



c`v^Æweævb
w«¼Zxq cò

অধ্যায়-১: তাপগতিবিদ্যা

১৬ ক একজন শিক্ষার্থী ‘তাপীয় বিশৃংখলা’ পর্যবেক্ষণ করতে গিয়ে দেখল A ও B দুটি তাপ উৎপাদক যন্ত্রের A কে 700kJ শক্তি সরবরাহ করায় উহা 2kg পানিকে 25°C হতে 100°C তাপমাত্রায় উন্নীত করে এবং B এ পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে রূপান্তরিত করে।

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

- ক. তাপীয় সমতা কী? ১
- খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত তাপ কৃত কাজের সমান কেন? ২
- গ. A যন্ত্রটির দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. শিক্ষার্থীর পর্যবেক্ষণটির তুলনামূলক ফলাফল গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে অবস্থায় পরস্পরের সংস্পর্শে থাকা বস্তুগুলোর মধ্যে তাপের আদান প্রদান ঘটনা তাকে তাপীয় সমতা বলে।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের (যেমন, সিলিন্ডারের অভ্যন্তরে রক্ষিত গ্যাস) তাপমাত্রা তথা অলঙ্ঘন শক্তির পরিবর্তন হয় না। $\Delta U = 0$ হওয়ায় $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ সূত্র হতে পাই, $\Delta Q = 0 + \Delta W$ বা, $\Delta Q = \Delta W$; একারণেই সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত তাপ কৃতকাজের সমান।

গ দেওয়া আছে,

A-তে সরবরাহকৃত তথা অলঙ্ঘন তাপশক্তি, $Q_{in} = 700 \text{ kJ} = 700 \times 10^3 \text{ J}$

বর্ণিত পানির ভর, $m = 2 \text{ kg}$

আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 25^\circ\text{C}$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$

জানা আছে, পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

বের করতে হবে, A যন্ত্রটির দক্ষতা, $\eta = ?$

আমরা জানি, পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ, $Q_{out} = mS\Delta\theta = Sm(\theta_1 - \theta_2)$

$= 2 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (100 - 25) \text{ K} = 630000 \text{ J}$

\therefore A যন্ত্রটির দক্ষতা, $\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$

$= \frac{630000 \text{ J}}{700 \times 10^3 \text{ J}} \times 100\% = 0.9 \times 100\% = 90\% \text{ (Ans.)}$

ঘ $m = 2 \text{ kg}$ ভরের পানিকে $T_1 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$ হতে $T_2 = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$ তাপমাত্রায় উন্নীত করতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি,

$\Delta S_1 = mS \ln \frac{T_2}{T_1} = 2 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times \ln \left(\frac{373 \text{ K}}{298 \text{ K}} \right)$

$= 1885.7 \text{ JK}^{-1}$

আবার, 2kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে গৃহীত তাপ, $Q =$ পানির ভর \times পানির বাষ্পীভবনের সুগুতাপ।

$= 2 \text{ kg} \times 2268000 \text{ Jkg}^{-1} = 4536000 \text{ J}$

এক্ষেত্রে উক্ত পানির এন্ট্রপির বৃদ্ধি, $\Delta S_2 = \frac{Q}{T} = \frac{4536000 \text{ J}}{373 \text{ K}} = 12160.9 \text{ JK}^{-1}$

এন্ট্রপি দ্বারা ‘তাপীয় বিশৃংখলা’ নির্দেশিত হয়।

সুতরাং, প্রথম ধাপে ‘তাপীয় বিশৃংখলা’ 1885.7 JK⁻¹ পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং দ্বিতীয় ধাপে ‘তাপীয় বিশৃংখলা’ 12160.9 JK⁻¹ পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

‘তাপীয় বিশৃংখলা’ তথা এন্ট্রপির এই বৃদ্ধিভয়ের অনুপাত $= \Delta S_1 : \Delta S_2 = (1885.7 \text{ JK}^{-1}) : (12160.9 \text{ JK}^{-1}) = 1 : 6.45$

প্রশ্ন ১৭ একটি গাড়ি তৈরির কারখানায় একটি তাপ ইঞ্জিনকে পরীক্ষা করা হলো। ইঞ্জিনটি তাপ উৎস হতে 600K তাপমাত্রায় $2.56 \times 10^6 \text{ J}$ তাপ গ্রহণ করে এবং নিঃসৃত তাপমাত্রায় তাপাধারে $5.12 \times 10^5 \text{ J}$ তাপ বর্জন করে। [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

- ক. তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র বিবৃত কর। ১
- খ. পৃথিবীর তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. তাপ ইঞ্জিনটির নিঃসৃত তাপমাত্রায় তাপাধারের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 100% অর্জন করা সম্ভব নয়- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো আবদ্ধ সিস্টেমে কিছু পরিমাণ তাপ দেয়া হলে এই তাপের কিছু অংশ সিস্টেমের অলঙ্ঘন শক্তি বৃদ্ধি করে এবং বাকি তাপ দ্বারা সিস্টেম কাজ করে। এটিই হলো তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র।

খ মহাবিশ্বে এন্ট্রপি ক্রমাগত বাড়ছে। এন্ট্রপি হলো বিশৃংখলার পরিমাপ। এন্ট্রপি কম থাকা মানে, কাজে রূপান্তরযোগ্য শক্তির প্রাপ্যতার সম্ভাবনা বেশি। কিন্তু এন্ট্রপি বেড়ে যাওয়া মানে, কাজে রূপান্তরযোগ্য শক্তির প্রাপ্যতার সম্ভাবনা কম। সুতরাং, মহাবিশ্বের এন্ট্রপি এমন হারে বাড়তে থাকলে এমন একটা সময় আসবে, যখন কাজে রূপান্তরযোগ্য জন্য কোনো তাপ পাওয়া যাবে না এবং মহাবিশ্বের সকল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হয়ে যাবে। মহাবিশ্বের এরূপ অবস্থাকে তাপীয় মৃত্যু বলে।

গ দেওয়া আছে,

উচ্চ তাপমাত্রায় তাপাধারের তাপমাত্রা, $T_1 = 600 \text{ K}$

তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 2.56 \times 10^6 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 5.12 \times 10^5 \text{ J}$

বের করতে হবে, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

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

$\therefore T_2 = T_1 \times \frac{Q_2}{Q_1} = 600 \text{ K} \times \frac{5.12 \times 10^5 \text{ J}}{2.56 \times 10^6 \text{ J}} = 120 \text{ K (Ans.)}$

ঘ। ইঞ্জিনটি প্রতি চক্রে Q_1 পরিমাণ তাপ গ্রহণ করলে এবং Q_2 পরিমাণ তাপ গ্রাহকে বর্জন করে থাকলে এর কর্মদক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

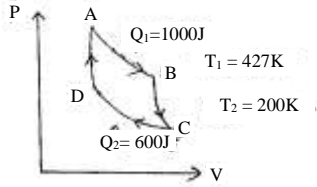
$$\eta = 100\% = 1 \text{ হতে হলে, } 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1$$

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

অর্থাৎ গৃহীত তাপের সবটুকুই কার্যকর শক্তিতে পরিণত করতে হবে এবং কোনো তাপই তাপ গ্রাহকে বর্জন করতে পারবে না। তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রানুসারে, এটা অসম্ভব।

সুতরাং, ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 100% অর্জন করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ৩ একটি কার্নো চক্র নিরূপণ-



[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. এন্ট্রপি কী? ১
- খ. “কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হওয়া সম্ভব নয়”- কেন? ২
- গ. উদ্দীপক থেকে একটি পূর্ণ চক্রে কৃতকাজ ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. চিত্রে প্রদর্শিত কার্নো চক্রে এন্ট্রপির কি পরিবর্তন সাধিত হবে? গাণিতিক যুক্তি ব্যবহার করে উত্তর দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। রুদ্ধতাপীয় প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় যে তাপগতীয় চলরাশিটি স্থির থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ। মনে করি, কোনো কার্নো ইঞ্জিন তাপ উৎস হতে প্রতি চক্রে Q_1 পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে এবং Q_2 পরিমাণ তাপ গ্রাহকে বর্জন করে।

তাহলে ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$; এখন,

$$\text{ইঞ্জিনটির দক্ষতা } 100\% \text{ হতে হলে, } \eta = 100\% = 1 = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\text{বা, } \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - 1 = 0$$

বা, $Q_2 = 0$ অর্থাৎ 100% দক্ষতার ক্ষেত্রে ইঞ্জিনটি তাপ গ্রাহকে কোনো তাপ বর্জন করতে পারবে না, তাপ গতিবিদ্যার ২য় সূত্রানুসারে যা অসম্ভব। সুতরাং, কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হওয়া সম্ভব নয়।

গ। দেওয়া আছে,

প্রতি চক্রে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1000 \text{ J}$

এবং বর্জিত তাপ, $Q_2 = 600 \text{ J}$

বের করতে হবে, প্রতি চক্রে কৃতকাজ, $W = ?$

এবং ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = ?$

আমরা জানি, $W = Q_1 - Q_2 = 1000 \text{ J} - 600 \text{ J} = 400 \text{ J}$ (Ans.)

আবার, $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{400 \text{ J}}{1000 \text{ J}} = 0.4 = 0.4 \times 100\% = 40\%$ (Ans.)

ঘ। চিত্রে প্রদর্শিত কার্নো চক্রে AB ও CD হলো সমোষ্ণ প্রক্রিয়া এবং BC ও DA হলো রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।

AB প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1}$

$$= \frac{+1000 \text{ J}}{427 \text{ K}} = +2.34 \text{ JK}^{-1} \quad [Q_1 \text{ গৃহীত তাপ, তাই এটি ধনাত্মক}]$$

BC ও DA প্রক্রিয়ায় সিস্টেম পরিবেশের সাথে তাপের কোনো লেনদেন করেনা, তাই এই দুটি প্রক্রিয়ায়

$$\left(\Delta S = \frac{Q}{T} \text{ মতো } \Delta S = 0, Q = 0 \text{ নীচের } \Delta S = 0 \right)$$

এন্ট্রপির পরিবর্তন শূন্য।

$$\text{DC প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S_3 = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{-600 \text{ J}}{200 \text{ K}} \quad [\square \text{ তাপ বর্জন}]$$

$$= -3 \text{ JK}^{-1}$$

∴ উদ্দীপকের চিত্রে প্রদর্শিত কার্নো চক্রে এন্ট্রপির নেট পরিবর্তন,

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$$

$$= +2.34 \text{ JK}^{-1} + 0 \text{ JK}^{-1} - 3 \text{ JK}^{-1} + 0 \text{ JK}^{-1}$$

$$= -0.66 \text{ JK}^{-1} \neq 0 \text{ JK}^{-1}$$

সুতরাং, চিত্রে প্রদর্শিত কার্নো চক্রে এন্ট্রপির পরিবর্তন সাধিত হবে। আদর্শ কার্নো চক্রে এন্ট্রপির নেট পরিবর্তন ঘটে না। অতএব, মসৃণতা বলা যায়, উদ্দীপকের কার্নো ইঞ্জিনটি আদর্শ কার্নো ইঞ্জিন নয়।

প্রশ্ন ৪ তনিমা 200 gm বরফ একটা নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে ফেলে দিলে তা অভিকর্ষের টানে নীচে পড়ে যে তাপ উৎপন্ন করে তাতে 10% বরফ গলে যায়। এখানে সমস্ত যান্ত্রিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুগুতাপ 336000 Jkg^{-1} এবং পানির আপেক্ষিক তাপ $4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$

[মতিঝিল আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. তাপমাত্রার সার্বজনীন স্কেলের নাম কী? ১
- খ. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. তনিমার 0°C তাপমাত্রার 200 gm বরফ 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. তনিমা যে উচ্চতা থেকে বরফটি ফেলেছিল তা নির্ণয় করা যাবে কিনা তা গাণিতিক ভাবে যাচাই কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। তাপমাত্রার সার্বজনীন স্কেলের নাম কেলভিন স্কেল।

খ। মনে করি, একটি প্রত্যাবর্তী কার্নো ইঞ্জিন T_1 তাপমাত্রায় তাপ উৎস হতে Q_1 পরিমাণ তাপ গ্রহণ করলো এবং T_2 তাপমাত্রায় তাপ গ্রাহকে Q_2 পরিমাণ তাপ বর্জন করলো।

তাহলে এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{-Q_2}{T_2} =$

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}; \text{ কিন্তু প্রত্যাবর্তী কার্নো ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে } \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\therefore \text{ সিস্টেমের এন্ট্রপির নেট পরিবর্তন, } \Delta S = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

অর্থাৎ প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় সিস্টেম আদি অবস্থায় ফিরে আসে বলে এক্ষেত্রে এন্ট্রপির পরিবর্তন শূন্য হয় এবং এন্ট্রপি স্থির থাকে।

গ। দেওয়া আছে, বরফের ভর, $m = 200 \text{ gm} = 0.2 \text{ kg}$

বরফ গলনের সুগুতাপ, $L_f = 336000 \text{ Jkg}^{-1}$

∴ বরফ গলতে প্রয়োজনীয় তাপ, $Q_1 = mL_f$

$$= 0.2 \text{ kg} \times 336000 \text{ Jkg}^{-1}$$

$$= 67200 \text{ J}$$

$T_1 = 273 \text{ K}$ তাপমাত্রায় বরফ গলে থাকে

$$\therefore \text{ বরফ গলতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি, } \Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{67200 \text{ J}}{273 \text{ K}}$$

$$= 246.154 \text{ JK}^{-1}$$

$T_1 = 273 \text{ K}$ তাপমাত্রায় $m = 0.2 \text{ kg}$ ভরের বরফগলা পানি

$T_2 = 100^\circ \text{C} = 373 \text{ K}$ তাপমাত্রায় আসতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি,

$$\Delta S_2 = ms \ln \frac{T_2}{T_1} = 0.2 \text{ Kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1} \times \ln \left(\frac{373 \text{ K}}{273 \text{ K}} \right)$$

$$= 262.17 \text{ JK}^{-1}$$

∴ এন্ট্রপির নির্ণেয় পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$

$$= 246.154 \text{ JK}^{-1} + 262.17 \text{ JK}^{-1}$$

$$= 508.324 \text{ JK}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ মনে করি, নির্ণেয় উচ্চতা h

