাপমাত্রা 40.2°C ।

সমস্যা ১৮। একটি ত্রুটিপূর্ণ ধার্মোমিটার নিম্ন স্থির বিন্দু 4° এবং উচ্চ স্থির বিন্দু 98° । এই ধার্মোমিটারে 51° পাঠ দিলে কারেনহাইট ও কেলভিন ক্ষেত্রে পাঠ কত হবে?

সমাধান : আমরা জানি,

$$\frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{S - M}{B - M}$$

$$\therefore \frac{F - 32}{180} = \frac{51^{\circ} - 4^{\circ}}{98^{\circ} - 4^{\circ}} = \frac{47^{\circ}}{94^{\circ}}$$

$$\text{বা, } 94F - 32 \times 94^{\circ} = 180 \times 47^{\circ}$$

$$\text{বা, } F = \frac{180 \times 47^{\circ} + 32 \times 94^{\circ}}{94} = 122^{\circ}$$

$$\therefore F = 122^{\circ}$$

এখনে,

তাপমাত্রা, $S = 51^{\circ}$

উর্ধ্ব স্থির বিন্দু, $B = 98^{\circ}$

নিম্ন স্থির বিন্দু, $M = 4^{\circ}$

প্রকৃত তাপমাত্রা, $C = ?$



সূতরাং, কারেনহাইট ক্ষেত্রে তাপমাত্রা 122°F ।

ধরি, কেলভিন ক্ষেত্রে তাপমাত্রা = K

কেলভিন ক্ষেত্রের সাথে তুলনা করলে

$$\frac{K - 273}{373 - 273} = \frac{51 - 4}{98 - 4}$$

$$\text{বা, } \frac{K - 273}{100} = \frac{47}{94}$$

$$\text{বা, } K = 273 + 100 \times \frac{47}{94}$$

$$\therefore K = 323$$

সূতরাং, কেলভিন ক্ষেত্রে তাপমাত্রা 323 K ।

সমস্যা ১৯। সূরম ছিপিশিট একটি ধার্মোমিটার সমান ডিশিতে তাপ করা আছে। ধার্মোমিটারটি গলত বরফে 15°C এবং 70°C তাপমাত্রার 100°C পাঠ দেয়। 120°F তাপমাত্রায় উচ্চ ধার্মোমিটারে কৃত পাঠ পাওয়া যাবে?

সমাধান : আমরা জানি,

$$\frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{S - M}{B - M}$$

$$\text{বা, } \frac{120 - 32}{180} = \frac{S - 15}{100 - 15}$$

$$\text{বা, } \frac{88}{180} = \frac{S - 15}{85}$$

$$\text{বা, } S - 15 = \frac{88 \times 85}{180}$$

$$\text{বা, } S = (41.56 + 15)^{\circ} = 56.56^{\circ}\text{C}$$

অতএব, ধার্মোমিটারে তাপমাত্রা $= 56.56^{\circ}\text{C}$ ।

সমস্যা ২০। কোনো ব্যবস্থা 1500 J তাপ প্রোক্ত করে এবং 82 J কাজ সম্পাদন করে। ব্যবস্থার অন্তর্ম্ম শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি,

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$\text{বা, } \Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$$= (1500 - 82)\text{ J} = 1418\text{ J}$$

ব্যবস্থার অন্তর্ম্ম শক্তির পরিবর্তন 1418 J ।

সমস্যা ২১। পিস্টন যুক্ত একটি সিলিন্ডারে কিছু গ্যাস আবশ্য আছে। গ্যাসের চাপ 400 Pa স্থির রেখে ধীরে ধীরে 800 J তাপ শক্তি সরবরাহ করায় 1200 J কাজ সম্পাদিত হয়। (i) গ্যাসের আয়তন এবং অন্তর্ম্ম শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর। (ii) শক্তির নিয়ততার স্তুতি কি-না? তার পালিতিক যুক্তি দাও।

সমাধান : ধরি, অন্তর্ম্ম শক্তি dU

এবং আয়তন dV

এখানে, তাপশক্তি, $dQ = 800\text{ J}$

$$\text{কাজ, } dW = 1200\text{ J}$$

$$\text{গ্যাসের চাপ, } P = 400\text{ Pa}$$

আমরা জানি, $dQ = dU + dW$

$$\text{বা, } 800\text{ J} = dU + 1200\text{ J}$$

$$\therefore dU = 800\text{ J} - 1200\text{ J} = -400\text{ J}$$

কাণ্ডাক চিহ্ন সিস্টেমের অন্তর্ম্ম শক্তি হ্রাস নির্দেশ করে।

আবার, $dQ = dU + PdV$

$$\text{বা, } 800\text{ J} = -400\text{ J} + 400\text{ N m}^{-2} \times dV$$

$$\text{বা, } 800\text{ J} + 400\text{ J} = 400\text{ N m}^{-2} \times dV$$

$$\text{বা, } 400\text{ N m}^{-2} \times dV = 1200\text{ J}$$

$$\therefore dV = \frac{1200\text{ J}}{400\text{ N m}^{-2}} = 3\text{ m}^3$$

অতএব, গ্যাসের আয়তন 3 m^3 এবং অন্তর্ম্ম শক্তির পরিবর্তন -400 J ।

সমস্যা ২২। বাতাসিক চাপে 100 m^3 আয়তনের একটি গ্যাসে $5 \times 10^3\text{ J}$ তাপ দিলে গ্যাসের আয়তন 100.2 m^3 হয়। এ গ্যাসের কৃতকাজের মান নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, কৃতকাজ ΔW

এখানে, বাতাসিক চাপ, $P = 1.013 \times 10^5\text{ N m}^{-2}$

$$\text{আবি আয়তন, } V_1 = 100\text{ m}^3$$

$$\text{শেষ আয়তন, } V_2 = 100.2\text{ m}^3$$

$$\text{প্রযুক্ত তাপ, } \Delta Q = 5 \times 10^3\text{ J}$$

$$\text{আমরা জানি, } \Delta W = P\Delta V = P(V_2 - V_1)$$

$$= 1.013 \times 10^5\text{ N m}^{-2} (100.2 - 100)\text{ m}^3$$

$$= 20260\text{ J}$$

সূতরাং, গ্যাসের কৃতকাজের মান 20260 J ।

সমস্যা ২৩। নিচে তিনটি তাপগতীয় প্রক্রিয়ার উপাত্ত দেওয়া হলো। 1

নং প্রক্রিয়ায় কাজের পরিমাণ, 2নং প্রক্রিয়ায় প্রযুক্ত তাপের পরিমাণ ও

3 নং প্রক্রিয়ায় অন্তর্ম্ম শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর এবং কোনটি কোন প্রক্রিয়া উজ্জেব কর।

| প্রক্রিয়া নং | $dQ(J)$ | $dU(J)$ | $dW(J)$ | প্রক্রিয়ার নাম |
|---------------|---------|---------|---------|-----------------|
| 1 | 200 | 0 | — | — |
| 2 | — | 170 | -170 | — |
| 3 | 350 | — | 0 | — |

সমাধান : আমরা জানি, তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুযায়ী, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ এখন প্রক্রিয়া 1 নং এ, $\Delta Q = 200\text{ J}$ এবং $\Delta U = 0\text{ J}$

সূতরাং, $200\text{ J} = 0 + \Delta W$ বা, $\Delta W = 200\text{ J}$

১ নং প্রক্রিয়ায় অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন শূন্য বলে এটি সমোক্ত প্রক্রিয়া। আবার প্রক্রিয়া 2 নং এ, $\Delta U = 170\text{ J}$ এবং $\Delta W = -170\text{ J}$

সূতরাং, $dQ = 170\text{ J} - 170\text{ J} = 0$

২ নং প্রক্রিয়ায় তাপের পরিবর্তন হয় না বলে এটি বৃত্ততাপীয় পরিবর্তন। পুনরায় প্রক্রিয়া 3 নং এ, $\Delta Q = 350\text{ J}$ এবং $\Delta W = 0\text{ J}$

সূতরাং, $350\text{ J} = dU + 0$ বা, $dU = 350\text{ J}$

৩ নং প্রক্রিয়ায় অন্তর্ম্ম শক্তির বৃত্তি সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান বলে এটি ধূব আয়তন প্রক্রিয়া।

সমস্যা ২৪। কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসের জন্য স্থির আয়তন ও স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। দেওয়া আছে, $\gamma = 1.33$ এবং $R = 8.31\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ ।

সমাধান : আমরা জানি, $C_p - C_v = R \dots \dots \dots (1)$

$$\text{আবার, } \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$$\text{বা, } 1.33 = \frac{C_p}{C_v}$$

$$\therefore C_p = 1.33 C_v \dots \dots \dots (2)$$

এখন, (1) নং হতে পাই,

$$1.33 C_v - C_v = R$$

$$\text{বা, } C_v (1.33 - 1) = 8.31\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$$

$$\text{বা, } C_v = \frac{8.31}{0.33} \text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1} = 25.18 \text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$$

এখন, (2) নং হতে পাই,

$$\text{বা, } C_p = 1.33 \times 25.18 \text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1} = 33.49 \text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$$

সমস্যা ২৫। একটি আদর্শ গ্যাসকে সমোক্ত প্রক্রিয়ার সম্বন্ধিত করতে 42 J কাজ সম্পাদন হয়। সম্মত কালে গ্যাস কত ক্ষালের তাপ হারায়?

সমাধান : আমরা জানি,

$$W = JH$$

$$\text{বা, } H = \frac{W}{J} = \frac{42\text{ J}}{4.2\text{ J cal}^{-1}} = 10\text{ cal}$$

অতএব, হারানো তাপ 10 cal ।

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = 1.33 \\ R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \\ K^{-1} \\ C_p = ? \\ C_v = ? \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ \text{কৃতকাজ, } W = 42\text{ J} \\ J = 4.2 \text{ J cal}^{-1} \\ \text{হারানো তাপ, } W = ? \end{array} \right.$$

সমস্যা ২৬। বাতাবিক তাপমাত্রা ও চাপে কোন গ্যাসকে বৃদ্ধতালীয় প্রক্রিয়ার 2.5 গুণ আয়তনে প্রসারিত করা হলে চূড়ান্ত চাপ কত হবে নির্ণয় কর। ($\gamma = 1.4$)

সমাধান : আমরা জানি,

$$P_1 V_1^{\gamma-1} = P_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$$

$$= 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \times \left(\frac{V}{2.5V}\right)^{1.4}$$

$$= 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \times \left(\frac{1}{2.5}\right)^{1.4}$$

$$= 2.809 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$$

অতএব, চূড়ান্ত চাপ $2.809 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ ।

সমস্যা ২৭। 25°C এবং বায়ুমণ্ডলীয় চাপে আবশ্য গ্যাসকে হঠাতে সংকুচিত করে আয়তন অর্ধেক করা হলে, চূড়ান্ত চাপ কত হবে?

সমাধান : ধরি, চূড়ান্ত চাপ P_2 .

$$\text{আমরা জানি, } P_1 V_1^{\gamma-1} = P_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } P_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \times P_1$$

$$\therefore P_2 = \left(\frac{V}{\frac{V}{2}}\right)^{1.4} \times 1 \text{ atm}$$

$$= (2)^{1.4} \text{ atm}$$

$$= 2.64 \text{ atm}$$

$$= 2.64 \times 101325 \text{ N m}^{-2} (\text{Pa})$$

$$= 2.67 \times 10^5 \text{ Pa}$$

অতএব, চূড়ান্ত চাপ $2.67 \times 10^5 \text{ Pa}$ ।

সমস্যা ২৮। বায়ুকে বৃদ্ধতাপে প্রসারিত করে এর আয়তন তিনগুণ করা হলো। যদি প্রাথমিক চাপ 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হয়, তাহলে চূড়ান্ত চাপ কত হবে? ($\gamma = 1.4$)

সমাধান : ধরি, চূড়ান্ত চাপ P_2

$$\text{আমরা জানি, } P_1 V_1^{\gamma-1} = P_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } P_2 = P_1 \left(\frac{V}{3V}\right)^{\gamma}$$

$$= 1 \text{ atm} \times \left(\frac{1}{3}\right)^{1.4}$$

$$= 0.215 \text{ atm}$$

সুতরাং চূড়ান্ত চাপ 0.215 atm ।

সমস্যা ২৯। 27°C তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসকে হঠাতে প্রসারিত করে আয়তন বিগুণ করা হলো। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ($\gamma = 1.4$)

সমাধান : ধরি, চূড়ান্ত তাপমাত্রা T_2

আমরা জানি,

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$= T_1 \left(\frac{V}{2V}\right)^{1.4-1}$$

$$= 300 \text{ K} \times (0.5)^{0.4}$$

$$= 227.357 \text{ K}$$

$$= -45.64^{\circ}\text{C}$$

সুতরাং চূড়ান্ত তাপমাত্রা -45.64°C ।

সমস্যা ৩০। বাতাবিক তাপমাত্রা ও চাপের কিছু পরিমাণ গ্যাসকে হঠাতে সংকুচিত করে তার আয়তন এক-তৃতীয়াংশ করা হলো। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ($\gamma = 1.41$)

সমাধান : ধরি, চূড়ান্ত তাপমাত্রা T_2

এখানে,

$$\text{আদি চাপ, } P_1 = 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{শেষ চাপ, } P_2 = ?$$

$$\text{আদি আয়তন, } V_1 = V$$

$$\text{শেষ আয়তন, } V_2 = 2.5V$$

$$\gamma = 1.4$$

$$\text{আমরা জানি, } T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1$$

$$= \left(\frac{V}{2.5V}\right)^{1.41-1} \times 273 \text{ K}$$

$$= \left(\frac{V}{5V}\right)^{0.41-1} \times 273 \text{ K} = 428.33 \text{ K} = 155.33^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} &\text{এখানে,} \\ &T_1 = 0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K} \\ &V_1 = V \text{ (ধরি)} \end{aligned}$$

$$V_2 = \frac{V}{3}$$

$$\gamma = 1.41$$

সুতরাং, চূড়ান্ত তাপমাত্রা 155.33°C ।

সমস্যা ৩১। 15°C তাপমাত্রায় ইলিয়ামকে হঠাতে এর আয়তনের ৪

গুণ বৃদ্ধি করলে এর তাপমাত্রার পরিবর্তন বের কর। $\left[\gamma = \frac{5}{3}\right]$

সমাধান : ধরি, চূড়ান্ত তাপমাত্রা T_2

$$\text{আমরা জানি, } T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1$$

$$= \left(\frac{V}{4V}\right)^{\frac{5}{3}} \times 288 \text{ K}$$

$$= \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times 288 \text{ K} = 72 \text{ K} = -201^{\circ}\text{C}$$

এখানে,

$$T_1 = 15^{\circ}\text{C} = 288 \text{ K}$$

$$V_1 = V \text{ (ধরি)}$$

$$V_2 = 4V$$

$$\gamma = \frac{5}{3}$$

সুতরাং, তাপমাত্রার পরিবর্তন $= -201^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C} = -216^{\circ}\text{C}$ ।

সমস্যা ৩২। 27°C তাপমাত্রার কিছু পরিমাণ শুষ্ক বায়ুকে প্রথমে অত্যন্ত ধীরে ধীরে এবং পরে আকস্মিকভাবে আদি আয়তনের এক-তৃতীয়াংশে সংকুচিত করা হলো। প্রতিক্রিয়ে তাপমাত্রার পরিবর্তন নির্ণয় কর।

সমাধান : ১য় ক্ষেত্রে,

$$\text{ধরি, চূড়ান্ত তাপমাত্রা } T_2$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1}$$

$$= \frac{V \times 300}{3 \times V} = 100 \text{ K}$$

এখানে,

$$T_1 = 27^{\circ}\text{C} = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$V_1 = V \text{ (ধরি)}$$

$$V_2 = \frac{V}{3}$$

$$T_2 = ?$$

$$\therefore \text{তাপমাত্রার পরিবর্তন} = T_2 - T_1$$

$$= (100 - 300) \text{ K} = -200 \text{ K} = 73.16^{\circ}\text{C}$$

২য় ক্ষেত্রে,

$$\text{আমরা জানি,}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\gamma = 1.41$$

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1 = (3)^{1.41-1} \times 300 \text{ K} = 470.69 \text{ K}$$

$$\therefore \text{তাপমাত্রার পরিবর্তন} = T_2 - T_1$$

$$= (470.69 - 273.16) \text{ K}$$

$$= 197.54 \text{ K} = -75.46^{\circ}\text{C}$$

সমস্যা ৩৩। 0°C তাপমাত্রা এবং 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসকে বৃদ্ধতাপ প্রক্রিয়ার সংলগ্নিত করায় এর আয়তন প্রাথমিক আয়তনের $\frac{1}{5}$ গুণ হলো। গ্যাসটির (i) চূড়ান্ত চাপ; (ii) চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর; (iii) প্রক্রিয়াটি সমোক হলে গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ কত হবে? (গ্যাসের $\gamma = 1.4$)

সমাধান : (i) আমরা জানি,

$$P_1 V_1^{\gamma-1} = P_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 1 \text{ atm} \times \left(\frac{V}{5V}\right)^{\gamma-1}$$

$$= 1 \text{ atm} \times (5)^{1.4}$$

$$\therefore P_2 = 9.518 \text{ atm}$$

$$\text{আদি চাপ, } P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$\text{শেষ চাপ, } P_2 = ?$$

$$\text{আদি আয়তন, } V_1 = V$$

$$\text{শেষ আয়তন, } V_2 = \frac{V}{5}$$

$$\gamma = 1.4$$

অতএব, চূড়ান্ত চাপ 9.518 atm ।

(ii) আমরা জানি,

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$= 273 \text{ K} \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{1.4-1}$$

$$= 273 \text{ K} \times (5)^{0.4} = 519.697 \text{ K} = 246.697^\circ\text{C}.$$

অতএব, চূড়ান্ত তাপমাত্রা 246.697°C ।

(iii) আমরা জানি, $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$\text{বা, } P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

$$= 1 \text{ atm} \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right) = 1 \text{ atm} \times 5$$

$$\therefore P_2 = 5 \text{ atm}$$

অতএব, চূড়ান্ত চাপ 5 atm।

সমস্যা ৩৮। 27°C তাপমাত্রায় 0.02 kg হাইড্রোজেন গ্যাসকে সমোক প্রক্রিয়ায় সংলগ্ন করে প্রাথমিক আয়তনের এক-চতুর্ভাগ করা হলো। কৃতকাজের মান বের কর।

সমাধান : ধরি, কৃতকাজ W

$$\text{এখানে, } T = 27^\circ\text{C} = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$m = 0.02 \text{ kg}$$

$$\text{হাইড্রোজেনের আণবিক ভর, } M = 2 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{ধরি, } V_1 = V, V_2 = \frac{V}{4}$$

$$\therefore \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{4}$$

$$\text{আমরা জানি, } W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{0.02 \times 8.314 \times 300 \ln \frac{1}{4}}{2 \times 10^{-3}} \text{ J}$$

$$= -34576.95 \text{ J}$$

এখানে অণুজ্ঞাক চিহ্ন বাহির থেকে কৃতকাজ নির্দেশ করে।

সুতরাং কৃতকাজের মান 34576.95 J ।

সমস্যা ৩৫। 127°C তাপমাত্রায় এক প্রাম অণু গ্যাস সমোক প্রক্রিয়ায় শোধিত করে আয়তন হিসেব করা হলো। কৃতকাজ ও শোধিত তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে, আদি আয়তন, $V_1 = V$

$$\text{পরিবর্তিত আয়তন, } V_2 = 2V$$

$$\text{মৌল সংখ্যা, } n = 1$$

$$\text{তাপমাত্রা, } T = 127^\circ\text{C}$$

$$= (127 + 273) \text{ K} = 400 \text{ K}$$

$$\text{যোলার গ্যাস ধূর্বক, } R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{কৃতকাজ, } W = ? ; \text{ শোধিত তাপ, } Q = ?$$

সমোক প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, আমরা জানি, $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \dots\dots\dots (1)$

আবার, আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে, $PV = nRT$

$$\text{বা, } P = \frac{nRT}{V}$$

সমীকরণ (1) এ P -এর মান বসিয়ে পাই,

$$\therefore W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = nRT [\ln V]_{V_1}^{V_2}$$

$$\text{বা, } W = nRT (\ln V_2 - \ln V_1)$$

$$\therefore W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$= 1 \times 8.314 \times 400 \times \ln \frac{2V}{V} = 2.30 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\begin{aligned} \text{আদি তাপমাত্রা, } T_1 &= 273 \text{ K} \\ \text{শেষ চাপ, } T_2 &=? \\ \text{আদি আয়তন, } V_1 &= V \\ \text{শেষ আয়তন, } V_2 &= \frac{V}{5} \\ \gamma &= 1.4 \end{aligned}$$

আবার, সমোক প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে সিস্টেমের অভ্যন্তর পান্তির কোনো পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ একেতে শুধু চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হবে। অর্থাৎ, $\Delta U = 0$

$$\therefore \Delta Q = \Delta U + \Delta W = \Delta W$$

$\therefore Q = W$ অর্থাৎ, সমোক প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপের সম্পূর্ণটাই কাজে বৃগতরিত হয়।

$$\therefore Q = W = 2.30 \times 10^3 \text{ J} = \frac{2.30 \times 10^3}{4.2} \quad [\because 1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}]$$

$$\text{বা, } Q = 548 \text{ cal}$$

সমস্যা ৩৬। স্থির চাপে 2 mol আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা 32°C হতে 37°C বৃদ্ধি করতে 70 cal তাপের প্রয়োজন হয়। স্থির আয়তনে একই পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা একই মাত্রায় বৃদ্ধি করতে কত জুল তাপ লাগবে?

সমাধান : এখানে, স্থির চাপে তাপের প্রয়োজন, $Q_p = 70 \text{ cal} = 294 \text{ J}$

$$\text{তাপমাত্রার পার্শ্বক্ষয় } \Delta T = (37 - 32)^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C} = 5 \text{ K}$$

$$n = 2 \text{ mol}$$

ধরি, স্থির আয়তনে তাপের প্রয়োজন = Q_v

$$\text{এখন, } Q_p = nC_p \Delta T$$

$$\text{এবং } Q_v = nC_v \Delta T$$

$$C_p = \frac{Q_p}{n \Delta T}$$

$$\therefore Q_v = nC_v \Delta T$$

$$= n(C_p - R) \Delta T$$

$$= n \left(\frac{Q_p}{n \Delta T} - R \right) \Delta T$$

$$= Q_p - nR \Delta T$$

$$= (294 - 2 \times 8.314 \times 5) \text{ J} = 210.86 \text{ J}$$

সমস্যা ৩৭। 15°C তাপমাত্রায় একটি মেট্রি টায়ার পাশ করায় এর চাপ 2 atm চাপের সমান হওয়ায় টায়ারটি হঠাৎ ফেটে পেল।

তাপমাত্রা কত ছাস পাবে নির্ণয় কর। [$\gamma = 1.4$]

সমাধান : এখানে, $T_1 = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ K}$ এবং $P_1 = 2 \text{ atm}$

$$\text{আমরা জানি, } P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T_1 = P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T_2$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 288 \times \left(\frac{2}{1} \right)^{\frac{1-1.4}{1.4}} = 236.26 \text{ K}$$

$$\text{তাপমাত্রা ছাস পায়} = 288 - 236.26 = 51.74^\circ\text{C}$$

সমস্যা ৩৮। 27°C তাপমাত্রায় 20g হাইড্রোজেন গ্যাসকে সমোক প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে প্রাথমিক আয়তনের এক তৃতীয়াংশ করা হলো। কৃতকাজ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩৪৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান অনুবৃপ্ত। [উত্তর : -27386.3 J]

সমস্যা ৩৯। 27°C তাপমাত্রায় একটি মেট্রি টায়ারকে পাশ করে তার চাপ 2 atm চাপের সমান করাতে টায়ারটি সবেষ্যাত ফেটে পেল।

চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। [$\gamma = 1.4$]

সমাধান :

$$\text{আমরা জানি, } T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \times \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$= 300 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1-1.4}{1.4}}$$

$$= 300 \times 2^{\frac{0.4}{1.4}}$$

$$= 365.7 \text{ K} = (365.7 - 273)^\circ\text{C} = 92.7^\circ\text{C}.$$

দেওয়া আছে,

আদি তাপমাত্রা,

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

আদি চাপ, $P_1 = 1 \text{ atm}$

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 2 \text{ atm}$

$$\gamma = 1.4$$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

সমস্যা ৪০। স্থির তাপমাত্রায় ও এক বায়ুভৌমীয় চাপে একটি অঙ্গীজেন অণুর আরতন সংকুচিত করে 22.4 লিটার হতে 16.8

লিটারে পরিণত করতে কৃতকাজ নির্ণয় কর। $[W = RT \ln \frac{V_2}{V_1}]$

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩৪নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান অনুরূপ।

[উত্তর : - 707.4 J]

সমস্যা ৪১। 100 °C এবং 0 °C এর মধ্যে একটি ইঞ্জিন কার্নেল অনুবায়ী কাজ করছে। যদি সমষ্টি জন্মে কৃতকাজ 1200 J হয় তবে উচ্চ তাপধার থেকে ইঞ্জিনটি কত ক্যালরি তাপ এহশ করবে, তা নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে, কার্নেল ইঞ্জিনটির ক্ষেত্রে, $T_1 = 100 \text{ }^{\circ}\text{C} = 373 \text{ K}$.

