

# তাপগতিবিদ্যা

## Thermodynamics

অধ্যায়  
০১

এ অধ্যায়ে  
অনন্য  
সংযোজন

শিখনফলের  
ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর

পাঠ্যবইয়ের সূত্রসহ  
প্রশ্ন ও উত্তর

সমষ্টি অধ্যায়ের  
প্রশ্ন ও উত্তর

সেরা কলেজের  
প্রশ্ন বিশ্লেষণ

আপস-এ  
MCQ Exam

### ডি.মি.কা (Introduction)

বিজ্ঞানী জেমস জুল সর্বপ্রথম তাপ ও কাজের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে একটি সূত্র প্রদান করেন যা তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র নামে পরিচিত। পরবর্তীতে বিজ্ঞানী রুডলফ ক্লিসিয়াস তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে আরও ব্যাপকভাবে প্রকাশ করেন। তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি মূলত শক্তির নিয়তা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ। বিভিন্ন প্রকার শক্তিকে অতি সহজে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত করা গেলেও তাপশক্তিকে সহজে অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায় না। প্রকৃতিতে শক্তির রূপান্তরের দিক নিয়ে যে অভিজ্ঞতা তা থেকেই তাপগতিবিদ্যার ইতীয় সূত্রের উভব। এ সূত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক পদ্ধতি তথা তাপীয় ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা বৃদ্ধি যায়। এছাড়া বিজ্ঞানী আর এইচ ফাউলার তাপীয় সাময়ের কার্যকরী পরীক্ষার জন্য তাপগতিবিদ্যার 'শূন্যতম সূত্র' নামে আরও একটি সূত্র প্রদান করেন।

### ► এক নজরে অধ্যায় বিন্যাস



শিক্ষার্থীদের সেরা প্রস্তুতির জন্য এ অধ্যায়টি পাঁচটি ধারাবাহিক পার্টে বিভক্ত করে উপস্থাপন করা হলো। সহজে খুঁজে বের করার জন্য প্রতিটি পার্টের সাথে পৃষ্ঠা নম্বর দেওয়া আছে। শিক্ষার্থীরা পার্টসমূহ অনুসরণে প্রস্তুতি প্রাপ্ত করলে পরীক্ষায় যেভাবেই প্রশ্ন আসুক না কেন, সহজেই ১০০% কমন নিশ্চিত করতে পারবে।



### অনুশীলন [Practice]

100% সঠিক ফরম্যাট অনুসরণে শিখনফলের ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর

সুজনশিল্প অংশ  
কমন উপযোগী প্রশ্ন ও উত্তর  
পৃষ্ঠা : ৫-৬০

বহুনির্বাচনি অংশ  
100% নির্ভুল প্রশ্ন ও উত্তর  
পৃষ্ঠা : ৬১-৮০



### যাচাই ও মূল্যায়ন [Assessment & Evaluation]

মডেল টেস্ট আকারে সুজনশিল্প ও বহুনির্বাচনি প্রশ্নব্যাংক পৃষ্ঠা ৮১



### এক্সকুসিভ সাজেশন [Exclusive Suggestions]

কলেজ পরীক্ষা ও এইচএসসি পরীক্ষা উপযোগী সাজেশন পৃষ্ঠা ৮০



### বিকল্প প্রস্তুতি [Alternative Preparation]

গতানুগতিক ধারার গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নের সমর্থনে বিশেষ পাঠ পৃষ্ঠা ৮৩



### এক্সকুসিভ টিপস [Exclusive Tips]

পূর্ণাঙ্গ প্রস্তুতি নিশ্চিতকরণে অভিনব কৌশলভিত্তিক নির্দেশনা পৃষ্ঠা ৮০

## EXCLUSIVE ITEMS Admission Test After HSC

- মেডিকেল, ইঞ্জিনিয়ারিং ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় আসা প্রশ্নোত্তর পৃষ্ঠা ৮৪

চিচার্স ম্যানুয়াল অনুসরণে  
ভিন্ন ধারায় উপস্থাপন



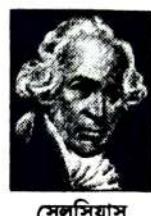
শিখনফল

শিখন যাচাই

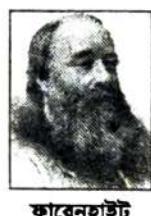
উপকরণ

অধ্যায় সংশ্লিষ্ট

বিজ্ঞানীর পরিচিতি



**সু** ইডেনের বিখ্যাত জ্যোতির্বিদ ও পদার্থবিদ জ্যানডার্স সেলসিয়াস প্রথম সেলসিয়াস তাপমান যন্ত্রের ধারণা দেন; যা পরে তার নামে নামাঙ্কিত করা হয়। তার মৃত্যুর পর কার্ল লিনিয়াস এ যন্ত্রটি উভাবন করেন।



**ডা** চ-জার্মান পদার্থবিদ ও প্রকৌশলী ড্যানিয়েল গ্যারিয়েল কারেনহাইট ১৭০৯ সালে এলকোহল ধার্মোমিটার এবং ১৭১৪ সালে পারদ ধার্মোমিটার উভাবন করে সমগ্র বিশ্বে স্মরণীয় হয়ে আছেন।



**বি** খ্যাত প্রিক পদার্থবিদ জ্যেমস প্রেসকট জুল তাপ এবং শক্তির মধ্যে সম্পর্কভিত্তিক শক্তির সংরক্ষণশীল সূত্র প্রদান করেন। শক্তির একক জুল তাঁর নামানুসারে রাখা হয়েছে।



### ও.য়ে.ব.সা.ই.ট তথ্য সংযোগ

অধ্যায়টিকে বিষয়বস্তুর ওপর শিখনফলের ধারাবাহিকতায় প্রশ্ন তৈরিতে এবং উত্তরকে তথ্যবহুল ও নির্ভুলতা নিশ্চিতকরণে বোর্ড বিইয়ের পাশাপাশি নিম্নোক্ত ওয়েব লিংকের সহায়তা নেওয়া হয়েছে—

[http://en.wikipedia.org/wiki/Temperature\\_measurement](http://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_measurement)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Celsius>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Fahrenheit>

[http://en.wikipedia.org/wiki/First\\_law\\_of\\_thermodynamics](http://en.wikipedia.org/wiki/First_law_of_thermodynamics)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Internal\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Internal_energy)

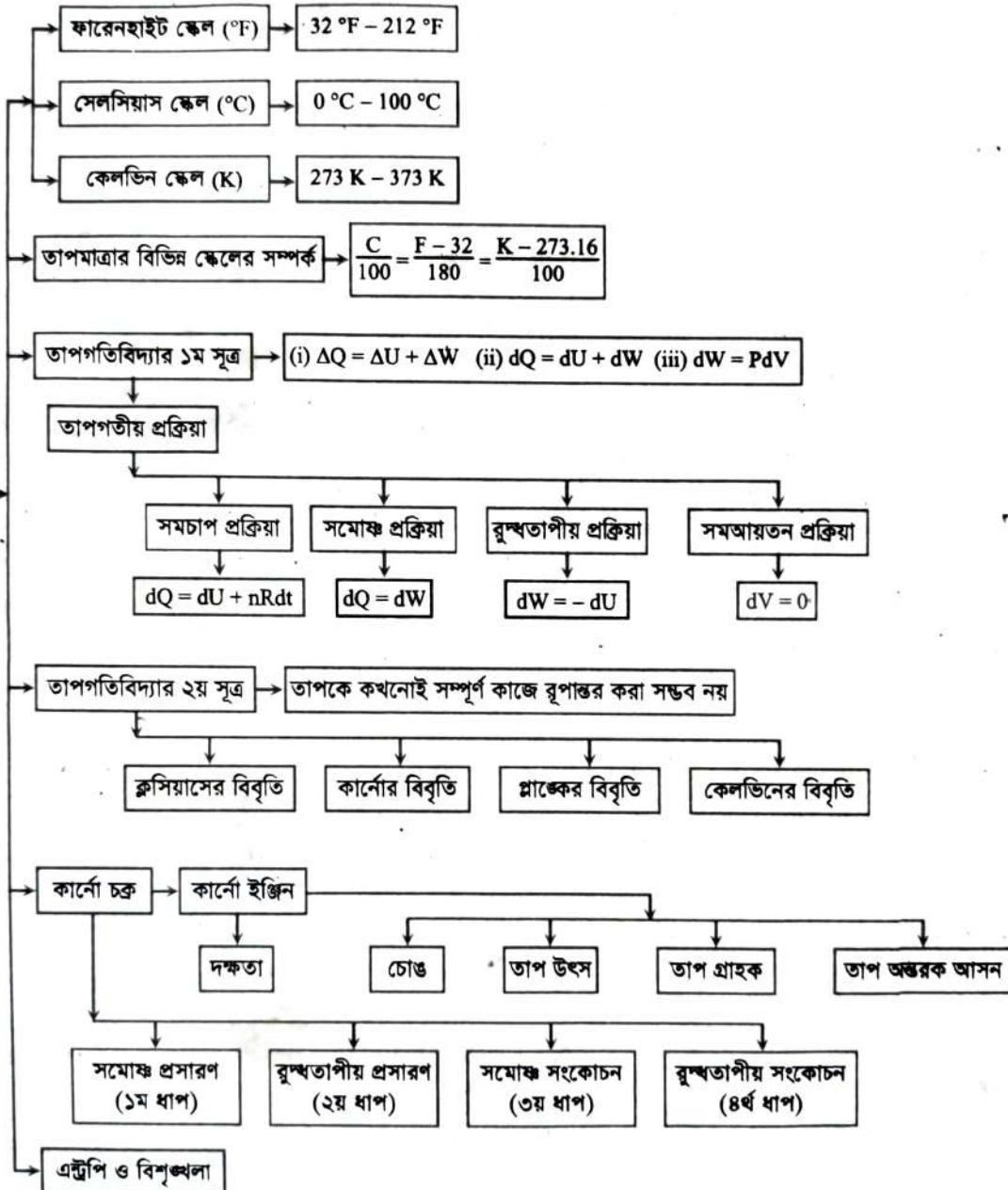
[http://en.wikipedia.org/wiki/Carnot\\_cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Carnot_cycle)