$m = 200 \text{ gm} = 0.2 \text{ kg}$ বরফ h উচ্চতা থেকে নেমে আসলে অর্জিত

গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \text{বিভবশক্তির হ্রাস, } \Delta E_p = mgh = 0.2 \text{ kg} \times$

$$9.8 \text{ ms}^{-2} \times h \text{ m} = 1.96h \text{ J}$$

শর্তমতে, উৎপন্ন তাপ $= 1.96h \text{ J}$

10% বরফ গলে গেলে, $m \times 10\% \times L_f = 1.96h \text{ J}$

$$\text{বা, } 0.2 \text{ Kg} \times 10\% \times 336000 \text{ Jkg}^{-1} = 1.96h \text{ J}$$

$$\text{বা, } 6720 \text{ J} = 1.96h \text{ J}$$

$$\therefore h = \frac{6720}{1.96} = 3429 \text{ m} = 3.43 \text{ km}$$

\therefore তনিমা 3.43 km উচ্চতা হতে বরফের টুকরাটি ফেলেছিল।

অর্থাৎ, তনিমা যে উচ্চতা থেকে বরফটি ফেলেছিল তা নির্ণয় করা যাবে।

প্রশ্ন ৫ একটি কেটলিতে 20°C তাপমাত্রার 1kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করা হলো। এর ফলে এক বায়ুমন্ডলীয় চাপে এর আদি আয়তন বৃদ্ধি পেয়ে 10^{-3}m^3 থেকে 1.617m^3 হয়। $[S = 4.2 \times 10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}, L_v = 2260 \text{ kJkg}^{-1}]$

[শহীদ বীর উত্তম লে: আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা]

ক. তাপ গতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি লিখ। ১

খ. দেখাও যে, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান। ২

গ. অস্ফুট শক্তির পরিবর্তন কত হবে? ৩

ঘ. প্রক্রিয়াটি প্রত্যগামী নাকি অপ্রত্যগামী? এ প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির কিরূপ পরিবর্তন হবে? উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক ভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ আমরা জানি, যেকোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ায়, $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কার্যনির্বাহক বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটায় এবং অবস্থার পরিবর্তন না ঘটায় এর অস্ফুট শক্তিরও পরিবর্তন ঘটবে না, অর্থাৎ $\Delta U = 0$

তাহলে $\Delta Q = \Delta W + 0 = \Delta W$; সুতরাং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান।

গ দেওয়া আছে,

পানির ভর, $m = 1 \text{ kg}$

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

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

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

পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ, $L_v = 2260 \text{ kJkg}^{-1} = 2.26 \times 10^6 \text{ Jkg}^{-1}$

বের করতে হবে, অস্ফুট শক্তির পরিবর্তন, $\Delta U = ?$

$$\therefore \text{পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে এর দ্বারা শোষিত শক্তি, } Q_1 = mS\Delta\theta$$

$$= 1 \text{ kg} \times 4.2 \times 10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (373 \text{ K} - 293 \text{ K}) = 3.36 \times 10^5 \text{ J}$$

$$Q_2 = mL_v = 1 \text{ kg} \times 2.26 \times 10^6 \text{ Jkg}^{-1} = 2.26 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\therefore \text{মোট তাপ পরিবর্তন, } \Delta Q = Q_1 + Q_2$$

$$= 3.36 \times 10^5 \text{ J} + 2.26 \times 10^6 \text{ J} = 2.596 \times 10^6 \text{ J}$$

কৃতকাজ, $\Delta W = P\Delta V$

$$= 1.01325 \times 10^5 \times (1.617 - 10^{-3})$$

$$= 163741.2 \text{ J}$$

$$= 1.637 \times 10^5 \text{ J}$$

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

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

$$= 2.596 \times 10^6 - 1.637 \times 10^5$$

$$= 2.43 \times 10^6 \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত প্রক্রিয়াটি প্রত্যাবর্তী। কারণ

1.617 m^3 আয়তনের বাষ্প থেকে তাপ শোষণ করে নিলে তা প্রথমে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হয় এবং পরবর্তীতে আরো তাপ শোষণ করে নিলে তার তাপমাত্রা নেমে 20°C -এ উপনীত হয়।

$m = 1 \text{ kg}$ ভরের পানির তাপমাত্রা $T_1 = 293 \text{ K}$ থেকে বাড়িয়ে $T_2 =$

$$373 \text{ K} \text{-এ আনতে এন্ট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S_1 = mS \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 1 \text{ kg} \times 4.2 \times 10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times \ln \left(\frac{373 \text{ K}}{293 \text{ K}} \right) = 1013.9 \text{ JK}^{-1}$$

$T_2 = 373 \text{ K}$ তাপমাত্রায় 1kg পানি একই তাপমাত্রায় বাষ্পে পরিণত

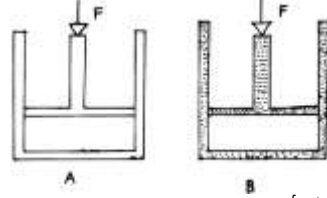
$$\text{হতে এন্ট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S_2 = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$= \frac{2.26 \times 10^6 \text{ J}}{373 \text{ K}} = 6059 \text{ JK}^{-1}$$

সুতরাং, উদ্দীপকে বর্ণিত প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন,

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 1013.9 \text{ JK}^{-1} + 6059 \text{ JK}^{-1} = 7072.9 \text{ JK}^{-1}$$

প্রশ্ন ৬ A ও B উভয় সিলিডারে ঘর্ষণহীন পিস্টন দ্বারা 2 বায়ুমন্ডলীয় চাপে ও 27°C তাপমাত্রায় 2 gm হিলিয়াম আবদ্ধ আছে। A আদর্শ তাপ পরিবাহী এবং B আদর্শ তাপ অপরিবাহী পদার্থে তৈরি। উভয় পিস্টন থেকে প্রযুক্ত বল F অপসারণ করা হলো।



[ক্যামব্রিয়ান কলেজ, ঢাকা]

ক. বদ্ধ সিস্টেম কাকে বলে? ১

খ. “একটি রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয়” এটি প্রত্যাবর্তী না অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া, কেন? ২

গ. B সিলিডারের গ্যাসের চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উভয় ক্ষেত্রে হিলিয়াম কর্তৃক কৃতকাজের তুলনা কর। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে শক্তি বিনিময় করতে পারলেও ভর বিনিময় করতে পারে না, তাকে বদ্ধ সিস্টেম বলে।

খ আমরা জানি, যে প্রক্রিয়া সম্মুখগামী হওয়ার পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না, তাকে অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে। একটি রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহের ফলে মুক্ত ইলেকট্রনসমূহ অণু পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। এতে অণু-পরমাণুসমূহের কম্পন শক্তি বেড়ে যাওয়ায় তা তাপাকারে দেখা দেয়। কিন্তু একটি রোধকে বাহ্যিক উৎস হতে তাপ প্রয়োগে উত্তপ্ত করা হলেও এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। সুতরাং একটি রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হওয়ার প্রক্রিয়াটি অপ্রত্যাবর্তী।

গ B সিলিডারটি আদর্শ তাপ অপরিবাহী পদার্থে তৈরি, তাই B সিলিডারের গ্যাসটি পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান করতে পারবে না বিধায় এর প্রসারণ প্রক্রিয়াটি রুদ্ধতাপীয়। বাহ্যিক প্রযুক্ত বল F অপসারণ করায় B সিলিডারের গ্যাস প্রসারিত হবে এবং চূড়ান্ত চাপ 1 বায়ুমন্ডলীয় (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, $T_2 = ?$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

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

$$= 300\text{K} \times \left(\frac{2\text{atm}}{1\text{atm}}\right)^{\frac{1.66}{1-1.66}} = 52.5\text{K}$$

$$= -220.5^\circ\text{C} \text{ (Ans.)}$$

ঘ A সিলিন্ডারটি আদর্শ তাপ পরিবাহী পদার্থে তৈরি হওয়ায় এক্ষেত্রে গ্যাসটি পরিবেশের সাথে অবাধে তাপের আদান-প্রদান করতে পারবে। ফলে বাহ্যিক প্রযুক্ত বল F অপসারণ করা হলে A সিলিন্ডারের গ্যাসটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার মধ্যদিয়ে যাবে, অর্থাৎ এ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকবে। এ প্রক্রিয়া শেষে গ্যাসের চাপ হবে 1atm ।

এ প্রক্রিয়ায় হিলিয়াম গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজ, $W_1 = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

B সিলিন্ডারের রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W_2 = \frac{nR[T_2 - T_1]}{1-\gamma}$

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

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

$$= 1558.9\text{J}$$

W_1 ও W_2 এর মান ধন্বক (+) পাওয়ায় ইহা স্পষ্ট যে, উভয় সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে গ্যাস, পরিবেশের ওপর কাজ সম্পন্ন করবে। তবে কাজের পরিমাণ ভিন্ন হবে; দুই ক্ষেত্রে কৃতকাজের অনুপাত

$$= 864.42\text{J} \div 1558.9\text{J}$$

$$= 1 \div 1.8034$$

প্রশ্ন ৭ একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিন 327°C তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে $2.5 \times 10^6\text{J}$ তাপশক্তি গ্রহণ করে এবং 27°C তাপমাত্রার তাপ গ্রাহকে তাপ বর্জন করে।

[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

- এনট্রপি কী? ১
- সমোষ্ণ ও রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার পার্থক্য লিখ। ২
- ইঞ্জিনটি তাপ গ্রাহকে কত তাপ বর্জন করে নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কি? - বিশেষ-ষণ কর। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যাবর্তী রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় যে তাপগতীয় চলরাশি স্থির থাকে তাকে এনট্রপি বলে।

খ সমোষ্ণ ও রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার পার্থক্য নিরূপণ:

সমোষ্ণ প্রক্রিয়া	রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া
১. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের চাপ ও আয়তন পরিবর্তন হয়।	১. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রা পরিবর্তিত হয়।
২. সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ধীরে ঘটে।	২. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া দ্রুত ঘটে।
৩. তাপের আদান-প্রদান ঘটে।	৩. তাপের আদান-প্রদান ঘটে না।
৪. $PV = \text{ধ্রুবক}$ সূত্র মেনে চলে।	৪. $PV^\gamma = \text{ধ্রুবক}$ সূত্র মেনে চলে।

গ দেওয়া আছে,

প্রতিচক্রে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 2.5 \times 10^6\text{J}$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 327^\circ\text{C} = (327 + 273)\text{K} = 600\text{K}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 27^\circ\text{C} = (27 + 273)\text{K} = 300\text{K}$

বের করতে হবে, প্রতি চক্রে গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = ?$

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

$$\therefore Q_2 = Q_1 \frac{T_2}{T_1} = 2.5 \times 10^6\text{J} \times \frac{300\text{K}}{600\text{K}}$$

$$= 1.25 \times 10^6\text{J} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকের উপাত্তমতে, ইঞ্জিনটির দক্ষতা,

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300\text{K}}{600\text{K}} = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2} = 50\%$$

দ্বিগুণ হলে দক্ষতার মান হবে, $\eta' = 2\eta = 2 \times 50\% = 100\%$

এক্ষেত্রে প্রতি চক্রে তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপ Q_1 এবং তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ Q_2 হলে,

অর্থাৎ প্রতিচক্রে ইঞ্জিন উৎস হতে যে পরিমাণ তাপ গ্রহণ করবে তার সবটুকুকে কার্যকর শক্তিতে রূপান্তরিত করতে হবে এবং পরিবেশে কোনো তাপ ছেড়ে দেয়া চলবে না। কিন্তু এই শর্ত তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রের পরিপন্থী। সুতরাং, উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ৮ লিজা এবং সীমা বিজ্ঞান বিভাগে অধ্যয়নরত। ল্যাভে লিজা CO_2 পৃথক সিলিন্ডারে সংরক্ষণ করল। লিজা উক্ত গ্যাসকে ধীরে ধীরে দ্বিগুণ প্রসারিত করলো। পক্ষান্তরে সীমা উক্ত পরীক্ষাটি একই পরিমাণ দ্রুত প্রসারিত করে দেখতে পেল তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে।

- এনট্রপি কী? ১
- থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহার করা হয় কেন? ২
- সীমা কর্তৃক কৃত পরীক্ষায় চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হবে? ৩
- উভয়ের পরীক্ষায় চূড়ান্ত চাপ একই থাকবে কিনা? বিশেষ-ষণ কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় যে তাপগতীয় রাশিটি স্থির থাকে তাকে এনট্রপি বলে।

খ পারদ একটি তরল ধাতু। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে এর আয়তন সমহারে বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ আয়তন হলো পারদের তাপমাত্রিক ধর্ম। সরল নলে পারদের আয়তন প্রসারণ সহগ নির্মানের হলেও তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সরল নলে পারদের আয়তন প্রসারণ সহজেই লক্ষ্যণীয়। এ সকল কারণে থার্মোমিটারে তাপমিতিক পদার্থ হিসেবে পারদ ব্যবহার করা হয়।

গ সীমার পরীক্ষাটি হলো রুদ্ধতাপীয়, কারণ এ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অতি দ্রুত প্রসারণ ঘটে বলে তা পরিবেশের সাথে তাপের লেনদেন করতে পারে না।

এ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 273\text{K}$ (\square 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, $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

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

$$= 217.2\text{K}$$

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

ঘ উভয়ের পরীক্ষায় আদি চাপ, $P_1 = 1\text{atm}$ (\square STP)

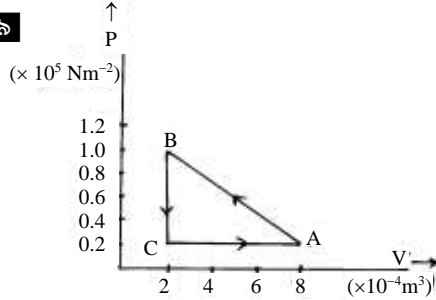
সীমার রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত চাপ P_2 হলে,

লিজার পরীক্ষাটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া। কারণ গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ধীরে ধীরে করায় তা পরিবেশের সাথে তাপ আদান-প্রদানের যথেষ্ট সময় পেয়েছে এবং উক্ত তাপ আদান-প্রদান করে গ্যাসের দ্রুত তাপমাত্রা বজায় রেখেছে। এরূপ প্রক্রিয়ায়, $P_1V_1 = P_2V_2$

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

সুতরাং, উভয়ের পরীক্ষায় চন্দ্রচাপ একই থাকবে না।

প্রশ্ন ৯



একটি অক্সিজেন গ্যাস ভর্তি সিস্টেমকে লেখচিত্রের বর্ণিত প্রক্রিয়ার মধ্য দিয়ে নেয়া হচ্ছে।