$T_2 = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$

কৃতকাজ, $W = 1200 \text{ J}$

ইঞ্জিনটির গৃহীত তাপ, $Q_1 = ?$

আমরা জানি,

$$\text{দক্ষতা}, \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273}{373} = \frac{100}{373}$$

আবার, ইঞ্জিনটির কৃতকাজ, W হলো—

$$W = \eta Q_1$$

$$\text{বা, } Q_1 = \frac{W}{\eta} = \frac{1200}{\frac{100}{373}} = 4476 \text{ J}$$

সমস্যা ৪২। এক পারমাণবিক আদর্শ গ্যাসের জন্য C_p এবং C_v এর মান নির্ণয় কর। ($R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

সমাধান : এক পারমাণবিক গ্যাসের জন্যে, মোলার গ্যাস ধূবক, $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$; এখানে, $\gamma = 1.67$

$$\text{আমরা জানি, } \gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{আবার, } C_p - C_v = R$$

$$\text{বা, } C_v = C_p - R \quad \dots \dots \dots (2)$$

(১) ও (২) নং হতে পাই,

$$C_p = \gamma(C_p - R)$$

$$\text{বা, } C_p = \gamma C_p - \gamma R$$

$$\text{বা, } C_p(1 - \gamma) = -\gamma R$$

$$\text{বা, } C_p = \frac{\gamma R}{1 - \gamma} = \frac{1.67 \times 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}}{1.67 - 1}$$

$$\therefore C_p = 20.71 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

(২) নং এ C_p এর মান বসিয়ে পাই,

$$C_v = (20.71 - 8.31) \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 12.40 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

সমস্যা ৪৩। বৃষ্টতাপীয় প্রক্রিয়ায় দেখা গেলো কোনো গ্যাসের চাপ তার পরম তাপমাত্রার ত্রিঘাতের সমানুপাতিক। গ্যাসটির ক্ষেত্রে γ -এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে,

কোনো গ্যাসের চাপ তার পরম তাপমাত্রার ত্রিঘাতের সমানুপাতিক।

$$\text{অর্থাৎ, } P \propto T^3 \quad \dots \dots \dots (1)$$

আবার, বৃষ্টতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

$$\text{আমরা পানি, } TP^{\frac{1}{\gamma-1}} = \text{ধূবক}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{P}{T} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \text{ধূবক}$$

$$\text{বা, } \frac{P}{T^{\frac{1}{\gamma-1}}} = \text{ধূবক}$$

$$\text{বা, } P \propto T^{\frac{1}{\gamma-1}} \quad \dots \dots \dots (2)$$

(১) ও (২) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$\frac{P}{T} = 3$$

$$\text{বা, } \gamma = 3\gamma - 3$$

$$\text{বা, } 3\gamma - \gamma = 3$$

$$\text{বা, } \gamma = \frac{3}{2}$$

$$\therefore \gamma = \frac{3}{2}$$

সমস্যা ৪৪। 100 লিটার উচ্চ অলংকারের শীর্ষদেশ ও পাদদেশের তাপমাত্রার পার্শ্বক্ষয় কত হলে তাপের 90% পানিতে আবস্থ থাকবে?

সমাধান : মনে করি, শীর্ষদেশ হতে তলদেশে $m \text{ kg}$ পানি পাতিত হলে এই পানির তাপমাত্রা $\Delta \theta$ ${}^{\circ}\text{C}$ বৃদ্ধি পায় এবং পর্যবেক্ষণ থানে $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$ ।

এখানে কৃত কাজ, $W = চূড়ায় পানিতে সঞ্চিত স্থিতি শক্তি$

$$= mgh$$

$$= (m \times 9.81 \times 100) \text{ J} ; [\because h = 100 \text{ m}]$$

এবং উৎপন্ন তাপ, $H = mS \Delta \theta = (m \times 4200 \times \Delta \theta) \text{ mJ}$

$$[\therefore \text{পানির আপেক্ষিক তাপ} = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}]$$

বিকল, $W = 0.9 H$

$$\therefore m \times 9.81 \times 100 = 0.9 \times m \times 4200 \times \Delta \theta$$

$$\therefore \Delta \theta = \frac{9.81 \times 100}{0.9 \times 4200} \text{ K} = 0.26 \text{ K}$$

সমস্যা ৪৫। একটি কার্নেল রেফ্রিজারেটর $-5 {}^{\circ}\text{C}$ এবং $100 {}^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রার মধ্যে কাজ করে। যদি একটি শীতল আধার থেকে 1000 J তাপ শোষণ করে, তাহলে এটি কি পরিমাণ তাপ উচ্চ আধার হতে ত্যাগ করবে?

সমাধান : এখানে, নিম্ন তাপধারের তাপমাত্রা, $T_2 = -5 {}^{\circ}\text{C} = 268 \text{ K}$

উচ্চ তাপধারের তাপমাত্রা, $T_1 = 100 {}^{\circ}\text{C} = 373 \text{ K}$

নিম্ন তাপধার হতে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1000 \text{ J}$

উচ্চ তাপধারে বর্জিত তাপ, $Q_2 = ?$

$$\text{আমরা জানি, } K = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{Q_1}{Q_2} - 1 = \frac{T_1}{T_2} - 1$$

$$\text{বা, } Q_1 = \frac{T_2}{T_1} Q_2$$

$$\text{বা, } Q_1 = \frac{268}{273} \times 1000 \text{ J} = 981.68 \text{ J}$$

সমস্যা ৪৬। কোনো রেফ্রিজারেটরের নিম্ন তাপমাত্রা $27 {}^{\circ}\text{C}$ এ আছে। এর কার্যকৃত সহগ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া ৪৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।

সমস্যা ৪৭। একটি কার্নেল ইঞ্জিন $327 {}^{\circ}\text{C}$ এবং $27 {}^{\circ}\text{C}$ উচ্চতায় কাজ করছে। এর কর্মদক্ষতা কত?

সমাধান : ধরি, ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা, η

এখানে, উচ্চ তাপমাত্রা, $\theta_1 = 327 {}^{\circ}\text{C}$

পরম তাপমাত্রা, $T_1 = (327 + 273) \text{ K} = 600 \text{ K}$

নিম্ন তাপমাত্রা, $\theta_2 = 27 {}^{\circ}\text{C}$

.. পরম তাপমাত্রা, $T_2 = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$\text{বা, } \eta = \frac{600 \text{ K} - 300 \text{ K}}{600 \text{ K}} \times 100\% = \frac{300 \text{ K}}{600 \text{ K}} \times 100\% = 0.5 \times 100\%$$

$$\therefore \eta = 50\%$$

অতএব, ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 50%।

সমস্যা ৪৮। একটি কার্নো ইঞ্জিন হিমাঙ্গ ও স্কুটনাঙ্কের মধ্যে কাজ করছে। এর কর্মদক্ষতা কত?

সমাধান: ধরি, ইঞ্জিনটির দক্ষতা η

আমরা জানি,

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{373 K - 273 K}{373 K} \times 100\%$$

$$= \frac{100 K}{373 K} \times 100\%$$

$$\therefore \eta = 26.81\%$$

সূতরাং ইঞ্জিনটির দক্ষতা 26.81%।

সমস্যা ৪৯। একটি কার্নো ইঞ্জিন স্টিম বিন্দু এবং 27 °C উভভায় কাজ করছে। এর কর্মদক্ষতা কত?

সমাধান: ধরি, ইঞ্জিনের সর্বাধিক দক্ষতা, η

আমরা জানি,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{300 K}{373 K}\right) \times 100\%$$

$$= (1 - 0.8043) \times 100\% = 0.1957 \times 100\% = 19.57\%$$

সমস্যা ৫০। একটি কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 40%। এর তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 27 °C। এর উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান: ধরি, তাপ উৎসের তাপমাত্রা, T_1

এখানে, ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা, $\eta = 40\%$

$$\text{তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা}, T_2 = 27°C = (27 + 273) K = 300 K$$

$$\text{আমরা জানি}, \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা}, 40\% = \left(1 - \frac{300 K}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা}, 1 - \frac{300 K}{T_1} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5}$$

$$\text{বা}, \frac{300 K}{T_1} = 1 - \frac{2}{5} = \frac{3}{5}$$

$$\text{বা}, T_1 = \frac{5}{3} \times 300 K$$

$$\therefore T_1 = 500 K$$

$$\text{তাপ উৎসের তাপমাত্রা } T_1 = (500 - 273)^\circ C = 227^\circ C$$

সূতরাং তাপ উৎসের তাপমাত্রা 227°C।

সমস্যা ৫১। একটি ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 45%। এর নিম্ন তাপধারের তাপমাত্রা 7 °C; এর উচ্চ তাপধারের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান: ধরি, উচ্চ তাপধারের তাপমাত্রা θ_1 ,

এখানে, দক্ষতা, $\eta = 45\%$

নিম্ন তাপধারের তাপমাত্রা, $\theta_2 = 7^\circ C$

$$\therefore \text{পরম তাপমাত্রা}, T_2 = (7 + 273) K = 280 K$$

উচ্চ তাপধারের পরম তাপমাত্রা, $T_1 = ?$

$$\text{আমরা জানি}, \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা}, 45\% = \left(1 - \frac{280 K}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা}, \frac{280 K}{T_1} = 1 - \frac{45}{100}$$

$$\text{বা}, T_1 = \frac{280}{0.55} = 509.09 K$$

$$\therefore \text{উচ্চ তাপধারের তাপমাত্রা}, \theta_1 = (509.09 - 273)^\circ C = 236.09^\circ C$$

এখানে,

$$\text{উচ্চ তাপধারের তাপমাত্রা}, T_1 = 100^\circ C$$

$$= (100 + 273) K = 373 K$$

নিম্ন তাপধারের তাপমাত্রা,

$$T_2 = 0^\circ C = (0 + 273) K = 273 K$$

সমস্যা ৫২। একটি কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 60%। যদি উৎসের তাপমাত্রা 450 K হয় তবে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কত?

সমাধান: ধরি, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা T_2

$$\text{আমরা জানি}, \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$\text{বা}, 60\% = \frac{450 K - T_2}{450 K} \times 100\%$$

$$\text{বা}, \frac{60}{100} = \frac{450 K - T_2}{450 K}$$

$$\text{বা}, \frac{3}{5} = 1 - \frac{T_2}{450 K}$$

$$\text{বা}, \frac{T_2}{450 K} = 1 - \frac{3}{5} = \frac{2}{5}$$

$$\text{বা}, T_2 = \frac{2 \times 450 K}{5} = 180 K$$

এখানে,

$$\text{দক্ষতা}, \eta = 60\%$$

$$\text{তাপ উৎসের তাপমাত্রা}, T_1 = 450 K$$

অতএব, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 180 K।

সমস্যা ৫৩। একটি কার্নো ইঞ্জিন যখন 27 °C তাপমাত্রায় তাপগ্রাহকে থাকে তখন এর কর্মদক্ষতা 50%, একে 55% দক্ষ করতে হলে উৎসের তাপমাত্রা কত বাঢ়াতে হবে?

সমাধান: ধরি, কর্মদক্ষতা 55% বাঢ়াতে তাপমাত্রার পরিবর্তন x

$$\text{আমরা জানি}, \eta_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$\text{বা}, \frac{50}{100} = 1 - \frac{300 K}{T_1}$$

$$\text{বা}, \frac{1}{2} = 1 - \frac{300 K}{T_1}$$

$$\text{বা}, T_1 = 600 K$$

এখানে, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 27^\circ C = 300 K$

$$\eta_1 = 50\%$$

$$\text{এবং } \eta_2 = 55\%$$

$$\text{আবার}, \eta_2 = \frac{T_1 + x - T_2}{T_1 + x} \times 100$$

$$\text{বা}, \frac{55}{100} = 1 - \frac{300 K}{600 + x}$$

$$\text{বা}, \frac{300 K}{600 + x} = 1 - \frac{55}{100} = \frac{9}{20}$$

$$\text{বা}, 5400 + 9x = 6000 x$$

$$\text{বা}, 9x = 600 X$$

$$\therefore x = 66.67 K$$

অতএব, উৎসের তাপমাত্রা 66.67 K বাঢ়াতে হবে।

সমস্যা ৫৪। ইঞ্জিন A কাজ করছে 400 K ও 350 K তাপমাত্রায় এবং ইঞ্জিন B কাজ করছে 350 K ও 300 K তাপমাত্রায়। কোন ইঞ্জিনের দক্ষতা কত বেশি?

সমাধান: A ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে

A ইঞ্জিনের দক্ষতা,

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{400 K - 350 K}{400 K} \times 100\%$$

$$= \frac{50 K}{400 K} \times 100\% = 12.5\%$$

A ইঞ্জিনের,

$$\text{নিম্ন তাপমাত্রা}, T_2 = 350 K$$

$$\text{উচ্চ তাপমাত্রা}, T_1 = 400 K$$

কর্মদক্ষতা = ?

আবার, B ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে, কর্মদক্ষতা,

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{350 K - 300 K}{350 K} \times 100\%$$

$$= \frac{50 K}{350 K} \times 100\% = 14.28\%$$

B ইঞ্জিনের,

$$\text{নিম্ন তাপমাত্রা}, T_2 = 300 K$$

$$\text{উচ্চ তাপমাত্রা}, T_1 = 350 K$$

কর্মদক্ষতা = ?

$$\text{দক্ষতার ব্যবধান} = B \text{ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা} - A \text{ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা}$$

$$= 14.28 - 12.5\% = 1.8\%$$

$\therefore B$ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা A ইঞ্জিনের দক্ষতা থেকে 1.8% বেশি।

সমস্যা ৫৫। একটি ইঞ্জিন 3400 J তাপ শ্রেণি করে ও 2400 J তাপ বর্জন করে। ইঞ্জিন দ্বারা সম্পাদিত কাজ ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, কর্মদক্ষতা η

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

$$\therefore \eta = 1 - \frac{2400 \text{ J}}{3400 \text{ J}} \times 100\% = 0.2942 \times 100\% = 29.42\%$$

ইঞ্জিন দ্বারা সম্পাদিত কাজ (W_1)

$$\text{আবার, } \eta = \frac{\text{ইঞ্জিনে উৎপন্ন তাপে সমতুল্য কাজ (W)}}$$

$$\therefore W_1 = \eta \times W = (0.2942 \times 3400) \text{ J} = 1000 \text{ J}$$

অতএব, ইঞ্জিন দ্বারা সম্পাদিত কাজ 1000 J এবং দক্ষতা 29.41%।

সমস্যা ৫৬। একটি ইঞ্জিন 227°C এবং 127°C তাপমাত্রায় কার্যরত।

ইঞ্জিনটি $2.52 \times 10^6 \text{ J}$ তাপশক্তি সরবরাহ করলে এর দক্ষতা ও ইঞ্জিন দ্বারা সম্পন্ন কাজ বের কর।

সমাধান : ধরি, কৃতকাজ W

$$\text{এখানে, উচ্চ তাপমাত্রা, } T_1 = 227^{\circ}\text{C} = (273 + 227) \text{ K} = 500 \text{ K}$$

$$\text{নিম্ন তাপমাত্রা, } T_2 = 127^{\circ}\text{C} = (273 + 127) \text{ K} = 400 \text{ K}$$

$$\text{শোষিত তাপ, } Q_1 = 2.52 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\text{আমরা জানি যে, ইঞ্জিনটির দক্ষতা } \eta \text{ হলে, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$\therefore \eta = \left(1 - \frac{400 \text{ K}}{500 \text{ K}}\right) \times 100\%$$

$$= \frac{100 \text{ K}}{500 \text{ K}} \times 100\% = 0.2 \times 100\% = 20\%$$

$$\text{আবার, আমরা জানি, } \eta = \frac{W}{Q_1}$$

$$\text{বা, } W = \eta \cdot Q_1 = 0.2 \times 2.52 \times 10^6 \text{ J} = 5.04 \times 10^5 \text{ J}$$

অতএব, ইঞ্জিনের দক্ষতা 20% এবং ইঞ্জিন দ্বারা সম্পন্ন কাজ $5.04 \times 10^5 \text{ J}$ ।

সমস্যা ৫৭। একটি ইঞ্জিন 800 K এবং 400 K তাপমাত্রায় যে দক্ষতায় কাজ করে, ঠিক সম দক্ষতায় কাজ করে $T \text{ K}$ এবং 900 K তাপমাত্রা। তাপমাত্রা T এর মান বের কর।

সমাধান : প্রথম ক্ষেত্রে :

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \begin{array}{l} \text{এখানে, } T_1 = 800 \text{ K} \\ \qquad \qquad \qquad T_2 = 400 \text{ K} \\ = \frac{800 \text{ K} - 400 \text{ K}}{800 \text{ K}} = \frac{400 \text{ K}}{800 \text{ K}} = \frac{1}{2} \end{array}$$

বিত্তীয় ক্ষেত্রে :

$$\therefore \eta = \frac{T - 900 \text{ K}}{T} \quad \begin{array}{l} \text{এখানে, } T_1 = T, \\ \qquad \qquad \qquad T_2 = 900 \text{ K} \end{array}$$

$$\text{প্রশ্নমতে, } \frac{1}{2} = \frac{T - 900 \text{ K}}{T}$$

$$\text{বা, } 2T - 1800 \text{ K} = T$$

$$\text{বা, } 2T - T = 1800 \text{ K}$$

$$\therefore T = 1800 \text{ K}$$

নির্ণেয় তাপমাত্রা 1800 K ।

সমস্যা ৫৮। একটি কার্বন ইঞ্জিন 427°C তাপমাত্রার তাপ শ্রেণি করে এবং 177°C তাপমাত্রার তাপ বর্জন করে। ইঞ্জিনটি অভিক্ষেপে 1 kcal তাপ শ্রেণি করলে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে, গৃহীত তাপমাত্রা, $T_1 = 427^{\circ}\text{C} = (427 + 273) \text{ K} = 700 \text{ K}$

$$\text{বর্জিত তাপমাত্রা, } T_2 = 177^{\circ}\text{C} = (177 + 273) \text{ K} = 450 \text{ K}$$

$$\text{গৃহীত তাপ, } Q_1 = 1 \text{ kcal}$$

$$\text{বর্জিত তাপ, } Q_2 = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } Q_2 = \frac{Q_1 T_2}{T_1} = \frac{1 \text{ kcal} \times 450 \text{ K}}{700 \text{ K}} = 0.643 \text{ kcal}$$

$$\text{আবার, আমরা জানি, } W = Q_1 - Q_2$$

$$= (1 - 0.643) \text{ kcal}$$

$$= 0.357 \text{ kcal} = (0.357 \times 4.2) \text{ kJ} = 1.49 \text{ kJ}$$

অতএব, প্রতি চাক্রে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ 1.49 kJ

সমস্যা ৫৯। একটি কার্বন ইঞ্জিনের দক্ষতা $\frac{1}{6}$ । তাপগতিক্ষেত্রে

তাপমাত্রা 65°C ক্ষালে দক্ষতা $\frac{1}{3}$ হয়। তাপ উৎস এবং তাপ গ্রহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, তাপ উৎস ও তাপগতিক্ষেত্রের তাপমাত্রা যথাক্রমে T_1 ও T_2 তাহলে,

$$\frac{1}{6} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$$

$$\text{বা, } 5T_1 = 6T_2$$

$$\text{বা, } T_1 = \frac{6}{5} T_2 \dots\dots\dots\dots (1)$$

$$\text{আবার, } \frac{1}{3} = 1 - \frac{T_2 - 65 \text{ K}}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2 - 65 \text{ K}}{T_1} = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

$$\text{বা, } 3T_2 - 195 \text{ K} = 2T_1 \dots\dots\dots\dots (2)$$

(1) ও (2) হতে পাই,

$$3T_2 - 195 \text{ K} = 2 \times \frac{6}{5} T_2$$

$$\text{বা, } 3T_2 - \frac{12}{5} T_2 = 195 \text{ K}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{15 - 12}{5}\right) T_2 = 195 \text{ K}$$

$$\text{বা, } \frac{3}{5} T_2 = 195 \text{ K}$$

$$\text{বা, } T_2 = 325 \text{ K}$$

$$\therefore T_1 = \frac{6}{5} \times 325 \text{ K} = 390 \text{ K}$$

অতএব, তাপ উৎস ও তাপগতিক্ষেত্রের তাপমাত্রা যথাক্রমে 390 K ও 325 K।

সমস্যা ৬০। একটি আদর্শ ইঞ্জিনের কার্যকর বচ্ছ প্রত্যেকবার উৎস হতে যত ক্যালরি তাপ শ্রেণি করে কাজ সম্পন্ন করার পর তার 80% তাপ বর্জন করে। ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, গৃহীত তাপ, Q_1

$$\therefore বর্জিত তাপ, Q_2 = \frac{80}{100} Q_1 = 0.8 Q_1$$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

$$= \frac{Q_1 - 0.8 Q_1}{Q_1} \times 100\% = 0.2 \times 100\% = 20\%$$

অতএব, ইঞ্জিনটির দক্ষতা 20%।

সমস্যা ৬১। 0°C তাপমাত্রার 3 kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিষ্কার করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হবে নির্ণয় কর। ($L_f = 3.36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$)

সমাধান : ধরি, এন্ট্রপির পরিবর্তন, dS

এখানে, বরফের ভর, $m = 3 \text{ kg}$

$$\text{বরফের আপেক্ষিক সূত্রতাপ, } L_f = 3.36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$$

$$\text{তাপমাত্রা, } T = 0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$\text{আমরা জানি, } dS = \frac{dQ}{T} = \frac{mL_f}{T} = \frac{3 \text{ kg} \times 3.36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}}{273 \text{ K}}$$

$$\therefore dS = 3692.31 \text{ J K}^{-1}$$

অতএব, এন্ট্রপির পরিবর্তন 3692.31 J K^{-1} ।

সমস্যা ৬২। 100°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হবে নির্ণয় কর। পানির বাস্তিলবনের আপেক্ষিক সূত্রতাপ $2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ ।

সমাধান: মনে করি, এন্ট্রপির পরিবর্তন dS
এখানে, পানির বাস্তিলবনের আপেক্ষিক সূত্রতাপ, $L = 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$
ভর, $m = 1 \text{ kg}$

$$\text{তাপমাত্রা}, T = 100^{\circ}\text{C} = (100 + 273) = 373 \text{ K}$$

$$\text{আমরা জানি, } dQ = mL \\ = 1 \text{ kg} \times 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1} = 2.26 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\text{আমরা জানি, } dS = \frac{dQ}{T} = \frac{2.26 \times 10^6 \text{ J}}{373 \text{ K}} = 6058.98 \text{ J K}^{-1}$$

অতএব, এন্ট্রপির পরিবর্তন 6058.98 J K^{-1} ।

সমস্যা ৬৩। 40°C তাপমাত্রায় 5 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। পানির আপেক্ষিক তাপ = $4.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ।

সমাধান: ধরি, এন্ট্রপির পরিবর্তন, dS

এখানে, পানির ভর, $m = 5 \text{ kg}$

$$\text{আমি তাপমাত্রা}, T_1 = 40^{\circ}\text{C} = (40 + 273) \text{ K} = 313 \text{ K}$$

$$\text{শেষ তাপমাত্রা}, T_2 = (100 + 273) \text{ K} = 373 \text{ K}$$

$$\text{পানির আপেক্ষিক তাপ, } S = 4.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{আমরা জানি, } dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = mS \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = mS [\ln T]_{T_1}^{T_2} \\ = 5 \text{ kg} \times 4.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times \ln \frac{373}{313} = 3682.88 \text{ J K}^{-1}$$

অতএব, এন্ট্রপির পরিবর্তন 3682.88 J K^{-1} ।

সমস্যা ৬৪। 7°C তাপমাত্রায় 1 kg পানি 37°C তাপমাত্রার 2 kg পানির সাথে মিশানো হলে এন্ট্রপির পরিবর্তনের মান কত?