## অধ্যায়ের প্রবাহ চিত্র

শিয়ালিকার্য বস্তুরা, কোনো অধ্যায়ের বিষয়বস্তুর বিন্যাস ও ধারাবাহিকতা সম্পর্কে পূর্ব হতে ধারণা থাকলে প্রশ্ন ও উত্তর আয়োজন করা সহজ হয়। নিম্নে এ অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ বিষয়বিলি প্রবাহ চিত্র (Flow Chart) আকারে উপস্থাপন করা হলো, যা তোমাদের সহজেই এক নজরে অধ্যায়টি সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পেতে সহায়তা করবে।

চিত্রিত  
চক্র



### অধ্যায় বিশ্লেষণ (Chapter Analysis).....

- ১২৭ টি সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ২৮টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮৩টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ৯টি + কলেজ প্রশ্ন ৫টি + সমর্পিত প্রশ্ন ২টি)
- ৩৬৭ টি বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ৬৯টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ১৩৭টি + কলেজ প্রশ্ন ৯৮টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৬৩টি)



অনলাইনে প্রস্তুতি যাচাই

**INTERNET  
BASE**

সূজনশীল মডেল টেস্ট ০৫টি  
বহুনির্বাচনি মডেল টেস্ট ০৫টি

PART

01



## অনুশীলন Practice

শিয় শিক্ষার্থী, Part 01 সম্পূর্ণভাবে অনুশীলন নির্ভর; যা মূলত দুটি অংশে বিভক্ত— সৃজনশীল অংশ ও বহুনির্বাচনি অংশ। তোমাদের অনুশীলনের সুবিধার্থে NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর প্রথ ও উভয়ের পাশাপাশি ইচএসসি পরীক্ষা, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল, শীর্ষস্থানীয় কলেজ ও সমর্বিত অধ্যায়ের প্রয়োজন করা হয়েছে। প্রথ ও উভয়ের সর্বশেষ সংশোধিত ফরমাট অনুসৃত হয়েছে।



### অধ্যায়ের শিখনফল

অধ্যায়টি অনুশীলন করে আমি যা জানতে পারব—

- তাপমাত্রা পরিমাপের নীতি ব্যবহার করে তাপীয় সমতা (Thermal equilibrium) এবং তাপমাত্রার ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।
- তাপীয় সিস্টেমের ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- অভ্যন্তরীণ শক্তির ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- কোনো সিস্টেমে তাপ, তার অভ্যন্তরীণ শক্তি এবং সম্পন্ন কাজের মধ্যে সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।
- তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।
- প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
- কার্নোচক্রের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- তাপীয় ইঞ্জিন এবং রেফ্রিজারেটরের কার্যক্রমের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ইঞ্জিনের দক্ষতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- এন্ট্রপি ও বিশ্বজ্ঞান ব্যাখ্যা করতে পারব।



### শিখন অর্জন যাচাই

- তাপমাত্রা পরিমাপের নীতি শিখতে পারব।
- তাপমাত্রা পরিমাপের বিভিন্ন ক্ষেত্রে সম্পর্কে জানতে পারব।
- তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রের তাপগতিশক্তি করতে পারব।
- অভ্যন্তরীণ শক্তির নির্ভরশীলতা বুঝতে পারব।
- তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র ও দ্বিতীয় সূত্রের পার্থক্য বের করতে পারব।
- কার্নোচক্রের মূলনীতি জানতে পারব।
- তাপ ইঞ্জিনের মূলনীতি শিখতে পারব।
- রেফ্রিজারেটরের কার্যপ্রণালী জানতে পারব।



### শিখন সহায়ক উপকরণ

- থার্মোমিটার ও তাপমাত্রার বিভিন্ন ক্ষেত্রের সম্পর্ক দেখানো ছবি।
- সমোক্ষ ও বৃত্তাপীয় প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য উল্লেখপূর্বক ছবি।
- তাপগতিবিদ্যার প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্রের পার্থক্য নির্ণয়ক চার্ট।
- রেফ্রিজারেটরের গাঠনিক চিত্র।
- পার্থক্ষণ্য বিভিন্ন ধরনের ছবি ও ভিডিও ক্লিপ।
- সাইন্টিফিক ক্যালকুলেটর।



### সকল বোর্ডের ইচএসসি পরীক্ষার সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

শিয় শিক্ষার্থী, সারা দেশের ৮টি শিক্ষা বোর্ডের ইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯, ২০১৮, ২০১৭, ২০১৬ ও ২০১৫-এ আসা এ অধ্যায়ের সৃজনশীল প্রশ্নসমূহের যথাযথ উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রশ্ন ও উত্তর অনুশীলনের মাধ্যমে তোমারা ইচএসসি পরীক্ষার প্রশ্ন ও উত্তরের ধরন সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

### ইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯ এর প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ১** | তাপ পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থের তৈরি দুটি ঘর্ষণহীন পিস্টনযুক্ত সিলিডারে  $2 \times 10^5 \text{ Pa}$  চাপে ও  $600 \text{ K}$  তাপমাত্রায়  $1 \text{ mol}$  হিলিয়াম গ্যাস আছে। পরবর্তীতে উভয় সিলিডারে চাপের পরিমাণ অর্ধেক করা হলো। (হিলিয়ামের ক্ষেত্রে  $\gamma = 1.67$  এবং  $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

- ক. তাপ গতিবিদ্যার ১ম সূত্রটি বিবৃত কর। ১  
খ. সমোক্ষ প্রক্রিয়ায়  $dW = dQ$  কেন? ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. অপরিবাহী সিলিডারে চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. সিলিডারছয়ের মধ্যে কোনটির ক্ষেত্রে কৃতকাজ বেশি? যাচাই কর। ৪

[স. বো. '১৯]

### ১নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি হলো— যখন যান্ত্রিক শক্তিকে সম্পূর্ণভাবে তাপে বা তাপশক্তিকে সম্পূর্ণভাবে কাজে রূপান্তরিত করা হয় তখন যান্ত্রিক শক্তি ও তাপ পরম্পরারের সমানপুর্ণতাক হয়।

**ঘ** তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র অনুসারে,  $dQ = dU + dW$  সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা স্থিত থাকে বলে  $dU = nC_v dT$  সম্পর্ক অনুসারে  $dU = 0$ , অর্থাৎ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না। ফলে সম্পর্কটি দাঁড়ায়  $dQ = dW$ ।

**ঘ** এখানে, প্রাথমিক তাপমাত্রা,  $T_1 = 600 \text{ K}$   
প্রাথমিক চাপ,  $P_1 = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$

চূড়ান্ত চাপ,  $P_2 = \frac{P_1}{2}$

$\gamma = 1.67$

অপরিবাহী সিলিডারে ঘটনাটি বৃত্তাপীয় প্রক্রিয়ায় সম্পন্ন হবে।

আমরা জানি,

$$P_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} T_2^\gamma$$

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

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \times T_1 = \left(\frac{P_1}{P_1}\right)^{\frac{1-1.67}{1.67}} \times 600 \text{ K}$$

$$\therefore T_2 = 454.34 \text{ K}$$

অতএব, উকীপক অনুসারে অপরিবাহী সিলিডারের চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $454.34 \text{ K}$ ।

### ঘ পরিবাহী সিলিডারের ক্ষেত্রে প্রক্রিয়াটি সমোক্ষ

∴ এক্ষেত্রে কৃতকাজ,

$$W_1 = nRT/n \cdot \frac{P_1}{P_2}$$

$$\text{বা, } W_1 = 1 \times 8.31 \times 600 \times \frac{P_1}{2} \text{ J}$$

$$\therefore W_1 = 3456.03 \text{ J}$$

অপরিবাহী সিলিডারটির ক্ষেত্রে প্রক্রিয়াটি বৃত্তাপীয়

∴ এক্ষেত্রে কৃতকাজ,

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

$$= \frac{8.31}{1.67 - 1} [600 - 454.34] \text{ J}$$

$$\therefore W_2 = 1806.62 \text{ J}$$

এখানে,

$$P_2 = \frac{P_1}{2}$$

$$R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$T = 600 \text{ K}$$

$$n = 1 \text{ mole}$$

এখানে,

$$T_1 = 600 \text{ K}$$

' $g$ ' ছত্রে,

$$T_2 = 454.34 \text{ K}$$

$$\gamma = 1.67$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে,  $W_1 > W_2$  অর্থাৎ পরিবাহী সিলিডারে কৃতকাজ অপরিবাহী সিলিডারে কৃতকাজ অপেক্ষা বেশি।



$$\begin{aligned}
 &= mS [\ln T]_{T_1}^{T_2} \\
 &= mS [\ln T_2 - \ln T_1] \\
 &= 2 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} [\ln 373 - \ln 273] \\
 &= 2621.7 \text{ J K}^{-1} \\
 \text{আবার, } dS_2 &= \frac{dQ_2}{T_2} = \frac{4.52 \times 10^6 \text{ J}}{373 \text{ K}} = 12117.96 \text{ J K}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন, } dS_A &= dS_1 + dS_2 \\
 &= (2621.7 + 12117.96) \text{ J K}^{-1} \\
 &= 14739.66 \text{ J K}^{-1}
 \end{aligned}$$

B প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, পানির ভর,  $m_B = 5 \text{ kg}$   
আদি তাপমাত্রা,  $T_1' = 10^\circ\text{C} = (10 + 273) \text{ K} = 283 \text{ K}$   
চূড়ান্ত তাপমাত্রা,  $T_2' = 100^\circ\text{C} = (100 + 273) \text{ K} = 373 \text{ K}$

এন্ট্রপির পরিবর্তন,  $dS_B = ?$

$$\begin{aligned}
 \text{আমরা জানি, } dS_B &= \int_{T_1'}^{T_2'} \frac{dQ_B}{T} \\
 &= m_B S \int_{T_1'}^{T_2'} \frac{dT}{T} \\
 &= m_B S [\ln T]_{T_1'}^{T_2'} \\
 &= m_B S [\ln T_2' - \ln T_1'] \\
 &= 5 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} [\ln 373 - \ln 283] \\
 \therefore dS_B &= 5798.76 \text{ J K}^{-1}
 \end{aligned}$$