[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

- বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কী? ১
- টায়ার ফাটলে ঠাণ্ডা বাতাস বের হয় কেন? ২
- C অংশে C বিন্দু হতে A বিন্দু পৌঁছাতে কৃতকাজ বের কর। ৩
- ABC পথে A বিন্দু হতে পূর্ণচক্র সম্পন্ন করে পুনরায় A বিন্দুতে পৌঁছাতে নিট কাজ শূন্য হবে কিনা- যাচাই কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম পরিবেশের সাথে তাপের কোনো আদান-প্রদান করতে পারে না, তাকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ টায়ার ফাটলে এর অভ্যন্তরীণ গ্যাসের খুব দ্রুত সম্প্রসারণ ঘটে। এ কারণে উক্ত গ্যাস পরিবেশের সাথে তাপের লেনদেন করতে না পারায় এ প্রক্রিয়াটি বৃদ্ধতাপীয়। এরূপ প্রক্রিয়ার জন্য $\Delta Q = 0$, ফলে $\Delta W + \Delta U = 0$ বা, $\Delta U = -\Delta W$; গ্যাসটি সম্প্রসারিত হওয়ায় এটি বাহ্যিক পরিবেশের ওপর কাজ সম্পাদন করবে, তাই ΔW ধন্বক। ফলে $\Delta U = -\Delta W$ সমীকরণ অনুসারে ΔU ঋণাত্মক হতে বাধ্য। ΔU বা সিস্টেমের অন্তর্ভুক্ত শক্তির পরিবর্তন ঋণাত্মক হওয়া মানে, গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পাওয়া। এ কারণে টায়ার ফাটলে ঠাণ্ডা বাতাস বের হয়।

গ উদ্দীপকের লেখচিত্রের CA অংশটি হলো সমচাপ প্রক্রিয়া (দ্রুতচাপ, $P = 0.2 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$)

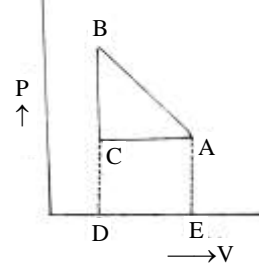
CA অংশে আয়তনের পরিবর্তন, $\Delta V = (8 - 2) \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 6 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ বের করতে হবে, CA অংশে কৃতকাজ, $\Delta W = ?$

আমরা জানি, সমচাপ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

$$\Delta W = P\Delta V = 0.2 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2} \times 6 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 12 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ ABC পথকে তিনটি অংশে বিভক্ত করি, যথাক্রমে AB, BC ও CA

$$\text{এক্ষেত্রে AB অংশে কৃতকাজের মান, } |\Delta W_1| = \left| \int_A^B P dV \right|$$



= ABCDE ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল

$$= \frac{1}{2} \times (AE + BD) \times DE$$

$$= \frac{1}{2} \times (0.2 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2} + 1.0 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}) \times (8 - 2) \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$= 36 \text{ J}$$

∴ ABC চক্রে মোট বা নেট কৃতকাজ, $\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3$
 $= -36 \text{ J} + 0 \text{ J} + 12 \text{ J} = -24 \text{ J} \neq 0 \text{ J}$

সুতরাং, ABC পথে A বিন্দু হতে পূর্ণচক্র সম্পন্ন করে পুনরায় A বিন্দুতে পৌঁছাতে নিট কাজ শূন্য হবে না।

প্রশ্ন ১০ প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 32gm হিলিয়াম গ্যাসকে প্রথমে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় ও পরে বৃদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় তিনগুন আয়তন প্রসারিত করা হলো।

[ঢাকা সিটি কলেজ, ঢাকা]

- প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কী? ১
- কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা কার্যনির্বাহক বস্তুর প্রকৃতির উপর নির্ভর করে কী? ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকে গ্যাসটির C_p ও C_v হিসাব কর। ৩
- উদ্দীপকে উভয় ক্ষেত্রে কৃতকাজ বের করে তাদের তুলনা কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম কোনোরূপ শক্তিক্ষয় ব্যতিরেকে আদি অবস্থায় ফিরে আসতে পারে তাকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতার সমীকরণ হলো, $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$

তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, দক্ষতার এই সমীকরণ কেবল উৎস ও গ্রাহকের তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে, কার্যনির্বাহক বস্তুর প্রকৃতির ওপর নির্ভর করেনা। কার্যনির্বাহক বস্তু হিসেবে নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহার করা হলে যে দক্ষতা পাওয়া যাবে, অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহার করেও সেই একই দক্ষতা পাওয়া যাবে; যদি T_1 ও T_2 এর মান অপরিবর্তিত থাকে।

গ উদ্দীপকের গ্যাসটি হলো হিলিয়াম।

এর জন্য C_p ও C_v এর অনুপাত, $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.66 = \frac{5}{3}$

$$\text{বা, } C_p = \frac{5}{3} C_v$$

আবার, $C_p - C_v = R = 8.314 \text{ Jmole}^{-1}\text{K}^{-1}$ [যে কোনো গ্যাসের ক্ষেত্রে]

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

$$\text{বা, } \frac{2}{3} C_v = R$$

$$\therefore C_v = \frac{3}{2} R = 1.5 \times 8.314 \text{ Jmole}^{-1}\text{K}^{-1} = 12.47 \text{ Jmole}^{-1}\text{K}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

$$\text{এবং } C_p = R + C_v = R + \frac{3}{2} R = \frac{5}{2} R = 2.5 \times 8.314 \text{ Jmole}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$= 20.785 \text{ Jmole}^{-1}\text{K}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকমতে,

$$\text{গ্যাসের মোল সংখ্যা, } n = \frac{m}{M} = \frac{32\text{gm}}{4\text{gm}} = 8$$

সমোষণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, ধ্রুব তাপমাত্রা, $T = 273 \text{ K}$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 273 \text{ K} \times \left(\frac{V_1}{3V_1} \right)^{1.66-1}$$

[হিলিয়াম এক পরমাণুক গ্যাস]

$$= 132.2 \text{ K}$$

$$\therefore \text{রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, } W' = \frac{nR [T_1 - T_2]}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{8 \times 8.314 \text{ Jmole}^{-1}\text{K}^{-1} [273 \text{ K} - 132.2 \text{ K}]}{1.66 - 1} = 14189.2 \text{ J}$$

$$\therefore W \approx W' = 19948.4 \approx 14189.2$$

$$= 1.4181$$

প্রশ্ন ১১ ফাহিমা পদার্থবিদ্যা ল্যাব: এ কোন সিস্টেমে স্থির চাপে 6gm হিলিয়াম গ্যাসে নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপ শক্তি সরবরাহ করে গ্যাসের দ্বারা কাজ 80J পেল। হিলিয়ামের $C_p = 13.2 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ এবং

$$R = 8.314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1} \quad [\text{হলিক্রস কলেজ, ঢাকা}]$$

- ক. উন্মুক্ত সিস্টেম কাকে বলে? ১
- খ. তাপ সঞ্চালন প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়- ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের উল্লেখিত কাজ পেতে গ্যাসটির তাপমাত্রা পরিবর্তন কত হবে? ৩
- ঘ. উক্ত সিস্টেমে অস্ফুটন শক্তির পরিবর্তন ফাহিমার দ্বারা সঠিক ভাবে নির্ণয় করা সম্ভব কিনা? তোমার উত্তরের সাপেক্ষে মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে ভর ও শক্তি উভয়ই বিনিময় করতে পারে তাকে উন্মুক্ত সিস্টেম বলে।

খ এন্ট্রপি হল বস্তুর এমন একটি ভৌত ধর্ম যা রুদ্ধতাপীয় প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় সর্বদা স্থির থাকে। তাপ সঞ্চালনের ক্ষেত্রে এন্ট্রপি স্থির থাকে না। ধরি, T_1 ও T_2 তাপমাত্রার দুটি বস্তু পরিবেশ থেকে বিচ্ছিন্ন অবস্থায় পরস্পর সংস্পর্শে আছে। যদি $T_1 > T_2$ হয় তাহলে উষ্ণ বস্তু থেকে শীতল বস্তুতে dQ পরিমাণ তাপ গেলে—

$$\frac{-dQ}{T_1} = \text{উষ্ণ বস্তুর এন্ট্রপি-হ্রাস}$$

$$\frac{dQ}{T_2} = \text{শীতল বস্তুর এন্ট্রপি বৃদ্ধি}$$

$$\text{সিস্টেমে এন্ট্রপির পরিবর্তন, } dS = \frac{-dQ}{T_1} + \frac{dQ}{T_2}$$

এখানে, $dS > 0$ । অর্থাৎ পরিবর্তন ধনাত্মক। তাই বলা যায়, তাপ সঞ্চালন প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে,

$$\text{হিলিয়ামের ভর} = 6\text{gm}$$

$$\therefore \text{হিলিয়ামের মোল সংখ্যা, } n = \frac{6}{4} = 1.5$$

আমরা জানি,

$$W = nRdT$$

$$\text{বা, } 80 = 1.5 \times 8.314 \times dT$$

$$\text{বা, } dT = \frac{80}{12.474}$$

$$= 6.415 \text{ K}$$

$$\therefore \text{তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় } 6.415 \text{ K (Ans.)}$$

ঘ

আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } dU = 126.98 - 80$$

$$= 47.017 \text{ J}$$

এখন,

$$\text{কৃতকাজ, } dW = 80\text{J}$$

$$\text{মোলসংখ্যা, } n = 1.5$$

$$C_p = 13.2$$

$$dT = 6.415 \text{ K}$$

\therefore ফাহিমার দ্বারা উক্ত সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করা সম্ভব হবে।

প্রশ্ন ১২ একটি কার্নো ইঞ্জিন 1200K তাপমাত্রার উৎস হতে 500 J তাপ শোষণ করে এবং 650 K তাপমাত্রার তাপ গ্রাহকে কিছু তাপ ত্যাগ করে।

[বিসি.আইসি কলেজ]

- ক. তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র বিবৃত কর। ১
- খ. বরফ গলার সময় তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হয় না কেন? ২
- গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ইঞ্জিনের তাপীয় প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র— “যান্ত্রিক শক্তিকে তাপে ও তাপ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করা হলে তাপ ও যান্ত্রিক শক্তি পরস্পরের সমানুপাতিক হবে।”

খ বরফ গলার সময় সরবরাহকৃত তাপ অবস্থার পরিবর্তনে সুগুতাপ হিসেবে গ্রহণ করে যা বরফের অনুগুলোর আন্তঃআণবিক শক্তির বিপরীতে কাজ করে। এজন্য বরফ গলার সময় তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না।

গ এখানে,

$$\text{ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা, } T_1 = 1200 \text{ K}$$

$$\text{ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, } T_2 = 650 \text{ K}$$

$$\text{ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta = ?$$

আমরা জানি,

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

$$= \frac{1200 - 650}{1200} \times 100\%$$

$$= 45.83\% \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে উল্লেখিত ইঞ্জিনের তাপীয় প্রক্রিয়াটি একটি প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। কেননা, প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার সংজ্ঞা হতে আমরা জানি, এই প্রক্রিয়া সম্মুখ পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখ ও বিপরীতমুখী পরিবর্তনের প্রতি স্ফুটন তাপ ও কার্যের ফলাফল সমান ও বিপরীতমুখী হয়।

সেইক্ষেত্রে উহা নিঃসৃত তাপমাত্রার তাপ গ্রাহক হতে তাপ শোষণ করে এবং তাপমাত্রার উৎসে তাপ বর্জন করে। এক্ষেত্রে কার্যকরী পদার্থটির উপর বাহির হতে কিছু কাজ করিতে হয়।

সুতরাং, বলা যায়, উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি একটি প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন ১৩ -10°C তাপমাত্রার ৪গ্রাম বরফকে 20°C তাপমাত্রার 100cm^3 পানির সাথে মেশানো হলো। বরফের আপেক্ষিক তাপ $0.5 \text{ cal/gm}^\circ\text{C}$ এবং বরফ গলনের সুগুতাপ 79.6 cal/gm

[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

- ক. ভর ত্রুটির সংজ্ঞা দাও। ১
- খ. সুষমভাবে চার্জিত গোলকের পৃষ্ঠে তড়িৎপ্রাবল্য শূন্য- ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. মিশ্রণটি সাম্যাবস্থায় পৌছানোর পর এন্ট্রপির কোনো পরিবর্তন হবে কী? বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াসের ভর নিউক্লিয়াস গঠনকারী মূল কণিকা সমূহের (নিউট্রন ও প্রোটন) মুক্তাবস্থায় সম্মিলিত ভর অপেক্ষা সামান্য কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে সংশ্লিষ্ট পদার্থের জন্য জন্য ভর-ত্রুটি বলে।

খ সুযমভাবে চার্জিত গোলকের পৃষ্ঠে তড়িৎপ্রাবল্য শূন্য-এ কথাটি সত্য নয়। কারণ R ব্যাসার্ধের গোলকে Q পরিমাণ চার্জ থাকলে এর পৃষ্ঠে তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^2}$; তবে চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরীণ তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য। এর কারণ নিম্নপ:

চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরীণর যেকোনো বিন্দুর বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান। তাই এ দুইটি বিন্দুর মধ্যবর্তী স্থানের তড়িৎপ্রাবল্য E হলে,

$$E = \frac{\Delta v}{\Delta r} [r \text{ হলো বিন্দুদ্বয়ের দূরত্ব}] = \frac{0}{\Delta r} [\square v_1 = v_2]$$

গ মনে করি, মিশ্রণের চূড়ান্দ তাপমাত্রা $\theta^\circ\text{C}$ দেওয়া আছে,

$$\text{বরফ গলনের সুপ্ততাপ, } L_f = 79.6 \text{ cal/gm} = \frac{79.6 \times 4.2 \text{ J}}{10^{-3} \text{ kg}} = 334320 \text{ Jkg}^{-1}$$

-10°C তাপমাত্রার 8 gm বা $8 \times 10^{-3} \text{ kg}$ বরফকে 0°C তাপমাত্রায় আনতে গৃহীত তাপ = বরফের ভর \times বরফের আপেক্ষিক তাপ \times তাপমাত্রার বৃদ্ধি $= 8 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 2100 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times [0 - (-10)] \text{ K} = 168 \text{ J}$

0°C তাপমাত্রায় $8 \times 10^{-3} \text{ kg}$ বরফকে গলাতে প্রয়োজনীয় তাপ

= বরফের ভর \times বরফগলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ

$$= 8 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 334320 \text{ Jkg}^{-1} = 2674.56 \text{ J}$$

বরফ গলা $8 \times 10^{-3} \text{ kg}$ পানির তাপমাত্রা 0°C হতে বাড়িয়ে 0°C -এ 100 cc বা 100 gm বা 0.1 kg পানির তাপমাত্রা 20°C হতে 0°C -এ নেমে আসতে বর্জিত তাপ = পানির ভর \times পানির আ: তাপ \times তাপমাত্রা হ্রাস $= 0.1 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} (20 - 0) \text{ K} = 420 (20 - 0) \text{ J}$

আমরা জানি, মোট গৃহীত তাপ = মোট বর্জিত তাপ [ক্যালরিমিতির মূলনীতি]

$$\text{বা, } 168 \text{ J} + 2674.56 \text{ J} + 33.60 \text{ J} = 420 (20 - 0) \text{ J}$$

$$\text{বা, } 33.60 + 4200 = 8400 - 168 - 2674.56$$

$$\text{বা, } 453.6 \theta = 5557.44$$

$$\therefore \theta = \frac{5557.44}{453.6} = 12.25^\circ\text{C}$$

সুতরাং, মিশ্রণের চূড়ান্দ তাপমাত্রা 12.25°C (Ans.)