সমাধান: এখানে, $m_1 = 1 \text{ kg}$; $T_1 = 7^{\circ}\text{C}$; $m_2 = 2 \text{ kg}$; $T_2 = 37^{\circ}\text{C}$
ধরি, মিশ্রণের তাপমাত্রা, $\theta^{\circ}\text{C}$

$$\text{এখন, } m_1 S(\theta - T_1) = m_2 S(T_2 - \theta)$$

$$\text{বা, } m_1 (\theta - T_1) = m_2 (T_2 - \theta)$$

$$\text{বা, } m_1 \theta - m_1 T_1 = m_2 T_2 - m_2 \theta$$

$$\text{বা, } m_1 \theta + m_2 \theta = m_2 T_2 + m_1 T_1$$

$$\text{বা, } \theta = \frac{m_2 T_2 + m_1 T_1}{m_1 + m_2} = \frac{2 \times 37 + 1 \times 7}{1 + 2} = 27^{\circ}\text{C}$$

এখন, 7°C তাপমাত্রার 1 kg পানি 27°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_1 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ_1}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m_1 S dT}{T} = m_1 S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = m_1 S \ln \frac{T_2}{T_1} \\ = 1 \times 4200 \ln \left(\frac{300}{280} \right) \quad \text{[এখানে, } T_1 = 280 \text{ K এবং } T_2 = 300 \text{ K]} \\ = 289.77 \text{ J K}^{-1}$$

আবার, 37°C তাপমাত্রার 2 kg পানি 27°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ_2}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m_2 S dT}{T} = m_2 S \ln \frac{T_2}{T_1} \\ \quad \text{[এখানে, } T_1 = 310 \text{ K এবং } T_2 = 300 \text{ K]} \\ = 2 \times 4200 \ln \left(\frac{300}{310} \right) = -275.43 \text{ J K}^{-1}$$

$$\therefore \text{মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন, } dS = dS_1 + dS_2 \\ = (289.77 - 275.43) \text{ J K}^{-1} \\ = 14.34 \text{ J K}^{-1}$$

৭. সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিভাগ পত্র



৭. সেট-২: জটিল সমস্যাবলি

সমস্যা ৬৫। কোনো গ্যাসের আদি তাপ ও আয়তন যথাক্রমে $4.0 \text{ বায়ুমতলীয় তাপ}$ ও $4 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ । গ্যাসটি এমন একটি প্রক্রিয়ায় যা $PV = \text{ধ্রুবক নিয়ম}$ অনুসরণ করে। গ্যাসটির চূড়ান্ত আয়তন আদি আয়তনের দ্বিগুণ হলে গ্যাসটি কি পরিমাণ কাজ সম্পাদন করে এবং কি পরিমাণ তাপ শোষণ করে?

সমাধান: আমরা জানি,

$$\text{সম্পাদিত কাজ, } W = P\Delta V$$

$$\text{বা, } W = 4 \times 1.01 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \quad \text{[} 2 \times 4 \times 10^{-2} - 4 \times 10^{-2} \text{]} \text{ m}^3 \\ = 1.6212 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\text{যেহেতু } PV = \text{ধ্রুবক অর্থাৎ } \text{ইহা একটি সমোক্ত প্রক্রিয়া}$$

$$\text{অতএব, কৃতকাজ} = \text{শোষিত তাপ}$$

$$\therefore \text{শোষিত তাপ } 1.6212 \times 10^4 \text{ J}.$$

সমস্যা ৬৬। একটি সিলিঙ্গারের মধ্যে আবস্থ এক গ্রাম অশু গ্যাসকে বৃন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকোচনের ফলে এর তাপমাত্রা 27°C হতে বৃন্ধ পেয়ে 97°C হলো। কৃতকাজ ও গ্যাসে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। ($\gamma = 1.5$)

সমাধান: দেওয়া আছে, আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 27^{\circ}\text{C} = 300 \text{ K}$

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা, } T_2 = 97^{\circ}\text{C} = 370 \text{ K}$$

$$\text{মোল সংখ্যা, } n = 1 \text{ এবং } \gamma = 1.5$$

$$\text{কৃতকাজ, } \Delta W = ?$$

$$\text{উৎপন্ন তাপ, } \Delta Q = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$\text{বা, } \Delta W = -\Delta U \quad [\because \text{বৃন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় } \Delta Q = 0]$$

$$\text{আবার, } \Delta U = nC_v(T_2 - T_1)$$

$$\therefore \Delta W = -nC_v(T_2 - T_1) \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{আমরা জানি, } \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$$\text{বা, } C_p = \gamma C_v$$

$$\text{আবার, } C_p - C_v = R$$

$$\text{বা, } \gamma C_v - C_v = R \quad [\because C_p = \gamma C_v]$$

$$\text{বা, } C_v = \frac{R}{\gamma - 1} = \frac{8.314}{1.5 - 1} = 16.628 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

সমীকরণ (১) থেকে পাই,

$$\begin{aligned} \Delta W &= -1 \times 16.628 \times (370 - 300) \\ &= -11.63 \times 10^2 \text{ J} \end{aligned}$$

আবার, বৃন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে কৃতকাজ ঝণাঝক অর্থ হচ্ছে সিস্টেমের গ্যাসের উপর কাজ করা হয়েছে।

$$\text{আবার, } \Delta W = JH$$

$$\text{বা, } H = \frac{11.63 \times 10^2}{4.2} = 277 \text{ cal.}$$

সমস্যা ৬৭। 80°C তাপমাত্রা ও 50 বায়ুমতলীয় তাপে কোনো গ্যাসকে বৃন্ধতাপ প্রক্রিয়ায় তাপ আদি আয়তনের দ্বিগুণ বেশি আয়তনে প্রসারিত করা হলো। গ্যাসটির চূড়ান্ত তাপ এবং তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ($\gamma = 1.4$)

সমাধান: শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৬০ৎ গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুবৃত্তি। [উত্তর: $2.1 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$; -132.4°C]

সমস্যা ৬৮। একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 400 K । এ তাপমাত্রার এটি উৎস থেকে 840 J তাপ প্রদান করে এবং তাপমাত্রাকে 630 J তাপ বর্জন করে। তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা ও ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর। প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী গাণিতিক বৃত্তি দাও।

সমাধান: ধরি, তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা T_2 এবং ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা n

আমরা জানি,

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{840 \text{ K} - 630 \text{ K}}{840 \text{ K}} = \frac{400 \text{ K} - T_2}{400 \text{ K}}$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{630 \text{ K}}{840 \text{ K}} = 1 - \frac{T_2}{400 \text{ K}}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{400 \text{ K}} = \frac{63 \text{ K}}{84 \text{ K}} = \frac{3}{4}$$

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{3}{4} \times 400\right) \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$\text{আবার, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$\therefore \eta = 1 - \frac{300 \text{ K}}{400 \text{ K}} \times 100\% = \frac{100}{400} \times 100\% = \frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$$

সূত্রঃ তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 300 K এবং ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 25% ।
এখনে, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা উল্লেখ নেই বলে প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী
না অপ্রত্যাগামী আ নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

সমস্যা ৬৯। একটি আদর্শ কার্নো ইঞ্জিন $317 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রার একটি
উৎস থেকে কিছু তাপ প্রাপ্ত করে, কিছু পরিমাণ কাজ সম্পাদন করে
এবং অবশিষ্ট তাপ $117 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রার একটি সিঙ্কে বর্জন করে।
যদি উৎস থেকে 500 kcal তাপ প্রাপ্ত করা হয় তবে কি পরিমাণ কাজ
সম্পাদন করা হয়? কী পরিমাণ তাপ সিঙ্কে বর্জন করা হয়।
 $J = 4.184 \text{ kJ/kcal}$ ।

সমাধান : এখনে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 317 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $= (317 + 273) \text{ K} = 590 \text{ K}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 117 \text{ }^{\circ}\text{C} = (117 + 273) \text{ K} = 390 \text{ K}$

গৃহীত তাপ, $Q_1 = 500 \text{ k cal}$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{390 \text{ K}}{590 \text{ K}}\right) \times 100\% = 33.89\%$$

$$\therefore \text{কৃতকাজ, } W = \eta Q_1$$

$$= \frac{33.89}{100} \times 500 \text{ k cal}$$

$$= 169.49 \text{ k cal}$$

$$= 169.49 \times 4.184 \times 10^3 \text{ J} = 7.1 \times 10^5 \text{ J}$$

অতএব, সম্পাদিত কাজ $7.1 \times 10^5 \text{ J}$ ।

আবার, সিঙ্কে বর্জিত তাপ Q_2 হলো,

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } Q_2 = \frac{T_2 \times Q_1}{T_1} = \frac{390 \times 500 \times 4.2 \times 10^3}{590} \text{ J} = 1.38 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\therefore \text{সিঙ্কে বর্জিত তাপ } 1.38 \times 10^6 \text{ J।}$$

সমস্যা ৭০। একজন বৈজ্ঞানিক দাবি করলেন যে, তার উভাবিত
ইঞ্জিন 700 K এবং 400 K তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত এবং এর যান্ত্রিক
দক্ষতা 48% । তাঁর দাবি কী সঠিক?

সমাধান : আমরা জানি,

$$\eta = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{700 \text{ K} - 400 \text{ K}}{700 \text{ K}} \right) \times 100\%$$

$$= \frac{300 \text{ K}}{700 \text{ K}} \times 100\% = 0.4285 \times 100\%$$

$$\therefore \eta = 42.85\%$$

সূত্রঃ বৈজ্ঞানিকের দাবি সত্য নয় কারণ এখনে যান্ত্রিক দক্ষতা
 42.85% আর বৈজ্ঞানিক দাবি করেন যান্ত্রিক দক্ষতা 48% ।

এখনে,

তাপ উৎসের উর্ভরা, $T_1 = 400 \text{ K}$

গৃহীত তাপ, $Q_1 = 840 \text{ J}$

বর্জিত তাপ, $Q_2 = 630 \text{ J}$

সমস্যা ৭১। $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় একটি সিলিন্ডারে আবশ্য অবস্থার কিছু
ক্রেতেল গ্যাস আছে। এমতাবস্থায় গ্যাসকে হঠাৎ প্রসারিত করে আয়তন
তিনগুণ করা হলো। ফলে সিলিন্ডারের তেতরের তাপমাত্রার পরিবর্তন
ঘটে। গ্যাসটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা আদি তাপমাত্রার কত গুণ হবে?

সমাধান : এখনে, আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 27 \text{ }^{\circ}\text{C} = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$
প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = V$ (ধরি)

চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = 3V$

$$r = 1.4$$

$$\text{আমরা জানি, } T_1 V_1^{r-1} = T_2 V_2^{r-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{r-1}$$

$$= T_1 \times \left(\frac{V}{3V} \right)^{1.4-1} = T_1 \times \left(\frac{1}{3} \right)^{0.4} = 0.63 \times T_1$$

অতএব, চূড়ান্ত তাপমাত্রা আদি তাপমাত্রার 0.63 গুণ।

সমস্যা ৭২। $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ও প্রয়োগ বাহুমণ্ডলীয় চাপে কিছু
পরিমাণ গ্যাসকে বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংস্থাপিত করে আয়তন প্রাথমিক
আয়তনের $\frac{1}{3}$ গুণ করা হলো। চূড়ান্ত চাপ ও তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমস্যা ৭৩। একটি প্রক্রিয়াটি সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় করা হলে চূড়ান্ত চাপের পার্শ্বক
নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি,

$$P_1 V_1^r = P_2 V_2^r$$

$$\text{বা, } P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^r$$

$$= 1 \text{ atm} \left(\frac{V}{V/3} \right)^{1.4}$$

$$= (3)^{1.4} \text{ atm} = 4.655 \text{ atm}$$

অতএব, চূড়ান্ত চাপ 4.655 atm ।

$$\text{আবার, আমরা জানি, } T_1 V_1^{r-1} = T_2 V_2^{r-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{r-1}$$

$$= 300 \text{ K} \times \left(\frac{V}{V/3} \right)^{1.4-1}$$

$$= 300 \text{ K} \times (3)^{0.4}$$

$$= 465.55 \text{ K}$$

$$= (465.55 - 273) \text{ }^{\circ}\text{C} = 192.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

অতএব, চূড়ান্ত তাপমাত্রা $192.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ।

আবার, সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

$$\text{আমরা জানি, } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{বা, } P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

$$= \frac{1 \text{ atm} \times V}{\frac{V}{3}} = 3 \text{ atm}$$

এখনে,

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$V_1 = V$$

$$V_2 = \frac{V}{3}$$

$$P_2 = ?$$

∴ চাপের পার্শ্বক্য $= (4.655 - 3) \text{ atm} = 1.655 \text{ atm}$ ।

৩ সেট-৩ : সৃজনশীল সমস্যাবলী

সমস্যা ৭৩। একটি কার্নো ইঞ্জিন 510 K তাপমাত্রার উৎস থেকে
১৪০০ J তাপ শোষণ করে, তাপ ধারকে 800 J তাপ বর্জন করে
নিচের প্রয়োগুলোর উত্তর দাও : (I) ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় কর। (II)
ইঞ্জিনটির দক্ষতা 54% করতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে।

সমাধান : (I) ধরি, ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা η

এখনে, তাপ উৎস হতে শোষিত তাপ, $Q_1 = 1400 \text{ J}$

তাপ ধারকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 800 \text{ J}$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{800 \text{ J}}{1400 \text{ J}}\right) \times 100\% = \frac{600 \text{ J}}{1400 \text{ J}} \times 100\% = 42.86\%$$

সূতরাং ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 42.86%

(ii) ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 54% করতে হলে নিচের ব্যবস্থাগুলো নেওয়া যেতে পারে-

১. তাপ উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস
২. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি

এখানে, কর্মদক্ষতা, $\eta' = 54\%$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 510 \text{ K}$

উৎস থেকে শেবিত তাপ, $Q_1 = 1400 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকে পরিবর্তিত তাপ, $Q_2 = 800 \text{ J}$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{T_1 Q_2}{Q_1} = \frac{510 \text{ K} \times 800 \text{ J}}{1400 \text{ J}} = 291.43 \text{ K}$$

১য় ক্ষেত্রে,

ধরি, তাপ গ্রাহকের পরিবর্তিত তাপমাত্রা T_2'

$$\text{কর্মদক্ষতা, } \eta' = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 54\% = \left(1 - \frac{T_2'}{510 \text{ K}}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T_2'}{510 \text{ K}} = \frac{54}{100}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{540 \text{ K}} = 1 - \frac{54}{100} = \frac{46}{100}$$

$$\therefore T_2' = \frac{46 \times 510 \text{ K}}{100} = 234.6 \text{ K}$$

২য় ক্ষেত্রে,

ধরি, তাপ উৎসের পরিবর্তিত তাপমাত্রা T_1'

$$\text{আবার, } \eta' = \left(1 - \frac{T_2}{T_1'}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 54\% = 1 - \left(\frac{291.43 \text{ K}}{T_1'}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{291.43 \text{ K}}{T_1'} = \frac{54}{100}$$

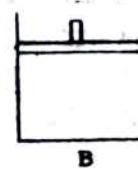
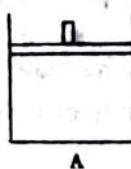
$$\text{বা, } \frac{291.43 \text{ K}}{T_1'} = 1 - \frac{54}{100} = \frac{46}{100}$$

$$\text{বা, } T_1' = \frac{100 \times 291.43 \text{ K}}{46} = 633.54 \text{ K}$$

অতএব উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা 633.54 K এ উন্নীত করে অথবা তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 234.6 K এ নামিয়ে ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 54% করা যাবে।

সমস্যা ৭৪। A এবং B দুটি সিলিঙ্গারে হিপরমাশুক 10 litre আয়তনের একই গ্যাস আছে। এতি গ্যাসের তাপ 3 atm এবং তাপমাত্রা 300 K.

(i) যদি অথবা A সিলিঙ্গারের গ্যাসের তাপ হঠাতে বিগুল করা হয় তখন এর তাপমাত্রা কত হবে? (ii) বিভাগ সিলিঙ্গারে তাপ খুবই ধীরে ধীরে পরিবর্তন করে আয়তন বিগুল করলে কাজ কত হবে?



সমাধান : (i) তাপ হঠাতে বিগুল করা হলে প্রক্রিয়াটি বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া আমরা জানি, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, $P_1^{-1}, T_1' = P_2^{-1}, T_2'$

$$\text{বা, } \left(\frac{T_2}{T_1}\right)' = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1-\gamma}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{P_1}{2 P_1}\right)^{\frac{1-1.4}{1.4}} \times T_1 = \left(\frac{1}{2}\right)^{-0.4} \times 300 \text{ K} = 365.7 \text{ K}$$

অতএব, A সিলিঙ্গারটির তাপ হঠাতে বিগুল করা হলে তাপমাত্রা 365.7 K হবে।

(ii) তাপ খুবই ধীরে ধীরে পরিবর্তন করা হয়েছে বলে প্রক্রিয়াটি সমোক্ষ প্রক্রিয়া—

আমরা জানি, সমোক্ষ সম্প্রসারণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

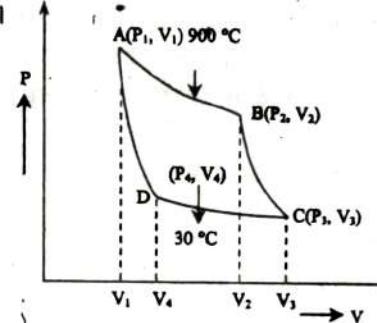
$$= \frac{P_1 V_1}{RT} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 3 \times 1.01 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3} \times \ln \left(\frac{2 V_1}{V_1}\right) \text{ J}$$

$$\therefore W = 2100.236 \text{ J}$$

অতএব, বিভাগ সিলিঙ্গারে তাপ খুবই ধীরে ধীরে পরিবর্তন করে আয়তন বিগুল করলে 2100.236 J কাজ হবে।

সমস্যা ৭৫।



(i) উদ্বিগ্নকের কার্নো ইঞ্জিনের তাপীয় দক্ষতা নির্ণয় কর। (ii) ইঞ্জিনটির তাপীয় দক্ষতা 100% হতে হলে কী কী ব্যবস্থা নিতে হবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

সমাধান : (i) ধরি, কার্নো ইঞ্জিনের তাপীয় দক্ষতা, η

এখানে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 900 \text{ }^{\circ}\text{C} = (900 + 273) \text{ K} = 1173 \text{ K}$

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = (30 + 273) \text{ K} = 303 \text{ K}$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{303 \text{ K}}{1173 \text{ K}}\right) \times 100\% = \left(\frac{1173 - 303}{1173}\right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{870}{1173}\right) \times 100\% = 74.17\%$$

সূতরাং কার্নো ইঞ্জিনের তাপীয় দক্ষতা 74.17%।

(ii) শর্তানুসারে, ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = 100\%$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 100\% = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = 1 - 1 = 0$$

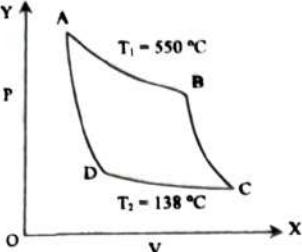
$$\text{হয়, } T_2 = 0 \times T_1 \quad \text{অথবা, } T_1 = \frac{T_2}{0}$$

$$\therefore T_2 = 0 \quad \text{অথবা, } T_1 = \infty$$

অর্থাৎ তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা শূন্য অথবা তাপ উৎসের তাপমাত্রা অসীম হলে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 100% হবে। কিন্তু বাস্তবে এটি সম্ভব হবে না।



সমস্যা ৭৬। একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের তাপ উৎস এবং তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা ঘৰাকুষে 550°C ও 138°C । সমূক প্রসারণে গৃহীত তাপের পরিমাণ 750 J ।
 (i) তাপ ইঞ্জিনের তৃতীয় ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। (ii) উদ্ধীপকের তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা ছিগুণ করতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।



সমাধান : (i) ধরি, তাপ ইঞ্জিনের তৃতীয় ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন $\frac{Q_2}{T_2}$
 এখানে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 550^{\circ}\text{C} = (550 + 273)\text{ K} = 823\text{ K}$

গৃহীত তাপের পরিমাণ, $Q_1 = 750\text{ J}$
 প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $dS = 0$
 আমরা জানি, $dS = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}$ বা, $\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0$

বা, $\frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{750\text{ J}}{823\text{ K}} = \frac{750}{823}\text{ J K}^{-1} = 0.875\text{ J K}^{-1}$

সুতরাং তাপ ইঞ্জিনের তৃতীয় ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন 0.875 J K^{-1}

(ii) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \eta &= \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{411\text{ K}}{823\text{ K}}\right) \times 100\% \\ &= \frac{412\text{ K}}{823\text{ K}} \times 100\% \\ &= 50.06\% \end{aligned}$$

উদ্ধীপক অনুসারে,
 তাপ উৎসের তাপমাত্রা,
 $T_1 = 550^{\circ}\text{C} = (550 + 273)\text{ K} = 823\text{ K}$
 তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
 $T_2 = 138^{\circ}\text{C} = (138 + 273)\text{ K} = 411\text{ K}$
 দক্ষতা, $\eta = ?$

সুতরাং তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা 50.06%

তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা ছিগুণ করা হলে দক্ষতা হবে $= 2 \times 50.06\% = 100.12\%$

কিন্তু বাস্তবে কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% বা তার বেশি হতে পারে না। সুতরাং ইঞ্জিনটির দক্ষতা ছিগুণ বৃদ্ধি করা সম্ভব নয়। তবে ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকরে নিচের দুটি পদক্ষেপ গ্রহণ করা যাবে—
 ১. তাপ উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস এবং
 ২. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি।

সমস্যা ৭৭। একটি কার্নো ইঞ্জিন 200°C তাপমাত্রার তাপ উৎস থেকে 600 J তাপ গ্রহণ করে এবং তাপগ্রাহকে 400 J তাপ বর্জন করে। (i) তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। (ii) উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি না করে উদ্ধীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা 70% করা কি সম্ভব?

সমাধান : (i) ধরি, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা T_2

এখানে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 200^{\circ}\text{C} = (200 + 273)\text{ K} = 473\text{ K}$

তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 600\text{ J}$

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 400\text{ J}$

আমরা জানি, $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$

বা, $T_2 = \frac{T_1 Q_2}{Q_1} = \frac{473\text{ K} \times 400\text{ J}}{600\text{ J}} = 315.33\text{ K}$

সুতরাং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 315.33 K ।

(ii) এখানে, যেখানের দক্ষতা, $\eta = 70\%$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা $T_1 = 200^{\circ}\text{C} = (200 + 273)\text{ K} = 473\text{ K}$

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 315.33\text{ K}$

ধরি, তাপগ্রাহকের পরিবর্তিত তাপমাত্রা = T'_2

আমরা জানি, $\eta = \left(1 - \frac{T'_2}{T_1}\right) \times 100\%$

বা, $70\% = \left(1 - \frac{T'_2}{473\text{ K}}\right) \times 100\%$

বা, $1 - \frac{T'_2}{473\text{ K}} = \frac{70}{100}$

বা, $\frac{T'_2}{473\text{ K}} = 1 - \frac{70}{100} = \frac{3}{10}$

∴ $T'_2 = \frac{3 \times 473\text{ K}}{10} = 141.9\text{ K}$

সুতরাং তাপ উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা $(315.33 - 141.9)\text{ K} = 173.43\text{ K}$ হ্রাস করলে ইঞ্জিনের দক্ষতা 70% পাওয়া সম্ভব।

সমস্যা ৭৮। একটি কার্নো ইঞ্জিন 60 g অর্জিজেল গ্যাসকে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করেছে। এটি 450 K তাপমাত্রার তাপ উৎস থেকে 500 J তাপ গ্রহণ করে 200 K তাপমাত্রার তাপ গ্রাহকে তাপ বর্জন করে। জ্বালানীর সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত $1 : 2$ । (i) ইঞ্জিনের কৃতকাজ নির্ণয় কর। (ii) ইঞ্জিনের 8 র্থ ঘাতে কৃতকাজ নির্ণয় কর।

সমাধান : (i) আমরা জানি,

$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$

বা, $Q_2 = \frac{T_2}{T_1} \times Q_1$

বা, $Q_2 = \frac{200\text{ K}}{450\text{ K}} \times 500\text{ J}$

∴ $Q_2 = 222.22\text{ J}$

এবং কাজ, $W = Q_1 - Q_2 = 500\text{ J} - 222.22\text{ J} = 277.78\text{ J}$

অতএব, ইঞ্জিনের কৃতকাজ 277.78 J ।

(ii) কার্নো ইঞ্জিনের 8 র্থ ঘাতে বৃদ্ধিতাপ প্রক্রিয়া

$$\begin{aligned} \therefore \text{কৃতকাজ}, W_4 &= \frac{nR}{\gamma - 1} \\ &= \frac{1.88 \times 8.31}{1.40 - 1} (450 - 200)\text{ J} \\ &= 9764.25\text{ J} \end{aligned}$$

অতএব, ইঞ্জিনের 8 র্থ ঘাতে কৃতকাজ 9764.25 J ।

সমস্যা ৭৯। কোনো ইঞ্জিন গৃহীত তাপের $\frac{1}{6}$ অংশে কাজে পরিণত করে। এর তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 62°C করানো হলে কর্মদক্ষতা ছিগুণ হয়। ইঞ্জিনটির বর্জিত তাপ 300 J । (i) ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কত? (ii) ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী কি-না মতামত দাও।

সমাধান : (i) কৃতকাজ, $W = Q_1 - Q_2$

বা, $Q_1 \cdot \frac{1}{6} = Q_1 - Q_2$

বা, $Q_2 = Q_1 - \frac{Q_1}{6}$

বা, $Q_2 = \frac{5 Q_1}{6}$

বা, $Q_1 = \frac{6}{5} \times Q_2 = \frac{6}{5} \times 300 = 360\text{ J}$

∴ কর্মদক্ষতা, $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ (i)