যেহেতু  $dS_A > dS_B$  সেহেতু A প্রক্রিয়ায় বিশ্বলার মাত্রা বেশি।

**প্রয়োগ ১** একজন শিক্ষার্থী লিখন 84 kJ তাপ সরবরাহ করে  $30^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার 5 kg পানিকে উত্তপ্ত করল। অপর শিক্ষার্থী নিয়ন্ত তাপ সরবরাহ করে  $100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার পানিকে সম্পর্গরূপে বাস্পে পরিণত করল। পানির আপেক্ষিক তাপ  $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  এবং বাস্পীভবনের আপেক্ষিক সুগ্রাম  $2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ ।

ক. সমোক্ষ প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. পৃথিবীর তড়িৎ বিভব শূন্য ধরা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. লিখন পানির তাপমাত্রা কতটুকু বৃদ্ধি করেছিল? নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কেন প্রক্রিয়াটি অধিক পরিবেশবান্ধব? তোমার উত্তরের সমক্ষে যুক্তি দাও। ৪

[কু. বো. '১৯]

### ৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে পরিবর্তনে গ্যাসের তাপমাত্রা সর্বদা ধূর থাকে তাকে সমোক্ষ পরিবর্তন বলে। স্থির তাপমাত্রায় যদি কোনো গ্যাসকে প্রসারিত অথবা সঞ্চুটিত করা হয় তবে সেই পরিবর্তনকে সমোক্ষ প্রসারণ বা সমোক্ষ সঞ্চোচন বলে এবং যে প্রক্রিয়ায় এ পরিবর্তন ঘটে তাকে সমোক্ষ প্রক্রিয়া বলে।

খ. পৃথিবী একটি তড়িৎ পরিবাহক। ধনাঘাতকভাবে আহিত বস্তুকে ডু-সংযুক্ত করলে পৃথিবী থেকে ইলেক্ট্রন এসে বস্তুকে নিষ্ঠিত করে। আর ঝগাঘকভাবে আহিত বস্তুকে পৃথিবীর সাথে সংযুক্ত করলে বস্তু থেকে ইলেক্ট্রন ডুষ্টিতে আহিত হয়, ফলে বস্তুটি নিষ্ঠিত হয়। পৃথিবী এতো বিরাট যে, এতে আধান যোগ-বিয়োগ করলে এর বিভেদের পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে আধান প্রহণ করে আবার সাথে সাথে অন্য বস্তুকে আধান সরবরাহও করে। ফলে এর আধানের কোনো পরিবর্তন হয় না। আধানের পরিবর্তন না হওয়ায় বিভেদেও কোনো পরিবর্তন হয় না। এজন্যই পৃথিবীর বিভেদকে শূন্য ধরা হয়।

গ. এখানে, সরবরাহকৃত তাপ,  $Q = 84 \text{ kJ} = 84 \times 10^3 \text{ J}$

পানির ভর,  $m = 5 \text{ kg}$

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

আমরা জানি,

$$Q = mS\Delta\theta$$

$$\text{বা, } \Delta\theta = \frac{Q}{mS} = \frac{84 \times 10^3}{5 \times 4200} \text{ K} = 4 \text{ K}$$

$$\therefore \Delta\theta = 4^\circ\text{C}$$

অতএব, লিখন পানির তাপমাত্রা  $4^\circ\text{C}$  বৃদ্ধি করেছিল।

ঘ. লিখনের ক্ষেত্রে,

$$\text{এন্ট্রপির পরিবর্তন, } dS_1 = mS \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{বা, } dS_1 = 5 \times 4200 \times \ln \frac{307}{303} \text{ JK}^{-1}$$

$$\therefore dS_1 = 275.4 \text{ JK}^{-1}$$

নিয়ন্ত্রণের ক্ষেত্রে:

ভর,  $m = 5 \text{ kg}$

বাস্পীভবনের আঃ সুগ্রাম,  $I_v = 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$

তাপমাত্রা,  $T = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$

এন্ট্রপির পরিবর্তন,  $dS_2 = \frac{dQ}{T}$

$$\text{বা, } dS_2 = \frac{mI_v}{T} = \frac{5 \times 2.26 \times 10^6}{373} \text{ JK}^{-1}$$

$$\therefore dS_2 = 30294.9 \text{ JK}^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে,  $dS_2 > dS_1$  অর্থাৎ নিয়ন্ত্রণের প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির বেশি বৃদ্ধি পেয়েছে।

আমরা জানি, যে প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি যত কম বৃদ্ধি পায় সেটি তত পরিবেশ বান্ধব।

অতএব, উদ্দীপকের লিখনের প্রক্রিয়াটি অধিক পরিবেশ বান্ধব।

**প্রয়োগ ২**  $30^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার  $0.05 \text{ kg}$  পানিকে স্বাভাবিক চাপে  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  আয়তনের বাস্পে পরিণত করা হলো। এ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন  $1.28 \times 10^4 \text{ J}$ । [পানির বাস্পীভবনের আপেক্ষিক সুগ্রাম,  $L_v = 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$  এবং পানির আপেক্ষিক তাপ,  $S = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ]

ক. উক্ষতা কাকে বলে? ১

খ. বুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম শীতল হয়— ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. উদ্দীপকের পানিকে বাস্পে পরিণত করার জন্য এন্ট্রপির পরিবর্তন কর হবে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে কি-না— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

[কু. বো. '১৯]

### ৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে মৌলিক রাশি ধারা কোনো বস্তু কতটুকু ঠাতা বা গরম তা জানা যায় তাকে উক্ষতা বলে।

খ. বুদ্ধতাপীয় কোন সিস্টেমকে দ্রুত প্রসারিত করলে সিস্টেম তার অভ্যন্তরীণ শক্তির বিনিয়নে নিজেই কিছু কাজ করে। ফলে সিস্টেমের তাপমাত্রা হ্রাস পায় অর্থাৎ সিস্টেম শীতল হয়।

গ. এখানে বাস্পায়ন ২টি ধাপে সম্পন্ন হবে

১ম ধাপ :  $30^\circ\text{C}$  এর পানিকে  $100^\circ\text{C}$  এর পানিতে মুগ্ধাত্ত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন

$$dS_1 = mS \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 0.05 \times 4200 \ln \frac{373}{303} \text{ J K}^{-1}$$

$$= 43.65 \text{ J K}^{-1}$$

এখানে,

$$T_1 = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T_2 = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$$

$$S = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$m = 0.05 \text{ kg}$$

২য় ধাপ : 100 °C এর পানিকে 100 °C এর বাস্পে বৃগতির করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন

$$dS_2 = \frac{mL_v}{T} = \frac{0.05 \times 2.26 \times 10^6}{373} \text{ J K}^{-1} = 302.95 \text{ J K}^{-1}$$

$$\therefore \text{মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন, } dS = dS_1 + dS_2 \\ = (43.65 + 302.95) \text{ J K}^{-1} \\ = 346.599 \text{ J K}^{-1}$$

৩ এখানে অদ্ভুত সিস্টেমে সরবরাহকৃত মোট শক্তি,

$$dQ = dQ_1 + dQ_2 \\ = mS\Delta\theta + mL_v \\ = (0.05 \times 4200 \times 70 + 0.05 \times 2.26 \times 10^6) \text{ J} = 127700 \text{ J}$$

দেওয়া আছে, অন্তঃস্ব শক্তির পরিবর্তন,  $dU = 1.28 \times 10^4 \text{ J}$

এবং সম্পাদিত কাজ,  $dW = PdV = P(V_2 - V_1)$

এখানে,  $V_2 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  এবং

$$V_1 = \frac{m}{\rho} = \frac{0.05 \text{ kg}}{1000 \text{ kg m}^{-3}} = 5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

এবং চাপ,  $P = 101325 \text{ N m}^{-2}$

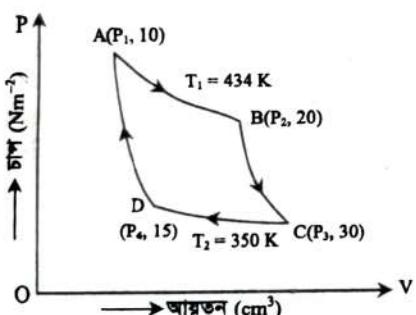
$$\therefore dW = 101325 \times (2 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-5}) \text{ J} = 197.58 \text{ J}$$

$$\therefore dU + dW = (1.28 \times 10^4 + 197.58) \text{ J} = 12997.58 \text{ J}$$

যেহেতু  $dQ \neq dU + dW$

সুতরাং ইহা তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে না।

৪ প্রশ্ন ৫ তাসিন নিচের লেখচিত্রের ছক্টি বিশ্লেষণ করে বলল, এটি কার্ণের চক্র।



মোলার গ্যাস ধ্রুবক  $8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

ক. আধানের কোয়ান্টায়ন কী?