ঘ $8 \times 10^{-3} \text{ kg}$ বরফ -10°C বা 263 K হতে 0°C বা 273 K-এ আনতে এন্ট্রপির পরিবর্তন

$$\Delta S_1 = 8 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 2100 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times \ln \left(\frac{273 \text{ K}}{263 \text{ K}} \right) = +0.627 \text{ JK}^{-1}$$

0°C বা 273K তাপমাত্রায় বরফকে গলাতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = \frac{e_{id} M_{jv} GZ \hat{g} v U Z v c}{\hat{K} j w f b \hat{O} \cdot G j e i G d i M j b v s K} = \frac{2674.56 \text{ J}}{+273 \text{ K}} = +9.8 \text{ JK}^{-1}$$

বরফগলা পানির তাপমাত্রা 273 K হতে বাড়িয়ে 12.25°C বা (12.25 + 273) K বা 285.25K-এ আনতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_3 = 8 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times \ln \left(\frac{285.25 \text{ K}}{273 \text{ K}} \right) = +1.475 \text{ JK}^{-1}$$

100cc বা 0.1 kg পানির তাপমাত্রা 20°C বা 293 K হতে হ্রাস পেয়ে 285.25K -এ আসতে এন্ট্রপির পরিবর্তন, ΔS_4

$$= 0.1 \text{ Kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times \ln \left(\frac{285.25 \text{ K}}{293 \text{ K}} \right) = -11.26 \text{ JK}^{-1}$$

\therefore মিশ্রণটি সাম্যাবস্থায় ((বা চূড়ান্দ তাপমাত্রায়) পৌছানোর পর এন্ট্রপির নেট পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$

$$= +0.627 \text{ JK}^{-1} + 9.8 \text{ JK}^{-1} + 1.475 \text{ JK}^{-1} - 11.26 \text{ JK}^{-1} = +0.642 \text{ JK}^{-1}$$

ΔS এর ধন্বকমান দ্বারা বুঝায় যে এন্ট্রপির মোটের ওপর বৃদ্ধি পেয়েছে (পরিবর্তিত হয়েছে)

প্রশ্ন ১৪ একজন গবেষক একটি ইঞ্জিন আবিষ্কার করলেন যার দক্ষতা 0.3 এবং উৎসের তাপমাত্রা 527°C । কালক্রমে তিনি ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করলেন।

[দিনাজপুর সরকারি কলেজ, দিনাজপুর]

ক. রন্ধিতাপীয় প্রক্রিয়া কী? ১

খ. এন্ট্রপি বৃদ্ধির কারণে একসময় শক্তির সংকট দেখা দেবে- ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ইঞ্জিনটির উৎসের তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে কত? ৩

ঘ. গবেষক কী উপায়ে ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করতে পেরেছিলেন- মতামত দাও। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম (যেমন, সিলিভারের অভ্যন্তরীণ রক্ষিত গ্যাস) বহিঃস্থ পরিবেশের সাথে তাপের কোনো আদান-প্রদান করে না, তাকে রন্ধিতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ কোনো ব্যবস্থায় যখন একটি উচ্চতর তাপমাত্রার তাপ উৎস এবং একটি নিম্নতর তাপমাত্রার তাপগ্রাহক থাকবে, তখন ব্যবস্থাটির এন্ট্রপি নিম্নমানের হয়। যখন তাপ উৎস হতে তাপ গ্রাহকে তাপের স্থানান্তর ঘটতে থাকে ফলে সব কিছুই তাপমাত্রা সাধারণ মানে উপনীত হওয়ার প্রয়াস পায় তখন এন্ট্রপি ক্রমশ বাড়তে থাকে। এন্ট্রপি হলো কোনো সিস্টেমের বিশৃঙ্খলার পরিমাপ বা শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতা। মহাবিশ্বের আদিতে যখন বিভিন্ন বস্তুর তাপমাত্রা বিভিন্ন রকম ছিল (কারো বেশি, কারো কম) তখন এন্ট্রপি সর্বনিম্ন ছিল। কিন্তু মহাজাগতিক বস্তুসমূহের মধ্যে তাপের আদান-প্রদানের ফলে এন্ট্রপি ক্রমশ বাড়তে থাকে। একটি তাপ ইঞ্জিন হতে যদি কার্যকর শক্তি পেতে হয়, তবে এটিকে দুটি ভিন্ন তাপমাত্রার মধ্যে কাজ করতে হবে। কিন্তু তাপের লেনদেনের ফলে মহাবিশ্বের সকল বস্তুর তাপমাত্রা একটি সাধারণ মাঝারি মানের দিকে অগ্রসর হচ্ছে। এতে ভবিষ্যতে কাজে রূপান্তরের মতো পরিস্থিতি নাও থাকতে পারে (অর্থাৎ ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রার বস্তু নাও পাওয়া যেতে পারে)। তখন এন্ট্রপির মান অনেক বেড়ে যাবে এবং ব্যবহারযোগ্য শক্তির সংকট দেখা দিবে।

গ দেওয়া আছে,

সেলসিয়াস স্কেলে উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনটির উৎসের তাপমাত্রা, $C = 527^\circ\text{C}$

বের করতে হবে, ফারেনহাইট স্কেলে উক্ত তাপমাত্রা, $F = ?$

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

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

$$\therefore F = \frac{9}{5} C + 32 = 1.8 \times 527 + 32 = 980.6^\circ\text{F} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত ইঞ্জিনটির প্রারম্ভিক দক্ষতা, $\eta = 0.3$

উৎসের প্রারম্ভিক তাপমাত্রা, $T_1 = (527 + 273) \text{ K} = 800 \text{ K}$

তাপ গ্রাহকের প্রারম্ভিক তাপমাত্রা T_2 হলে, $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta = 1 - 0.3 = 0.7$$

$$\therefore T_2 = 0.7 T_1 = 0.7 \times 800 \text{ K} = 560 \text{ K}$$

$$(\eta' = 2\eta = 2 \times 0.3 = 0.6)$$

ইঞ্জিনটি দক্ষতা বিভিন্ন উপায়ে দ্বিগুণ করা সম্ভব। যেমন।

(i) শুধুমাত্র তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়িয়ে

(ii) শুধুমাত্র তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমিয়ে

$$\text{তাহলে, } T_1' = \frac{T_2}{0.4} = \frac{560 \text{ K}}{0.4} = 1400 \text{ K}$$

অর্থাৎ তাপ উৎসের তাপমাত্রা 800K হতে বাড়িয়ে 1400K করা হলে দক্ষতা পূর্বের তুলনায় দ্বিগুণ হবে।

(ii) আবার ধরি, তাপ গ্রাহকের পরিবর্তিত তাপমাত্রা T_2' ($< T_2$)

$$\text{তাহলে, } \eta' = 0.6 = 1 - \frac{T_2'}{T_1} \text{ বা, } \frac{T_2'}{T_1} = 1 - 0.6 = 0.4$$

$$\therefore T_2' = 0.4 T_1 = 0.4 \times 800 \text{ K} = 320 \text{ K}$$

অর্থাৎ তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 560 K হতে কমিয়ে 320K করা হলে তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা পূর্বের তুলনায় দ্বিগুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫ একটি কার্নো ইঞ্জিনে কার্যকর বস্তু হিসেবে অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহার করা হয়। ইঞ্জিনটির তাপ উৎসের তাপমাত্রা 600K এবং কৃতকাজের প্রতিধাপে সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত 1:6।

[এম.সি. কলেজ, সিলেট]

- ক. তড়িৎ মাধ্যমাংক বলতে কী বুঝ? ১
- খ. 'চার্জহীন গোলকের পৃষ্ঠের একবিন্দু হতে অপর বিন্দুতে চার্জ স্থানান্তরিত কৃতকাজ শূন্য'— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের কার্নোইঞ্জিনটির তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের কার্নোইঞ্জিনের দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কিনা- যাচাই কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল ও ঐ দুই চার্জের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোনো মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাত একটি ধ্রুবসংখ্যা। এ ধ্রুব সংখ্যাকে ঐ মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাংক বলে।

খ চার্জহীন গোলকের পৃষ্ঠের সকল বিন্দুতে তড়িৎ বিভব সমান। এ বিভবের মান, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R} q$; এখানে q হলো গোলকে পৃষ্ঠের চার্জের মান এবং R হলো গোলকের ব্যাসার্ধ। এরূপ গোলকের পৃষ্ঠের দুটি ভিন্ন বিন্দুর বিভব V_1 ও V_2 হলে $V_1 = V_2$; অর্থাৎ বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্য, $\Delta V = V_1 - V_2 = 0$ তাই এই দুইটি বিন্দুর একটি হতে অপরটিতে যেকোনো চার্জ, Q স্থানান্তরিত কৃতকাজ, $W = Q\Delta V = Q \cdot 0 = 0$

গ দেওয়া আছে,

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

কার্নো চক্রের ২য় ধাপে (রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ) আদি আয়তন V_1 এবং চূড়ান্ত আয়তন V_2 হলে,

$$V_1 : V_2 = 1 : 6$$

অক্সিজেনের জন্য মোলার আপেক্ষিক তাপের অনুপাত, $\gamma = 1.41$

তাপ গ্রাহকের 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 তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা।

ঘ উদ্দীপকে প্রদত্ত উপাত্ত হতে পাওয়া যায়, কার্নো ইঞ্জিনটির বর্তমান দক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$$= 1 - \frac{287.8 \text{ K}}{600 \text{ K}} = 0.5203 = 52.03\%$$

সুতরাং, উদ্দীপকের কার্নো ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ১৬ কলেজ পরীক্ষাগারে শামীম 0°C তাপমাত্রার 800 gm বরফকে তাপ দিয়ে 0°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করল।

[জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট]

- ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১
- খ. চার্জের কোয়ান্টায়ন বলতে কী বোঝ? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. সম্পূর্ণ বরফকে বাষ্পে পরিণত করতে কত তাপের প্রয়োজন নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের বরফকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করার ক্ষেত্রে এন্ট্রপির পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমমানের বিপরীতধর্মী চার্জ পরস্পরের খুব নিকটে থাকলে এদেরকে সম্মিলিতভাবে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ চার্জের মান কেবল বিচ্ছিন্ন মান গ্রহণ করতে পারে। অর্থাৎ চার্জের মান অব্যবহৃত বা Continuous নয়। কোনো বস্তুতে চার্জের মান e -এর সরল গুণিতক হবে। এখানে e হলো ইলেকট্রনের চার্জের মান। কারণ বস্তুতে চার্জের উদ্ভব হয় এক বা একাধিক ইলেকট্রন আদান প্রদানের মাধ্যমে। যেমন, কোনো আধান নিরপেক্ষ বস্তু ৫টি ইলেকট্রন হারালে এতে চার্জের পরিমাণ হবে $+5e$; আবার কোনো আধান নিরপেক্ষ বস্তু ৭টি ইলেকট্রন অতিরিক্তভাবে গ্রহণ করলে এতে চার্জের পরিমাণ হবে $-7e$ । কিন্তু $+3.5e$ বা $-4.15e$ কোনো চার্জ হতে পারেনা। কেবল $+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ এর অখণ্ড ধনাত্মক বা ঋণাত্মক গুণিতকের সমপরিমাণ চার্জ থাকার বিষয়টিকে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

গ দেওয়া আছে,

বরফের ভর, $m = 800 \text{ gm} = 0.8 \text{ kg}$

আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 0^\circ \text{C}$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 100^\circ \text{C}$

জানা আছে, বরফ গলনের আপেক্ষিক তাপ, $L_f = 336000 \text{ J kg}^{-1}$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

এং পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সূক্ততাপ, $L_v = 2268000 \text{ J kg}^{-1}$

বের করতে হবে, মোট তাপের পরিমাণ, $Q = ?$

$m = 0.8 \text{ kg}$ বরফকে 0°C তাপমাত্রায় গলাতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$Q_1 = mL_f = 0.8 \text{ kg} \times 336000 \text{ J kg}^{-1} = 268800 \text{ J}$$

$$= 268800 \text{ J} + 336000 \text{ J} + 1814400 \text{ J}$$

$$= 2419200 \text{ J} \text{ (Ans.)}$$

ঘ $T_1 = 0^\circ \text{C}$ বা, 273 K তাপমাত্রায় 800 gm বা 0.8 kg বরফকে

$$\text{গলাতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি, } \Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{268800 \text{ J}}{273 \text{ K}}$$

$$= 984.6 \text{ JK}^{-1}$$

0°C বা, 273 K তাপমাত্রার বরফ গলা পানিকে 100°C বা, 373 K

তাপমাত্রায় উপনীত করতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি, $\Delta S_2 = m S \ln \frac{T_2}{T_1} = 0.8 \text{ kg} \times$

$$4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times \ln \left(\frac{373 \text{ K}}{273 \text{ K}} \right)$$

$$= 1048.7 \text{ JK}^{-1}$$

এক্ষেত্রে এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন (বা বৃদ্ধি), $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$

$$= 984.6 \text{ JK}^{-1} + 1048.7 \text{ JK}^{-1}$$

$$= 5848.9 \text{ JK}^{-1} \neq 0 \text{ JK}^{-1}$$

সুতরাং, উদ্দীপকের বরফকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করার ক্ষেত্রে এন্ট্রপির পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭ একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 1200°C , 600°C । এতে চারটি ধাপে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ যথাক্রমে 1100J , 1150J ও 600J , 300J ।