বা, $\eta = \frac{360 - 300}{360} = \frac{1}{6}$

এখানে,

বর্জিত তাপ, $Q_2 = 300\text{ J}$

গৃহীত তাপ, $Q_1 = ?$

২য় ক্ষেত্রে, $T'_2 = (T_2 - 62) \text{ K}$

$$\therefore \text{কর্মদক্ষতা}, \eta' = \frac{T_1 - (T_2 - 62)}{T_1}$$

$$\text{বা, } 2\eta = \frac{T_1 - T_2 + 62}{T_1}$$

$$\text{বা, } 2 \cdot \eta = \frac{T_1 - T_2 + 62}{T_1} = \eta + \frac{62}{T_1}$$

$$\text{বা, } \eta = \frac{62}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{6} = \frac{62}{T_1} = 372 \text{ K}$$

$$\text{আবার, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{6} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{6}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{5}{6} \times T_1 = \frac{5}{6} \times 372 = 310 \text{ K}$$

অতএব, ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 310 K ।

$$(ii) \text{ এখানে, } \frac{Q_1}{T_1} = \frac{360}{372} = 0.97 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{এবং } \frac{Q_2}{T_2} = \frac{300}{310} = 0.97 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{অর্থাৎ } \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

বা, এন্ট্রপির পরিবর্তন $= 0$

\therefore এটি একটি প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া।

সমস্যা ৮০। একটি তাপ ইঞ্জিন 177°C তাপমাত্রার উৎস থেকে 1500 J তাপ গ্রহণ করে এবং সিংকের 1100 J তাপ বর্জন করে। (i) সিংকের তাপমাত্রা কত? (ii) ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা বিগুণ করা সম্ভব কি-না? পারিবর্তন ব্যাখ্যা দাও।

সমাধান : (i) আমরা জানি,

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$\text{বা, } \frac{177}{T_2} = \frac{1500}{1100}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{450 \text{ K} \times 1100 \text{ J}}{1500 \text{ J}} = 330 \text{ K} = 57^{\circ}\text{C}$$

\therefore সিংকের তাপমাত্রা 57°C ।

$$(ii) \text{ এখানে, উৎসের তাপমাত্রা, } T_1 = 177^{\circ}\text{C} = (177 + 273) \text{ K} = 450 \text{ K}$$

'গ' হতে পাই গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 330 \text{ K}$

$$\text{আমরা জানি, দক্ষতা, } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{450 \text{ K} - 330 \text{ K}}{450 \text{ K}} \times 100\% = \frac{80}{3} \%$$

$$\text{দক্ষতা বিগুণ করা হলে, } \eta' = \frac{80}{3} \% \times 2 = \frac{160}{3} \%$$

$$\therefore \eta' = \frac{T'_1 - T_2}{T'_1} \times 100\%$$

$$\text{বা, } \frac{160}{3} \% = \frac{T'_1 - T_2}{T'_1} \times 100\%$$

$$\text{বা, } \frac{8}{15} = \frac{T'_1 - T_2}{T'_1}$$

$$\text{বা, } 15 T'_1 - 15 T_2 = 8 T'_1$$

$$\text{বা, } 7 T'_1 = 15 T_2$$

$$\text{বা, } T'_1 = \frac{15}{7} \times 330 \text{ K} = 707.14 \text{ K} = 434.14^{\circ}\text{C}$$

অর্থাৎ ইঞ্জিনটির তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়িয়ে 434.14°C করা হলে দক্ষতা বিগুণ করা সম্ভব।

\therefore ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা বিগুণ করা সম্ভব।

সমস্যা ৮১। একটি তাপ ইঞ্জিনের কার্যকর পদার্থ 600 K তাপমাত্রার উৎস থেকে 1200 J তাপ গ্রহণ করে এবং 300 K তাপমাত্রার গ্রাহকে 600 J তাপ বর্জন করে। (i) উল্লিখিত তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। (ii) তাপ ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী নাকি অপ্রত্যাগামী? পারিবর্তন বিবরণ কর।

সমাধান : (i) ধরি, ইঞ্জিনের দক্ষতা η

এখানে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 600 \text{ K}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 300 \text{ K}$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{300}{600}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{1}{2}\right) \times 100\% = 0.5 \times 100\% = 50\%$$

সুতরাং তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা 50% ।

(ii) তাপ ইঞ্জিনটিতে এন্ট্রপি স্থির থাকলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে অন্যথায় অপ্রত্যাগামী হবে।

এখানে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 600 \text{ K}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা $T_2 = 300 \text{ K}$

তাপ উৎসের থেকে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1200 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 600 \text{ J}$.

মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS = ?$

$$\text{আমরা জানি, } dS = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = \frac{1200 \text{ J}}{600 \text{ K}} - \frac{600 \text{ J}}{300 \text{ K}} = 2 \text{ JK}^{-1} - 2 \text{ JK}^{-1}$$

$$\therefore dS = 0$$

যেহেতু উদ্দীপকের ইঞ্জিনটিতে এন্ট্রপির পরিবর্তন ঘটেনি সেহেতু এটি প্রত্যাগামী ইঞ্জিন।

সমস্যা ৮২। একটি ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে 700 K তাপমাত্রার 1200 J তাপ গ্রহণ করে 90 K তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে 400 J তাপ বর্জন করে। তাপ উৎস ও গ্রাহকের তাপমাত্রা বাড়ানো করানোর ব্যবস্থা আছে। (i) এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। (ii) ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাগামী করতে তুমি কি পদক্ষেপ গ্রহণ করবে?

সমাধান : (i) তাপ উৎস থেকে তাপগ্রহণে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_1 = \frac{dQ_1}{T_1} = \frac{1200}{700} \text{ JK}^{-1} = 1.72 \text{ JK}^{-1}$$

তাপ গ্রাহকে তাপ বর্জনে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = \frac{dQ_2}{T_2} = \frac{-400}{90} \text{ JK}^{-1} = -4.45 \text{ JK}^{-1}$$

$$\therefore \text{এন্ট্রপির পরিবর্তন } dS = dS_1 - dS_2 = (1.72 - 4.45) \text{ JK}^{-1} = -2.73 \text{ JK}^{-1}$$

অতএব, এন্ট্রপির পরিবর্তন -2.73 JK^{-1} ।

(ii) আমরা জানি, প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে। এন্ট্রপি পরিবর্তন $dS = 0$ হলেই ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

ধরি, উৎসের তাপমাত্রা T' হলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে,

\therefore শর্তাবস্থারে, $dS = 0$

বা, $dS_1 + dS_2 = 0$

বা, $dS_1 = -dS_2$

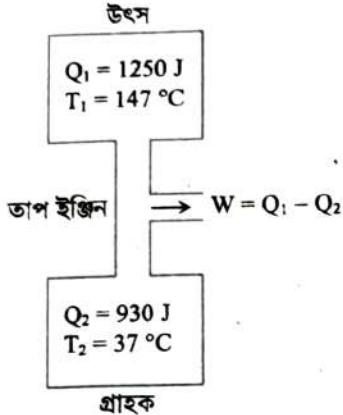
বা, $dS_1 = -(-4.45 \text{ JK}^{-1})$ [(i) নং হতে, $dS_2 = -4.45 \text{ JK}^{-1}$]

$$\text{বা, } \frac{dQ_1}{T_1} = 4.45$$

$$\begin{aligned}\text{বা, } T_1 &= \frac{dQ_1}{4.45 \text{ J K}^{-1}} \quad \text{এখন, } dQ_1 = 1200 \text{ J} \\ &= \frac{1200 \text{ J}}{4.45 \text{ J K}^{-1}} = 269.67 \text{ K}\end{aligned}$$

অতএব উৎসের তাপমাত্রা কমিয়ে 269.67 K করা হলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

সমস্যা ৮৩।



(i) ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা বের কর। (ii) ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী গণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (i) ধরি, ইঞ্জিনের দক্ষতা η

উচ্চিক হতে পাই,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 147 \text{ }^{\circ}\text{C} = (147 + 273) \text{ K} = 420 \text{ K}$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 37 \text{ }^{\circ}\text{C} = (37 + 273) \text{ K} = 310 \text{ K}$

$$\begin{aligned}\text{আমরা জানি, } \eta &= \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{310 \text{ K}}{420 \text{ K}}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{31}{42}\right) \times 100\% \\ &= \frac{11}{42} \times 100\% = 26.19\%\end{aligned}$$

সুতরাং ইঞ্জিনের দক্ষতা 26.19%।

(ii) ইঞ্জিনটিতে যদি এন্ট্রপি স্থির থাকে তবে এটি প্রত্যাগামী হবে অন্যথায় অপ্রত্যাগামী। নিচে এটি বিশ্লেষণ করা হলো—

এখনে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 147 \text{ }^{\circ}\text{C} = (147 + 273) \text{ K} = 420 \text{ K}$
তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 37 \text{ }^{\circ}\text{C} = (37 + 273) \text{ K} = 310 \text{ K}$

গ্রহীত তাপ, $Q_1 = 1260 \text{ J}$

বর্জিত তাপ, $Q_2 = 930 \text{ J}$

আমরা জানি, তাপ গ্রহণে বা বর্জনে এন্ট্রপির পরিবর্তন হয়। কোন চক্রের তাপমাত্রা সাপেক্ষে গৃহীত বা বর্জিত তাপের হার দ্বারা এন্ট্রপি পরিমাণ করা হয়।

T_1 তাপমাত্রার উৎস হতে Q_1 পরিমাণ তাপ শোষণ করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{1260 \text{ J}}{420 \text{ K}} = 3 \text{ J K}^{-1}$

আবার, T_2 তাপমাত্রায় তাপগ্রাহকে Q_2 পরিমাণ তাপ বর্জন করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\frac{Q_2}{T_2} = \frac{930 \text{ J}}{310 \text{ K}} = 3 \text{ J K}^{-1}$

$$\therefore \text{মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন, } dS = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 3 \text{ J K}^{-1} - 3 \text{ J K}^{-1} = 0$$

যেহেতু এন্ট্রপির পরিবর্তন ঘটেনি অর্থাৎ স্থির, সেহেতু ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী।

সমস্যা ৮৪। একটি কার্বন ইঞ্জিন $327 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে 500 J তাপ গ্রহণ করে কার্য সম্পাদন শেষে $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রার তাপ গ্রাহকে কিছু তাপ বর্জন করে।

- তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর।
- ইঞ্জিন দ্বারা কৃতকাজ নির্ণয় কর। অথবা, ইঞ্জিনটি পরিবেশ ব্যবস্থা কি-না?
- ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় কর। অথবা, ইঞ্জিনটি পরিবেশ ব্যবস্থা নিতে হবে?
- অথবা, ইঞ্জিনটির তাপীয় দক্ষতা হিসুগ করা সম্ভব কি-না?
- ইঞ্জিনটির দক্ষতা 10% বৃদ্ধি করতে কি ব্যবস্থা নিতে হবে?
- অথবা, ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60% হলে তাপ উৎসের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি বা তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কত হ্রাস করা প্রয়োজন?
- অথবা, ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60% করা সম্ভব কি-না?
- এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। অথবা, ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী?

সমাধান :

- ৫৮নং গণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।
- ৫৮নং গণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।
- ৪৭নং গণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।
- ৮০ (ii) নং গণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।
- ৭৫ (i) নং গণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।
- ৮১ (ii) নং গণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।

সমস্যা ৮৫। একটি প্রত্যাগামী ইঞ্জিন উৎস হতে গৃহীত তাপের $\frac{1}{4}$ অংশ কাজে পরিণত করে। এর তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা আরও 80 K হ্রাস করলে এর দক্ষতা হিসুগ হয়। (i) ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। (ii) নিম্ন তাপমাত্রা হতে উচ্চ তাপমাত্রায় 5 kg বরফকে নিতে এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করা যাবে কিনা—গণিতিকভাবে দেখো।

সমাধান : ধরি, তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে T_1 ও T_2 ।

$$\therefore \frac{1}{4} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{4-1}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore 3T_1 = 4T_2 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{আবার, } \frac{1}{2} = 1 - \frac{T_2 - 80 \text{ K}}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2 - 80 \text{ K}}{T_1} = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

$$\text{বা, } 2T_2 - 160 \text{ K} = T_1 \dots \dots \dots (2)$$

(2) নং হতে পাই,

$$2 \times \frac{3}{4} T_1 - 160 \text{ K} = T_1$$

$$\text{বা, } \frac{3}{2} T_1 - T_1 = 160 \text{ K}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{3-2}{2}\right) T_1 = 160 \text{ K}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} T_1 = 160 \text{ K}$$

$$\therefore T_1 = 320 \text{ K}$$

$$\text{আবার, (1) নং হতে পাই, } T_2 = \frac{3 \times 320 \text{ K}}{4} = 240 \text{ K}$$

- ৬৪নং গণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।

সমস্যা ৮৬। একজন শিক্ষার্থী তাপীয় বিশৃঙ্খলা পর্যবেক্ষণ কৰতে গিয়ে দেখলো A ও B দুটি তাপ উৎপাদক যত্নের A কে 700 kJ তাপ সৱৰহ কৰায় 2 kg পানিকে 25 °C হতে 100 °C তাপমাত্ৰায় উন্নীত কৰে এবং B উত্পন্ন পানিকে 100 °C তাপমাত্ৰার বাস্পে পৰিণত কৰে। (i) A যন্ত্ৰটিৰ দক্ষতা নিৰ্ণয় কৰ। (ii) শিক্ষার্থীৰ পৰ্যবেক্ষণটিৰ তুলনামূলক ফলাফল গাণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰ।

সমাধান : (i) এখানে,

$$\begin{aligned} A \text{ যত্নের সৱৰহ তাপ}, Q_1 &= 700 \text{ kJ} = 700000 \text{ J} \\ \text{এখন}, 2 \text{ kg পানিকে } 25^{\circ}\text{C} \text{ বা, } (25 + 273) \text{ K} \text{ বা, } 298 \text{ K তাপমাত্ৰা} \\ \text{হতে } 100^{\circ}\text{C} \text{ বা } (100 + 273) \text{ K} \text{ বা } 373 \text{ K তাপমাত্ৰায় উন্নীত কৰতে} \\ \text{প্ৰয়োজনীয় তাপ}, Q &= mS \Delta Q = mS (Q_2 - Q_1) \\ &= 2 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (373 - 298) \text{ K} \\ &= 2 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 75 \text{ K} = 630000 \text{ J} \end{aligned}$$

এটই A যত্ন কৰ্তৃক কাজে ব্যয়িত তাপেৰ পৰিমাণ।

$$\begin{aligned} \text{কাজে ব্যয়িত তাপেৰ পৰিমাণ} \\ \therefore A \text{ যত্নেৰ দক্ষতা, } \eta &= \frac{\text{কাজে ব্যয়িত তাপেৰ পৰিমাণ}}{\text{সৱৰহ তাপ}} \times 100\% \\ &= \frac{630000}{700000} \times 100\% = 90\% \end{aligned}$$

অৰ্থাৎ A যত্নেৰ দক্ষতা 90%।

(ii) এখানে একজন শিক্ষার্থী “তাপীয় বিশৃঙ্খলা” পৰ্যবেক্ষণ কৰছে। আমৰা জানি, তাপীয় বিশৃঙ্খলা পৰিমাপ কৰা হয় এন্ট্ৰপি দ্বাৰা।

সুতৰাং এন্ট্ৰপিৰ পৰিমাপ দ্বাৰা A এবং B যত্নেৰ তাপীয় বিশৃঙ্খলা পৰিমাপ কৰতে পাৰি।

A যত্নেৰ ক্ষেত্ৰে, 25°C তাপমাত্ৰার 2 kg পানিকে 100°C তাপমাত্ৰায় উন্নীত কৰতে এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন dS_1 , হলো,

$$\begin{aligned} \text{আমৰা জানি,} \\ dS_1 &= \int_{T_1}^{T_2} mS \frac{dT}{T} \\ &= mS \left[\ln T \right]_{T_1}^{T_2} \\ &= 2 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ &\quad \times (\ln 373 - \ln 298) \\ &= 1885.67 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

অৰ্থাৎ A যত্নেৰ ক্ষেত্ৰে, এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন 1885.67 J K^{-1} ।

আবার, B যন্ত্ৰটি ঐ পানিকে 100°C তাপমাত্ৰার বাস্পে বৃপ্তিৰিত কৰে।

ধৰি, B যন্ত্ৰটিৰ জন্য এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন, dS_2

$$\begin{aligned} \text{আমৰা জানি,} \\ dS_2 &= \frac{dQ}{T} = \frac{mL}{T} \\ &= \frac{2 \text{ kg} \times 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}}{373 \text{ K}} \\ &= 12117.96 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

অৰ্থাৎ B যন্ত্ৰটিৰ ক্ষেত্ৰে এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন 12117.96 JK^{-1}

উপৰিউক্ত পৰ্যবেক্ষণ হতে আমৰা দেখতে পাই, B যত্নে এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন A যত্নে এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তনেৰ চেয়ে বেশি। যেহেতু এন্ট্ৰপি দ্বাসে বিশৃঙ্খলা দ্বাসে পায় এবং এন্ট্ৰপি বৃশ্চিতে বিশৃঙ্খলা বৃশ্চি পায়, সেহেতু B যত্নেৰ ক্ষেত্ৰে তাপীয় বিশৃঙ্খলা A যত্নেৰ তাপীয় বিশৃঙ্খলা হতে বেশি হবে।

সমস্যা ৮৭। একটি কেটলিতে 20°C তাপমাত্ৰার 1 kg পানিকে 100°C তাপমাত্ৰার বাস্পে পৰিণত কৰা হলো। এৰ ফলে 1 atm চাপে এৰ আয়তন 10^{-3} m^3 থেকে বেড়ে 1.617 m^3 হয়। পানিৰ আপেক্ষিক তাপ $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ এবং পানিৰ বাস্পীভবনেৰ আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ 2260 kJ kg^{-1} । (i) অন্তঃস্বৰ শক্তিৰ পৰিবৰ্তন নিৰ্ণয় কৰ এবং (ii) প্ৰক্ৰিয়াটি অন্ত্যাগামী না অন্ত্যাগামী? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

সমাধান : (i) ধৰি, অন্তঃস্বৰ শক্তিৰ পৰিবৰ্তন ΔU
পানিৰ ভৰ, $m = 1 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{আদি তাপমাতা, } T_1 &= 20^{\circ}\text{C} = (20 + 273) \text{ K} = 293 \text{ K} \\ \text{চৰ্ডান্ত তাপমাতা, } T_2 &= 100^{\circ}\text{C} = (100 + 273) \text{ K} = 373 \text{ K} \\ \text{পানিৰ আপেক্ষিক তাপ, } S &= 4.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ \text{বাস্পীভবনেৰ আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ, } L_v &= 2260 \text{ kJ kg}^{-1} \\ &= 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{পানিৰ তাপমাতাৰ বৃশ্চিতে শোষিত শক্তি, } Q_1 &= mS \Delta U \\ &= 1 \text{ kg} \times 4.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (373 - 293) \text{ K} = 3.36 \times 10^5 \text{ J} \\ Q_2 &= mL_v = 1 \text{ kg} \times 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1} = 2.26 \times 10^6 \text{ J} \\ \therefore \text{মোট শোষিত তাপ, } \Delta Q &= Q_1 + Q_2 \\ &= 3.36 \times 10^5 \text{ J} + 2.26 \times 10^6 \text{ J} = 2.596 \times 10^6 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{কৃতকাজ, } \Delta W &= P \Delta V \\ &= 1.01325 \times 10^5 \times (1.617 - 10^{-3}) \\ &= 163741.2 \text{ J} = 1.637 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

আমৰা জানি, $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$

$$\text{বা, } \Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$$= 2.596 \times 10^6 \text{ J} - 1.637 \times 10^5 \text{ J} = 2.43 \times 10^6 \text{ J}$$

অতএব, অন্তঃস্বৰ শক্তিৰ পৰিবৰ্তন $2.43 \times 10^6 \text{ J}$ ।

(ii) এখানে প্ৰক্ৰিয়াটি অপ্রত্যাগামী। অপ্রত্যাগামী প্ৰক্ৰিয়ায় এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন গাণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰা হৈলো—
ধৰি, এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন dS

১ম ক্ষেত্ৰে, 20°C তাপমাত্ৰার পানিকে 100°C তাপমাত্ৰার পানিতে পৰিণত কৰা হয়।

পানিৰ ভৰ, $m = 1 \text{ kg}$

আদি তাপমাতা, $T_1 = 20^{\circ}\text{C} = (20 + 273) \text{ K} = 293 \text{ K}$

চৰ্ডান্ত তাপমাতা, $T_2 = 100^{\circ}\text{C} = (100 + 273) \text{ K} = 373 \text{ K}$

পানিৰ আপেক্ষিক তাপ, $S = 4.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন, $dS_1 = ?$

$$\begin{aligned} \text{আমৰা জানি, } dS_1 &= \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = mS \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} \\ &= mS [\ln T]_{T_1}^{T_2} \\ &= mS [\ln T_2 - \ln T_1] \\ &= 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} [\because \ln 373 - \ln 293] \\ \therefore dS_1 &= 1013.9 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

২য় ক্ষেত্ৰে 100°C তাপমাত্ৰার পানিকে 100°C তাপমাত্ৰার বাস্পে পৰিণত কৰা হয়।

পানিৰ ভৰ, $m_2 = 1 \text{ kg}$

তাপমাতা, $T = 100^{\circ}\text{C} = (100 + 273) \text{ K} = 373 \text{ K}$

বাস্পীভবনেৰ আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ, $L_v = 2260 \text{ kJ kg}^{-1}$

$$= 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$$

এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন, $dS_2 = ?$

$$\begin{aligned} \text{আমৰা জানি, } dS_2 &= \frac{dQ}{T} = \frac{mL_v}{T} = \frac{1 \text{ kg} \times 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}}{373 \text{ K}} \\ &= 6058.98 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{মোট এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন, } dS &= dS_1 + dS_2 \\ &= (1013.9 + 6058.98) \text{ J K}^{-1} \\ &= 7072.88 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

যেহেতু এন্ট্ৰপিৰ পৰিবৰ্তন শূন্য নয়, তাই প্ৰক্ৰিয়াটি অপ্রত্যাগামী।

সমস্যা ৮৮। A ও B দুটি সিলিন্ডাৰে ঘৰ্ষণবিহীন পিস্টন দ্বাৰা 2 atm চাপে ও 27°C তাপমাত্ৰায় 2 g হিলিয়াম গ্যাস আছে। A আদৰ্শ তাপ পৰিবাৰ্হী ও B আদৰ্শ তাপ অপৰিবাৰ্হী। উভয় পিস্টন থেকে বল F অপসাৰণ কৰা হলো। (i) B সিলিন্ডাৰে চৰ্ডান্ত তাপমাতাৰ নিৰ্ণয় কৰ। (ii) A ও B উভয়ৰ A ক্ষেত্ৰে হিলিয়াম কৃত কাজ সমান হবে কী না? গাণিতিক বিশ্লেষণেৰ সাহায্যে দেখাও।

সমাধান : (i) B সিলিন্ডাৰটি আদৰ্শ তাপ অপৰিবাৰ্হী পদাৰ্থে তৈৰি। তাই B সিলিন্ডাৰেৰ গ্যাসটি পৰিবেশেৰ সাথে তাপেৰ আদান-প্ৰদান

করতে পারবে না বিধায় এর প্রসারণ প্রক্রিয়াটি বৃদ্ধতাপীয়। বায়ুক প্রযুক্ত বল F অপসারণ করায় B সিলিডারের গ্যাস প্রসারিত হবে এবং চূড়ান্ত চাপ 1 বায়ুমণ্ডলীয় (atm) চাপের সমান হবে।

এ প্রক্রিয়ায়, আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 27^\circ\text{C} = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$

আদি চাপ, $P_1 = 2 \text{ atm}$

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 1 \text{ atm}$

হিলিয়াম (এক পরমাণুক) গ্যাসের জন্য, $\gamma = 1.66$

বের করতে হবে, চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$$\text{আমরা জানি, } P_1^{\gamma} T_1^{1-\gamma} = P_2^{\gamma} T_2^{1-\gamma}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\gamma} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1-\gamma}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

$$\therefore T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

$$= 300 \text{ K} \times \left(\frac{2 \text{ atm}}{1 \text{ atm}}\right)^{\frac{1.66}{1 - 1.66}}$$

$$= 52.5 \text{ K}$$

(ii) A সিলিডারটি আদর্শ তাপ পরিবাহী পদার্থে তৈরি হওয়ায় এক্ষেত্রে গ্যাসটি পরিবেশের সাথে অবাধে তাপের আদান-প্রদান করতে পারবে। ফলে বায়ুক প্রযুক্ত বল F অপসারণ করা হলে A সিলিডারের গ্যাসটি সমূক প্রক্রিয়ার মধ্যদিয়ে যাবে। অর্থাৎ এ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকবে। এ প্রক্রিয়া শেষে গ্যাসের চাপ হবে 1 atm।