খ. সমান্তরাল পাত ধারকত পাতবয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমের উপর নির্ভর করে কি? ব্যাখ্যা কর।

গ. ১ মোল আর্দ্ধ গ্যাসের জন্য উদ্ধীপকের AB অংশে কৃতকাজ নির্ণয় কর।

ঘ. তাসিনের বিশ্লেষণ সঠিক ছিল কি না এন্ট্রপি পরিবর্তনের সাপেক্ষে গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য কর।

[সি. বো. '১৯]

### ৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরমাণুর তথা যেকোনো বস্তুর ন্যূনতম চার্জ ইলেক্ট্রনের চার্জের পূর্ণসংখ্যার পুনিতক হিসেবে চার্জিত হবে এবং চার্জের মান কখনো ভগ্নাংশ হবে না। এটিই চার্জের বা আধানের কোয়ান্টায়ন।

খ. সমান্তরাল পাত ধারকত পাতবয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমের উপর নির্ভর করে।

$$\text{আধানা জানি, } C = \frac{EA}{d}$$

পাতের ক্ষেত্রফল এবং দূরত্ব যদি নির্দিষ্ট হয় তবে  $C \propto d$  হবে। অর্থাৎ যে মাধ্যমের বা বস্তুর ডাই ইলেক্ট্রিক ধ্রুবকের মান বেশি হবে সে বস্তুর বা মাধ্যমের ধারকত বেশি হবে।

১ উদ্ধীপকের AB অংশের সমোক্ষ প্রসারণ সংষ্টিত হয়েছে।

এখানে, মোল সংখ্যা,  $n = 1$

প্রাথমিক আয়তন,  $V_1 = 10 \text{ cm}^3$

চূড়ান্ত আয়তন,  $V_2 = 20 \text{ cm}^3$

প্রাথমিক তাপমাত্রা,  $T_1 = 434 \text{ K}$

মোলার গ্যাস ধ্রুবক,  $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

কৃতকাজ,  $W = ?$

আধানা জানি,

$$W = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 1 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 434 \text{ K} \times \ln \frac{20 \text{ cm}^3}{10 \text{ cm}^3}$$

$$= 2499.86 \text{ J}$$

২ তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুসারে,

শোষণকৃত তাপ,  $Q_1 =$  সমোক্ষ প্রসারণের জন্য কৃতকাজ  $W_1$

বর্জিত তাপ,  $Q_2 =$  সমোক্ষ সংকোচনের জন্য কৃতকাজ  $W_2$

উদ্ধীপক অনুসারে, CD অংশে

গ্যাসের আয়তন,  $V_3 = 30 \text{ cm}^3$ ,  $V_4 = 15 \text{ cm}^3$

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

মোলার গ্যাস ধ্রুবক,  $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$$\therefore Q_2 = W_3$$

$$= nRT_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

$$= 1 \times 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 350 \text{ K} \times \ln \frac{15 \text{ cm}^3}{30 \text{ cm}^3}$$

$$\therefore Q_2 = -2016.02 \text{ J}$$

'গ' হতে পাই,  $Q_1 = W_1 = 2499.86 \text{ J}$

$$\text{AB সমোক্ষ রেখায় এন্ট্রপির পরিবর্তন} = \frac{Q_1}{T_1}$$

$$= \frac{2499.86 \text{ J}}{434 \text{ K}} = 5.76 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{CD সমোক্ষ রেখায় এন্ট্রপির পরিবর্তন} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$= \frac{-2016.02 \text{ J}}{350 \text{ K}}$$

$$= -5.76 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন} = \frac{Q_1 - Q_2}{T_1 - T_2}$$

$$= 5.76 \text{ J K}^{-1} - 5.76 \text{ J K}^{-1} = 0$$

যেহেতু এন্ট্রপির পরিবর্তন শূন্য সেহেতু তাসিনের বিশ্লেষণ সঠিক ছিল।

৩ প্রশ্ন ৬ একটি ইঞ্জিনের সাহায্যে প্রয়াণ তাপমাত্রা ও চাপে 16 gm হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন সমোক্ষ ও বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় হিগুণ করা হলো। ইঞ্জিনটি 227 °C এবং 0 °C তাপমাত্রায় কার্য সম্পাদন করতে পারে।

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে?

খ.  $C_p$  অপেক্ষা  $C_v$  ছোট কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্ধীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় কর।

ঘ. একই পরিমাণ প্রসারণের জন্য উদ্ধীপকের আলোকে কোন প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পাদিত হবে তার গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

[বি. বো. '১৯]

### ৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে বা অপরিবর্তিত থাকে তাকে এন্ট্রপি বলে।

৩) স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায়। আবার, চাপ স্থির রেখে যদি কোনো গ্যাসকে সম্পরিমাণ তাপ প্রয়োগ করা হয়, তাহলে ঐ তাপ এক্ষেত্রেও গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করবে এবং বহিস্থ কাজ সম্পন্ন করবে। এ কাজ সম্পাদন করতে কিছু তাপ ব্যয় হবে ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা পূর্বের সম্পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে না। অর্থাৎ 1 mole গ্যাসকে 1 K তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_p = C_v + x$ , এখানে  $x$  হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ।

$$\therefore C_p > C_v$$

অর্থাৎ  $C_p$  অপেক্ষা  $C_v$  ছোট।

৪) এখানে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 227^\circ\text{C} = 500\text{ K}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T_2 = 0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$

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

$$= \left(1 - \frac{273}{500}\right) \times 100\% = 45.4\%$$

অতএব, উচ্চীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা 45.4%।

৫) সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে :

কৃতকাজ,

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

$$= 8 \times 8.31 \times 500 \times \ln \left(\frac{2V_1}{V_1}\right) \text{ J}$$

$$= 23040.2 \text{ J}$$

বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে :

আমরা জানি,

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

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

$$= \left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^{\gamma-1} \times T_1 = \left(\frac{1}{2}\right)^{1.41-1} \times 500 \text{ K}$$

$$\therefore T_2 = 376.3 \text{ K}$$

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

$$= \frac{8 \times 8.31}{1.41-1} \times [500 - 376.3]$$

$$\therefore W' = 20057.5 \text{ J}$$

দেখা যাচ্ছে,  $W > W'$  অর্থাৎ সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অপেক্ষা বেশি।

অতএব, একই পরিমাণ প্রসারণের জন্য সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পাদিত হবে।

৬) একটি কার্নো ইঞ্জিন সমোক্ষ প্রসারণ, বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণ, সমোক্ষ সংকোচন ও বৃদ্ধতাপীয় সংকোচন এ চারটি ধাপে কাজ করে। ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে  $1000^\circ\text{C}$  ও  $500^\circ\text{C}$ । ধাপ চারটিতে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ যথাক্রমে 900 J, 800 J, 500 J ও 250 J।

ক. ধারকত্বের সংজ্ঞা দাও।

খ. গোলকের অভ্যন্তরে সকল বিন্দুতে বিভব সমান।—  
ব্যাখ্যা কর।

গ. ইঞ্জিন কর্তৃক মোট সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

ঘ. উচ্চীপকের ইঞ্জিনটির তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়ানোর চেয়ে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা সম্পরিমাণ কমালে দক্ষতা আরও বৃদ্ধি পাবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যথার্থীয়া যাচাই কর।

১

২

৩

৪

৫

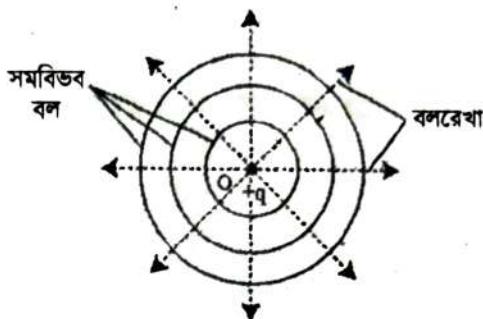
## ৮ম প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বাঢ়াতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ পরিবাহীর তড়িৎ ধারকত্ব বলে।

খ) একটি তড়িৎক্ষেত্রের ভেতর অবস্থিত যে তলের উপর সকল বিন্দুতে তড়িৎ বিভব সমান হয় তাকে সমবিভব তল বলে।

ব্যাখ্যা : মনে করি, শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে O বিন্দুতে +q বিন্দু চার্জটি রাখা হলো। এখন এই +q চার্জ থেকে r দূরত্বের কোনো বিন্দুতে তড়িৎ বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} q$$



সূতরাং O বিন্দুকে কেন্দ্র করে r ব্যাসার্দের একটি গোলক অঙ্কন করা হলে এই গোলকের পৃষ্ঠের উপর যে কোনো বিন্দুতে বিভব হলে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} q$$

গোলকের অভ্যন্তরের সকল বিন্দুর জন্য r এর মান সমান বিবেচনা করা হয় বলে সকল বিন্দুতে বিভব সমান হয়।

গ) এখানে, উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 1000^\circ\text{C} = 1273\text{ K}$

গ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T_2 = 500^\circ\text{C} = 773\text{ K}$

এখানে চারটি ধাপে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ যথাক্রমে,  $W_1 = 900\text{ J}$ ,  $W_2 = 800\text{ J}$ ,  $W_3 = 500\text{ J}$  এবং  $W_4 = 250\text{ J}$

সম্পাদিত কাজ,  $W = ?$

আমরা জানি,

$$\text{সম্পাদিত কাজ, } W = W_1 + W_2 - W_3 - W_4$$

$$= 900 + 800 - (500 + 250)$$

$$= (1700 - 750)\text{ J}$$

$$= 950\text{ J}$$

অতএব, ইঞ্জিন কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ 950 J।

১) প্রাথমিক অবস্থায়,

ইঞ্জিনের দক্ষতা,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{773}{1273}\right) \times 100\%$$

$$\therefore \eta = 39.2\%$$

আবার, তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $100^\circ\text{C}$  বাঢ়ালে

$$\text{কর্মদক্ষতা, } \eta_1 = \left(1 - \frac{773}{1373}\right) \times 100\%$$

$$= 43.7\%$$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা  $100^\circ\text{C}$

$$\text{কমালে কর্মদক্ষতা, } \eta_2 = \left(1 - \frac{673}{1273}\right) \times 100\%$$

$$= 47.13\%$$

এখানে,  $\eta_2 > \eta_1$

সূতরাং উচ্চীপকের ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়ানোর চেয়ে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা সম্পরিমাণ কমালে দক্ষতা বেশি বৃদ্ধি পাবে।



য 'গ' হতে,  $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{2}{5}$

ধরি, তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে  $T_1$  ও  $T_2$ ,  
আমরা জানি, প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,