[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

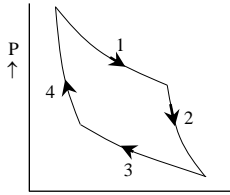
- ক. এন্ট্রপি কাকে বলে? ১
- খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে তাপের আদান প্রদান না হলেও তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় কেন? ২
- গ. উদ্দীপকে কার্নো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে তুমি এর উৎসের তাপমাত্রা বাড়াবে না কি এর গ্রাহকের তাপমাত্রা সমপরিমাণ কমাবে? তুলনামূলক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের যে তাপগতীয় ধর্মটি স্থির থাকে তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপের আদান প্রদান নাহলেও তাপমাত্রার পরিবর্তন হয়। এর কারণ হলো, এ প্রক্রিয়ায় সিস্টেম এর অস্ফুট শক্তির কিয়দংশ ব্যবহার করে পরিবেশের ওপর কাজ সম্পাদন করে, অথবা বাইরের এজেন্ট সিস্টেমের ওপর কাজ করায় এর অস্ফুট শক্তি বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ সমীকরণে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার জন্য $\Delta U + \Delta W = 0$ বা, $\Delta U = -\Delta W$; $\Delta W \neq 0$ হলে অর্থাৎ সিস্টেম কাজ করলে অথবা সিস্টেমের ওপর কাজ করা হলে $\Delta U \neq 0$; এতে বুঝা যায় যে, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের অস্ফুট শক্তির পরিবর্তন অশূন্য, অর্থাৎ সিস্টেমের তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে।

গ কার্নো ইঞ্জিনের P - V চিত্রানুসারে প্রথম দুটি ধাপে কার্যনিবাহক বস্তুর আয়তন বৃদ্ধি পায়। পরের দুটি ধাপে কার্যনিবাহক বস্তুর আয়তন হ্রাস পায়। সুতরাং; প্রথম দুটি ধাপে কৃতকাজ (W) ধনাত্মক এবং পরের দুই ধাপে কৃতকাজ ঋণাত্মক।



তাহলে, $W_1 = +1100\text{J}$, $W_2 = +1150\text{J}$ →

$$W_3 = -600\text{J}, W_4 = -300\text{J}$$

সুতরাং প্রতি চক্রে কার্নো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃত নেট কাজ, $W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 1100\text{J} + 1150\text{J} - 600\text{J} - 300\text{J} = +1350\text{J}$ (Ans.)

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 1200^\circ\text{C} = (1200 + 273) \text{ K} = 1473 \text{ K}$

এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 600^\circ\text{C} = (600 + 273) \text{ K} = 873 \text{ K}$

$$= 0.4782 = 47.82 \%$$

এবার ধরি, উৎসের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত (1473K) রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 200K কমানো হলো। তাতে তাপ গ্রাহকের নতুন তাপমাত্রা, $T_2' = 873 \text{ K} - 200 \text{ K} = 673\text{K}$ এবং এ অবস্থায়, ইঞ্জিনের

$$\text{দক্ষতা, } \eta'' = 1 - \frac{T_2'}{T_1} = 1 - \frac{673\text{K}}{1473\text{K}} = 0.5431 = 54.31 \%$$

লক্ষ করি, $54.31 \% > 47.82\%$

সুতরাং, কার্নো ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধির লক্ষ্যে উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করার চেয়ে গ্রাহকের তাপমাত্রা সমপরিমাণ কমানো অধিকতর সমীচীন হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৮ পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরীতে X ও Y দুজন ছাত্র একটি আদর্শ গ্যাসকে 2°C তাপমাত্রা ও 46cm পারদ চাপে যথাক্রমে সমোষ্ণ ও রুদ্ধ তাপীয় প্রক্রিয়ায় আয়তন অর্ধেক করল। গ্যাসটির $\gamma = 1.40$

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, জাহানাবাদ, খুলনা]

- ক. অস্ফুট শক্তি কাকে বলে? ১
- খ. যদি কোনো ঘরের মধ্যে একটি রেফ্রিজারেটরের দরজা খোলা রাখা হয় তবে ঘরটির তাপমাত্রার কী ধরনের পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. Y কর্তৃক সংঘটিত তাপগতীয় পরিবর্তনে গ্যাসটির চূড়ান্ড চাপ কত হবে? ৩
- ঘ. উদ্দীপকের আলোকে X ও Y শিক্ষার্থীর মধ্যে কে বেশী কাজ করবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পদার্থের অণু-পরমাণু সমূহের বিভবশক্তি এবং গতিশক্তির দরুন পদার্থের অভ্যন্তরীণ মোট যে পরিমাণ শক্তি সঞ্চিত থাকে। তাকে অস্ফুট শক্তি বলে।

খ যদি কোনো ঘরের মধ্যে একটি রেফ্রিজারেটরের দরজা খোলা রাখা হয় তবে ঘরটির তাপমাত্রা সময়ের সাথে গড়ে সামান্য হারে বৃদ্ধি পেতে থাকবে। এর কারণ হলো দরজা খোলা থাকায় রেফ্রিজারেটরের মধ্যে ঘরের উষ্ণ বাতাস ঢুকে পড়বে এবং শীতলীকরণ চেম্বারের অপেক্ষাকৃত ঠান্ডা বাতাসও ঘরময় প্রবাহিত হবে। তবে মূল বিষয় হলো, রেফ্রিজারেটরের কম্প্রেশার চালু থাকায় বিদ্যুৎশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে এবং পরবর্তীতে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে ঘরে থেকে যাবে। একারণেই তখন রুমের তাপমাত্রা সামান্য করে হলেও বৃদ্ধি পেতে থাকে।

গ Y ছাত্রের তাপগতীয় প্রক্রিয়াটি হলো রুদ্ধতাপীয়।

আদি আয়তন V_1 হলে চূড়ান্ড আয়তন, $V_2 = \frac{V_1}{2}$

আদিচাপ, $P_1 = 76\text{cm HgP}$

মোলার আপেক্ষিক তাপের অনুপাত, $\gamma = 1.4$

বের করতে হবে, চূড়ান্ড চাপ, $P_2 = ?$

আমরা জানি,

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

$$\therefore P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 76\text{cm HgP} \times \left(\frac{V_1}{\frac{V_1}{2}} \right)^{1.4}$$

$$= 200.6 \text{ cm HgP (Ans.)}$$

ঘ X শিক্ষার্থীর তাপগতীয় প্রক্রিয়াটি হলো সমোষ্ণ। এ প্রক্রিয়ায় প্রারম্ভ তাপমাত্রা, $T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$

এ প্রক্রিয়ায় প্রতি মোল গ্যাসের জন্য কৃতকাজ,

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 300 \text{ K} \times \left(\frac{V_1}{\frac{V_1}{2}} \right)^{1.4-1} = 395.85 \text{ K}$$

$$\therefore Y \text{ শিক্ষার্থী প্রতিমোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজ, } W' = \frac{nR(T_2 - T_1)}{1 - \gamma}$$

লক্ষ্যনীয় যে, $1992.2 \text{ Jmole}^{-1} > 1728.8 \text{ Jmole}^{-1}$

সুতরাং, X ও Y শিক্ষার্থীর মধ্যে Y শিক্ষার্থী বেশী কাজ করেছে।

প্রশ্ন ▶ ১৯ (এক) বায়ুমন্ডলীয় চাপে রাখা একটি দ্বি-পারমাণবিক গ্যাসের তাপমাত্রা 7°C । একে সমোষ্ণ এবং রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে আয়তন অর্ধেক করা হল। $\gamma = 1.41$

[নড়াইল সরকারি ভিক্টোরিয়া কলেজ, নড়াইল]

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি লিখ। ১

খ. সিস্টেমে প্রযুক্ত তাপদ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হতে পারে— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসটির শেষ চাপ কত হবে? ৩

ঘ. উভয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসটির তাপমাত্রার কীরূপ পরিবর্তন হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর**ক** তাপ গতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র “যদি দুটি তাপগতীয় সিস্টেমের প্রত্যেকে তৃতীয় কোন সিস্টেমের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তাহলে তারা প্রত্যেকেই একে অপরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে।”**খ** তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি, $dQ = dU + dW$ এখানে, $dQ =$ সিস্টেমের প্রযুক্ত তাপ $dU =$ অন্দুর্ভুক্ত শক্তির পরিবর্তন $dW =$ সম্পাদিত কাজ

এক্ষেত্রে প্রযুক্ত তাপ অন্দুর্ভুক্ত শক্তির বৃদ্ধিতে ব্যবহৃত হয় এবং সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য। সুতরাং সিস্টেমে প্রযুক্ত তাপ দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হতে পারে।

গ এখানে, গ্যাসের আদি চাপ, $P_1 = 1 \text{ atm}$ গ্যাসের আদি আয়তন, $V_1 = V$ (ধরি) \therefore গ্যাসের শেষ আয়তন, $V_2 = \frac{V}{2}$ গ্যাসের শেষচাপ, $P_2 = ?$ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে আমরা জানি, $P_1 V_1 = P_2 V_2$ সুতরাং, গ্যাসের শেষ চাপ 2 atm **ঘ** এখানে,গ্যাসের আদি চাপ, $P_1 = 1 \text{ atm}$ গ্যাসের আদি আয়তন, $V_1 = V$ (ধরি)গ্যাসের শেষ আয়তন, $V_2 = \frac{V}{2}$ গ্যাসের আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 17^\circ\text{C} = 290 \text{ K}$ $\gamma = 1.41$ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা স্থির থাকায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রার পরিবর্তন $= 0 \text{ K}$ আবার, ধরি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে গ্যাসের শেষ তাপমাত্রা $T_2 \text{ K}$. \therefore রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রার পরিবর্তন $= T_2 - T_1$ $= (385.32 - 290) \text{ K}$ $= 95.32 \text{ K}$ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রার পরিবর্তন 0 K ও রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রার পরিবর্তন 95.32 K Ans.**প্রশ্ন ২০** একটি সিলিন্ডারে 300 K তাপমাত্রায় এবং 4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 10 লিটার গ্যাস আবদ্ধ আছে।

[বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ]

ক. তড়িৎ দ্বিমের কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রার বিবেচনায় পরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য কী? ২

গ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় চাপ দ্বিগুণ করা হলে সিলিন্ডারের গ্যাসের আয়তন উদ্দীপক অনুসারে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করা হলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়— তাপগতিবিদ্যার আলোকে বিষয়টিকে যৌক্তিকভাবে উদ্দীপক অনুসারে যাচাই কর। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর**ক** দুটি সমমানের কিন্তু বিপরীতধর্মী চার্জ পরস্পরের সন্নিবিষ্ট থাকলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমের কাকে বলে।**খ** তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর রোধ বাড়ে এবং তড়িৎ পরিবাহিতা কমে। অপর দিকে, তাপমাত্রা বাড়লে অর্ধপরিবাহীর রোধ কমে এবং তড়িৎ পরিবাহিতা বাড়ে।**গ** দেওয়া আছে, আদি চাপ, $P_1 = 4 \text{ atm}$ পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = 2P_1 = 2 \times 4 \text{ atm} = 8 \text{ atm}$ আদি আয়তন, $V_1 = 10 \text{ L}$ বের করতে হবে, পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = ?$ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় বয়েলের সূত্র প্রয়োগে আমরা জানি, $P_1 V_1 = P_2 V_2$ $\therefore V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{4 \text{ atm} \times 10 \text{ L}}{8 \text{ atm}} = 5 \text{ L (Ans.)}$ **ঘ** সিলিন্ডারে আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 300 \text{ K}$ আদি চাপ, $P_1 = 4 \text{ atm}$ পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = 8 \text{ atm}$ চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করা হলে এটি রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়া শেষে গ্যাসের তাপমাত্রা T_2 হলে (ধরি, গ্যাসটি দ্বিপারমাণুক) $T_1^\gamma P_1^{1-\gamma} = T_2^\gamma P_2^{1-\gamma}$ বা, $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^\gamma = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1-\gamma}$ $= 300 \text{ K} \times (0.5)^{-0.286} = 365.8 \text{ K}$ লক্ষ করি, $365.8 \text{ K} > 300 \text{ K}$ বা, $T_2 > T_1$

সুতরাং, সিলিন্ডার গ্যাসের চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করা হলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় বিষয়টি সত্য, যা তাপগতিবিদ্যার আলোকে যাচাই করা হলো।

প্রশ্ন ২১ উদ্দীপকের ১ম কার্ণো ইঞ্জিনের প্রতি স্ক্রু প্রসারণ বা সংকোচনের অনুপাত $1 : 2$ এবং ২য় ইঞ্জিনের প্রসারণ বা সংকোচনের অনুপাত $1 : 3$ । উভয় ইঞ্জিনে কার্যনির্বাহক বস্তু হিসেবে 1 mole দ্বিপারমাণবিক গ্যাস ব্যবহৃত হয়েছে।

[চাঁদপুর সরকারি মহিলা কলেজ, চাঁদপুর]

ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ ক্ষেত্রের দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 20 V বলতে কী বুঝায়? ২গ. উদ্দীপকের ১ম কার্ণো চক্রে কার্যনির্বাহক বস্তুকে A হতে B বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ নির্ণয় কর? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত দুটি কার্ণো ইঞ্জিনের মধ্যে কোনটি অধিক কর্মক্ষম-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যুক্তি উপস্থাপন কর। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর**ক** অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ গিয়ে যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরালে যে অল্পমানের রোধ যুক্ত করা হয় তাকে সান্ট বলে।**খ** তড়িৎ ক্ষেত্রের দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 20 V বলতে বোঝায় যে, $+1 \text{ C}$ আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুদ্বয়ের এক বিন্দু হতে অপর বিন্দুতে আনতে 20 J কাজ করতে হয়।**গ** ১ম কার্ণো চক্রে,মোল সংখ্যা, $n = 1 \text{ mole}$ সার্বজনীন গ্যাসধ্রুবক, $R = 8.31 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$ তাপমাত্রা, $T = 40^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$ প্রসারণ বা সংকোচনের অনুপাত $\frac{V_1}{V_2} = 1:2 = \frac{1}{2}$ A হতে B তে আনতে কৃতকাজ, $W = ?$ আমরা জানি, $W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$ $= 1 \times 8.31 \times 313 \times \ln \left(\frac{2}{1}\right)$

$$= 1802.9 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ। প্রথম কার্নো চক্রের জন্য পাই,

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = 313 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{1.4-1}$$

$$\therefore T_2 = 237.21 \text{ K}$$

আবার, দ্বিতীয় কার্নোচক্রের জন্য,

$$\text{বা, } T_2' = T_1' \left(\frac{V_2'}{V_3'} \right)^{\gamma-1}$$

$$= 323 \times \left(\frac{1}{3} \right)^{1.4-1}$$

$$= 208.14 \text{ K}$$

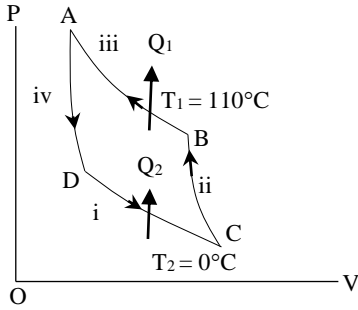
$$\therefore \text{দ্বিতীয় ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা, } \eta_2 = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1'} \right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{208.14}{323} \right) \times 100\%$$

$$= 35.56\%$$

$\therefore \eta_2 > \eta_1$ সুতরাং, দ্বিতীয় ইঞ্জিনটি অধিক কর্মক্ষম।

প্রশ্ন ২২। চিত্রে একটি কার্নো ইঞ্জিনের চারটি ধাপ P - V লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন করা হল।



[বরগুনা সরকারি কলেজ, বরগুনা]

ক. ধারকত্ব কী?