এ প্রক্রিয়ায় হিলিয়াম গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজ,

$$W_1 = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$= \frac{m}{M} RT \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \quad [\because \text{সমোক প্রক্রিয়ায় } P_1 V_1 = P_2 V_2]$$

$$= \frac{2 \text{ g}}{4 \text{ g}} \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (300 \text{ K}) \times \ln \left(\frac{2 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} \right)$$

$$= 864.42 \text{ J}$$

B সিলিডারের বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

$$W_2 = \frac{nR [T_2 - T_1]}{1 - \gamma}$$

$$= \frac{mR [T_2 - T_1]}{M(1 - \gamma)}$$

$$= \frac{2 \text{ g} \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (52.5 \text{ K} - 300 \text{ K})}{4 \text{ g} \times (1 - 1.66)}$$

$$= 1558.9 \text{ J}$$

W_1 ও W_2 এর যান ধনাত্মক হওয়ায় স্পষ্ট যে, উভয় সিলিডারের ক্ষেত্রে গ্যাস, পরিবেশের ওপর কাজ সম্পন্ন করবে। তবে কাজের পরিমাণ ভিত্তি হবে।

সুই ক্ষেত্রে কৃতকাজের অনুপাত = $864.42 \text{ J} : 1558.9 \text{ J} = 1 : 1.8$

সমস্যা ৮৯। বনক ও কনক বিজ্ঞান বিভাগের শিক্ষার্থী। স্যাবে বনক STP তে 1 mole O_2 , এবং কনক 1 mole CO_2 পৃথক সিলিডারে সংরক্ষণ করলো। বনক ধীরে ধীরে তাপ প্রয়োগ করে গ্যাসকে টিগুণ প্রসারিত করলো। অপরদিকে কনক উত্ত পরীক্ষাটি একই পরিমাণ দ্রুত প্রসারিত করে দেখতে পেল তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে। (i) কনকের পরীক্ষার ফল চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। (ii) উভয়ের পরীক্ষায় চূড়ান্ত চাপ অভিন্ন হবে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

সমাধান : (i) কনকের পরীক্ষাটি হলো বৃদ্ধতাপীয়, কারণ এ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অতি দ্রুত প্রসারণ ঘটে বলে তা পরিবেশের সাথে তাপের স্নেদনেন করতে পারে না।

এ বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 273 \text{ K} (\because \text{STP})$

আদি আয়তন V_1 হলে চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = 2V_1$,

CO_2 এর জন্য, $\gamma = 1.33$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

আমরা জানি, $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

$$\therefore T_2 = 273 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{1.33-1}$$

$$= 217.2 \text{ K}$$

$$= (217.2 - 273)^\circ\text{C} = - 55.82^\circ\text{C}$$

(ii) উভয়ের পরীক্ষায় আদি চাপ, $P_1 = 1 \text{ atm} [\because \text{STP}]$

কনকের বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত চাপ P_2 হলে,

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

$$\text{বা, } P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$$

$$\text{বা, } P_2 = 1 \text{ atm} \times \left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^{1.33} = 0.4 \text{ atm}$$

রনকের পরীক্ষাটি সমোক প্রক্রিয়া। কারণ গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ধীরে ধীরে করায় তা পরিবেশের সাথে তাপ আদান-প্রদানের যথেষ্ট সময় পেয়েছে এবং উত্ত তাপ আদান-প্রদান করে গ্যাসের ধূব তাপমাত্রা বজায় রেখেছে। এরূপ প্রক্রিয়ায়,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\therefore P_2 = P_1 \frac{V_1}{V_2} = 1 \text{ atm} \times \frac{2V_1}{2V_1} = 0.5 \text{ atm}$$

যেহেতু $0.4 \text{ atm} \neq 0.5 \text{ atm}$

সুতরাং, উভয়ের পরীক্ষায় চূড়ান্ত চাপ একই ধাকবে না।

সমস্যা ৯০। STP তে 32 g হিলিয়াম গ্যাসকে প্রথমে সমোক ও পরে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় আয়তন তিনগুণ সংকুচিত করা হলো। (i) C_p ও C_v হিসাব কর। (ii) বিতীয় ক্ষেত্রে চূড়ান্ত চাপ ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। (iii) উভয় ক্ষেত্রে কৃত কাজ অভিন্ন হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

সমাধান : (i) বর্ণিত গ্যাসটি হলো হিলিয়াম

এর জন্য C_p ও C_v এর অনুপাত,

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.66 = \frac{5}{3}$$

$$\text{বা, } C_p = \frac{5}{3} C_v \dots \dots \dots (1)$$

আবার, $C_p - C_v = R = 8.314 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$ [যেকোনো গ্যাসের ক্ষেত্রে]

$$\text{বা, } \frac{5}{3} C_v - C_v = R$$

$$\text{বা, } \frac{2}{3} C_v = R$$

$$\therefore C_v = \frac{3}{2} R = 1.5 \times 8.314 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 12.47 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

(ii) নৎ সমীকরণে C_v এর যান বসিয়ে পাই,

$$C_p = \frac{5}{3} \times 12.47 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1} = 20.783 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

(iii) প্রদত্ত তথ্য হতে, গ্যাসের মোল সংখ্যা, $n = \frac{m}{M} = \frac{32 \text{ g}}{4 \text{ g}} = 8$

সমোক প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, ধূব তাপমাত্রা, $T = 273 \text{ K}$

$$\therefore \text{সমোক প্রক্রিয়ার কৃতকাজ, } W = nRT \ln \frac{V_1}{V_2}$$

$$= 8 \times 8.314 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 273 \text{ K} \times \ln \left(\frac{3V_1}{V_1} \right)$$

$$= 19948.4 \text{ J}$$

বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 273 \text{ K}$

$$\text{এবং চূড়ান্ত তাপমাত্রা } T_2 \text{ হলে,}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

$$= 273 \text{ K} \times \left(\frac{3V_1}{V_2} \right)^{1.66-1} \quad [\text{হিলিয়াম এক পরমাণুক গ্যাস}]$$

$$= 132.2 \text{ K}$$

∴ বৃষ্টতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

$$W' = \frac{nR[T_1 - T_2]}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{8 \times 8.314 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1} [273 \text{ K} - 132.2 \text{ K}]}{1.66 - 1} = 14189.2 \text{ J}$$

$$\therefore W : W' = 19948.4 : 14189.2 = 1.41 : 1.$$

যেহেতু $W \neq W'$ তাই উভয়ক্ষেত্রে কৃতকাজ অভিন্ন হবে না।

সমস্যা ১১। একটি কার্নো ইঞ্জিনে কার্যকর বন্ধু হিসেবে অঙ্গীজেন গ্যাস ব্যবহার করা হয়। ইঞ্জিনটির তাপ উৎসের তাপমাত্রা 600 K এবং কৃত কাজের প্রতি ধাপে সংকোচন ও প্রসারণ এর অনুপাত $1 : 6$ । (i) তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। (ii) ইঞ্জিনটির দক্ষতা হিসুগ করা সম্ভব কি না? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

সমাধান: দেওয়া আছে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 600 \text{ K}$

কার্নো চক্রের ২য় ধাপে (বৃষ্টতাপীয় প্রসারণ) আদি আয়তন V_1 এবং চূড়ান্ত আয়তন V_2 হলে, $V_1 : V_2 = 1 : 6$

অঙ্গীজেনের জন্য মোলার আপেক্ষিক তাপের অনুপাত, $\gamma = 1.41$

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, T_2 হলে,

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\therefore T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 600 \text{ K} \times \left(\frac{1}{6} \right)^{1.41-1} = 287.8 \text{ K}$$

ইহাই কার্নো ইঞ্জিনটির তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা।

(ii) প্রদত্ত উপর্যুক্ত হতে পাওয়া যায়, কার্নো ইঞ্জিনটির বর্তমান দক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{287.8 \text{ K}}{600 \text{ K}} = 0.5203 = 52.03\%$

কার্নো ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতার হিসুগ মান, $\eta' = 2\eta = 2 \times 52.03\% = 104.0\% > 100\%$

আমরা জানি, কোনো কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% বা এর চেয়ে বেশি হতে পারে না।

সুতরাং, উদ্দীপকের কার্নো ইঞ্জিনটির দক্ষতা হিসুগ করা সম্ভব নয়।

সমস্যা ১২। পদার্থবিজ্ঞান শ্যাবে মুনতাহা ও অন্তর একটি আদর্শ গ্যাসকে 27°C তাপমাত্রা ও 76 cm পারদ চাপে যথক্রমে সমোক্ষ ও বৃষ্টতাপীয় প্রক্রিয়ায় আয়তন অর্ধেক করল। $\gamma = 1.4$ [(i) অন্তর গ্যাসটি চূড়ান্ত চাপ কর নির্ণয় করবে? (ii) কে বেশি কাজ করেছিল? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।]

সমাধান: (i) অন্তর তাপগতীয় প্রক্রিয়াটি হলো বৃষ্টতাপীয়

আদি আয়তন V_1 হলে চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = \frac{V_1}{2}$

আদি চাপ, $P_1 = 76 \text{ cm HgP}$

মোলার আপেক্ষিক তাপের আয়তন, $\gamma = 1.4$

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = ?$

আমরা জানি, $P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$

$$\therefore P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma} = 76 \text{ cm HgP} \times \left(\frac{V_1}{\frac{V_1}{2}} \right)^{1.4-1} = 200.6 \text{ cm HgP.}$$

(ii) মুনতাহা তাপগতীয় প্রক্রিয়াটি হলো সমোক্ষ। এ প্রক্রিয়ায় ধ্বনি তাপমাত্রা, $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$

এ প্রক্রিয়ায় প্রতি মোল গ্যাসের জন্য কৃতকাজ, $W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$

$$= 1 \text{ mole} \times 8.314 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K} \times \ln \frac{2}{\frac{V_1}{2}}$$

$$= -1728.8 \text{ J mole}^{-1}$$

অন্তরার তাপগতীয় প্রক্রিয়াটি হলো বৃষ্টতাপীয়।

এ প্রক্রিয়ার আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 300 \text{ K}$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা T_2 হলে, $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 300 \text{ K} \times \left(\frac{\frac{V_1}{2}}{V_2} \right)^{1.4-1} = 395.85 \text{ K.}$$

∴ অন্তরার প্রতি মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজ,

$$W' = \frac{nR[T_2 - T_1]}{1 - \gamma}$$

$$= \frac{1 \text{ mole} \times 8.314 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1} \times [395.85 \text{ K} - 300 \text{ K}]}{1 - 1.4}$$

$$= -1992.2 \text{ J mole}^{-1}$$

লক্ষ্যনীয় যে, $1992.2 \text{ J mole}^{-1} > 1728.8 \text{ J mole}^{-1}$

সুতরাং, মুনতাহা ও অন্তরার মধ্যে অন্তরার বেশি কাজ করেছে।

সমস্যা ১৩। দুটি কার্নো ইঞ্জিন A ও B। A ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 313 K এবং প্রসারণ বা সংকোচনে অনুপাত $1 : 2$; B ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 323 K এবং প্রসারণ বা সংকোচনের অনুপাত $1 : 3$ উভয় ইঞ্জিনে কার্য নির্বাহক বন্ধু হিসেবে 1 mole দিপারমাণবিক গ্যাস ব্যবহৃত হয়েছে। (i) A ইঞ্জিনের কার্নো চক্রের প্রথম ধাপে কৃত কাজ নির্ণয় কর। (ii) দুটি ইঞ্জিনের কোনটি অধিক কার্যকর? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। Hints : $W = nRt \ln \frac{V_2}{V_1}$

সমাধান: (i) ১ম কার্নো চক্রে,

মোল সংখ্যা, $n = 1 \text{ mole}$

সার্বজনীন গ্যাসধ্বনি, $R = 8.31 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$

তাপমাত্রা, $T = 313 \text{ K}$

প্রসারণ বা সংকোচনের অনুপাত, $\frac{V_1}{V_2} = 1 : 2 = \frac{1}{2}$

A হতে B তে আনতে কৃতকাজ, $W = ?$

$$\text{আমরা জানি, } W = nRT \ln \frac{V_1}{V_2}$$

$$= 1 \times 8.31 \times 313 \times \ln \left(\frac{2}{1} \right) = 1802.9 \text{ J.}$$

(ii) প্রথম কার্নো চক্রের জন্য পাই,

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} \quad \begin{cases} \text{এখানে,} \\ T_1 = 313 \text{ K} \end{cases}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} \quad \begin{cases} \gamma = 1.4 \\ \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$\text{বা, } T_2 = 313 \times \left(\frac{1}{3} \right)^{1.4-1}$$

$$\therefore T_2 = 237.21 \text{ K}$$

$$\therefore \text{প্রথম ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা, } \eta_1 = \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{237.21}{313} \right) \times 100\%$$

$$= 24.21\%$$

আবার, বিতীয় কার্নো চক্রের জন্য,

$$T_2' = T_1' \left(\frac{V_2'}{V_3'} \right)^{\gamma-1} \quad \begin{cases} \text{এখানে,} \\ T_1' = 323 \text{ K} \end{cases}$$

$$= 323 \times \left(\frac{1}{3} \right)^{1.4-1} \quad \begin{cases} \gamma = 1.4 \\ \frac{V_2'}{V_3'} = \frac{1}{3} \end{cases}$$

$$= 208.14 \text{ K} \quad \therefore \text{বিতীয় ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা, } \eta_2 = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1'} \right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{208.14}{323} \right) \times 100\%$$

$$= 35.56\%$$

$\therefore \eta_2 > \eta_1$

সুতরাং, বিতীয় ইঞ্জিনটি অধিক কর্মদক্ষ।



সমস্যা ১৪। একটি কার্নেল ইঞ্জিন 440.6° F তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে 200 J তাপ প্রদান করে এবং তাপমাত্রাকে 100 J তাপ বর্জন করে। (i) উৎসের তাপমাত্রা পরম ক্ষেত্রে নির্ণয় কর। (ii) উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60% করা সম্ভব কি না? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (i) দেওয়া আছে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $F = 440.6^{\circ} \text{ F}$ বের করতে হবে, পরম ক্ষেত্রে তাপমাত্রা, $K = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

$$\text{বা, } K - 273 = \frac{5}{9}(F - 32) = \frac{5}{9}(440.6 - 32) = 227$$

$$\therefore K = 273 + 227 = 500 \text{ K.}$$

(ii) উৎসের তাপমাত্রার কোনোরূপ পরিবর্তন না করে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60% করা সম্ভব। এক্ষেত্রে তাপমাত্রাকের নির্দিষ্ট তাপমাত্রা বাছাই করতে হবে।

মনে করি, তাপমাত্রাকের এ তাপমাত্রা T_2 (K)

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 500 \text{ K}$

দক্ষতা, $\eta = 60\% = 0.6$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta = 1 - 0.6 = 0.4$$

$$\therefore T_2 = T_1 \times 0.4 = 500 \text{ K} \times 0.4 = 200 \text{ K}.$$

সুতরাং, উৎসের তাপমাত্রার কোনোরূপ পরিবর্তন না করে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60% করা সম্ভব, যদি তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা 200 K হয়।

সমস্যা ১৫। একটি কার্নেল ইঞ্জিনে কার্নেল চক্র সম্পন্ন করার সময় 127° C তাপমাত্রার তাপ উৎস থেকে 800 J তাপ শোষণ করে 27° C তাপমাত্রার তাপমাত্রাকে 600 J তাপ বর্জন করে। (i) ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর। (ii) প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

সমাধান : (i) দেওয়া আছে,

উচ্চ তাপমাত্রার তাপমাত্রা, $T_1 = 127^{\circ} \text{ C} = (127 + 273) \text{ K} = 400 \text{ K}$

নিম্ন তাপমাত্রার তাপমাত্রা, $T_2 = 27^{\circ} \text{ C} = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$

বের করতে হবে, কর্মদক্ষতা, $\eta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300 \text{ K}}{400 \text{ K}} = 0.25 = 25\%.$$

(ii) দেওয়া আছে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 127^{\circ} \text{ C} = 400 \text{ K}$

তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা, $T_2 = 27^{\circ} \text{ C} = 300 \text{ K}$

কার্নেল ইঞ্জিনের শোষিত তাপ, $Q_1 = 800 \text{ J}$

এবং বর্জিত তাপ, $Q_2 = 600 \text{ J}$

∴ তাপ উৎসের বর্জিত তাপ, $dQ_1 =$ ইঞ্জিনের শোষিত তাপ, $Q_1 = 800 \text{ J}$

$$\therefore \text{তাপ উৎসের এন্ট্রপি হ্রাস, } dS_1 = -\frac{dQ_1}{T_1} = -\frac{800 \text{ J}}{400 \text{ K}} = -2 \text{ JK}^{-1}$$

আবার, তাপমাত্রাকের গৃহীত তাপ, $dQ_2 =$ ইঞ্জিনের বর্জিত তাপ, $Q_2 = 600 \text{ J}$

$$\therefore \text{তাপমাত্রাকের এন্ট্রপি বৃদ্ধি, } dS_2 = \frac{dQ_2}{T_2} = \frac{600 \text{ J}}{300 \text{ K}} = 2 \text{ JK}^{-1}$$

তাহলে এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2$

$$= -2 \text{ JK}^{-1} + 2 \text{ JK}^{-1}$$

$$= 0 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে, যেহেতু মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন শূন্য সেহেতু প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া।

সমস্যা ১৬। একটি কার্নেল ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে 700 K তাপমাত্রার 1200 J তাপ প্রদান করে। আবার তাপ প্রাণকে 400 J তাপ বর্জন করে। তাপ প্রাণকের তাপমাত্রা পরিবর্তন করে দক্ষতার হ্রাস-বৃদ্ধি করা সম্ভব। (i) ইঞ্জিনের দক্ষতা ও এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী? (ii) তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা কী পরিমাণ পরিবর্তন করলে দক্ষতা 90% পাওয়া যাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

সমাধান : (i) আমরা জানি,

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{400}{1200}\right) \times 100\%$$

$$= \frac{800}{1200} \times 100\%$$

$$= 66.66\%$$

∴ ইঞ্জিনের দক্ষতা 66.66% .

প্রত্যাগামীতা নির্ণয় :

এ বইয়ের ৬৭ নং প্রশ্নের সমাধানের অনুরূপ।

(ii) আমরা জানি,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 90\% = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } \frac{9}{10} = 1 - \frac{T_2'}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{T_1} = 1 - \frac{9}{10}$$

$$\text{বা, } T_2' = \left(1 - \frac{9}{10}\right) \times 700$$

$$\therefore T_2' = 70 \text{ K}$$

$$\text{আবার, } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{T_1}{Q_1} \times Q_2 = \frac{700}{1200} \times 400 = 233.33 \text{ K}$$

$$\therefore \text{তাপমাত্রা কমাতে হবে} = (233.33 - 70) \text{ K} = 163.3 \text{ K.}$$

সমস্যা ১৭। দুটি ইঞ্জিন A ও B এক সাথে কাজ করছে। A, 600 K তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে তাপ প্রদান এবং T তাপমাত্রায় তাপমাত্রাকে তাপ প্রদান করে। B, T তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে তাপ প্রদান করে এবং 150 K তাপমাত্রায় তাপমাত্রাকে তাপ প্রদান করে। (i) A ও B সমপরিমাণ কাজ সম্পাদন করলে T-এর মান নির্ণয় কর। (ii) যদি A ও B এর দক্ষতা সমান হয়, তাহলে T-এর মান বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে হবে? গাণিতিক যুক্তি দাও।

সমাধান : (i) এখানে, A ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা = 600 K

এবং তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা = T

B ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা = T

এবং তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা = 150 K

যেহেতু, উভয় ইঞ্জিনের কৃতকাজ সমান

$$\therefore W_A = W_B$$

$$\text{বা, } 600 - T = T - 150$$

$$\text{বা, } 2T = 600 - 150 = 450$$

$$\therefore T = 225 \text{ K.}$$

(ii) উভয় ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা সমান হলে, $\eta_A = \eta_B$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T}{600} = 1 - \frac{150}{T}$$

$$\text{বা, } \frac{T}{600} = \frac{150}{T}$$

$$\text{বা, } T^2 = 600 \times 150$$

$$\therefore T = 300 \text{ K}$$

এখানে, $T > 225 \text{ K}$ তাই T এর মান বাঢ়াতে হবে = $(300 - 225) \text{ K} = 75 \text{ K}$ ।

(১) সেট-৪ : ভর্তি পরীক্ষায় আসা সমস্যাবলি

সমস্যা ১৮। একটি গ্যাসের 300 K তাপমাত্রায় ৩ $\times 10^4$ Pa চাপে 0.001 m^3 গ্যাস আছে। গ্যাসটিকে অথবে সমোক প্রসারণ করা হলো এবং পরে বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ায় আবারও প্রসারণ করা হলো, এতি কেবলই অনুপাত ১:২। প্রসারণে ঘোট কাজের পরিমাণ বের কর। [বৃহেট '১৭-১৮]

সমাধান : সমোক প্রসারণের ক্ষেত্রে কৃতকাজ,

$$W_1 = RT \ln \frac{V_2}{V_1} = 8.4 \times 300 \times \ln \left(\frac{2}{1} \right) = 1746.73 \text{ J}$$

$$\text{বৃক্ষতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে, } T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \times T_1 = \left(\frac{1}{2} \right)^{1.4-1} \times 300 = 227.36 \text{ K}$$

$$\text{কৃতকাজ, } W_2 = \left(\frac{nR}{1-\gamma} \right) (T_2 - T_1)$$

$$= \left(\frac{8.5}{1-1.4} \right) (227.36 - 300) = 1525.44 \text{ J}$$

$$\therefore \text{ঘোট কাজ } W = W_1 + W_2 = (1746.73 + 1525.44) \text{ J} = 3272.17 \text{ J}$$

সমস্যা ১৯। এন্ট্রপি বলতে কি বুঝ? 100 °C তাপমাত্রায় 4 kg পানিকে 100 °C তাপমাত্রার বাল্পে পরিণত করা হলো। এন্ট্রপির বৃদ্ধি বের কর। [বৃহেট '১৭-১৮]

সমাধান : এন্ট্রপি : কোনো সিস্টেমের শক্তি বৃপ্তির অপ্রাপ্ততাকে বা অসম্ভাব্যতাকে বা বৃপ্তির জন্য শক্তির অপ্রাপ্ততাকে এন্ট্রপি বলে।

$$dS = \frac{mI_f}{T} = \frac{4 \times 2.268 \times 10^6}{373} = 2.42 \times 10^4 \text{ JK}^{-1}$$

সমস্যা ১০০। 20 °C তাপমাত্রায় 20 kg পানিকে 100 °C তাপমাত্রার বাল্পে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হবে? [বাস্পীভনের সূত্র তাপ = $2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$] [কুরেট '১৭-১৮]

$$\text{সমাধান : } dS = \frac{dQ}{dT}$$

$$\begin{aligned} &= mS \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{mI_f}{T} \\ &= 20 \times 4200 \ln \frac{373}{293} + \frac{20 \times 2.26 \times 10^6}{373} \\ &= 1.41 \times 10^5 \text{ JK}^{-1} \end{aligned}$$

সমস্যা ১০১। 1.2 atm চাপ এবং 310 K তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন 4.3 L, বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসকে সংকুচিত করে আয়তন 0.76 L করা হলো। গ্যাসটির (ক) চূড়ান্ত চাপ এবং (খ) চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। [গ্যাসটিকে আদর্শ গ্যাস হিসাবে বিবেচনা করা যাব যাই $\gamma = 1.4$] [বৃহেট '১৮-১৫]

সমাধান : (ক) আমরা জানি,

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$\text{বা, } P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$$

$$= 1.2 \text{ atm} \left(\frac{4.3 \text{ L}}{0.76 \text{ L}} \right)^{1.4}$$

$$= 13.5799 \text{ atm}$$

(খ) আমরা জানি, $T_2 V_2^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 310 \text{ K} \times \left(\frac{4.3}{0.76} \right)^{1.4-1} = 620.0456 \text{ K}$$

অতএব, চূড়ান্ত তাপমাত্রা 620.0456 K।

সমস্যা ১০২। একটি কার্নো চক্র প্রাথমিক 327 °C তাপমাত্রার কাছ সম্পর্ক করে। প্রতিটি খালে সহকোচন বা প্রসারণের অনুপাত 1 : 6 হলে কার্নো চক্রের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা এবং দক্ষতা নির্ণয় কর। [$\gamma = 1.4$] [বৃহেট '০৭-০৮]

সমাধান : ধরি, কার্নোচক্রের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা T_2 এবং দক্ষতা η

আমরা জানি,

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \times T_1$$

$$= \left(\frac{1}{6} \right)^{1.4-1}$$

$$= (0.167)^{0.4} \times 600 \text{ K}$$

$$= 293.25 \text{ K}$$

$$\therefore \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\% = \frac{600 \text{ K} - 293.25 \text{ K}}{600 \text{ K}} \times 100\% = 51\%$$

অতএব, কার্নোচক্রের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা 293.25 K এবং দক্ষতা 51%।

সমস্যা ১০৩। যদি $0 ^\circ \text{C}$ তাপমাত্রায় 15 g বরফকে 60 °C তাপমাত্রায় 60 gm পানির সাথে মিশানো হয়, মিশ্রণের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। [চুরেট '১০-১৪]