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

$$\therefore \frac{T_2}{T_1} = \frac{2}{5}$$

আবার, উদ্দীপক অনুসারে,  $0.7 = 1 - \frac{T_2}{T_1 + 110}$

বা,  $\frac{T_2}{T_1 + 110} = 1 - 0.7$

বা,  $\frac{T_2}{T_1 + 110} = \frac{1}{0.3}$

বা,  $\frac{T_1 + 110}{T_2} = \frac{10}{3}$

বা,  $\frac{5}{2} + \frac{110}{T_2} = \frac{10}{3}$

বা,  $\frac{110}{T_2} = \frac{5}{6}$

বা,  $T_2 = \frac{110}{\frac{5}{6}} = 110 \times \frac{6}{5} = 132$

$\therefore T_2 = 132 \text{ K}$

অতএব, তাপ উৎসের তাপমাত্রা অপরিবর্তীত রেখে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 132 K করে এটিকে প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনে বৃপ্তির স্তৰে।

### ৩) এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৭ এর প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ১।** শহীদ একটি ইঞ্জিন তৈরি করে দাবি করল তার ইঞ্জিনটি কার্নেল প্রত্যাগামী ইঞ্জিন। এটি উৎস হতে গৃহীত তাপের এক-চতুর্থাংশ কাজে পরিণত করে বাকী 300 J তাপগ্রাহকে বর্জন করে। শহীদ তার ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও গ্রাহকের তাপমাত্রা পেয়েছিল যথাক্রমে 350 K ও 310 K।

ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র লিখ।

১

খ. তাপের পরিবহন অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কেন? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. তাপ উৎসের তাপ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. বাস্তবে দেখা গেল তার দাবি সঠিক নয়। ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাগামী করতে কী ধরনের পরিবর্তন করতে হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

৪

[ঢ. বো. '১৭]

### ১১নং প্রশ্নের উত্তর

**ক।** কার্নেল বিবৃতি অনুসারে তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি হলো—কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপশক্তিকে সম্পূর্ণভাবে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তির করার মতো যত্ন তৈরি স্তৰে নয়।

**খ।** যে প্রক্রিয়া বিপরীতমূর্তী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না তাকে অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলা হয়। তাপ সর্বদা উচ্চ তাপমাত্রার বন্ধু থেকে নিম্ন তাপমাত্রার বন্ধুতে সঞ্চালিত হয়। একে তাপের পরিবহন বলে। কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রার বন্ধু থেকে তাপ উচ্চ তাপমাত্রার বন্ধুতে কখনও সঞ্চালিত হয় না। এজন্য তাপের পরিবহন অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

**গ।** ধরি, তাপ উৎসের তাপ  $Q_1$ ,

আমরা জানি,  $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

বা,  $\frac{1}{4} = 1 - \frac{300 \text{ J}}{Q_1}$

বা,  $\frac{300 \text{ J}}{Q_1} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$

বা,  $Q_1 = 400 \text{ J}$

সুতরাং তাপ উৎসের তাপ 400 J।

উদ্দীপক হতে,

ইঞ্জিনের দক্ষতা,  $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{1}{4}$

বর্জিত তাপ,  $Q_2 = 300 \text{ J}$

আমরা জানি,

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

$= 1 - \frac{310 \text{ K}}{350 \text{ K}}$

$= \frac{350 \text{ K} - 310 \text{ K}}{350 \text{ K}} = \frac{40 \text{ K}}{350 \text{ K}} = \frac{4}{35}$

অর্থাৎ  $\eta \neq \eta'$

এক্ষেত্রে  $\eta'$  কে  $\eta$  তে উন্নীত করতে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা কমানোই উত্তম।

ধরি, পরিবর্তিত তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T'_2$

আবার,  $\eta' = 1 - \frac{T'_2}{T_1}$

বা,  $\frac{1}{4} = 1 - \frac{T'_2}{350 \text{ K}}$

বা,  $\frac{T'_2}{350 \text{ K}} = 1 - \frac{1}{4}$

বা,  $\frac{T'_2}{350 \text{ K}} = \frac{3}{4}$

বা,  $T'_2 = \frac{3 \times 350 \text{ K}}{4} = 262.5$

$\therefore$  তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে  $(310 - 262.5) \text{ K} = 47.5 \text{ K}$

এন্ট্রোপির পরিবর্তন,

এক্ষেত্রে,  $dS = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T'_2} = \frac{400 \text{ J}}{350 \text{ K}} - \frac{300 \text{ J}}{262.5 \text{ K}} = 0$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 47.5 K কমালে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

**প্রশ্ন ২।** পিস্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারে কিছু গ্যাস আবশ্য আছে।

300 Pa স্থিত চাপে ধীরে ধীরে 600 J তাপশক্তি সরবরাহ করায় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ হলো 900 J।

ক. তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা কী?

১

খ. বৃুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় কেন?

২

গ. গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন নির্ণয় কর।

৩

ঘ. "উদ্দীপক অনুসারে শক্তির সংরক্ষণশীল নীতিটি লঙ্ঘিত হয় না।" — গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাই কর।

৪

[ঢ. বো. '১৭]

### ১২নং প্রশ্নের উত্তর

**ক।** তাপ ইঞ্জিন একটি চক্রে যে পরিমাণ তাপকে কাজে পরিণত করে এবং তাপ উৎস হতে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে তার অনুপাতই হলো তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা।

**খ।** বৃুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম হতে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে সিস্টেমের ভেতরে তাপ আসতে পারে না। অর্থাৎ পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদান হয় না। আবার বৃুদ্ধতাপীয় সংকোচনের ক্ষেত্রে বাইরে থেকে শক্তি সরবরাহ করে সিস্টেমের উপর কাজ সৃষ্টি করা হয়। এজন্য বৃুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়।

**গ।** ধরি, গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন  $dV$

আমরা জানি,

$dW = PdV$

বা,  $dV = \frac{dW}{P} = \frac{900 \text{ J}}{300 \text{ Pa}}$

$\therefore dV = 3 \text{ m}^3$

সুতরাং গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন  $3 \text{ m}^3$ .

উদ্দীপক হতে,

চাপের পরিমাণ,  $P = 300 \text{ Pa}$

সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজ,

$dW = 900 \text{ J}$

- টাপগতিবিদ্যার সিস্টেমের উপর সম্পাদিত কাজ,  $dW = 900 \text{ J}$   
সরবরাহকৃত তাপশক্তি,  $dQ = 600 \text{ J}$   
অভ্যন্তরীণ শক্তি,  $dU = ?$

আমরা জানি,  $dQ = dU + dW$

$$\text{বা, } dU = dQ - dW = 600 \text{ J} - 900 \text{ J} = -300 \text{ J}$$

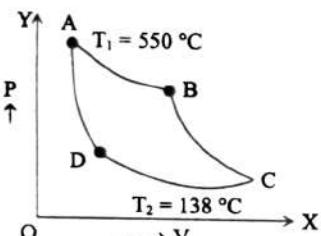
সুতরাং অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন  $= -300 \text{ J}$

তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রের ক্ষেত্রে ক্লিয়াস এবং মতবাদ অনুসারে, সিস্টেমে যথন তাপশক্তি সরবরাহ করা হয় তখন সেই তাপশক্তির কিছু অংশ অন্তঃস্থ শক্তি পরিবর্তন করে এবং বাকী অংশ ছারা সিস্টেম তার পরিবেশের উপর বাহ্যিক কাজ সম্পাদন করে।

তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুসারে,  $dU = dQ - dW$

অর্থাৎ অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন হবে সরবরাহকৃত তাপশক্তি হতে সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজের মান বাদ দিলে যা হবে তাই। যা উপরিউক্ত ক্ষেত্রে অন্তঃস্থ শক্তির মান  $-300 \text{ J}$  এর সত্যতা প্রমাণিত হয়। যেহেতু তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র শক্তির নিয়তা সূত্রের বিশেষ রূপ সেহেতু উচ্চীপকের ঘটনাটিতে শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতিটি লজিত হয় না।

**প্রশ্ন ১৩।** একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের তাপ উৎস এবং তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে  $550^{\circ}\text{C}$  এবং  $138^{\circ}\text{C}$ । সমোক্ষ প্রসারণে গৃহীত তাপের পরিমাণ  $750 \text{ J}$ .



- ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি কী? ১  
খ. গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $20.8 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$  বলতে কী বোঝায়? ২  
গ. উচ্চীপকের তাপ ইঞ্জিনের ত্তীয় ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. উচ্চীপকের তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা হিঁগুণ বৃদ্ধি করতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[য. বো. '৭]

### ১৩নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো— দুটি বস্তু যদি ত্তীয় কোনো বস্তুর (তাপমান যন্ত্র) সাথে পৃথকভাবে তাপীয় সাময়ে থাকে তবে প্রথমোন্ত বস্তু দুটি পরম্পরের সাথে তাপীয় সাময়ে থাকবে।

**খ.** গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $20.8 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$  বলতে বোঝায় 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা  $1 \text{ K}$  বৃদ্ধি করতে  $20.8 \text{ J}$  তাপশক্তির প্রয়োজন।

**গ.** ধরি, তাপ ইঞ্জিনের ত্তীয় ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন  $\frac{Q_2}{T_2}$

উচ্চীপক হতে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 550^{\circ}\text{C} = (550 + 273) \text{ K} = 823 \text{ K}$

গৃহীত তাপের পরিমাণ,  $Q_1 = 750 \text{ J}$

প্রত্যবর্তী ইঞ্জিনে এন্ট্রপির পরিবর্তন,  $dS = 0$

$$\text{আমরা জানি, } dS = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} \quad \text{বা, } \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

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

$$\therefore \frac{Q_2}{T_2} = 0.911 \text{ J K}^{-1}$$

সুতরাং তাপ ইঞ্জিনের ত্তীয় ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন  $0.911 \text{ J K}^{-1}$

### প্রশ্ন ১৪. সূজনশীল পদাৰ্থবিজ্ঞান ত্তীয় পত্ একাদশ-ছাদশ প্রেমি

টাপগত অনুসারে, সিস্টেমের উপর সম্পাদিত কাজ,  $dW = 900 \text{ J}$

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

উচ্চীপক অনুসারে,

$$T_1 = 550^{\circ}\text{C} = (550 + 273) \text{ K} = 823 \text{ K}$$

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 হিঁগুণ 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 হিঁগুণ বৃদ্ধি করা সম্ভব নয়। তবে ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকালে 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।