১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বাড়ে কেন?

২

ঘ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির সাথে সাধারণ কার্নো ইঞ্জিনের পার্থক্য আছে কী? বিশ্লেষণ কর।

৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। কোন ধারকের প্রত্যেক পাতে যে পরিমাণ আধান জমা হলে পাতদ্বয়ের মধ্যে একক বিভব পার্থক্য বজায় থাকে তাকে ঐ ধারকের ধারকত্ব বলে।

খ। আমরা জানি, r ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট গোলাকার কোন পরিবাহীর ধারকত্ব

$$C = 4\pi\epsilon_0 r$$

$$4\pi\epsilon_0 r^2 \propto r \text{ হওয়ায় } C \propto r.$$

সুতরাং, গোলাকার কোন পরিবাহীর ধারকত্ব এর ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক অর্থাৎ ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্বও বাড়ে।

গ। এখানে, $T_1 = 110^\circ\text{C} = 383 \text{ K}$

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

$$\text{দক্ষতা, } \eta = ?$$

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

$$= \frac{383 - 273}{383} \times 100\%$$

$$= 28.72\% \text{ (Ans.)}$$

ঘ। আমরা জানি, কার্নো ইঞ্জিনের চারটি ধাপ পর্যায়ক্রমিক ভাবে ঘটে থাকে। এ ধাপগুলো হল।

সমোষ্ণ প্রসারণ \rightarrow রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ \rightarrow সমোষ্ণ সংকোচন \rightarrow রুদ্ধতাপীয় সংকোচন

উদ্দীপকের ইঞ্জিনের যে পর্যায়ক্রমিক তাপীয় চক্র সম্পন্ন হয় তা নিম্নরূপ-

সমোষ্ণ প্রসারণ \rightarrow রুদ্ধতাপীয় সংকোচন \rightarrow সমোষ্ণ সংকোচন \rightarrow রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ।

সুতরাং, উদ্দীপকের ইঞ্জিনের সাথে সাধারণ কার্নো ইঞ্জিনের পার্থক্য আছে।

প্রশ্ন ২৩। একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিন 327°C তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে $2.50 \times 10^6 \text{ J}$ তাপশক্তি গ্রহণ করে এবং 27°C তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে তাপ বর্জন করে। [কুমিল-১ সরকারি মহিলা কলেজ, কুমিল-১]

ক. চার্জের তল ঘনত্বের সংজ্ঞা দাও।

১

খ. পৃথিবীর তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বোঝায়?

২

গ. ইঞ্জিনটি তাপগ্রাহকে কত তাপ বর্জন করবে নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করার সম্ভাব্যতা যাচাই করার প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা কিভাবে নিবে- দেখাও।

৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। পরিবাহকের পৃষ্ঠে কোন বিন্দুর চারদিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপরস্থ আধানের পরিমাণকে ঐ বিন্দুর চার্জের তল ঘনত্ব বলে।

খ। মহাবিশ্বে উষ্ণতর বস্তু হতে শীতলতর বস্তুতে তাপের স্থানান্তর অহরহ ঘটছে। এভাবে চলতে থাকলে মহাবিশ্বের সকল বস্তুর তাপমাত্রা এক সময় সমান হয়ে যাবে। কিন্তু তাপ ইঞ্জিন দিয়ে কাজ করাতে হলে উচ্চতর তাপমাত্রার তাপ উৎস এবং নিম্নতর তাপমাত্রার তাপ গ্রাহক দরকার। মহাবিশ্বের সকল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হয়ে গেলে এরূপ উৎস এবং গ্রাহক খুঁজে পাওয়া যাবে না। তখন তাপ ব্যবহার করে কার্যকর শক্তি পাওয়া অসম্ভব হবে। এ অবস্থাকেই জগতের তাপীয় মৃত্যু বুঝায়।

গ। এখানে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 327^\circ\text{C} = (327 + 273)\text{K}$

$$= 600\text{K}$$

প্রতি চক্রে তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 2.50 \times 10^6 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 27^\circ\text{C} = (27 + 273) \text{ K} = 300\text{K}$

বের করতে হবে, প্রতি চক্রে তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = ?$

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

$$\therefore Q_2 = \frac{Q_1}{T_1} \times T_2 = \frac{2.50 \times 10^6 \text{ J}}{600\text{K}} \times 300\text{K} = 1.25 \times 10^6 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ। উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{300}{600} \right) \times 100\% = 50\%$$

$\% = 1$ হতে হলে,

$$\frac{T_2}{T_1} = 0$$

$$\text{বা, } T_2 = 0 \times T_1$$

$$\text{বা, } T_2 = 0\text{K হতে হবে}$$

কিন্তু এ মহাবিশ্বে এমন কোনো তাপগ্রাহক পাওয়া সম্ভব নয় যা 0K তাপমাত্রায় বিদ্যমান।

উপলব্ধ $\eta = 100\%$ হতে হলে উৎস হতে গৃহীত তাপের সবটুকু কাজে রূপান্তরিত করতে হবে, যা তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রের পরিপন্থী।

সুতরাং উদ্দীপকে বর্ণিত ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ২৪ 27°C তাপমাত্রায় 20 gm পরিমাণ গ্যাসকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকোচন করে তাপমাত্রা 35°C এ উন্নীত করা হল। প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের চাপ ছিল $1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ । [সরকারি বাউলা কলেজ, ঢাকা]

- ক. অস্ফুট শক্তি কী? ১
- খ. গ্যাসের দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে কেন- ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. প্রাথমিক ও চূড়ান্ত আয়তন গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তুলনা কর। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বস্তুর অভ্যন্তরীণ গুণ, পরমাণু ও মৌলিক কণাসমূহের রৈখিক গতি, স্পন্দন গতি ও আবর্তন এবং তাদের মধ্যকার পারস্পরিক বলের কারণে উদ্ভূত শক্তিকেই অস্ফুট শক্তি বলে।

খ তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য পদার্থের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। কঠিন ও তরল পদার্থের জন্য এই পরিবর্তন নগন্য হওয়ায় তা উপেক্ষা করা যায়। গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন অনেক বেশি হওয়ায় গ্যাসের আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা দেয়ার সময় চাপ ও আয়তনের শর্ত নির্দিষ্ট করে দেয়া প্রয়োজন। এ কারণেই গ্যাসের দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে। একটি হলো স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ (C_p) এবং অপরটি হলো স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ (C_v)।

গ দেওয়া আছে, প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$
 প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$
 চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 35^\circ\text{C} = 308\text{K}$
 $\gamma = 1.41$

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = ?$

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

$$\text{বা, } \left(\frac{P_2}{P_1}\right) = (0.97)^{0.29}$$

$$\text{বা, } \frac{P_2}{P_1} = 1.096$$

$$\text{বা, } P_2 = 1.096 \times P_1$$

$$\text{বা, } P_2 = 1.096 \times 1 \times 10^5$$

$$\therefore P_2 = 1.096 \times 10^5 \text{ Pa (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$

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

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 35^\circ\text{C} = 308\text{K}$

গ্যাসের ভর, $m = 20\text{ gm}$

গ্যাসের আনবিক ভর, $M = 44\text{ gm}$

জানা আছে, মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.31\text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$

ধরি, প্রাথমিক আয়তন = V_1 এবং

চূড়ান্ত আয়তন = V_2

আমরা জানি,

$$P_1 V_1 = nRT_1$$

$$\text{বা, } P_1 V_1 = \frac{m}{M} RT_1$$

$$\text{বা, } V_1 = \frac{mRT_1}{MP_1} = \frac{20 \times 8.31 \times 300}{44 \times 1 \times 10^5} = 11.33 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

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

$$\therefore V_2 = 10.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

অতএব, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকোচনের ফলে গ্যাসের আয়তন $(11.33 \times 10^{-3} - 10.6 \times 10^{-3}) \text{ m}^3$ বা, $7.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ হ্রাস পাবে।

২৫ অণু এবং দীপু দুটি ইঞ্জিন তৈরি করল। ইঞ্জিনদ্বয়ের উচ্চ তাপমাত্রা যথাক্রমে 600K এবং 500K ও নিম্ন তাপমাত্রা যথাক্রমে 500K এবং 400K। অণু দাবি করলো যে, তার ইঞ্জিনটি বেশি কার্যক্ষম। [ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, রংপুর]

- ক. এন্ট্রপি কাকে বলে? ১
- খ. তাপমাত্রা বাড়লে অর্ধ-পরিবাহীর রোধ কমলেও পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়- ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. দীপুর তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. অণুর দাবি সঠিক কিনা- গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রত্যগামী প্রক্রিয়ার পূর্ণচক্রে যে তাপগতীয় রাশিটি স্থির থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ তাপমাত্রা বাড়লে অর্ধপরিবাহীতে প্রচুর মুক্ত ইলেকট্রন ও হোলের সৃষ্টি হয়। এরা আধান বাহকরূপে কাজ করে। কিন্তু পরিবাহীর ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বাড়লে মুক্ত ইলেকট্রন তথা আধানবাহকের সংখ্যা খুব সামান্যই বৃদ্ধি পায়। তাপমাত্রা বাড়ালে উভয় পক্ষের আধান বাহকগুলোর গমনের ক্ষেত্রে বাধা বৃদ্ধি পায়। পরিবাহীর ক্ষেত্রে বাধা যে পরিমাণে বৃদ্ধি পায়, মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা সে পরিমাণে বৃদ্ধি পায় না। এ কারণে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহীর রোধ মোটের ওপর বৃদ্ধি পায়। কিন্তু অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে উক্ত বাধা যে পরিমাণে বৃদ্ধি পায়, আধানবাহকের সংখ্যা তার তুলনায় অনেক বেশি পরিমাণে বৃদ্ধি পায়। এ কারণে তাপমাত্রা বাড়লে অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়।

গ দেওয়া আছে,

দীপুর তৈরি ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 500\text{K}$

এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 400\text{K}$

বের করতে হবে, ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{400}{500} = 0.2 = 20\% \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকমতে, অণুর তৈরি ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1' = 600\text{K}$ এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2' = 500\text{K}$

$$\therefore \text{অণুর তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta' = 1 - \frac{T_2'}{T_1'}$$

$$= 1 - \frac{500\text{K}}{600\text{K}}$$

$$= 0.167 = 16.7\% < 20\%$$

(দীপুর ইঞ্জিনের দক্ষতা)

সুতরাং, অণুর দাবি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ২৬ একটি কার্নো ইঞ্জিন 440.6°F তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে 200J তাপ গ্রহণ করে এবং তাপ গ্রাহকে 100J তাপ বর্জন করে।

[আনন্দ মোহন কলেজ, ময়মনসিংহ]

- ক. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
- খ. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায় না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উৎসের তাপমাত্রা পরম স্কেলে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উৎসের তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60% করা কি সম্ভব হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

8

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের এনট্রপি স্থির থাকে এবং সিস্টেম পরিবেশের সাথে তাপের কোনো লেনদেন করে না, তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ. মনে করি, একটি প্রত্যাবর্তী কার্নো ইঞ্জিন T_1 তাপমাত্রায় তাপ উৎস হতে Q_1 পরিমাণ তাপ গ্রহণ করলো এবং T_2 তাপমাত্রায় তাপ গ্রাহকে Q_2 পরিমাণ তাপ বর্জন করলো।

তাহলে এনট্রপির মোট পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{-Q_2}{T_2} =$

অর্থাৎ প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় সিস্টেম আদি অবস্থায় ফিরে আসে বলে এক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য হয় এবং এনট্রপি স্থির থাকে।

গ. দেওয়া আছে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $F = 440.6^\circ \text{F}$

বের করতে হবে, পরম স্কেলে উক্ত তাপমাত্রা, $K = ?$

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

$$= \frac{5}{9} (440.6 - 32) = 227$$

$\therefore K = 273 + 227 = 500\text{K}$ (Ans.)

ঘ. উদ্দীপকে উৎসের তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60% করা সম্ভব। এক্ষেত্রে তাপ গ্রাহকের নির্দিষ্ট তাপমাত্রা বাছাই করতে হবে।

মনে করি, তাপ গ্রাহকের এ তাপমাত্রা $T_2(K)$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 500\text{K}$

দক্ষতা, $\eta = 60\% = 0.6$

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 উদ্দীপকে উৎসের তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60% করা সম্ভব, যদি তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 200K হয়।

প্রশ্ন ২৭ একটি কার্নো ইঞ্জিনে কার্নোর চক্র সম্পন্ন করার সময় 27°C তাপমাত্রার তাপ উৎস থেকে 80J তাপ শোষণ করে 27°C তাপমাত্রার তাপ গ্রাহকে 600J তাপ বর্জন করে। [সরকারি সোহরাওয়ার্দী কলেজ, পিরোজপুর]

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি লিখ।

1

খ. তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপের চেয়ে বড় কেন-ব্যাখ্যা কর।

2

গ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর।

3

ঘ. উদ্দীপকের কার্নোর চক্রটিতে এনট্রপির কোন পরিবর্তন হবে কিনা? উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর।

8

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো- দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ. স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ (C_v) যখন বিবেচনা করা হয়, তখন গ্যাসের আয়তন প্রসারণ ঘটে না বলে কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না। তাই গৃহীত তাপের সবটুকু গ্যাসের তাপমাত্রা এবং অস্ফুট শক্তিবৃদ্ধিতে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ (C_p) যখন বিবেচনা করা হয়, তখন গ্যাসের আয়তন প্রসারণ ঘটে বলে গ্যাস বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। এক্ষেত্রে গৃহীত তাপের সবটুকু গ্যাসের অস্ফুট শক্তি বৃদ্ধিতে ব্যবহৃত হয় না। তাই C_v এর তুলনায় C_p এর ক্ষেত্রে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য বেশি তাপ দরকার হয়। এ কারণে, তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপের চেয়ে বড়।

গ. দেওয়া আছে,

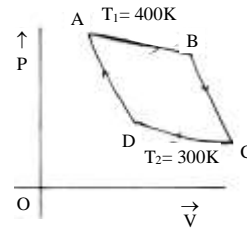
উচ্চ তাপাধারের তাপমাত্রা, $T_1 = 127^\circ\text{C} = (127 + 273)\text{K} = 400\text{K}$

নিম্ন তাপাধারের তাপমাত্রা, $T_2 = 27^\circ\text{C} = (27 + 273)\text{K} = 300\text{K}$

বের করতে হবে, কর্মদক্ষতা, $\eta = ?$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } \eta &= 1 - \frac{T_2}{T_1} \\ &= 1 - \frac{300\text{K}}{400\text{K}} \\ &= 0.25 \\ &= 25\% \quad (\text{Ans.}) \end{aligned}$$

ঘ.