সমাধান : ধরি, শেষ তাপমাত্রা = θ °C

আমরা জানি,

এখানে,

প্রাথমিক তাপমাত্রা, $\theta_1 = 0 ^\circ \text{C}$

শেষ তাপমাত্রা, $\theta_2 = 60 ^\circ \text{C}$

বরফের ভর, $m_1 = 15 \text{ g}$

$= 0.015 \text{ K}$

পানির ভর, $m_2 = 60 \text{ gm}$

$= 0.06 \text{ kg}$

পানির আপেক্ষিক তাপ,

$s = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

বরফ গলনের সূত্রাপ

$I_f = 336000 \text{ J kg}^{-1}$

অতএব, মিশ্রণের তাপমাত্রা $32 ^\circ \text{C}$ ।

সমস্যা ১০৪। একটি পারমাণবিক বোমা বিস্কোরিত হলে সৃষ্টি আগনুলোকের গোলকের ব্যাসার্ড হয় 100 m এবং এর তাপমাত্রা 10^5 K । যদি গোলকটি বৃক্ষতাপ পদ্ধতিতে 1000 m ব্যাসার্ড বর্ষিত হয় তবে এর সম্ভাব্য তাপমাত্রা কত? $\left[\frac{C_p}{C_v} = 1.66 \right]$ [বৃহেট '১০-১৪; চুরেট '০৫-০৬]

সমাধান : $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

$$\therefore T_1 r_1^{3(\gamma-1)} = T_2 r_2^{3(\gamma-1)}$$

$$\therefore 10^5 \times 100^{3(1.66-1)} = T_2 \times 1000^{3(1.66-1)}$$

$$\therefore T_2 = 1047.12855 \text{ K}$$

সমস্যা ১০৫। $0 ^\circ \text{C}$ তাপমাত্রায় 1 kg বরফকে 100 °C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি নির্ণয় কর। [বৃহেট '১০-১৪]

সমাধান : $\Delta S = \frac{mI_f}{T_1} + ms \ln \frac{T_2}{T_1}$

$$= \frac{1 \times 336000}{273} + 1 \times 4200 \times \ln \frac{373}{273} = 2541.6171 \text{ JK}^{-1}$$

সমস্যা ১০৬। একটি কৃষকবুরু ক্ষেত্রকল $3 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ এবং তাপমাত্রা $727 ^\circ \text{C}$ । বুরুটি কী হারে তাপ বিকিরণ করবে? কত তাপমাত্রার বিকিরণের হার তিনগুণ হবে? [স্টিকেনের ধূবক $5.7 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{K}^{-4}$] [বৃহেট '১২-১৩]

সমাধান : $E = \sigma AT^4 \dots (1)$

$$= \{(5.7 \times 10^{-8}) \times (3 \times 10^{-8}) \times (727 + 273)^4\} \text{ Js}^{-1}$$

$$= 1.71 \times 10^{-3} \text{ J/s}$$

ধরি, T_2 তাপমাত্রায় বিকিরণের হার তিনগুণ হয়।

$$\therefore E_2 = 3E;$$

$$E_2 = \sigma AT_2^4 \dots (2)$$

(2) + (1);

$$\frac{E_2}{E} = \frac{T_2^4}{T_1^4}$$

$$\text{বা, } \frac{3E}{E} = \frac{T_2^4}{(1000K)^4}$$

$$\text{বা, } T_2 = 1316.07 \text{ K.}$$

সমস্যা ১০৭। এক রোগীর দেহের তাপমাত্রা একটি ত্বরিত ধার্মোমিটারের সাহায্যে ঘেপে 45°C পাওয়া গেল। যদি এ ধার্মোমিটারে বরফ বিশু এবং বাষ্পবিশু যথাক্রমে 3°C এবং 107°C তে পাওয়া যাবে, তাহলে রোগীর দেহের প্রকৃত তাপমাত্রা কারণেনহাইট ক্ষেত্রে বের কর।

[বুলেট '০৪-০৫]

সমাধান : এখানে, $T_0 = 45^{\circ}\text{C}$

$$T_0 = 3^{\circ}\text{C}; T_{100} = 107^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{T_0 - T_0}{T_{100} - T_0} = \frac{F - 32}{F - 32}$$

$$T_{100} - T_0 = 212 - 32$$

$$\text{বা, } \frac{45 - 3}{107 - 3} = \frac{F - 32}{180}$$

$$\text{রা, } F = \frac{42}{104} \times 180 + 32 = 104.69^{\circ}\text{F}$$

সমস্যা ১০৮। 10°C তাপমাত্রার 5 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে এন্ট্রিপির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

[বুলেট '১১-১২]

সমাধান : এন্ট্রিপির পরিবর্তন,

$$\begin{aligned} S &= \int_{T=283}^{T=373} \frac{dQ}{T} = \int_{T=283}^{T=373} \frac{mSdT}{T} = mS \int_{283}^{373} \frac{dT}{T} \\ &= mS [\ln T]_{283}^{373} = 5 \times 4200 \times \ln \frac{373}{283} = 5798.76 \text{ JK}^{-1} \end{aligned}$$

সমস্যা ১০৯। ব্রাতৃবিক তাপমাত্রা ও চাপে কিছু শূক্র বায়ু সংলগ্নিত প্রক্রিয়ায় সংলগ্নিত করে এবং আয়তন অর্থেক করা হলে, চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর।

[বুলেট '১২-১৩]

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১১০। 27°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস হঠাতে অসারিত হয়ে বিশুণ আয়তন লাভ করে। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? (দেওয়া আছে, $\gamma = 1.40$)

[বুলেট '১০-১১]

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৯নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

৩. ড. আমির হোসেন খান, মোহাম্মদ ইসহাক ও ড. মো. নজরুল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা ১। (ক) 6 cal তাপ সম্পূর্ণরূপে কাজে ব্যুৎপন্ন করলে কত জুল কাজ পাওয়া যাবে? (খ) 30 J কাজ সম্পূর্ণরূপে তাপে ব্যুৎপন্ন করলে কত ক্যালরি তাপ পাওয়া যাবে?

সমাধান : (ক) ধরি, কাজের পরিমাণ W

আমরা জানি, $W = JH$

$$= 4.2 \text{ J cal}^{-1} \times 6 \text{ cal} = 25.2 \text{ J}$$

সূতরাং কাজের পরিমাণ 25.2 J ।

(খ) ধরি, তাপ H

আমরা জানি, $W = JH$

$$\text{বা, } H = \frac{30 \text{ J}}{4.2 \text{ J cal}^{-1}} = 7.14 \text{ cal}$$

সূতরাং তাপের পরিমাণ 7.14 cal

এখানে, কাজ, $W = 30 \text{ J}$

$$\text{জুল তুল্যাঙ্ক, } J = 4.27 \text{ J cal}^{-1}$$

সমস্যা ২। 127°C তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট গ্যাস হঠাতে অসারিত হয়ে বিশুণ আয়তন লাভ করে। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ($\gamma = 1.4$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৯নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ৩। 200 m s^{-1} বেগ প্রাপ্ত একটি সীসার বুলেট কোথাও থামিয়ে দেয়ার ফলে সমস্ত গতিশক্তি তাপে পরিণত হলো। বুলেটের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাবে? [সীসার আপেক্ষিক তাপ $126 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$]

সমাধান : ধরি, তাপমাত্রা বৃদ্ধি ΔT

এখানে, বুলেটের বেগ, $v = 200 \text{ m s}^{-1}$

সীসার আপেক্ষিক তাপ, $S = 126 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$$\therefore \text{বুলেটের গতিশক্তি} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times (200 \text{ m s}^{-1})^2$$

আবার, উৎপন্ন তাপ, $Q = mS\Delta T = m \times 126 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times \Delta T$

$$\text{শর্তনুসারে, } \frac{1}{2} m \times (200 \text{ m s}^{-1})^2 = m \times 126 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times \Delta T$$

$$\therefore \Delta T = \frac{\frac{1}{2} \times (200)^2}{126} \text{ K} = 158.73 \text{ K}$$

সূতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ 158.73 K ।

সমস্যা ৪। পিস্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারে কিছু গ্যাস আবাস্থ আছে।

গ্যাসের চাপ 400 Pa -এ শিরী রেখে সিলিন্ডারে ধীরে ধীরে 800 J তাপশক্তি সরবরাহ করায় 1200 J কাজ সম্পাদিত হয়। গ্যাসের আয়তন এবং অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২১ নং গাণিতিক সমস্যা সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ৫। 0°C তাপমাত্রা ও ১ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসকে বৃদ্ধিতাপ প্রক্রিয়ায় সংলগ্নিত করায় এর আয়তন প্রাথমিক আয়তনের $\frac{1}{5}$ গুণ হলো। গ্যাসটির (ক) চূড়ান্ত চাপ (খ) চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। (গ) প্রক্রিয়াটি সমোক্ত হলে গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ কত হবে? [গ্যাসের $\gamma = 1.4$]

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩৩ নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ৬। 0.1 kg পানির তাপমাত্রা 20°C হতে বৃদ্ধি পেয়ে 36°C হওয়াতে পানির অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন কত হবে? [আয়তনের পরিবর্তন নগণ্য বিবেচনা কর। পানির আপেক্ষিক তাপ = $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$]

সমাধান : ধরি, পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে প্রয়োজনীয় তাপ = H

এখানে, পানির ভর, $m = 0.1 \text{ kg}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $T = 36^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 16^{\circ}\text{C}$

পানির আংতাপ, $S = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

আমরা জানি, $H = mST$

আবার, অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন W হলো,

$$W = H = mST = 0.1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 16^{\circ}\text{C} = 6720 \text{ J} = 6.72 \text{ kJ}$$

\therefore পানির অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন 6.72 kJ হবে।

সমস্যা ৭। 15°C তাপমাত্রার হিলিয়ামকে হঠাতে আয়তনে ৪ গুণ বৃদ্ধি করলে এর তাপমাত্রার পরিবর্তন বের কর? ($\gamma = \frac{5}{3}$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩১ নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ৮। 30°C তাপমাত্রার কোনো গ্যাসের উপর বৃদ্ধিতাপ প্রক্রিয়ায় চাপ বিশুণ করা হলো। তাপমাত্রা বৃদ্ধি নির্ণয় কর। ($\gamma = 1.4$)

সমাধান : ধরি, তাপমাত্রা বৃদ্ধি, ΔT

আমরা জানি,

$$T_1 \times P_1 \gamma = T_2 \times P_2 \gamma$$

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \times T_1$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1-1.4}{1.4}} \times 303 \text{ K}$$

$$= 369.36 \text{ K}$$

$$\therefore \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta T = (369.36 - 303) \text{ K} = 66.36 \text{ K}$$

অতএব, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে 66.36°C ।

এখানে, আদি তাপমাত্রা,

$$T_1 = 30^{\circ}\text{C} = (273 + 30) \text{ K} = 303 \text{ K}$$

আদি চাপ, $P_1 = P$

শেষ চাপ, $P_2 = 2P$

$$\gamma = 1.4$$

সমস্যা ১। 27°C তাপমাত্রায় 0.02 kg হাইড্রোজেন গ্যাসকে সহূচি প্রক্রিয়ায় সহানুভব কৰে প্ৰাথমিক আয়তনের এক চতুর্ভুল কৰা হলো। কৃত কাজের মান বৈৰ কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩৪নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১০। 15°C তাপমাত্রার বায়ুকে বৃপ্ততাপে অসারিত কৰে আয়তন বিগুল কৰা হলো। যদি প্ৰাথমিক চাপ । বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হয়, তবে চৃড়ত চাপ নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : 0.379 atm]

সমস্যা ১১। কৃত কাজে বৃপ্ততাপে তাপে 0°C তাপমাত্রায় 0.01 kg বৰফকে 100°C তাপমাত্রায় বাষ্পে পৱিষ্ঠ কৰা যাবে?

[$J = 4.2 \text{ জুল/ক্যালৱি}$]

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : $30.11 \times 10^3 \text{ J}$]

সমস্যা ১২। 0°C তাপমাত্রার একখন বৰফ কৃত উচ্চতা থেকে অভিকৰ্ষের টানে পড়লে তা সম্পূর্ণবৃপ্তে গলে যাবে? [ধৰ, সমষ্ট শক্তি তাপে পৱিষ্ঠ হয়েছে ও $L = 3.36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$]

সমাধান : ধৰি, উচ্চতা h এবং বৰফের ভৱ m

$$h \text{ উচ্চতায় বৰফের শক্তিশক্তি} = mgh$$

$$\text{আবাৰ, বৰফ গলতে প্ৰয়োজনীয় তাপ} = mL$$

এখানে, বৰফের শক্তিশক্তি-ই বৰফ গলনের সময় তাপে বৃপ্ততাপিত হবে।

$$\therefore mgh = mL$$

$$\text{বা, } h = \frac{L}{g} = \frac{3.36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}}{9.8 \text{ m s}^{-2}} = 3.43 \times 10^4 \text{ m}$$

নিৰ্ণয় উচ্চতা $3.43 \times 10^4 \text{ m}$ ।

সমস্যা ১৩। কৃত উচ্চতা হতে একটি বৰফের টুকুৱা অভিকৰ্ষের টানে পড়লে বে তাপ উৎপন্ন হবে তাতে বৰফের 10% গলে যাবে? এখানে ধৰ সমষ্ট যান্ত্ৰিক শক্তি তাপে পৱিষ্ঠ হয়েছে।

সমাধান : আমিৱ, ইসহাক ও নজুল স্যারের ১২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : 3428.57 m]

সমস্যা ১৪। কোনো একটি সিস্টেমে 6000 J তাপ দেওয়ায় সিস্টেমটি 400 J কাজ সম্পৰ্ক কৰে। এ প্ৰক্ৰিয়ায় সিস্টেমের অভ্যন্তৰীণ শক্তিৰ পৱিষ্ঠ নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : 5.6 kJ]

সমস্যা ১৫। একটি তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা 80% । তাপ প্ৰাহকেৱ তাপমাত্রা 127°C হলে উৎসেৱ তাপমাত্রা কত?

সমাধান : আমৱা জানি,

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{T_2}{T_1} \\ \text{বা, } \frac{80}{100} &= 1 - \frac{400}{T_1} \\ \text{বা, } \frac{400}{T_1} &= 1 - \frac{8}{10} = \frac{2}{10} \\ \text{বা, } T_1 &= \frac{400 \times 10}{2} = 2000 \text{ K} \\ \therefore \text{উৎসেৱ তাপমাত্রা} &= 2000 \text{ K} \end{aligned}$$

সমস্যা ১৬। একটি প্ৰত্যাগামী ইঞ্জিন উৎস হতে গৃহীত তাপেৰ $\frac{1}{6}$ অংশ কাজে পৱিষ্ঠ কৰে। এৰ তাপ প্ৰাহকেৱ তাপমাত্রা আৱে 62°C ছাল কৰলে এৰ দক্ষতা বিগুল হয়। তাপ উৎস ও তাপ প্ৰাহকেৱ তাপমাত্রা বৈৰ কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬৪নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : $372 \text{ K}; 310 \text{ K}$]

সমস্যা ১৭। একটি ইঞ্জিন 400 K ও 350 K তাপমাত্রায় এবং অপৰ একটি ইঞ্জিন 350 K ও 300 K তাপমাত্রায় কাজ কৰছে। কোন ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা কত বেশি?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারেৰ ৫৪নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৮। 0.01 kg পানিতে 0°C হতে 10°C তাপমাত্রায় উৎপন্ন কৰা হলো। এন্ট্ৰপিৰ পৱিষ্ঠ নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারেৰ ৬৩নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : 1.509 JK^{-1}]

সমস্যা ১৯। 0°C তাপমাত্রার 0.05 kg বৰফকে পৱিষ্ঠ একই তাপমাত্রার পানিতে পৱিষ্ঠ কৰলে এন্ট্ৰপিৰ কী পৱিষ্ঠ বৃত্তি পাৰে নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারেৰ ৬১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : 61.538 JK^{-1}]

সমস্যা ২০। দেখাৰে যে, m ভৱ ও C স্থিৰ আপেক্ষিক তাপেৰ কোনো পদাৰ্থেৰ তাপমাত্রা T_1, K থেকে T_2, K -এ পৱিষ্ঠ হলে এন্ট্ৰপিৰ পৱিষ্ঠ নিৰ্ণয়, $S_2 - S_1 = mC \log_e \frac{T_2}{T_1}$

সমাধান : এখানে, মোট তাপ, $dQ = mCdT$
দেখাতে হবে তাপমাত্রা T_1, K থেকে T_2, K -এ পৱিষ্ঠ নিৰ্ণয় কৰা জন্য এন্ট্ৰপিৰ পৱিষ্ঠ নিৰ্ণয়, $S_2 - S_1 = mC \log_e \frac{T_2}{T_1}$

আমৱা জানি, এন্ট্ৰপিৰ পৱিষ্ঠ নিৰ্ণয়, $S_2 - S_1 = \int \frac{dQ}{T}$

$$\begin{aligned} \text{এখানে, } S_2 - S_1 &= \int mC \frac{dT}{T} = mC \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T} dT \\ &= mC [\log_e T] \\ &= mC (\log_e T_2 - \log_e T_1) \\ \therefore S_2 - S_1 &= mC \log_e \frac{T_2}{T_1} \text{ (দেখানো হলো)} \end{aligned}$$

সমস্যা ২১। 10 g পানিকে 0°C থেকে 40°C তাপমাত্রায় উৎপন্ন কৰা হলো, এন্ট্ৰপিৰ পৱিষ্ঠ নিৰ্ণয় কত?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারেৰ ৬৩নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : -4.37 cal K^{-1}]

সমস্যা ২২। 127°C থেকে 27°C তাপমাত্রার মধ্যে কাৰ্যৱৰত একটি ইঞ্জিনেৰ সৰ্ভাৰ্ব সৰ্বোচ্চ দক্ষতা কত?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারেৰ ৪৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুবৃপ্ত। [উত্তৰ : 25%]

সমস্যা ২৩। কোনো কাৰ্নো চক্ৰ প্ৰাথমিক 327°C তাপমাত্রায় কাজ সম্পৰ্ক কৰে। অতিৰিক্ত ধাপে সংকোচন বা প্ৰসাৰণেৰ অনুপাত $1 : 6$ হলে কাৰ্নো চক্ৰেৰ সৰ্বনিম্ন তাপমাত্রা এবং দক্ষতা নিৰ্ণয় কৰ। [$\gamma = 1.4$]

সমাধান : ধৰি, কাৰ্নোচক্ৰেৰ সৰ্বনিম্ন তাপমাত্রা T_2 এবং দক্ষতা η আমৱা জানি,

$$\begin{aligned} T_1 V_1^{\gamma-1} &= T_2 V_2^{\gamma-1} \\ \text{বা, } T_2 &= \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1 \\ &= \left(\frac{1}{6}\right)^{1.4-1} \times 600 \text{ K} \\ &= (0.167)^{0.4} \times 600 \text{ K} = 293.25 \text{ K} \\ \therefore \eta &= \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\% = \frac{600 \text{ K} - 293.25 \text{ K}}{600 \text{ K}} \times 100\% = 51\% \end{aligned}$$

অতএব, কাৰ্নোচক্ৰেৰ সৰ্বনিম্ন তাপমাত্রা 293.25 K এবং দক্ষতা 51% ।

সমস্যা ২৪। 1 m ভরের একটি সীসার গুলি একটি গাছের দিকে ঝোঁঢ়া হলো। গাছে ঢোকার ও অপর পার্শ্বে বের হওয়ার সময় গুলিটির বেগ যথাক্রমে 500 m s^{-1} ও 300 m s^{-1} । হারানো শক্তির 50% গুলিটে তাপমাত্রা হ্রাস হয়েছে ধরে গুলির তাপমাত্রা বৃদ্ধি নির্ণয় কর। সীসার আপেক্ষিক তাপ = $0.031 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $1 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} = 4.184 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ । [RUET'03-04]

সমাধান : এখানে, সীসার গুলির ভর = m

$$\text{প্রাথমিক বেগ}, V_1 = 500 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{শেষ বেগ}, V_2 = 300 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore \text{হারানো শক্তি} = \frac{1}{2} m (V_1^2 - V_2^2) = \frac{1}{2} \times m (500^2 - 300^2) = 8 m \times 10^4 \text{ J}$$

$$\therefore \text{উৎপন্ন তাপ}, Q = \frac{50}{100} \times 8 m \times 10^4 \text{ J} = 40 m \text{ kJ}$$

আমরা জানি, $Q = mS \Delta \theta$

$$\text{বা}, \Delta \theta = \frac{Q}{mS} = \frac{40 \text{ m kJ}}{m \times 0.031 \times 4.184} = 308.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

অতএব, গুলির তাপমাত্রা বৃদ্ধি $308.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ।

সমস্যা ২৫। একখন বরফ উপর হতে ভূমিতে পতিত হলো। এতে পড়ে শক্তির 50% তাপে বৃপ্তভাবিত হওয়ায় বরফ খণ্ডটির এক চতুর্ভুজ গলে গেলো। বরফ খণ্ডটি কর্ত উচ্চতা হতে পতিত হয়েছিল নির্ণয় কর। বরফ গলনের সুগ্রেড $80000 \text{ cal kg}^{-1}$ এবং তাপের যান্ত্রিক সমতা = 4.2 J cal^{-1} . [CUET '04-05]

সমাধান : এখানে, বরফ গলনের সুগ্রেড, $L_f = 8000 \text{ Cal kg}^{-1}$

তাপের যান্ত্রিক সমতা, $J = 4.2 \text{ J cal}^{-1}$

বরফের ভর m হলো,

আমরা জানি, $W = JH$

$$\text{বা}, H = \frac{W}{J} = \frac{mgh}{2J} \quad \left[50\% = \frac{1}{2} \right]$$

$$\text{প্রথমতে}, \frac{mgh}{2J} = \frac{1}{4} m L_f$$

$$\text{বা}, h = \frac{2J L_f}{\Delta g} = \frac{2 \times 4.2 \text{ J cal}^{-1} \times 8000 \text{ cal kg}^{-1}}{4 \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 17143 \text{ m}$$

$$\therefore h = 17.143 \text{ km}$$

∴ বরফ খণ্ডটি 17.143 km উচ্চতা হতে পতিত হয়েছিল।

সমস্যা ২৬। 285 K তাপমাত্রা ও 100 kPa চাপের 20 m^3 আয়তনের এক পারমাণবিক গ্যাসকে হাঁচাই করে 0.5 m^3 আয়তনে সংকুচিত করা হলো, নতুন তাপমাত্রা ও চাপ কত? (এক পারমাণবিক গ্যাসের জন্য $\gamma = 1.67$) [TEX '03-04]

সমাধান : $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

$$\text{বা}, P_2 = P_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = 100 \times 10^3 \times \left(\frac{20}{0.5}\right)^{1.67} = 47.363 \times 10^6 \text{ Pa}$$

আবার, $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

$$\text{বা}, T_2 = T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 285 \times \left(\frac{20}{0.5}\right)^{1.67-1} = 3374.62 \text{ K}$$

সমস্যা ২৭। 1.2 atm চাপ এবং 310 K তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন 4.3 L বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসকে সংকুচিত করে আয়তন 0.76 L করা হলো। গ্যাসটির (ক) চূড়ান্ত চাপ এবং (খ) চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। (গ্যাসটিকে আদর্শ গ্যাস হিসাবে বিবেচনা করা যাবে যার $\gamma = 1.4$) [BUET '14-15]

সমাধান : (ক) আমরা জানি,

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$\text{বা}, P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma$$

$$= 1.2 \text{ atm} \left(\frac{4.3 \text{ L}}{0.76 \text{ L}}\right)^{1.4}$$

$$= 13.5799 \text{ atm}$$

এখানে,

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1.2 \text{ atm}$

প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 310 \text{ K}$

প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = 4.3 \text{ L}$

চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = 0.762$

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = ?$

$\gamma = 1.4$

(খ) আমরা জানি, $T_2 V_2^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$

$$\text{বা}, T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 310 \text{ K} \times \left(\frac{4.3}{0.76}\right)^{1.4-1} = 620.0456 \text{ K}$$

অতএব, চূড়ান্ত তাপমাত্রা 620.0456 K ।

সমস্যা ২৮। একটি পারমাণবিক বোমা বিস্ফোরিত হলে সৃষ্টি আগুনের পোলকের ব্যাসার্ধ হয় 100 m এবং এর তাপমাত্রা 10^5 K । যদি গোলকটি বৃদ্ধতাপ পদ্ধতিতে 1000 m ব্যাসার্ধে বর্ষিত হয় তবে এর সমাধান :

সমাধান : দেওয়া আছে, আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 10^5 \text{ K}$
আদি ব্যাসার্ধ, $r_1 = 100 \text{ m}$
শেষ ব্যাসার্ধ, $r_2 = 1000 \text{ m}$

$$r = \frac{C_a}{C_v} = 1.66$$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

যদি আদি আয়তন এবং শেষ আয়তন যথাক্রমে V_1 এবং V_2 হয় তবে,
 $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

$$\text{বা}, T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

$$= T_1 \left\{ \frac{\frac{1}{3} \times r_1^3}{\frac{4}{3} \pi r_2^3} \right\}^{\gamma-1}$$

$$= 10^5 \text{ K} \left\{ \left(\frac{100}{1000} \right)^3 \right\}^{1.66-1}$$

$$= 1047.13 \text{ K}.$$

অতএব সমাধান তাপমাত্রা 1047.13 K .