**প্রশ্ন ১৫।** পদাৰ্থবিজ্ঞানের একজন গবেষক সকল দোষগ্রস্তমুন্ত একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি কৱলেন; যা কার্নো ইঞ্জিনের সাথে তুলনায় ইঞ্জিনটি  $200^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে  $600 \text{ J}$  তাপ গ্রহণ করে এবং গ্রাহকে  $400 \text{ J}$  তাপ বৰ্জন করে। তিনি বললেন, “উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করেও যদ্বারে দক্ষতা  $70\%$  করা সম্ভব।”

ক. অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারে  $0^{\circ}\text{F}$  থেকে দাগ কাটা থাকে না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গবেষকের উক্তিটি যথার্থ কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

[ক. বো. '৭]

### ১৪নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না তাকে অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

**খ.** ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার মানবদেহের তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত হয়। মানবদেহের তাপমাত্রা  $95^{\circ}\text{F}$  হতে  $110^{\circ}\text{F}$  এর মধ্যে থাকে বলে এতে  $95^{\circ}\text{F}$  হতে  $110^{\circ}\text{F}$  পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে। আবার, সুস্থ ব্যক্তির শরীরের তাপমাত্রা সাধারণত  $98.4^{\circ}\text{F}$  হয়। এ সব কারণে ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারে  $0^{\circ}\text{F}$  থেকে দাগ কাটা থাকে না।

**গ.** ধরি, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা  $T_2$

উচ্চীপক হতে,

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

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

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

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

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

$$\therefore T_2 = 315.33 \text{ K}$$

সুতরাং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $315.33 \text{ K}$ ।

**ঘ.** উচ্চীপক অনুসারে,

যদ্বারে দক্ষতা,  $\eta = 70\%$

$$\text{তাপ উৎসের তাপমাত্রা } T_1 = 200^{\circ}\text{C}$$

$$= (200 + 273) \text{ K} = 473 \text{ K}$$

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

ধরি, তাপগ্রাহকের পরিবর্তিত তাপমাত্রা =  $T_2'$

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

$$\text{বা, } 70\% = \left(1 - \frac{T_2'}{473 \text{ K}}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T_2'}{473 \text{ K}} = \frac{70}{100}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{473 \text{ K}} = 1 - \frac{70}{100}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{473 \text{ K}} = \frac{3}{10}$$

$$\therefore T_2' = \frac{3 \times 473 \text{ K}}{10} = 141.9 \text{ K}$$

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

**প্রশ্ন ১৫** একটি কার্নো ইঞ্জিন 510 K তাপমাত্রার উৎস থেকে 1400 J তাপ শোষণ করে গ্রাহকে 800 J তাপ বর্জন করে।



ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র কী?

১



খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝা?

২



গ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর।

৩

ঘ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 54% করতে হলে কী কী ব্যবস্থা নেওয়া যেতে পারে তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

৪

[সি. বো. '১৭]

### ১৫নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো— দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর (তাপমাত্রা যন্ত্র) সাথে পৃথকভাবে তাপীয় সাময়ে থাকে তবে প্রথমোন্ত বস্তু দুটি পরস্পরের সাথে তাপীয় সাময়ে থাকবে।

**খ** আমরা জানি, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রোপি বৃদ্ধি পায়। বিশ্ব জগতের অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। সুতরাং বিশ্বজগতের এন্ট্রোপি ক্রমাগত বৃদ্ধি পাচ্ছে।

এভাবে এন্ট্রোপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সর্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন বিশ্বের সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌছলে তাপশক্তিকে ফলপ্রসূ কাজে পরিণত করা সম্ভব হবে না। ফলে কার্যকরী শক্তির দুর্মাল্পতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে প্রতিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে। এটাই জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে পরিচিত।

**গ** ধরি, ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা  $\eta$

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

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

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

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

সুতরাং ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 42.86%

**ঘ** 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

উদ্দীপক অনুসারে, কর্মদক্ষতা,  $\eta' = 54\%$

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

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

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

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

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

### ব্যবস্থাপত্র-১:

ধরি, তাপ গ্রাহকের পরিবর্তিত তাপমাত্রা  $T_2'$

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

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

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

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{510 \text{ K}} = 1 - \frac{54}{100} = \frac{46}{100}$$

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

### ব্যবস্থাপত্র-২:

ধরি, তাপ উৎসের পরিবর্তিত তাপমাত্রা  $T_1'$

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

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

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

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

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

$$\therefore T_1' = 633.54 \text{ K}$$

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।

**প্রশ্ন ১৬** একটি কফিপটে নাড়ানীর সাহায্যে খুব জোরে কফি নাড়া হলো। ফলে কফির আয়তন  $50 \text{ cm}^3$  বৃদ্ধি পেল। একই সময়ে কফিপট হতে  $40 \text{ J}$  তাপ পরিবহন এবং পরিচলন পদ্ধতিতে নির্ণয় হলো। বায়ুর চাপ  $= 1 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ ।

ক. তাপীয় সিস্টেম কী?

১

খ. ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনোই 100% হতে পারে না—ব্যাখ্যা কর।

২

গ. কফির উপর কটকু কাজ করা হলো?

৩

ঘ. এটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে কি-না যাচাই করে ব্যাখ্যা কর।

৪

[সি. বো. '১৭]

### ১৬নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** পরীক্ষা-নিরীক্ষার সময় আমরা জড় জগতের যে নির্দিষ্ট তাপীয় অংশ বিবেচনা করি তাই তাপীয় সিস্টেম।

**খ** ইঞ্জিনে একটি তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহক থাকে। তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $T_1$  এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $T_2$  অপেক্ষা বেশি হলেই কেবল তাপের স্থানান্তর সম্ভব হয়। আমরা জানি, দক্ষতার সূত্র হলো,

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

ধরি, ইঞ্জিনের দক্ষতা,  $\eta = 100\%$

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

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

সুতরাং, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ, তাপগ্রাহকে তাপ বর্জিত হবে না। তাহলে তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপের সম্পূর্ণই কাজে ব্যুৎপন্ন হবে। কিন্তু বাস্তবে তা সম্ভব নয়। সুতরাং, তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনই 100% হওয়া সম্ভব নয়।

**১)** ধরি, কফির উপর কৃতকাজের পরিমাণ  $dW$ .

$$\text{উদ্দীপক হতে, আয়তন বৃদ্ধি, } dV = 50 \text{ cm}^3 = 50 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

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

$$\text{আমরা জানি, } dW = PdV = 1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2} \times 50 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 5 \text{ J}$$

সুতরাং কফির উপর কৃতকাজ 5 J.

**২)** উদ্দীপক অনুসারে, নির্গত তাপশক্তি,  $dQ = -40 \text{ J}$

গ হতে, কফির উপর কৃতকাজ,  $dW = 5 \text{ J}$

অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন,  $dU = ?$

আমরা জানি,  $dQ = dU + dW$

$$\text{বা, } dU = dQ - dW = -40 \text{ J} - 5 \text{ J} = -45 \text{ J.}$$

$$\therefore \text{অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন} = -45 \text{ J}$$

তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুসারে কোনো সিস্টেমে তাপশক্তি সরবরাহ করা হলে তাপশক্তির কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে সহায়তা করে এবং বাকী অংশ দ্বারা সিস্টেম তার পরিবেশের উপর বাহ্যিক কাজ সম্পাদন করে। এটি এর বিপরীত ক্ষেত্রে ও প্রযোজ্য উদ্দীপকের সিস্টেমটিতে তাপশক্তি নির্গত হওয়ায় তার কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি হাসে সহায়তা করেছে এবং বাকী অংশ সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদন করেছে। সুতরাং উপরের ঘটনাটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে।

**প্রয়োগ ১৭**  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার  $505 \text{ g}$  বরফকে  $47.5^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার  $4.8 \text{ kg}$  পানির সাথে মেশানো হলো। [বরফ গলনে আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ  $L_f = 3,36,000 \text{ J kg}^{-1}$ , পানির আপেক্ষিক তাপ,  $S = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ও পানির বাস্পীভবনের আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ,  $L_v = 22,68,000 \text{ J kg}^{-1}$ ]

**১)** ক. হল ক্রিয়া কী?

খ. ধাতুসমূহের সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে কী ঘটত ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে শুধুমাত্র বরফ গলার ফলে এন্ট্রিপির কত পরিবর্তন হবে? ৩

ঘ. তৃমি কীভাবে উদ্দীপকের মিশ্রণের মোট এন্ট্রিপির

পরিবর্তন নির্ণয় করবে তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

[ব. বো. '১৭]

### ১৭নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো তড়িৎবাহী পরিবাহীকে কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রে অভিলম্ব বরাবর স্থাপন করলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের উপর লভ বরাবর একটি বিভিন্ন পার্থক্যের সৃষ্টি হয়, এ ক্রিয়াই হলো হল ক্রিয়া।

**খ** যে সর্বনিম্ন কম্পাঙ্কে ধাতব পাত থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হয় তাই-ই হলো সূচন কম্পাঙ্ক। সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে ধাতব পাত থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হতো না ফলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পূর্ণ হতো না।

**গ** ধরি, বরফ গলার ফলে এন্ট্রিপির পরিবর্তন  $dS_1$ ,

উদ্দীপক হতে, বরফের ভর,  $m_1 = 505 \text{ g} = 0.505 \text{ kg}$

বরফ গলনে আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ,  $L_f = 336000 \text{ J kg}^{-1}$

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

$$\text{আমরা জানি, } dS_1 = \frac{dQ}{T} = \frac{mL_f}{T} = \frac{0.505 \text{ kg} \times 336000 \text{ J kg}^{-1}}{273 \text{ K}}$$

$$\therefore dS_1 = 621.54 \text{ J K}^{-1}$$

সুতরাং শুধুমাত্র বরফ গলার ফলে এন্ট্রিপির পরিবর্তন হবে  $621.54 \text{ J K}^{-1}$ ।