উদ্দীপকে বর্ণিত কার্নো চক্রের P - V লেখ উপরে দেখানো হলো।

এখানে AB ও CD সমোষ্ণ প্রক্রিয়া এবং BC ও DA রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া। রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাস (বা সিস্টেম) পরিবেশের সাথে তাপের কোনো লেনদেন করে না বিধায় BC ও DA প্রক্রিয়া দুটিতে এনট্রপির কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

CD সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় $T_2 = 300\text{K}$ তাপমাত্রায় Q_2 পরিমাণ তাপ গ্রাহকে বর্জন করে বিধায় এ প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = \frac{-Q_2}{T_2}$$

$$\therefore \text{এনট্রপির নির্ণেয় নেট পরিবর্তন} = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_1}{T_1} = 0$$

সুতরাং, উদ্দীপকের কার্নোর চক্রটিতে এনট্রপির কোনো পরিবর্তন হয় না।

প্রশ্ন ২৮ 0.1kg পানিকে 0°C হতে 50°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হলো। পানির আপেক্ষিক তাপ $4200\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ এবং পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুগুতাপ $2.268 \times 10^6\text{Jkg}^{-1}$

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ/বীর উত্তম শহীদ মাহবুব সেনানিবাস, পার্বতীপুর, দিনাজপুর]

ক. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি লিখ?

1

খ. তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা বলতে কী বোঝ?

2

গ. 0.1kg পানিকে 0°C হতে 50°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হলে এনট্রপির পরিবর্তন কত হবে?

3

ঘ. উক্ত পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে হলে এনট্রপির পরিবর্তন পূর্বের তুলনায় কেমন হবে যাচাই কর।

8

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র: “যান্ত্রিক শক্তিকে তাপে বা তাপ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করা হলে যান্ত্রিক শক্তি ও তাপ শক্তি পরস্পরের সমানুপাতিক হবে।”

খ কোন তাপ ইঞ্জিন দ্বারা কাজে রূপান্তরিত তাপ শক্তির পরিমাণ ও ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তির অনুপাতকে ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে।

অর্থাৎ, ইঞ্জিনের দক্ষতা = $\frac{\text{ইঞ্জিন দ্বারা কাজে রূপান্তরিত তাপশক্তি}}{\text{ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তি}}$

গ এখানে,

পানির ভর, $m = 0.1 \text{ kg}$

পানির আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}$

পানির শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 50^\circ\text{C} = 323\text{K}$

এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = ?$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

আমরা জানি,

$$\Delta S = mS \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \Delta S = 0.1 \times 4200 \times \ln \frac{323}{273}$$

$$\therefore \Delta S = 70.64 \text{ Jk}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

পানির ভর, $m = 0.1 \text{ kg}$

পানির আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুগুতাপ, $L_v = 2.268 \times 10^6 \text{ Jkg}^{-1}$

পূর্বক্ষেত্রে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = 70.64 \text{ JK}^{-1}$ [গ হতে]

আমরা জানি,

$$\Delta S_2 = mS \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } \Delta S_2 = 0.1 \times 4200 \times \ln \left(\frac{373}{273} \right)$$

$$\therefore \Delta S_2 = 131.08 \text{ JK}^{-1}$$

$$\therefore \Delta S_3 = 608.04 \text{ JK}^{-1}$$

$$\therefore \text{পরবর্তীতে এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন } \Delta S' = \Delta S_2 + \Delta S_3$$

$$\text{বা, } \Delta S' = (131.08 + 608.04) \text{ JK}^{-1}$$

$$\text{বা, } \Delta S' = 739.12$$

$$\therefore \frac{\Delta S'}{\Delta S} = \frac{739.12}{70.64}$$

$$\text{বা, } \Delta S' = \Delta S \times 10.46$$

সুতরাং, উক্ত পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন পূর্বের এন্ট্রপির পরিবর্তনের 10.46 গুণ হয়।

প্রশ্ন ২৯ একটি প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিন উৎস হতে গৃহীত তাপের $\frac{1}{6}$ অংশ কাজে পরিণত করতে পারে। অপর একটি ইঞ্জিন একই উচ্চ তাপমাত্রায় কাজ করলেও এর নিম্ন তাপমাত্রা ১ম টির নিম্ন তাপমাত্রা অপেক্ষা 60°C কম। ২য় ইঞ্জিনের দক্ষতা 30%। উভয় ইঞ্জিনে কার্যনির্বাহক জ্বালানির আপেক্ষিক তাপ $2100 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ । [কারমাইকেল কলেজ রংপুর]

ক. জ্যোতি পদার্থবিজ্ঞান কাকে বলে?

১

খ. চন্দ্রশেখর সীমা বলতে কী বুঝায়?

২

গ. ১ম ইঞ্জিনটির উচ্চ ও নিম্ন তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

৩

ঘ. নিম্ন তাপমাত্রা কমিয়ে ১ম ইঞ্জিনের দক্ষতা 30% করলে ১ম ইঞ্জিনের নিম্ন তাপমাত্রা কার্যনির্বাহক বস্তুর প্রতি একক ভরে এন্ট্রপির কোন পরিবর্তন হবে কি না বিশ্লেষণ কর।

৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থ বিজ্ঞানের যে শাখায় মহাবিশ্ব সৃষ্টির বিভিন্ন তত্ত্ব এবং মহাকাশের নক্ষত্র, গ্রহ-উপগ্রহ, গ্রহাণুপুঞ্জ- এ সকল জ্যোতিষ্কপুঞ্জ সম্পর্কে আলোচনা করা হয়। তাকে জ্যোতি পদার্থ বিজ্ঞান বলে।

খ কোন তারকার ভর $1.4 M_\odot$ [যেখানে M_\odot হল সূর্যের ভর] এর বেশি হলে তারকাটি কখনোই শ্বেত বামনে পরিণত হবে না। তারকার ভর $1.4 M_\odot$ এর কম হলে পরিণামে এটি শ্বেত বামনে পরিণত হবে, $1.4 M_\odot$ ভরের সীমাকে ‘চন্দ্রশেখর সীমা’ বলে।

গ মনেকরি,

প্রথম ইঞ্জিনের উচ্চ ও নিম্ন তাপমাত্রা যথাক্রমে T_1 ও T_2 । তাহলে উদ্দীপক মতে ২য় ইঞ্জিনের নিম্ন তাপমাত্রা, $T_2' = T_2 - 60$

$$১ম ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা, \eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{6} \dots\dots(i)$$

$$২য় ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা, \eta_2 = 1 - \frac{T_2'}{T_1} = \frac{3}{10}$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T_2 - 60}{T_1} = \frac{3}{10}$$

$$\therefore T_1 = 450\text{K}$$

T_1 এর মান (i) নং এ বসিয়ে পাই,

$$1 - \frac{T_2}{450} = \frac{1}{6}$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{1}{6} = \frac{T_2}{450}$$

$$\text{বা, } \frac{5}{6} = \frac{T_2}{450}$$

$$\therefore T_2 = 375 \text{ K (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

১ম ইঞ্জিনের উচ্চ তাপমাত্রা, $T_1 = 450 \text{ K}$

এবং নিম্ন তাপমাত্রা, $T_2 = 375 \text{ K}$

ধরি, ১ম ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = 30\% = 0.3$ করলে

ইঞ্জিনটির নিম্ন তাপমাত্রা T_2' হবে

$$\therefore \eta = 1 - \frac{T_2'}{T_1}$$

$$\text{বা, } 0.3 = 1 - \frac{T_2'}{450}$$

$$\therefore T_2' = 315 \text{ K}$$

$$= 1 \text{ kg} \times 2100 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1} \times \ln \left(\frac{315 \text{ K}}{375 \text{ K}} \right)$$

$$= -366.14 \text{ JK}^{-1}$$

সুতরাং প্রথম ইঞ্জিনের নিম্ন তাপমাত্রার উক্ত পরিবর্তনের জন্য কার্যনির্বাহক বস্তুর এন্ট্রপির পরিবর্তনের জন্য কার্যনির্বাহক বস্তুর এন্ট্রপির পরিবর্তন (হ্রাস) প্রতি কেজিতে 366.14 JK^{-1} ।

প্রশ্ন ৩০ একটি ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা 500 K , এই তাপমাত্রায় এটি উৎস থেকে 1000 J তাপ গ্রহণ করে। তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 200 K , এই তাপমাত্রায় এটি 750 J তাপ বর্জন করে। ইঞ্জিনটির দক্ষতা পরবর্তীতে বিদ্যমান দক্ষতার 20% বাড়ানোর প্রয়োজন হয়।

[রংপুর সরকারি কলেজ]

ক. অস্ফুট শক্তি কী?

১

খ. 5 kg বরফকে কোন ভাবে 4 kg বাষ্পে পরিণত করা হলো। প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী হবে? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. প্রাথমিক অবস্থায় ইঞ্জিনের দক্ষতা ও এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

৩

ঘ. ইঞ্জিনের পরিবর্তিত চূড়ান্ত দক্ষতায় আসতে উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা নাকি তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস করা, কোনটি বেশি সুবিধাজনক হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বস্তুর অভ্যন্তরীণ গুণ, পরমাণু ও মৌলিক কণাসমূহের রৈখিক গতি, স্পন্দন গতি ও আবর্তন গতি এবং তাদের মধ্যকার পারস্পরিক বলের কারণে উদ্ভূত শক্তিকে অশুদ্ধ শক্তি বলে।

খ 5kg বরফকে কোনোভাবে 4kg বাষ্পে পরিণত করা হলে, প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী হবে। কারণ বরফ তাপ শোষণ করে পানিতে পরিণত হয়। আবার সেই পানি সমপরিমাণ তাপ অপসারণ করলে তা পুনরায় বরফে পরিণত হবে। একই ভাবে বরফ গলিত পানি তাপ শোষণ করে বাষ্পে পরিণত হয় এবং তা সমপরিমাণ তাপ বর্জন করে পানিতে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে প্রতি স্ফুরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত।

গ উদ্দীপক অনুসারে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 500\text{K}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 200\text{K}$

গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1000\text{J}$

বর্জিত তাপ, $Q_2 = 750\text{J}$

∴ তাপ উৎসের বর্জিত তাপ = তাপগ্রাহকের গৃহীত তাপ

$$= dQ = Q_2 = 750\text{J}$$

ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = ?$

এন্ট্রপির পরিবর্তন, $dS = ?$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 200}{500} \times 100\% \\ &= 60\%\end{aligned}$$

∴ মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\begin{aligned}dS &= dS_1 + dS_2 \\ &= -1.5 + 3.75 \\ &= 2.25\text{JK}^{-1}\end{aligned}$$

∴ প্রাথমিক অবস্থায় ইঞ্জিনের দক্ষতা,

$$\eta_1 = 60\% \text{ এবং এন্ট্রপির পরিবর্তন } 2.25\text{JK}^{-1}।$$

ঘ 'গ' অংশ হতে প্রাপ্ত তথ্য অনুসারে,

ইঞ্জিনের প্রাথমিক দক্ষতা, $\eta_1 = 60\%$

ইঞ্জিনটির দক্ষতা 20% বাড়ালে দক্ষতা হবে, $\eta_2 = (60 + 20)\% = 80\%$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপ উৎসের তাপমাত্রা T_1' করা হলে,

$$\eta_2 = \frac{T_1' - T_2}{T_1'} \times 100\%$$

$$\text{বা, } 80\% = \frac{T_1' - T_2}{T_1'} \times 100\%$$

$$\text{বা, } \frac{T_1' - T_2}{T_1'} = \frac{80}{100}$$

$$\text{বা, } \frac{T_1' - T_2}{T_1'} = \frac{4}{5}$$

$$\text{বা, } 5T_1' - 5T_2 = 4T_1'$$

$$\text{বা, } 5T_1' - 4T_1' = 5T_2$$

$$\text{বা, } T_1' = 5 \times 200$$

$$\therefore T_1' = 1000\text{K}$$

$$= 727^\circ\text{C}$$

আবার,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2' করা হলে,

$$\eta_2 = \frac{T_1 - T_2'}{T_1} \times 100\%$$

$$\text{বা, } 90\% = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } T_2' = 100\text{K} = -173^\circ\text{C}$$

সুতরাং উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা 20% বাড়তে হলে উৎসের তাপমাত্রা বাড়িয়ে 727°C করতে হবে অথবা গ্রাহকের তাপমাত্রা কমিয়ে -173°C করতে হবে। কিন্তু গ্রাহকের তাপমাত্রা -173°C করার চেয়ে উৎসের তাপমাত্রা 727°C করা বেশি সুবিধাজনক। কারণ কেলভিনের বিবৃতি অনুসারে।

কোনো বস্তুকে এর পরিপার্শ্বের শীতলতম অংশ হতে অধিকতর শীতল করে শক্তির অবিরাম সরবরাহ পাওয়া সম্ভব নয়। তাছাড়া তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা -173°C করতে হলে আরও একটি যন্ত্রের প্রয়োজন হবে। একারণে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 80% করতে উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা বেশি সুবিধাজনক।

প্রশ্ন ৩১ একটি কার্নো ইঞ্জিনের উচ্চ তাপ আধারের তাপমাত্রা 700K ইঞ্জিন উক্ত তাপ আধার হতে 1200J তাপ গ্রহণ করে ও নিম্ন তাপ আধারে 0J তাপ বর্জন করে। ইঞ্জিনের নিম্ন তাপ আধারের তাপমাত্রা হ্রাস বৃদ্ধি করে দক্ষতা বেশি কম করা যায়। [বি এন কলেজ, ঢাকা]

ক. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে কিন্তু একই কাজ সম্পাদনে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. ইঞ্জিনের দক্ষতা কত? ৩

ঘ. ইঞ্জিনটির নিম্ন তাপ আধারের তাপমাত্রা কিরূপ পরিবর্তনের মাধ্যমে দক্ষতা 90% করা যাবে? ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় তাপ সিস্টেম থেকে বাইরে বা বাইরে থেকে সিস্টেমে প্রবেশ করতে পারে না, কিন্তু সিস্টেমের তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে কিন্তু একই কাজ সম্পাদনে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেননা রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম হতে তাপ শক্তি বের হতে পারে না। সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেম হতে তাপ বাহির বা বাহির হতে তাপ ভিতরে আসতে পারে, এছাড়া এটি একটি ধীর প্রক্রিয়া। অন্যদিকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি দ্রুত প্রক্রিয়া। যার ফলে গ্যাসকে চাপ দিলে তার তাপমাত্রা বেড়ে যায় এবং তা বাহিরে যেতে পারে না। তাই একই কাজ সম্পাদনে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকলেও রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\eta &= \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{400}{1200}\right) \times 100\% \\ &= \frac{800}{1200} \times 100\% \\ &= 66.66\%\end{aligned}$$

∴ ইঞ্জিনের দক্ষতা = 66.66% Ans.