সমস্যা ২৯। একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 400 K । এ তাপমাত্রায় এটি উৎস থেকে 840 J তাপ প্রাপ্ত করে এবং তাপগ্রাহকে 630 J তাপ বর্জন করে। তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা ও ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা T_2 এবং ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা η

আমরা জানি,

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\text{বা}, \frac{840 \text{ K} - 630 \text{ K}}{840 \text{ K}} = \frac{400 \text{ K} - T_2}{400 \text{ K}}$$

$$\text{বা}, 1 - \frac{630 \text{ K}}{840 \text{ K}} = 1 - \frac{T_2}{400 \text{ K}}$$

$$\text{বা}, \frac{T_2}{400 \text{ K}} = \frac{63 \text{ K}}{84 \text{ K}} = \frac{3}{4}$$

$$\text{বা}, T_2 = \left(\frac{3}{4} \times 400 \right) \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$\text{আবার}, \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$\therefore \eta = 1 - \frac{300 \text{ K}}{400 \text{ K}} \times 100\%$$

$$= \frac{100}{400} \times 100\% = \frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$$

সুতরাং তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 300 K এবং ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 25% ।

সমস্যা ৩১। একটি প্রয়োগাত্মী ইঞ্জিন উৎস থেকে পৃষ্ঠীত তাপের $\frac{1}{4}$ অংশ কাজে পরিশৃঙ্খিত করে। তাপ প্রাপ্তকের তাপমাত্রা আরও 80 K হ্রাস করলে এর দক্ষতা বিগুল হয়। তাপ উৎস ও তাপ প্রাপ্তকের তাপমাত্রা বের কর। [RUET '09-10, '12-13; KUET '03-04]

সমাধান : ধরি, উৎসের তাপমাত্রা, T_1
তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, T_2

$$\text{১ম ক্ষেত্রে, } \eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{4} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{4} \therefore T_1 = \frac{4}{3} T_2$$

$$\text{২য় ক্ষেত্রে, } \eta_2 = 1 - \frac{T_2 - 80}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} = 1 - \frac{T_2 - 80}{\frac{4}{3} T_2}$$

$$\text{এখানে, } \eta_1 = \frac{1}{4}$$

$$\begin{aligned}\text{এখানে, } \\ \eta_2 &= 2 \eta_1 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}\end{aligned}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2 - 80}{\frac{4}{3} T_2} = \frac{1}{2}$$

$$\text{বা, } T_2 - 80 = \frac{2}{3} T_2$$

$$\text{বা, } \frac{1}{3} T_2 = 80$$

$$\text{বা, } T_2 = 240 \text{ K}$$

$$\therefore T_1 = \frac{4}{3} \times 240 \text{ K} = 320 \text{ K}$$

অতএব, উৎসের তাপমাত্রা 320 K এবং তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা 240 K।

(c) গোলাম হোসেন প্রামাণিক, দেওয়ান নাসির উদ্দিন ও রবিউল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুলিঙ্গনীয় গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা ১। বরফ ও স্টিম বিন্দুতে একটি রোধ থার্মোমিটারের রোধ ঘৰ্ষণমে 2.5 Ω এবং 3 Ω পাওয়া গেল। যে তাপমাত্রায় রোধ 10 Ω পাওয়া যাবে তার ঘান নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{R_{\theta} - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100 \\ &= \frac{10 - 2.5}{3 - 2.5} \times 100 = 1500^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

নির্ণয় তাপমাত্রা 1500°C।

সমস্যা ২। একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটার বরফ 4° স্টিম বিন্দু 98°। যখন 50° অন্দর্ভে করে, তখন সেলসিয়াস ক্ষেত্রে তাপমাত্রা কত?

সমাধান : এখানে, ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারের ক্ষেত্রে, নিম্নস্থিতির বিন্দু, M = 4°C
উত্তৰস্থিতির বিন্দু, B = 90°C, তাপমাত্রা, S = 50°C

সেলসিয়াস ক্ষেত্রে প্রকৃত তাপমাত্রা, C = ?

আমরা জানি, সকল তাপমাত্রা ক্ষেত্রের ক্ষেত্রে,

তাপমাত্রা — নিম্ন স্থিতির বিন্দু

উত্তৰস্থিতির বিন্দু — নিম্ন স্থিতির বিন্দু এর অনুপাত সমান

$$\therefore \frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{S - M}{B - M}$$

$$\text{বা, } \frac{C}{100} = \frac{50 - 4}{98 - 4} \therefore C = 48.94^{\circ}\text{C}$$

∴ সেলসিয়াস ক্ষেত্রে তাপমাত্রা 48.94°C।

সমস্যা ৩। একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটার প্রয়াণ চাপে গলিত বরফে 1°C এবং শুক বাল্পে 98°C পাঠ দেয়। থার্মোমিটারটি 30°C পাঠ দিলে প্রকৃত তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ১৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [ডিগ্রি : 29.9°C]

সমস্যা ৪। একটি ধূব আয়তন গ্যাস থার্মোমিটারে T কেলভিন উচ্চতায় চাপ পাওয়া গেল $6.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ । পানির ত্রৈথ বিন্দুতে চাপ $5 \times 10^4 \text{ Pa}$ হলে T-এর ঘান নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে, T কেলভিন উচ্চতায় চাপ, P = $6.5 \times 10^4 \text{ Pa}$

পানির ত্রৈথবিন্দুর চাপ, $P_0 = 5 \times 10^4 \text{ Pa}$
তাপমাত্রা, T = ?

$$\text{আমরা জানি, } T = (273.16 \text{ K}) \times \frac{P}{P_0}$$

$$= (273.16 \text{ K}) \times \frac{6.5 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}}{5 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}} = 355.108 \text{ K}$$

নির্ণয় তাপমাত্রা, 355.108 K।

সমস্যা ৫। আভাবিক চাপে 100 m^3 আয়তনের একটি গ্যাস $5 \times 10^3 \text{ J}$ তাপ দিলে গ্যাসের আয়তন 100.2 m^3 হয়। এ গ্যাসের কৃত কাজের ঘান নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান মুক্তব্য।

সমস্যা ৮। 200 ms^{-1} বেগ প্রাপ্ত একটি সীসার বুলেট কোণাও ধায়িয়ে দেওয়ার ফলে সমস্ত গতিশক্তি তাপে পরিণত হলো। বুলেটটির তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাবে? (সীসার আপেক্ষিক তাপ = $126 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

সমাধান : আমির, ইসহাক ও নজরুল স্যারের ৩০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান মুক্তব্য।

সমস্যা ৯। 200 m উচু একটি জলপ্রপার তলদেশ ও শীর্ষদেশের মধ্যে তাপমাত্রার ব্যবধান নির্ণয় কর। ধরে নাও পতনশীল পানির সমস্ত শক্তিই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ব্যবহৃত।

সমাধান : ধরি, তাপমাত্রার পার্থক্য, T

এখানে, উচ্চতা, h = 200 m

আমরা জানি, পানির আপেক্ষিক তাপ, S = $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ g = 9.8 m s^{-2}

পানি কর্তৃক সম্পন্ন কাজ, W = mgh = $m \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 200 \text{ m}$
 $= 1960 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$

আবার উৎপন্ন তাপ, Q = mSAT = $m \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times \Delta T$

প্রশ্নমতে, সম্পন্ন কাজ = উৎপন্ন তাপ

বা, $(1960) \text{ m}^2 \text{s}^{-2} = m \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times \Delta T$

$$\text{বা, } \Delta T = \frac{1960 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}}{4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 0.46 \text{ K}$$

সুতরাং তাপমাত্রার পার্থক্য 0.46 K।

সমস্যা ১১। বায়ুকে বুল্বতাপে প্রসারিত করে এর আয়তন তিনগুণ করা হলো। যদি প্রাথমিক চাপ 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হয়, তাহলে চূড়ান্ত চাপ কত হবে? ($\gamma = 1.4$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [ডিগ্রি : 0.215 atm]

সমস্যা ১৪। 27°C তাপমাত্রা ও 10^5 Pa চাপে নির্দিষ্ট ভরের অঙ্গিজেনের আয়তন 10^{-2} m^3 । সমোক প্রক্রিয়ায় এতে 500 J তাপ সরবরাহ করা হলো। এর শেষ আয়তন ও চাপ নির্ণয় কর। অঙ্গিজেনের আপেক্ষিক ভর = 32 g এবং R = $8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ।

সমাধান : এখানে, তাপমাত্রা, T = $(27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$

চাপ, P = 10^5 Pa ; আয়তন, V = 10^{-2} m^3 ; W = Q = 500 J

মোকার গ্যাস ধূবক, R = $8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

ধরি, শেষ আয়তন V₂ ও শেষ চাপ P₂

আমরা জানি, PV = nRT

$$\text{বা, } n = \frac{PV}{RT} = \frac{10^5 \times 10^{-2}}{8.314 \times 300} = 0.40 \text{ mol}$$

সমোক প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, W = nRT ln $\frac{V_2}{V_1}$

$$\text{বা, } \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{W}{nRT} = \frac{500}{0.40 \times 8.314 \times 300} = 0.5011627$$

$$\therefore \frac{V_2}{V_1} = 1.65064$$

$$V_2 = V_1 \times 1.65064 = 10^{-2} \text{ m}^3 \times 1.65064 = 16.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{আবার, } P_1 V_1 = P_2 V_2 \\ P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{10^5 \text{ Pa} \times 10^{-2} \text{ m}^3}{16.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 60.6 \times 10^3 \text{ Pa}$$

সূতরাং, শেষ আয়তন $16.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ এবং শেষ চাপ $60.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ ।

সমস্যা ১৫। প্রশাস্তি তাপমাত্রা ও চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসকে হঠাৎ সংকুচিত করে তার আয়তন এক-তৃতীয়াংশ করা হলো। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? [$\gamma = 1.41$]

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৬। 15°C তাপমাত্রার হিলিয়ামকে হঠাৎ আয়তনে ৪ গুণ বৃদ্ধি করলে তাপমাত্রার পরিবর্তন কত হবে? ($\gamma = \frac{5}{3}$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৭। বাতাবিক তাপমাত্রা ও চাপে কোন গ্যাসকে রূপ্তাপীয় প্রক্রিয়ায় 2.5 গুণ আয়তনে প্রসারিত করা হলে চূড়ান্ত চাপ কত হবে নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৬নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

ড. শাহজাহান তপন, মুহম্মদ আজিজ হাসান ও ড. রানা চৌধুরী স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা ১। একটি নিদিনি রোধ থার্মোমিটারের রোধ বরফ ও স্টিম বিন্দুতে যথাক্রমে 2.00Ω এবং 2.73Ω পাওয়া গেল। যে তাপমাত্রায় রোধ 4.83Ω পাওয়া যায় তার মান নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 387.67°C]

সমস্যা ২। একটি নিদিনি রোধ থার্মোমিটারের রোধ বরফ বিন্দু ও স্টিম বিন্দুতে যথাক্রমে 46Ω এবং 51.6Ω । কোনো তরলের স্ফুটনালক এর রোধ 48.5Ω হলে তরলের স্ফুটনালক কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 44.64°C]

সমস্যা ৩। একটি রোধ থার্মোমিটারের রোধ 0°C তাপমাত্রায় 8Ω এবং 100°C তাপমাত্রায় 20Ω । থার্মোমিটারটিকে একটি চুলিতে স্থাপন করলে রোধ 32Ω হয়। চুলির তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ৪। একটি রোধ থার্মোমিটারের রোধ 0°C ও 100°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 10Ω ও 20Ω । থার্মোমিটারটি একটি চুলিতে স্থাপন করার রোধ 35Ω হয়। চুলির তাপমাত্রা বের কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 250°C]

সমস্যা ৫। একটি রোধ থার্মোমিটারের রোধ 0°C ও 90°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 10Ω এবং 25Ω । থার্মোমিটারটি একটি চুলিতে স্থাপন করলে রোধ 38Ω হয়। চুলির তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 116.67°C]

সমস্যা ৬। কোনো একটি রোধ থার্মোমিটারের রোধ 0°C এবং 100°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 12Ω এবং 24Ω । থার্মোমিটারটিকে একটি গরম তেলের বাধে স্থাপন করলে রোধ 36Ω হয়। তেলের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 200°C]

সমস্যা ২২। একটি তাপ ইজিন তাপ উৎস থেকে $4.5 \times 10^6 \text{ J}$ তাপ প্রাপ্ত করে এবং পরিবেশে $3 \times 10^6 \text{ J}$ তাপ বর্জন করে। ইজিন কর্তৃক কৃতকাজ ও এর দক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : $1.5 \times 10^6 \text{ J}, 33.33\%$]

সমস্যা ২৩। একটি প্রত্যাগামী ইজিনের দক্ষতা 35% । তাপ আহকের তাপমাত্রা 50°C হলে তাপ উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : আমির, ইসহাক ও নজরুল স্যারের ১৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 223.92°C]

সমস্যা ২৪। 167°C ও 57°C তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত একটি প্রত্যাগামী ইজিনের সর্বাধিক দক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৪৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 25%]

সমস্যা ২৯। 100°C তাপমাত্রার 400gm পানিকে বাল্পে পরিশত করা হলে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হবে? পানির বাস্তীভবনের আপেক্ষিক সুস্থিতাপ $2260000 \text{ J kg}^{-1}$

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 2423.6 JK^{-1}]

সমস্যা ৭। একটি প্লাটিনাম রোধ থার্মোমিটারের রোধ 0°C এবং 100°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 2.585Ω ও 3.51Ω । থার্মোমিটারটিকে একটি চুলিতে স্থাপন করলে রোধ 9.098Ω হয়। চুলির তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 1264.66°C]

সমস্যা ৯। একটি সিলিন্ডারের মধ্যে রাখা কিছু পরিমাণ গ্যাস পরিবেশ থেকে 800 J তাপশক্তি শোষণ করায় গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি 500 J বৃদ্ধি পেল। গ্যাস কর্তৃক পরিবেশের ওপর কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 300 J]

সমস্যা ১২। একটি কার্নো ইজিন পানির হিমাঙ্ক ও স্ফুটনালকের মধ্যে কার্যরত আছে। এর দক্ষতা কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৪৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৩। একটি কার্নো ইজিন 327°C এবং 27°C উক্তার কাজ করছে। এর কর্মদক্ষতা কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৪৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৪। একটি তাপ ইজিনের দক্ষতা 80% । আহকের তাপমাত্রা 127°C হলে উৎসের তাপমাত্রা কত?

সমাধান : আমির, ইসহাক ও নজরুল স্যারের ১৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৫। একটি কার্নো ইজিনের কর্মদক্ষতা 40% । এর তাপ আহকের তাপমাত্রা 27°C । এর উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।

সমস্যা ১৬। একটি কার্নো ইজিনের দক্ষতা 60% । যদি তাপ উৎসের তাপমাত্রা 400 K হয় তবে তাপ আহকের তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 160 K]

সমস্যা ১৭। একটি কার্নো ইঞ্জিনে যখন 27°C উচ্চতার তাপ থাকে থাকে তখন এর কর্মক্ষমতা 50%। একে 60% দক্ষ করতে হলে এর উৎস তাপমাত্রায় কী পরিবর্তন আনতে হবে?

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫৩নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 150 K থাকতে হবে]

সমস্যা ১৮। একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপমাত্রাকের তাপমাত্রা 7°C এবং এর দক্ষতা 50%। ইঞ্জিনের দক্ষতা 70% করতে হলে উৎসের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করতে হবে?

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫৩নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 373.33 K]

সমস্যা ১৯। একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের উচ্চতা 400 K , এই উচ্চতার উৎস থেকে এটি 840 J তাপ প্রদান এবং গ্রাহকে 630 J তাপ বর্জন করছে। গ্রাহকের তাপমাত্রা কত? ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা কত?

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ২০। একটি ইঞ্জিন 3400 J তাপ প্রদান করে এবং 2400 J তাপ বর্জন করে। ইঞ্জিনটি ধারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ২১। 100°C তাপমাত্রার 5 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাল্পে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হবে নির্ণয় কর। পানির বাস্তীভবনের আপেক্ষিক সূত্রতাপ $2.26 \times 10^6\text{ J kg}^{-1}$ ।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 30294.91 JK^{-1}]

সমস্যা ২২। 0°C তাপমাত্রার 0.50 kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হবে নির্ণয় কর। বরফগলবন্দের আপেক্ষিক সূত্রতাপ $3.36 \times 10^5\text{ J kg}^{-1}$ ।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 615.38 JK^{-1}]

সমস্যা ২৩। 100°C তাপমাত্রার 0.5 kg পানি 100°C তাপমাত্রার বাল্পে পরিণত হলো। এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 3029.49 JK^{-1}]

সমস্যা ২৪। 0°C তাপমাত্রার 5 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রায় উভৰ্ত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। পানির আপেক্ষিক তাপ $4200\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ ।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬৩নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 6554.24 JK^{-1}]

১০ তফাজল, মহিউদ্দিন, নীলকুর, হুমায়ুন ও আতিকুর স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা ১। একটি কার্নো ইঞ্জিন 200°C ও 50°C তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত। ইঞ্জিনের দক্ষতা কত হবে?

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৪৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 31.71%]

সমস্যা ২। একটি তাপ ইঞ্জিন স্থিত বিন্দু ও 27°C তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত। ইঞ্জিনের সর্বাধিক দক্ষতা কত হবে?

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৪৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 19.58%]

সমস্যা ৩। একটি ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 40%। এর নিম্ন তাপাধানের তাপমাত্রা 7°C ; এর উচ্চ তাপাধানের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : আমির, ইসহাক ও নজরুল স্যারের ১৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 466.67 K]

সমস্যা ৪। একটি কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 60%। যদি তাপ উৎসের তাপমাত্রা 400 K হয়, গ্রাহকের তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 160 K]

সমস্যা ৫। একটি কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 30%, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 27°C হলে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 155.57°C]

সমস্যা ৬। একটি কার্নো ইঞ্জিন 25°C ও 225°C তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত। ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে 4200 J তাপ প্রদান করে। ইঞ্জিন ধারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কত?

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫৬নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 1686.74 J]

সমস্যা ৭। একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 500 K ও 375 K । যদি ইঞ্জিন প্রতি চক্রে $252 \times 10^4\text{ J}$ তাপ প্রোক্ষণ করে তবে—। (ক) ইঞ্জিনের দক্ষতা, (খ) প্রতিচক্রে

কাজের পরিমাণ ও (গ) প্রতিচক্রে গ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫৬নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।

[উত্তর : (ক) 25% ; (খ) $63 \times 10^4\text{ T}$; (গ) $189 \times 10^4\text{ J}$]

সমস্যা ৮। $1.0 \times 10^5\text{ Nm}^{-2}$ স্থির চাপে কোনো আদর্শ গ্যাসের আয়তন 0.12 m^3 থেকে 0.52 m^3 হলো। বহিস্থ কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : $4 \times 10^4\text{ J}$]

সমস্যা ৯। $1.0 \times 10^5\text{ Nm}^{-2}$ স্থির চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন 0.04 m^3 থেকে 0.02 m^3 হলো। বহিস্থ কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : $-2 \times 10^3\text{ J}$]

সমস্যা ১০। 150 ml উচু একটি জলঘপাতের তলদেশ ও শীর্ষদেশের তাপমাত্রার পার্থক্য বের কর (যদি গতনীল পানির সমত শক্তি তাপে পরিণত হয়)।

সমাধান : গোলাম হোসেন, নাসির ও রবিউল স্যারের ৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 0.35 K]

সমস্যা ১১। কোনো সংস্থা পরিবেশ থেকে 1000 J তাপশক্তি প্রোক্ষণ করার এর অত্যন্ত শক্তি 400 J বৃদ্ধি পেল। সংস্থা কর্তৃক পরিবেশের উপর সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 600 J]

সমস্যা ১২। 240 ml উচু একটি জলঘপাতের তলদেশ ও শীর্ষদেশের তাপমাত্রার পার্থক্য নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসূর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 0.56 K]

সমস্যা ১৩। 200 m s^{-1} বেগে প্রাণ একটি সীসার বুলেট কোথাও থামিয়ে দেওয়ার কলে সমস্ত গতিশৃঙ্খলা তাপে পরিষ্ঠ হলো। বুলেটটির তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাবে? (সীসার আপেক্ষিক তাপ $126 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$)
সমাধান : আমির, ইসহাক ও নজরুল স্যারের ৩৩নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৪। একটি গতিসম্পর্ক সীসার বুলেটকে হঠাতে থামিয়ে দেবার কলে এর সমস্ত গতিশৃঙ্খলা তাপে বৃপ্ত হলো এবং বুলেটের তাপমাত্রা 100°C বৃদ্ধি পেল। বুলেটের বেগ কত ছিল? (সীসার আপেক্ষিক তাপ 126 J kg^{-1})

সমাধান : আমির, ইসহাক ও নজরুল স্যারের ৩৩নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 158.75 m s^{-1}]

সমস্যা ১৫। একটি আদর্শ গ্যাসের ধূব আয়তনে ও ধূবচাপে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা যথাক্রমে $20.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ও $28.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$; স্থির চাপে 8 g হাইড্রোজেন 10°C থেকে 15°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ, অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ও বহিঃস্থ কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন dU

এবং বহিঃস্থ কাজের পরিমাণ dW

$$\text{এখানে, হাইড্রোজেনের ভর, } M = 8 \text{ g} = 8 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\text{স্থির চাপের গ্যাসের আয়তন, } C_v = 20.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ, } C_p = 28.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{তাপমাত্রার পরিবর্তন, } \Delta T = (15 - 10) \text{ K} = 5 \text{ K}$$

$$\text{আপবিক ভর, } M = 1 \text{ mol}$$

$$\text{হাইড্রোজেনের ভর} = 2 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}$$

প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ, $dQ = ?$

$$\text{আমরা জানি, } dQ = \frac{mC_p \Delta T}{M}$$

$$= \frac{8 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 28.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 5 \text{ K}}{2 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}$$

$$\therefore dQ = 576 \text{ J}$$

$$\text{আবার, } dQ = dU + PdV$$

$$\text{বা, } dQ = dU \quad [\because dV = 0 \text{ সমোক্ষ প্রক্রিয়া বলে}]$$

$$\therefore dU = \frac{mC_v \Delta T}{M}$$

$$= \frac{8 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 20.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 5 \text{ K}}{2 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}$$

$$= 410 \text{ J}$$

$$dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } dW = dQ - dU = (576 - 410) \text{ J} = 166 \text{ J}$$

$$\therefore dW = 166 \text{ J}$$

সুতরাং, প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ 576 J ; অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন 410 J এবং বহিঃস্থ কাজের পরিমাণ 166 J ।

সমস্যা ১৬। বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে কোনো আদর্শ গ্যাসকে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় তিনগুণ আয়তনে প্রসারিত করা হলো। চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : $33.76 \times 10^3 \text{ Nm}^{-2}$]

সমস্যা ১৭। বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে কিছু শূক্ত বায়ুকে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে এর আয়তন অর্ধেক করা হলো। চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৬নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৮। 25°C তাপমাত্রা এবং বায়ুমণ্ডলীয় চাপে আবস্থ গ্যাসকে হঠাতে সংকুচিত করে এর আয়তন অর্ধেক করা হলে চূড়ান্ত চাপ বের কর। ($\gamma = 1.4$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৯। প্রশান্ত তাপমাত্রা ও চাপের কিছু পরিমাণ গ্যাসকে হঠাতে সংকুচিত করে তার আয়তন এক-তৃতীয়াংশ করা হলো। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ২০। একটি ব্যবস্থা 600 J তাপ প্রদান করে এবং 650 J কাজ সম্পাদন করে। ব্যবস্থার অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কত এবং এটি কি বৃদ্ধি পাবে না হ্রাস পাবে?