**ঘ** উদ্দীপক অনুসারে, বরফের ভর,  $m = 505 \text{ g} = 0.505 \text{ kg}$

পানির ভর,  $m_1 = 4.8 \text{ kg}$

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

পানির তাপমাত্রা,  $T_1 = 47.5^{\circ}\text{C} = (47.5 + 273) \text{ K} = 320.5 \text{ K}$

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

বরফ গলনে আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ,  $L_f = 336000 \text{ J kg}^{-1}$

ধরি, মিশ্রণের তাপমাত্রা,  $T_2$

পানির তাপমাত্রা  $320.5 \text{ K}$  হতে  $T_2$  তে নামাতে বর্জিত তাপ

$$Q_1 = m_1 S (T_1 - T_2)$$

$$= 4.8 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} (320.5 \text{ K} - T_2)$$

$$= 6461280 \text{ J} - 20160 T_2 \text{ J K}^{-1}$$

$273 \text{ K}$  তাপমাত্রার বরফকে  $273 \text{ K}$  তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে গৃহীত তাপ-

$$Q_2 = m_2 L_f = 0.505 \text{ kg} \times 336000 \text{ J kg}^{-1} = 169680 \text{ J}$$

$273 \text{ K}$  তাপমাত্রার পানিকে  $T_2$  তাপমাত্রায় পৌছাতে গৃহীত তাপ,

$$Q_3 = mS (T_2 - 273 \text{ K})$$

$$= 0.505 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (T_2 - 273 \text{ K})$$

$$= 2121 T_2 \text{ J K}^{-1} - 579033 \text{ J}$$

ক্যালরিমিতি মূলনীতি অনুসারে,  $Q_1 = Q_2 + Q_3$

$$\text{বা, } 6461280 \text{ J} - 20160 T_2 \text{ J K}^{-1} = 169680 \text{ J} + 2121 T_2 \text{ J K}^{-1} - 579033 \text{ J}$$

$$\text{বা, } (20160 T_2 + 2121 T_2) \text{ JK}^{-1} = (6461280 + 579033 - 169680) \text{ J}$$

$$\text{বা, } 22281 T_2 \text{ J K}^{-1} = 6870633 \text{ J}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{6870633 \text{ J}}{22281 \text{ J K}^{-1}} = 308.363 \text{ K}$$

গ হতে, শুধুমাত্র বরফ গলাতে প্রয়োজনীয় এন্ট্রিপির পরিবর্তন  $dS_1 = 621.54 \text{ J K}^{-1}$

$273 \text{ K}$  হতে বরফগলা পানিকে  $308.363 \text{ K}$  তাপমাত্রায় উন্নীত করতে এন্ট্রিপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mS \, dT}{T}$$

$$= mS \left[ \ln T_2 - \ln T_1 \right]$$

$$= mS \left[ \ln T_2 - \ln T \right]$$

$$= 0.505 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} [\ln 308.363 - \ln 273]$$

$$\therefore dS_2 = 258.35 \text{ J K}^{-1}$$

পানির তাপমাত্রা  $320.5 \text{ K}$  হতে  $308.363 \text{ K}$  এ নামাতে এন্ট্রিপির পরিবর্তন,

$$dS_3 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mS \Delta T'}{T} = mS \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T}$$

$$= mS \left[ \ln T_2 - \ln T_1 \right]$$

$$= 4.8 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} [\ln 308.363 - \ln 320.5]$$

$$= -778.269 \text{ J K}^{-1}$$

$$\therefore \text{মোট এন্ট্রিপির পরিবর্তন } S = dS_1 + dS_2 + dS_3$$

$$= 621.54 \text{ J K}^{-1} + 258.35 \text{ J K}^{-1} - 778.269 \text{ J K}^{-1}$$

$$= 101.621 \text{ J K}^{-1}$$

সুতরাং মোট এন্ট্রিপির পরিবর্তন  $101.621 \text{ J K}^{-1}$ ।

**প্রয়োগ ১৮** একটি তাপ ইঞ্জিনের কার্যকর পদার্থ  $600 \text{ K}$  তাপমাত্রার উৎস থেকে  $1200 \text{ J}$  তাপ গ্রহণ করে এবং  $300 \text{ K}$  তাপমাত্রার গ্রাহকে  $600 \text{ J}$  তাপ বর্জন করে।

**১)** ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কী?

খ. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

গ. তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

ঘ. তাপ ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী -গাণিতিক যুক্তিসহ সিদ্ধান্ত দাও।

[ব. বো. '১৭]

### ১৮নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে প্রক্রিয়ায় সম্মুখ পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তনের প্রতি ভরে তাপ করতে পারে এবং সম্মুখ ও বিপরীতমুখী পরিবর্তনের প্রতি ভরে তাপ ও কার্যের ফলাফল সমান ও বিপরীতমুখী হয় তাই প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া।

**খ** তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র হলো— দুটি বস্তু যদি ড্রুইয়ে কোনো বস্তু (তাপমান যত্ন) এর সাথে পৃথকভাবে তাপীয় সাময় থাকে তবে প্রথমোন্ত বস্তু দুটি পরম্পরের সাথে তাপীয় সাময় থাকবে।

ব্যাখ্যা : A ও B ভিন্ন তাপমাত্রার দুটি বস্তু একটি কৃপরিবাহী দেওয়াল দিয়ে পৃথক করা অবস্থায় ড্রুইয়ে একটি বস্তু এর সংস্পর্শে রাখা হলে কিছুক্ষণ পর A ও B উভয় বস্তুই ড্রুইয়ে বস্তু C এর সাথে তাপীয় সাময় পৌছায়।

**গ** ধরি, ইঞ্জিনের দক্ষতা  $\eta$

উদ্বিপক্ষ হতে, 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%

**ঘ** উদ্বিপক্ষের তাপ ইঞ্জিনটিতে এন্ট্রপি স্থির থাকলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে অন্যথায় অপ্রত্যাগামী হবে।

উদ্বিপক্ষ অনুসারে, 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 উদ্বিপক্ষের ইঞ্জিনটিতে এন্ট্রপির পরিবর্তন ঘটেনি সেহেতু এটি প্রত্যাগামী ইঞ্জিন।

### ঝ এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৬ এর প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ১৯** একটি কার্নো ইঞ্জিন  $327 \text{ }^{\circ}\text{C}$  এবং  $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$  পরিসরে কাজ করে তাপ উৎস থেকে  $6000 \text{ J}$  তাপ গ্রহণ করে কিছু তাপ কাজে বৃপ্তাত্তর করে এবং অবশিষ্ট তাপগ্রাহকে বর্জন করে।

- ক. এন্ট্রপি কী? ১
- খ. একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ বের কর। ৩
- ঘ. উদ্বিপক্ষের ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা হিঁগুণ করা সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

[য. বো. '১৬]

### ঝ ১৯নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** বৃষ্টতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে বা অপরিবর্তিত থাকে তাই এন্ট্রপি।

**খ** আমরা জানি, তাপমাত্রা বৃদ্ধি =  $\frac{\text{গৃহীত তাপ}}{\text{ভর} \times \text{আপেক্ষিক তাপ}} \text{ অর্থাৎ}$  কোনো বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ নির্ভর করে এই বস্তুর আপেক্ষিক তাপের উপর। সম্পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলে যে বস্তুর আপেক্ষিক তাপ বেশি তার তাপমাত্রা কম বৃদ্ধি পাবে আবার যার আপেক্ষিক তাপ কম তার তাপমাত্রা বেশি বৃদ্ধি পাবে। এজন্য একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলে তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

**গ** ধরি, তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ  $Q_2$

উদ্বিপক্ষ হতে পাই, তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপ,  $Q_1 = 6000 \text{ J}$

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

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

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

$$\text{বা, } Q_2 = \frac{Q_1 T_2}{T_1} = \frac{6000 \text{ J} \times 300 \text{ K}}{600 \text{ K}} = 3000 \text{ J}$$

∴ তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ 3000 J।

**ঘ** গ হতে পাই, তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ,  $Q_2 = 3000 \text{ J}$

উদ্বিপক্ষ হতে পাই, তাপ উৎস গৃহীত তাপের পরিমাণ,  $Q_1 = 6000 \text{ J}$

ধরি, ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা  $\eta$

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

$$= \left(1 - \frac{3000 \text{ J}}{6000 \text{ J}}\right) \times 100\%$$

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

অর্থাৎ উদ্বিপক্ষ অনুসারে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 50%।

ইঞ্জিনটির দক্ষতা হিঁগুণ করা হলে দক্ষতার পরিমাণ হবে,

$$\eta' = 2 \times \eta = 2 \times 50\%$$

$$\therefore \eta' = 100\%$$

কিছু কোনো বাস্তব ইঞ্জিনে একটি তাপ উৎস ও একটি তাপ গ্রাহক থাকে। তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $T_1$ , তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা  $T_2$  এর চেয়ে বেশি হলে তাপের স্থানান্তর সম্ভব হয়।

সেক্ষেত্রে দক্ষতার সূত্রটি হয়,  $\eta = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100\%$

যেহেতু এ সমীকরণে  $T_1 > (T_1 - T_2)$ , সেহেতু এ প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনোই 100% হওয়া সম্ভব নয়।

অতএব, উপরের আলোচনা হতে বলা যায় উদ্বিপক্ষের ইঞ্জিনটির দক্ষতা হিঁগুণ করা সম্ভব নয়।

**প্রশ্ন ২০** একটি তাপ

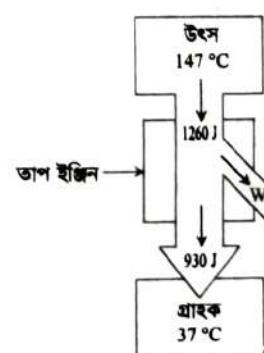
ইঞ্জিন  $147 \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়