ঘ এখানে, গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1200\text{J}$

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 700\text{K}$

বর্জিত তাপ, $Q_2 = 400\text{J}$

এখানে,

গৃহীত তাপ $Q_1 = 1200\text{J}$

বর্জিত তাপ, $Q_2 = 400\text{J}$

দক্ষতা, $\eta = ?$

গ্রাহকের তাপমাত্রা = T_2 K (ধরি)
 দক্ষতা, $\eta = 90\%$
 পরিবর্তিত তাপমাত্রা = T_2' K
 আমরা জানি, $\eta = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1}\right) \times 100\%$
 $\therefore T_2' = 70$ K

আবার, $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$
 বা, $T_2 = \frac{T_1}{Q_1} \times Q_2$
 $\therefore T_2 = \frac{700}{1200} \times 400 = 233.33$ K
 \therefore তাপমাত্রা কমাতে হবে = $(233.33 - 70)$ K = 163.33K Ans.

অধ্যায়টির গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্নোত্তর
 (নির্বাচনী পরীক্ষার প্রশ্ন বিশেষ-সঙ্গে প্রাপ্ত)

EURE
12

► ক নং প্রশ্ন (জ্ঞানমূলক)

প্রশ্ন-১. সুবেদী থার্মোমিটার কাকে বলে?

উত্তর: যে থার্মোমিটারের সাহায্যে সামান্য তাপমাত্রার পার্থক্য অতিশয় সূক্ষ্মভাবে পরিমাপ করা যায় তাকে সুবেদী থার্মোমিটার বলে।

প্রশ্ন-২. তাপমিতিক ধর্ম কী?

উত্তর: উষ্ণতার পরিবর্তনে পদার্থের যে বিশেষ বিশেষ ধর্ম নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় এবং যে ধর্মের পরিবর্তন লক্ষ করে সহজ ও সূক্ষ্মভাবে উষ্ণতা নির্ণয় করা যায় তাকে তাপমিতিক ধর্ম বলে।

প্রশ্ন-৩. তাপমাত্রা কী?

উত্তর: তাপমাত্রা বস্তুটির একটি তাপীয় অবস্থা যা ঐ বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপের প্রবাহের নিয়ন্ত্রণ করে এবং তাপ প্রবাহের অভিমুখ নির্ধারণ করে।

প্রশ্ন-৪. এন্ট্রপি কাকে বলে?

উত্তর: রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুটির তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।

প্রশ্ন-৫. সমোষ্ণ প্রক্রিয়া কী?

উত্তর: যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ধ্রুব থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে।

প্রশ্ন-৬. উন্মুক্ত সিস্টেম কী?

উত্তর: যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে ভর ও শক্তি উভয়ই বিনিময় করতে পারে তাকে উন্মুক্ত সিস্টেম বলে।

প্রশ্ন-৭. তাপ ইঞ্জিন কাকে বলে?

উত্তর: যে যন্ত্রের সাহায্যে তাপকে যান্ত্রিক কাজে রূপান্তরিত করা যায় তাকে তাপ ইঞ্জিন বলে।

প্রশ্ন-৮. ধ্রুব চাপ প্রক্রিয়া কাকে বলে?

উত্তর: যে প্রক্রিয়ার চাপ ধ্রুব রাখা হয় তাকে ধ্রুব চাপ বলা হয়।

প্রশ্ন-৯. সিস্টেম কাকে বলে?

উত্তর: পরীক্ষা নিরীক্ষার সময় জড় জাতের যে নির্দিষ্ট অংশ নিয়ে বিবেচনা করা যায় তাকে সিস্টেম বলে।

► খ নং প্রশ্ন (অনুধাবনমূলক)

প্রশ্ন-১. ঘরে থাকা একই আকারের একখণ্ড লোহা ও একখণ্ড কাঠ পরস্পরের সংস্পর্শে রাখলে তাপের কোনো আদান প্রদান করে না কেন?

উত্তর: ঘরে থাকা একই আকারের একখণ্ড লোহা ও একখণ্ড কাঠ সাধারণ ভাবে তাপীয় সাম্যবস্থায় থাকে। তাই তাদেরকে পরস্পরের সংস্পর্শে রাখলে তারা তাপের কোনো আদান প্রদান করে না।

প্রশ্ন-২. কোনো গ-সে রাখা পানির অনুসমূহ পরস্পরের সাথে কোনো তাপ বিনিময় করে কিনা ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: কোনো গ-সে রাখা পানির অনুসমূহ পরস্পরের সাথে কোনো তাপ বিনিময় করে না কারণ গ-সে রাখা পানির অনুসমূহের তাপমাত্রা সমান থাকে ফলে পানির অনুসমূহ তাপীয় সাম্যবস্থায় বিরাজ করে ফলে পানির অনুসমূহ পরস্পরের সাথে কোনো তাপ বিনিময় করে না।

প্রশ্ন-৩. এন্ট্রপির তাৎপর্য ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: এন্ট্রপির তাৎপর্য: এন্ট্রপি একটি ভৌত রাশি। তাপগতিবিদ্যায় এন্ট্রপি খুবই গুরুত্বপূর্ণ রাশি। এর প্রধান কয়েকটি তাৎপর্য নিচে উল্লেখ করা হলো:

- এন্ট্রপি একটি বস্তুটির ভৌত রাশি যা তাপের পরিবর্তনের সাথে পরম তাপমাত্রার অনুপাত দ্বারা পরিমাপ করা হয়।
- ইহা চাপ, আয়তন, তাপমাত্রা, অভ্যন্তরীণ শক্তি, চুম্বকণ ইত্যাদির মত কোনো বস্তুটির অবস্থা প্রকাশ করে।
- ইহা বস্তুটির তাপীয় ধর্ম প্রকাশ করে যা তাপ সঞ্চালনের দিক নির্দেশ করে।
- ইহা বস্তুটির তাপগতীয় অবস্থা নির্ধারণে সহায়তা করে।

প্রশ্ন-৪. কোনো বস্তুটির এন্ট্রপি কীভাবে বিশৃঙ্খলার সাথে ঘনিষ্ঠভাবে সম্পর্কযুক্ত ব্যাখ্যা করো।

এন্ট্রপি বৃদ্ধির সাথে বস্তুটির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং বস্তু মধ্যস্থ অণুসমূহের কম্পন বেড়ে যায়। ফলে বস্তুটি ক্রমাগত বিশৃঙ্খলার দিকে ধাবিত হয়। সুতরাং বলা যায়, এন্ট্রপি বৃদ্ধি কোনো বস্তুকে ক্রমাগত শৃঙ্খল অবস্থা হতে বিশৃঙ্খল অবস্থার দিকে ধাবিত করে। অর্থাৎ এন্ট্রপির মান বস্তুটির বিশৃঙ্খলার পরিমাপক। সুতরাং কোনো বস্তুটির এন্ট্রপি ও তার বিশৃঙ্খলা পরস্পর ঘনিষ্ঠভাবে সম্পর্কযুক্ত।

প্রশ্ন-৫. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের সময় বাহ্যিক কাজ করার জন্য অভ্যন্তরীণ শক্তি হ্রাস পায় - ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: যে প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেমের তাপ ধ্রুব থাকে কিন্তু চাপ ও আয়তন পরিবর্তিত হয় তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের আদান-প্রদান হয় না। তাই কোনো গ্যাসের রুদ্ধতাপ প্রসারণের ক্ষেত্রে, $dQ = 0$ ।

এখন তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র অনুসারে, $dQ = dU + dW$

(i)

dQ এর মান (i) নং এ বসালে

আমরা জানি,

$$dQ = 0 = dU + dW$$

বা, $dU = -dW$

রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের সময় বাহ্যিক কাজ করার জন্য অস্বর্জন্য শক্তি হ্রাস পায়।

প্রশ্ন-৬. রুদ্ধতাপীয় সংকোচনের সময় গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র কে আমরা জানি,

$$dQ = du + dW$$

রুদ্ধতাপ সংকোচন বা সংরক্ষণের ক্ষেত্রেও $dQ = 0$ হয়। সংকোচনের ক্ষেত্রে সিস্টেমের উপর কাজ করা হয় বলে W ঋণাত্মক। সুতরাং সমীকরণ (i) নং হতে পাই।

$$du = -(-dW) = dW$$

বা, $u_2 - u_1 = dW$, এখানে u_1 ও u_2 যথাক্রমে সিস্টেমের প্রাথমিক ও চূড়ান্ত অভ্যন্তরীণ শক্তি।

$$\therefore u_2 > u_1.$$

রুদ্ধতাপ সংকোচনের সময় গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন-৭. সমোষ্ণ পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্য উল্লেখ কর।

উত্তর: সমোষ্ণ পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্য:

- এই পরিবর্তনে প্রয়োজনমতো তাপ সরবরাহ অথবা গ্রহণ করতে হবে।
- এটি একটি ধীর প্রক্রিয়া।
- এই পরিবর্তনে পাত্রটি তাপের সুপরিবাহী হওয়া প্রয়োজন।
- সমোষ্ণ পরিবর্তন বয়েল এর সূত্র মেনে চলে অর্থাৎ $PV = \text{ধ্রুবক}$ ।

প্রশ্ন-৮. রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের শর্তসমূহ উল্লেখ কর।

উত্তর: রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের জন্য নিম্নলিখিত শর্তসমূহ প্রয়োজন:

- গ্যাসকে একটি কুপরিবাহী পাত্রে রাখতে হবে।
- পাত্রের চতুর্দিক মাধ্যমের তাপগ্রাহীতা কম হতে হবে।
- চাপ পরিবর্তন খুব দ্রুত সংঘটিত করতে হবে যাতে বাইরের সাথে তাপ আদান-প্রদানের কোনো সুযোগ না থাকে।

প্রশ্ন-৯. রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করো।

উত্তর: রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্য:

- মোট তাপের পরিমাণ স্থির রেখে কোনো গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তনকে রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তন বলে।
- এই পরিবর্তনে তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে।
- এটি একটি অতি দ্রুত প্রক্রিয়া।
- এই পরিবর্তনে পাত্রটি তাপ কুপরিবাহী হওয়া প্রয়োজন।

প্রশ্ন-১০. আবর্ত প্রক্রিয়ায় অভ্যন্তরীণ শক্তির কী রূপ পরিবর্তন হবে?

উত্তর: আবর্ত প্রক্রিয়ায় যেহেতু বস্তু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসে তাই কার্যরত বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন শূন্য।

প্রশ্ন-১১. স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে স্থিৎ এর সম্প্রসারণ প্রক্রিয়াটি প্রত্যাভর্তী— ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে খুব ধীরে ধীরে কোনো স্থিৎকে সম্প্রসারণ করলে প্রতি প্রসারণের সময় স্থিৎ এর উপর যে পরিমাণ কাজ করা হবে সংকোচনের সময় স্থিৎ সেই পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করবে। সুতরাং প্রক্রিয়াটি প্রত্যাভর্তী।

প্রশ্ন-১২. ঘর্ষণের দরশন উৎপন্ন তাপ একটি অপ্রত্যাভর্তী প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: দুটি বস্তুর ঘর্ষণের দরশন যে তাপ সৃষ্টি হয় তা একটি অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। কারণ ঘর্ষণের বিরুদ্ধে যে কাজ করা হয় তাই তাপে রূপান্তরিত হয় এবং ঐ তাপ কোনো প্রকারেই কাজে পরিণত করা যায় না।

প্রশ্ন-১৩. ভিন্ন তাপমাত্রার দুটি বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে স্থাপন করলে প্রক্রিয়াটি প্রত্যাভর্তী হবে কি না ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: ভিন্ন তাপমাত্রার দুটি বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে স্থাপন করলে প্রক্রিয়াটি প্রত্যাভর্তী হবে না। কারণ ভিন্ন তাপমাত্রার দুটি বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে স্থাপন করলে তাপ অধিক তাপমাত্রার বস্তু হতে কম তাপমাত্রার বস্তুতে প্রবাহিত হবে। কিন্তু কম তাপমাত্রার বস্তু হতে অধিক তাপমাত্রার বস্তুতে তাপ প্রবাহের কোনো প্রবণতা নেই। সুতরাং এটি একটি অপ্রত্যাভর্তী প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন-১৪. ইঞ্জিনের কর্ম দক্ষতা হতে ইঞ্জিন সম্পর্কে কী কী ধারণা পাওয়া যেতে পারে ব্যাখ্যা করো।

উত্তর:

- ইঞ্জিনের দক্ষতার হিসাব থেকে লক্ষ করা যায় যে, ইহা কেবলমাত্র তাপ উৎস ও তাপ গ্রহকের তাপমাত্রা T_1 , T_2 এর উপর নির্ভর করে- কার্যনির্বাহক বস্তুর প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে না।
- যে কোনো দুটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত সকল প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা সমান হয়।
- যেহেতু $T_1 > (T_1 - T_2)$, কাজেই ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনও ১০০% হতে পারে না।
- তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের মধ্যবর্তী তাপমাত্রার মধ্যে পার্থক্য যত বেশি হবে ইঞ্জিনের দক্ষতাও তত বেশি হবে।