সমাধান : আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } dU = dQ - dW$$

$$= (600 - 650) \text{ J} = -50 \text{ J}$$

এখানে,

$$\text{গৃহীত শক্তি, } dQ = 600 \text{ J}$$

$$\text{কাজ, } dW = 650 \text{ J}$$

$$\text{অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন, } dU = ?$$

অন্তঃস্থ শক্তি ঝণাঝক হওয়ার অর্থ সিস্টেমে অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পাবে।

অতএব, অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন 50 J ।

$\therefore \text{অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পাবে } 50 \text{ J}$ ।

সমস্যা ২১। সম-আয়তন প্রক্রিয়ায় একটি গ্যাস 500 J তাপ বর্জন করে। অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কী হবে? [উত্তর : 500 J অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পাবে]

সমাধান : আমরা জানি,

$$\Delta Q = \Delta U + P\Delta V$$

$$\text{বা, } -500 \text{ J} = \Delta U + 0$$

$$\therefore \Delta U = -500 \text{ J}$$

$\therefore -500 \text{ J}$ অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ঝণাঝক হওয়ার অর্থ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পায়।

সমস্যা ২২। 50 m^3 আয়তনের একটি গ্যাসে বাভাবিক চাপে 4000 J তাপ সরবরাহ করা হলে গ্যাসের আয়তন হলো 52 m^3 । গ্যাস হারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। [উত্তর : $2.026 \times 10^5 \text{ J}$]

সমাধান : আমরা জানি,

$$\Delta W = P\Delta V$$

$$= P(V_2 - V_1)$$

$$= 101325 (52 - 50)$$

$$= 101325 \times 2 \text{ J}$$

$$= 2.026 \times 10^5 \text{ J}$$

এখানে,

$$\text{আদি আয়তন, } V_1 = 50 \text{ m}^3$$

$$\text{শেষ আয়তন, } V_2 = 52 \text{ m}^3$$

$$\text{কাজ, } \Delta W = ?$$

সমস্যা ১৮। বাভাবিক চাপে 100 m^3 আয়তনের একটি গ্যাসে $5 \times 10^3 \text{ J}$ তাপ দিলে গ্যাসের আয়তন 100.2 m^3 হয়। ঐ গ্যাসের কৃতকাজের মান নির্ণয় কর। [সংকেত : $\Delta W = P\Delta V = 1.013 \times 10^5 \times 0.2 \text{ Jল্লা}$]

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

৩ গনি, সুশাস্ত, ঘজিবুর ও রোজারিও স্যারের অনুশীলনীর গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা ৪। কোনো একটি ঘার্যেছিটারের হিমাতে 10° এবং স্কুটবাত্তে 150° দাগ কাটা আছে। ঐ ঘার্যেছিটার কোনো তরল পদার্থে স্থাপন করলে 60° পাঠ দেয়। ঐ তরল পদার্থের তাপমাত্রা ফারেনহাইট কেলে কত হবে?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ১৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 96.26°F]

সমস্যা ২১। বাতাবিক তাপমাত্রা ও চাপের কোনো আদর্শ গ্যাসকে বৃষ্টতালীয় প্ৰক্ৰিয়াৰ সংজুড়িত কৰে আয়তন অৰ্ধেক কৰা হলে চূড়ান্ত চাপ কত হবে নিৰ্ণয় কৰ। ($\gamma = 1.40$)

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ২৬নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ২৩। একটি ইঞ্জিনেৰ কৰ্মদক্ষতা ৬৫%। এৱ নিম্ন তাপমাত্রারে তাপমাত্রা ২৭ °C। এৱ উচ্চ তাপমাত্রারে তাপমাত্রা নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : আমিৱ, ইসহাক ও নজুল স্যারেৰ ১৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : ৫৪৪.১৪ °C]

সমস্যা ২৪। একটি প্ৰযোগাবলী তাপ ইঞ্জিনেৰ উৎসেৰ তাপমাত্রা ৩২৭ °C এবং এৱ সৰ্বাধিক দক্ষতা ৫০% হলে সিলেকৰ তাপমাত্রা নিৰ্ণয় কৰ।

৩) এহসানুল কৰিব, সমীৰ কুমাৰ দেৱ ও আবু হানিফ আনসারী স্যারেৰ বইয়েৰ অনুশীলনীৰ গাণিতিক সমস্যাৰ সমাধান

সমস্যা ১। একটি সিলিঙ্গৰেৰ মধ্যে রাখা কিছু পৰিমাণ গ্যাস পৰিবেশেৰ উপর 200 J কাজ সম্পাদনেৰ সময় পৰিবেশ থেকে 500 J তাপশক্তি শোষণ কৰে। গ্যাসেৰ অভ্যন্তৰ শক্তিৰ পৰিবৰ্তন কত হবে?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ২০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 300 J]

সমস্যা ২। বাতাবিক চাপে 100 m^3 আয়তনেৰ একটি গ্যাস $5 \times 10^3 \text{ J}$ তাপ দিলে গ্যাসেৰ আয়তন 100.2 m^3 হয়। ঐ গ্যাসেৰ কৃত কাজেৰ ঘন নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ২২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ৩। পিটেন্যুন্ট একটি সিলিঙ্গৰে কিছু গ্যাস আবল্প আছে। গ্যাসেৰ চাপ 400 Pa স্থিৰ ৱেৰে থীৱে থীৱে 800 J তাপশক্তি সৱবৱাহ কৰায় 1200 J কাজ সম্পাদিত হয়। গ্যাসেৰ আয়তন এবং অভ্যন্তৰ শক্তিৰ পৰিবৰ্তন নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ২১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ৪। $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় হিলিয়ামকে হঠাৎ প্ৰসাৰিত কৰে এৱ আয়তন হিসুণ আয়তন লাভ কৰে। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৩১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 218.26 K]

সমস্যা ৫। $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা এবং এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে আবল্প গ্যাসকে হঠাৎ সংজুড়িত কৰে আয়তন অৰ্ধেক কৰা হলে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হবে? ($\gamma = 1.4$)

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৩০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 120.21 °C]

সমস্যা ৬। $127 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রার কোনো নিশ্চিত পৰিমাণ গ্যাস হঠাৎ প্ৰসাৰিত কৰে হিসুণ আয়তন লাভ কৰে। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ২৯নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 30.14 °C]

সমস্যা ৭। $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় হিলিয়ামকে হঠাৎ প্ৰসাৰিত কৰে আয়তন চাৰগুণ বৃদ্ধি কৰলে তাপমাত্রা পৰিবৰ্তন কত হবে? [$\gamma = \frac{5}{3}$]

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৩১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 174.23 °C]

সমস্যা ৮। একটি কাৰ্নো ইঞ্জিন $230 \text{ }^{\circ}\text{C}$ এবং $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় কাৰ্জ কৰাবে। এৱ কৰ্মদক্ষতা কত?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৪৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 40%]

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৫২নং গাণিতিক সমস্যাৰ সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 300 K]

সমস্যা ২৭। $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ১ গ্ৰাম বৰক এক বায়ু চাপে $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ১ গ্ৰাম পানিতে পৰিবৰ্তন হলে এন্ট্ৰিপিৰ পৰিবৰ্তন কত নিৰ্ণয় কৰ। বৰক গৱনেৰ সুষ্ঠুতাপ $3.36 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৬১নং গাণিতিক সমস্যাৰ সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 1.23 JK⁻¹]

সমস্যা ২৮। $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ৫০ গ্ৰাম বাষ্পকে $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় পানিতে পৰিণত কৰতে এন্ট্ৰিপিৰ পৰিবৰ্তন নিৰ্ণয় কৰ। বাষ্পীয় ভবনেৰ সুষ্ঠুতাপ = $22.55 \times 10^3 \text{ J K}^{-1}$

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৬২নং গাণিতিক সমস্যাৰ সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 302 JK⁻¹]

সমস্যা ৯। একটি কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ কৰ্মদক্ষতা 40%; এৱ তাপ গ্ৰাহকেৰ তাপমাত্রা $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$; এৱ উৎসেৰ তাপমাত্রা নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৫০নং গাণিতিক সমস্যাৰ সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১০। একটি কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ তাপমাত্রা $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ এবং এৱ দক্ষতা 50%; ইঞ্জিনটিকে 55% দক্ষ কৰতে হলে উৎসেৰ তাপমাত্রা কত বাঢ়াতে হবে?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৫৩নং গাণিতিক সমস্যাৰ সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১১। একটি কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা 70%; যদি তাপ উৎসেৰ তাপমাত্রা 450 K হয় তবে তাপ গ্ৰাহকেৰ তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৫২নং গাণিতিক সমস্যাৰ সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 135 K]

সমস্যা ১২। একটি কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ নিম্ন তাপমাত্রার তাপমাত্রা $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ এবং কৰ্মদক্ষতা 50%; ইঞ্জিনটিৰ কৰ্মদক্ষতা 60%-এ বাঢ়াতে হলে এৱ উৎসেৰ তাপমাত্রা কত বাঢ়াতে হবে?

সমাধান : শামসুৰ রহমান সেলু ও জাকাৱিয়া স্যারেৰ ৫৩নং গাণিতিক সমস্যাৰ সমাধানেৰ অনুৰূপ। [উত্তৰ : 150 K বাঢ়াতে হবে]

সমস্যা ১৩। একটি ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে 600 K তাপমাত্রায় $2.56 \times 10^8 \text{ J}$ তাপশক্তি প্ৰাপ্তি কৰে এবং নিম্ন তাপমাত্রায় তাপমাত্রার $5.12 \times 10^5 \text{ J}$ তাপশক্তি বৰ্জন কৰে। নিম্ন তাপমাত্রায় তাপমাত্রার তাপমাত্রা এবং ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা নিৰ্ণয় কৰ।

সমাধান : ধৰি, তাপগ্ৰাহকেৰ তাপমাত্রা T_2 এবং দক্ষতা η আমৰা জানি,

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\therefore T_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \times T_1$$

$$= \frac{5.12 \times 10^5 \text{ J}}{2.56 \times 10^8 \text{ J}} \times 600 \text{ K}$$

$$= 120 \text{ K}$$

$$\text{আবাৰ, } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

$$= \frac{600 \text{ K} - 120 \text{ K}}{600 \text{ K}} \times 100\%$$

$$= 80\%$$

এখনে,

উৎসেৰ তাপমাত্রা, $T_1 = 600 \text{ K}$

গ্ৰহীত তাপ, $Q_1 = 2.56 \times 10^8 \text{ J}$

বৰ্জিত তাপ, $Q_2 = 5.12 \times 10^5 \text{ J}$

অতএব, তাপগ্ৰাহকেৰ তাপমাত্রা 120 K এবং ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা 80% ।

৩) রমা বিজয়, আলী আহমেদ, সুদেব পাল ও সালাহউদ্দিন। স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা ৩। বাতাবিক তাপমাত্রা ও চাপে কোনো আদর্শ গ্যাসকে সমোক প্রক্রিয়ায় তিনি গুণ আয়তনে প্রসারিত করা হলো। চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : $33.76 \times 10^3 \text{ Nm}^{-2}$]

সমস্যা ৫। কোনো ব্যবস্থা 1200 J তাপ শোষণ করে এবং ব্যবস্থার উপর 400 J কাজ সম্পাদিত হয়। ব্যবস্থার অভ্যন্তর শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 1600 J]

সমস্যা ১০। 0°C তাপমাত্রার নিদিষ্ট পরিমাণ গ্যাসকে হঠাতে প্রসারিত করে আয়তন বিশৃঙ্খল করা হলো। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হবে? ($y = 1.4$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৯নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 66.06 C]

সমস্যা ১১। 15°C তাপমাত্রার নিদিষ্ট পরিমাণ গ্যাসকে বৃক্ষতাপ প্রক্রিয়ায় প্রসারিত করে আয়তন বিশৃঙ্খল করা হলো। চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ($y = 1.4$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৯নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 218.26 K]

সমস্যা ১৪। একটি তাপ ইঞ্জিন স্টিম বিন্দু ও 27°C তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত। ইঞ্জিনের সর্বাধিক দক্ষতা কত হবে?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৪৯নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ।

সমস্যা ১৫। কোনো কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 60% । যদি তাপ উৎসের তাপমাত্রা 400 K হয় তবে তাপ প্রাহকের তাপমাত্রা কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 160 K]

সমস্যা ১৭। একটি সিলিন্ডারের মধ্যে রক্ষিত কিছু পরিমাণ গ্যাস পরিবেশ থেকে 800 J তাপশক্তি শোষণ করায় গ্যাসের অভ্যন্তর শক্তি 500 J বৃদ্ধি পেল। সংস্থা কর্তৃপক্ষ পরিবেশের উপর কৃতকাজ কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 300 J]

সমস্যা ১৮। 25°C এবং বায়ুমণ্ডলীয় চাপে আবশ্য গ্যাসকে হঠাতে সংকুচিত করে আয়তন অর্ধেক করা হলে, চূড়ান্ত চাপ কত হবে? ($y = 1.4$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৭নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ১৯। অবাশ তাপমাত্রা ও চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসকে হঠাতে সংকুচিত করে তার আয়তন এক-তৃতীয়াংশ করা হলো। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ($y = 1.41$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৩০নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ২১। বায়ুকে বৃক্ষতাপে প্রসারিত করে এর আয়তন তিনগুণ করা হলো। যদি প্রাথমিক চাপ ১ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হয়, তাহলে চূড়ান্ত চাপ কত হবে? ($y = 1.4$)

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ২৮নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ২২। একটি কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 30% । তাপ প্রাহকের তাপমাত্রা 27°C হলে তাপ উৎসের তাপমাত্রা কত?

সমাধান : আমির, ইসহাক ও নজরুল স্যারের ১৫নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : $155.57 \text{ }^\circ\text{C}$]

সমস্যা ২৫। একটি কার্নো ইঞ্জিন 25°C ও 225°C তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত। ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে 4200 J তাপ প্রাপ্ত করে। ইঞ্জিন দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কত?

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৫৬নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 1686.74 J]

সমস্যা ২৬। 0°C তাপমাত্রার 1 kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার 1 kg পানিতে পরিণত হতে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হয়, নির্ণয় কর। [বরফ পলনের সূত্রতাপ $3.34 \times 10^4 \text{ J kg}^{-1}$]

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬১নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : $1.22 \times 10^2 \text{ J K}^{-1}$]

সমস্যা ২৭। 100°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে, এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হয় নির্ণয় কর। [পানির বায়ুমণ্ডলীয় আপেক্ষিক সূত্রতাপ = $2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$]

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধান দ্রষ্টব্য।

সমস্যা ২৮। 20°C তাপমাত্রার 20 g পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি নির্ণয় কর।

সমাধান : শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া স্যারের ৬২নং গাণিতিক সমস্যার সমাধানের অনুরূপ। [উত্তর : 141.46 JK^{-1}]

অনুশীলনমূলক কাজ



Practice Activities

শ্রীয় শিক্ষার্থী, NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহে অনুশীলনমূলক কাজ (একক ও দলগত) দেওয়া আছে। কাজগুলোর পূর্ণাঙ্গ সমাধান পাঠ্যবইয়ের পৃষ্ঠা নম্বর উল্লেখ করে নিচে প্রদত্ত হলো। তোমরা এ কাজগুলো একক বা দলগতভাবে সম্পাদন করে মূল্যায়নের জন্য প্রেরণ শিক্ষকের নিকট জমা দিবে।

কাজ ১। কোনো নিদিষ্ট রোধ ধার্মেটারের রোধ বরফ বিন্দু ও স্টীম বিন্দুতে ঘৰান্তমে 2.00Ω এবং 2.73Ω পাওয়া গেল। যে তাপমাত্রায় রোধ 4.83Ω পাওয়া যায় তার মান নির্ণয় কর।

* শামসুর রহমান ও জাকারিয়া স্যার; পৃষ্ঠা ৫-এর কাজ সমাধান : ধরি, নির্ণয় তাপমাত্রা θ

আমরা জানি,

$$\theta = \frac{R_0 - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100^\circ\text{C}$$

$$\text{বা, } \theta = \frac{4.83 \Omega - 2.00 \Omega}{2.73 \Omega - 2.00 \Omega} \times 100^\circ\text{C}$$

$$\text{বা, } \theta = \frac{2.83 \Omega}{0.73 \Omega} \times 100^\circ\text{C}$$

$$\therefore \theta = 387.67^\circ\text{C}$$

এখানে, বরফ বিন্দুতে রোধ,

$$R_0 = 2.00 \Omega$$

স্টীম বিন্দুতে রোধ,

$$R_{100} = 2.73 \Omega$$

নির্ণয় তাপমাত্রায় রোধ,

$$R_\theta = 4.83 \Omega$$

সূতরাং, নির্ণয় তাপমাত্রা 387.67°C ।

কাজ ২। একটি নিদিষ্ট রোধ ধার্মেটারের রোধ পানির ত্বৈর বিন্দুতে 32.316Ω এবং কোনো তরলের স্কুটনাক্ত 27.316Ω হলে তরলের স্কুটনাক্ত নির্ণয় কর।

* শামসুর রহমান ও জাকারিয়া স্যার; পৃষ্ঠা ৭-এর কাজ সমাধান : ধরি, তরলের স্কুটনাক্ত T

এখানে, পানির ত্বৈর বিন্দুতে রোধ, $R_0 = 32.316 \Omega$

নির্ণয় তাপমাত্রায় রোধ, $R = 27.316 \Omega$

$$\text{আমরা জানি, } T = \frac{R}{R_0} \times 273.16 \text{ K}$$

$$= \frac{27.316 \Omega}{32.316 \Omega} \times 273.16 \text{ K}$$

$$= 230.9 \text{ K}$$

সূতরাং, তরলের স্কুটনাক্ত 230.9 K ।

কাজ ৩। কোন তাপমাত্রায় ফারেনহাইট ও কেলভিন ক্ষেত্রে একই পাঠ পাওয়া যায়? \bullet শামসূর রহমান ও জাকারিয়া স্যার; পৃষ্ঠা ১০-এর কাজ সমাধান : ধরি, ফারেনহাইট এবং কেলভিন ক্ষেত্রে x ডিগ্রি তাপমাত্রায় একই পাঠ পাওয়া যাবে।

$$\text{আমরা জানি, } \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

$$\text{এখনে, } F = K = x$$

$$\therefore \frac{x - 32}{9} = \frac{x - 273}{5}$$

$$\text{বা, } 9x - 2457 = 5x - 160$$

$$\text{বা, } 9x - 5x = 2457 - 160$$

$$\text{বা, } 4x = 2297$$

$$\therefore x = 574.25$$

সুতরাং, ফারেনহাইট ক্ষেত্রে পাঠ 574.25°F এবং কেলভিন ক্ষেত্রে পাঠ 574.25 K ।

কাজ ৪। একটি সিলিন্ডারের মধ্যে কিছু পরিমাণ গ্যাস পরিবেশ থেকে 800 J তাপশক্তি শোষণ করার গ্যাসের অন্তর্ম্মথ শক্তি 500 J বৃদ্ধি পেল। গ্যাস কর্তৃক পরিবেশের উপর কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

\bullet শামসূর রহমান ও জাকারিয়া স্যার; পৃষ্ঠা ১৯-এর কাজ

সমাধান : ধরি, কৃতকাজের পরিমাণ dW

$$\text{আমরা জানি, } dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } dW = dQ - dU$$

$$\text{বা, } dW = 800\text{ J} - 500\text{ J}$$

$$\therefore dW = 300\text{ J}$$

সুতরাং, গ্যাস কর্তৃক পরিবেশের উপর কৃতকাজের পরিমাণ 300 J ।

কাজ ৫। 0°C তাপমাত্রার 0.50 kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হবে নির্ণয় কর। বরফ গলনের আপেক্ষিক সূত্রতাপ $3.36 \times 10^5\text{ J kg}^{-1}$

\bullet শামসূর রহমান ও জাকারিয়া স্যার; পৃষ্ঠা ৪৬-এর কাজ

সমাধান : ধরি, এন্ট্রপির পরিবর্তন dS

$$\text{এখনে, বরফের ভর, } m = 0.50\text{ kg}$$

$$\text{বরফ গলনের আপেক্ষিক সূত্রতাপ, } L_f = 3.36 \times 10^5\text{ J kg}^{-1}$$

$$\text{তাপমাত্রা, } T = 0^{\circ}\text{C} = (273 + 0)\text{ K} = 273\text{ K}$$

আমরা জানি, গৃহীত তাপ,

$$dQ = mL_f$$

$$\text{বা, } dQ = 0.50\text{ kg} \times 3.36 \times 10^5\text{ J kg}^{-1}$$

$$\therefore dQ = 1.68 \times 10^5\text{ J}$$

$$\text{আবার, এন্ট্রপির পরিবর্তন, } dS = \frac{dQ}{T}$$

$$= \frac{1.68 \times 10^5\text{ J}}{273\text{ K}}$$

$$= 615.38\text{ J K}^{-1}$$

সুতরাং, এন্ট্রপির পরিবর্তন হবে 615.38 J K^{-1} ।

কাজ ৬। একটি কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 25% এবং উৎসের তাপমাত্রা 127°C হলে তাপ শ্রাবকের তাপমাত্রা কত হবে?

\bullet তফাজ্জল, মহিউদ্দিন, মীলুকুর স্যারস; পৃষ্ঠা ২১-এর কাজ

সমাধান : উদ্দেশ্য : কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা এবং তাপ উৎসের তাপমাত্রা জানা থাকলে কিভাবে তাপশ্রাবকের তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায় তা শিখ।

ধরি, তাপশ্রাবকের তাপমাত্রা T_2

$$\text{এখনে, কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta = 25\%$$

$$\text{তাপ উৎসের তাপমাত্রা, } \theta_1 = 127^{\circ}\text{C}$$

$$\therefore \text{প্রমাণ তাপমাত্রা, } T_1 = (127 + 273)\text{ K} = 400\text{ K}$$

আমরা জানি, ইঞ্জিনের দক্ষতা

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 25\% = \left(1 - \frac{T_2}{400\text{ K}}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T_2}{400\text{ K}} = \frac{25}{100}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{400\text{ K}} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore T_2 = 300\text{ K}$$

সুতরাং তাপশ্রাবকের প্রমাণ তাপমাত্রা 300 K

$$\therefore \text{তাপশ্রাবকের তাপমাত্রা, } \theta_2 = (300 - 273)^{\circ}\text{C} = 27^{\circ}\text{C}।$$

কাজ ৭। একটি সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় একটি আদর্শ গ্যাস কর্তৃক সম্পর্ক কাজ হচ্ছে 3700 J । কী পরিমাণ তাপ সিস্টেমে যুক্ত হবে, তা ব্যাখ্যা করার জন্য তুমি কি মনে কর এ তথ্যটি পর্যাপ্ত?

\bullet আলী আসগর ও জাকির স্যার; পৃষ্ঠা ১৪-এর কাজ

সমাধান : উদ্দেশ্য : সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে কাজের মান দেওয়া

থাকলে তাপের পরিমাণ নির্ণয় করা যাবে কি-না তা বুঝা।

$$\text{এখনে, গ্যাস কর্তৃক কৃত কাজ, } dW = 3700\text{ J}$$

সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না

$$\text{বলে, } dU = 0$$

শোষিত তাপের পরিমাণ, $dQ = ?$

আমরা জানি, তাপগতিবিদ্যার সূত্রানুযায়ী,

$$dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } dQ = 0 + 3700\text{ J} = 3700\text{ J}$$

সুতরাং সিস্টেমে 3700 J তাপ যুক্ত হবে।

সিস্টেমে 3700 J তাপ যুক্ত হবে এ ব্যাখ্যা করার জন্য প্রশ্নে যে তথ্য দেওয়া আছে তা পর্যাপ্ত কেননা সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকে। গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকার কারণে গ্যাসের কোনো অভ্যন্তরীণ শক্তির প্রয়োজন হয় না অর্থাৎ $dU = 0$ । আমরা জানি কোনো সূত্রে তিনটি অজানা রাশির দুটি যদি জানা থাকে তবে তৃতীয় অজানা রাশিটির মান নির্ণয় করা যায়। যেহেতু এ প্রশ্নের তিনটি তথ্যের মধ্যে দুটি তথ্য জানা সেহেতু তথ্যটি পর্যাপ্ত।

কাজ ৮। বিভিন্ন বিজ্ঞানী তাপগতিবিদ্যার বিত্তীয় সূত্রকে বিভিন্নভাবে উপস্থাপন করেছেন। এ সূত্রগুলোর মধ্যে কী কী মিল ও অমিল রয়েছে, তা একটি চার্ট তৈরি কর।

\bullet রমা বিজয়, আলী আহমেদ, সুদেব পাল স্যার; পৃষ্ঠা ৩৯-এর কাজ

সমাধান : উদ্দেশ্য : তাপগতিবিদ্যার বিত্তীয় সূত্রের ক্ষেত্রে, বিভিন্ন বিজ্ঞানীর প্রদানকৃত বিবৃতির মিল ও অমিলগুলো সম্পর্কে জানা।

তাপগতিবিদ্যার বিভিন্ন বিজ্ঞানীর প্রদত্ত বিবৃতির মিল ও অমিলসমূহ নিচে চার্টে উপস্থাপন করা হলো—

| বিজ্ঞানী | মিল | অমিল |
|----------|--|---|
| কার্নো | সকল বিবৃতি অনুসারে যখন তাপ কাজে রূপান্তরিত হয় তখন সকল তাপই কাজে রূপান্তরিত হতে পারে না। আবার কারো কিছু অংশ কাজে রূপান্তরিত হয়। এছাড়া তাপকে কাজে রূপান্তর করার জন্য একটি উত্তুন্ত ও শীতল বস্তুর যুগল প্রয়োজন। | কারো মতে সম্পূর্ণ তাপ কাজে রূপান্তরিত হয় কাজে পরিণত করার যতো যত্ন নির্মাণ সম্ভব না। আবার কারো কিছু অংশ কাজে রূপান্তরিত হয়ে অবিরাম শক্তির হয়। এছাড়া তাপকে কাজে রূপান্তর করার জন্য একটি উত্তুন্ত ও শীতল বস্তুর যুগল প্রয়োজন। |