তাপ উৎস থেকে  $1260 \text{ J}$

জুল তাপ গ্রহণ করে  $37 \text{ }^{\circ}\text{C}$

তাপমাত্রায় তাপগ্রাহকে

$930 \text{ Joul}$  তাপ বর্জন করে।



**ক** প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কী?

**খ** তাপ ইঞ্জিন ও রেক্রিজারেট-এর কার্য পদ্ধতির মূল পর্যবেক্ষ্য ব্যাখ্যা কর।

**গ** ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

**ঘ** ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী? বিশ্লেষণ কর।

[ক. বো. '১৬]

### ঝ ২০নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে প্রক্রিয়া বিপরীতমূলী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে অর্থাৎ সম্মুখগামী প্রক্রিয়ায় কার্যনির্বাহক বস্তুটি প্রতিটি স্তরে সাথে সর্বতোভাবে মিলে যায় সেই প্রক্রিয়াই প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

**খ** তাপ ইঞ্জিন ও রেফ্রিজারেটরের কার্যপদ্ধতির মূল পার্থক্য হলো—  
তাপ ইঞ্জিনে উচ্চ তাপমাত্রার উৎস হতে নিম্ন তাপমাত্রার সিংকের দিকে তাপ প্রবাহিত হয় অন্যদিকে রেফ্রিজারেটরে নিম্ন তাপমাত্রার সিংক থেকে তাপ উচ্চ তাপমাত্রার উৎসের দিকে প্রবাহিত হয়। এতে তাপ ইঞ্জিনে সিস্টেম ছাঁড়া কাজ সম্পাদিত হয় অপরদিকে রেফ্রিজারেটরে সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদিত হয়।

**গ** ধরি, ইঞ্জিনের দক্ষতা  $\eta$

উদ্বৃক হতে পাই,

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

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

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{310 \text{ K}}{420 \text{ K}}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{31}{42}\right) \times 100\% = \frac{11}{42} \times 100\% = 26.19\%$$

সুতরাং ইঞ্জিনের দক্ষতা 26.19%।

**ঘ** উদ্বৃকের ইঞ্জিনটিতে যদি এন্ট্রপি স্থির থাকে তবে এটি প্রত্যাগামী হবে অন্যথায় অপ্রত্যাগামী। নিচে এটি বিশ্লেষণ করা হলো—  
উদ্বৃক হতে পাই,

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

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

$$\text{গ্রহীত তাপ}, Q_1 = 1260 \text{ J}$$

$$\text{বর্জিত তাপ}, Q_2 = 930 \text{ J}$$

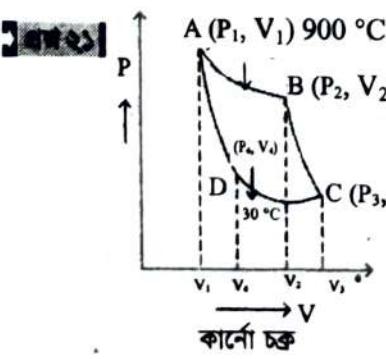
আমরা জানি, তাপ গ্রহণে বা বর্জনে এন্ট্রপির পরিবর্তন হয়। কোন চক্রের তাপমাত্রা সাপেক্ষে গ্রহীত বা বর্জিত তাপের হার ছাঁড়া এন্ট্রপি পরিমাপ করা হয়।

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

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

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

যেহেতু এন্ট্রপির পরিবর্তন ঘটেনি অর্থাৎ স্থির, সেহেতু ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী।



- ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কী? ১
- খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বোঝ? ২
- গ. উদ্বৃকের কার্নো ইঞ্জিনের তাপীয় দক্ষতা বের কর। ৩
- ঘ. ইঞ্জিনটির তাপীয় দক্ষতা 100% হতে হলে উৎসের তাপমাত্রা অসীম অথবা সিংকের তাপমাত্রা 0 K হতে হবে—বিশ্লেষণ কর। ৪

## ২১নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** বৰুৱা অভ্যন্তরীণ অণু, পৱনমাণু ও মৌলিক কলাসমূহের বৈধিক গতি, স্পন্দন গতি ও ঘূৰণ গতি এবং তাদের মধ্যকাৰ বলেৱ কাৰণে যে শক্তিৰ উভব হয় তাই অভ্যন্তরীণ শক্তি।

**খ** আমৰা জানি, অপ্রত্যাগামী প্ৰক্ৰিয়া এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। বিশ্বজগতেৰ অধিকাংশ প্ৰক্ৰিয়াই অপ্রত্যাগামী প্ৰক্ৰিয়া। সুতৰাং বিশ্বজগতেৰ এন্ট্রপি ক্ৰমাগত বৃদ্ধি পাচ্ছে।

এভাবে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সৰ্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন বিশ্বেৰ সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌছলে তাপশক্তিকে ফলপ্ৰসূ কাজে পৱিণত কৰা সন্তুষ্ট হবে না। ফলে কাৰ্যকৰী শক্তিৰ দুপ্রাপ্তা সৃষ্টি হবে। এমনভাৱে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সৱৰণাহে অক্ষম হয়ে পড়বে। এটাই জগতেৰ তাপীয় মৃত্যু বলে পৱিণত।

**গ** ধৰি, কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ তাপীয় দক্ষতা,  $\eta$   
উদ্বৃক হতে পাই,

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

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

$$\text{আমৰা জানি, } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{303 \text{ K}}{1173 \text{ K}}\right) \times 100\% \\ = \left(\frac{1173 - 303}{1173}\right) \times 100\% \\ = \left(\frac{870}{1173}\right) \times 100\% = 74.17\%$$

সুতৰাং কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ তাপীয় দক্ষতা 74.17%।

**ঘ** উদ্বৃক অনুসারে, ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা,  $\eta = 100\%$

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

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

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

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

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

$$\therefore T_2 = 0 \quad T_1 = \infty$$

অর্থাৎ তাপগ্রাহকেৰ তাপমাত্রা শূন্য অথবা তাপ উৎসেৰ তাপমাত্রা অসীম হলে ইঞ্জিনটিৰ দক্ষতা 100% হবে। কিন্তু বাস্তবে এটি সন্তুষ্ট হবে না।

**ঘৰ ২২।** 27 °C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস চেৱাবে। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 100 kg m⁻³ ঘনত্বের CO₂ গ্যাস আছে। চেৱাবটিতে গ্যাসেৰ চাপ 2 বায়ুমণ্ডলীয় কৰা হলে চেৱাবটি হঠাৎ ফেটে যায়। ( $\gamma = 1.33$ )

ক. প্রত্যাগামী প্ৰক্ৰিয়া কাকে বলে? ১

খ. তাপগ্রাহকেৰ তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা বৃদ্ধি পায়। ২

গ. ফেটে যাওয়াৰ মুহূৰ্তে চেৱাবটিৰ চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হিল? ৩

ঘ. চেৱাবটিৰ চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসেৰ ঘনত্বেৰ কেমন পৱিবৰ্তন হবে? গাণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰ। ৪

[সি. বো. '১৬; ব. বো. '১৬]

## ২২নং প্রশ্নেৰ উত্তর

**ক** যে প্ৰক্ৰিয়া বিপৰীতমূৰ্তি হয়ে প্ৰত্যাবৰ্তন কৰতে পাৰে অর্থাৎ সমুখগামী প্ৰক্ৰিয়ায় কাৰ্যনিৰ্বাহক বস্তুটিৰ প্ৰতিটি স্তৱেৰ পক্ষাংশীয় প্ৰক্ৰিয়ায় প্ৰতিটি স্তৱেৰ সাথে সৰ্বতোভাৱে মিলে যায়, তাকে প্রত্যাগামী প্ৰক্ৰিয়া বলা হয়।

খ) কার্নে ইঞ্জিনের দক্ষতার সমীকরণ অনুসারে,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%; \quad \text{যেখানে, } T_1 = \text{তাপ উৎসের তাপমাত্রা} \\ \text{এবং } T_2 = \text{তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা} \\ \text{এ সমীকরণ হতে দেখা যায় যে } T_2 \text{ এর মান বেশি হলে } \eta \text{ এর মান} \\ \text{কম হয় এবং } T_2 \text{ এর মান কম হলে } \eta \text{ এর মান বেশি হয়। এজন্য} \\ \text{তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্নে ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।}$$

গ) ধরি, চেমারটির ছড়ান্ত তাপমাত্রা  $T_2$

উচ্চীপক হতে পাই,

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

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

$$\text{ছড়ান্ত চাপ, } P_2 = 2 \text{ atm}$$

$$\gamma = 1.33$$

আমরা জানি,

$$P_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} T_2^\gamma$$

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

$$\text{বা, } \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^\gamma = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1-\gamma} = \left(\frac{2 \text{ atm}}{1 \text{ atm}}\right)^{1-1.33}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{1.33} = 2^{-0.33} = 0.796$$

$$\text{বা, } \frac{T_1}{T_2} = (0.796)^{\frac{1}{1.33}} = 0.84$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{300 \text{ K}}{0.84} = 357.14 \text{ K} = (357.14 - 273)^\circ\text{C} = 84.14^\circ\text{C}$$

সূতরাং ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চেমারটির ছড়ান্ত তাপমাত্রা ছিল  $84.14^\circ\text{C}$ ।

ঘ) উচ্চীপক অনুসারে, আদি চাপ,  $P_1 = 1 \text{ atm}$

$$\text{ছড়ান্ত চাপ, } P_2 = 2 \text{ atm}$$

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

$$\text{আদি ঘনত্ব, } \rho_1 = 100 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{গ হতে পাই, ছড়ান্ত তাপমাত্রা, } T_2 = 357.14 \text{ K}$$

$$\text{ধরি, ছড়ান্ত ঘনত্ব } \rho_2$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{\rho_1 T_1}{P_1} = \frac{\rho_2 T_2}{P_2}$$

$$\text{বা, } \rho_2 T_2 P_1 = \rho_1 T_1 P_2$$

$$\text{বা, } \rho_2 = \frac{\rho_1 T_1 P_2}{T_2 P_1} = \frac{100 \text{ kg m}^{-3} \times 300 \text{ K} \times 2 \text{ atm}}{357.14 \text{ K} \times 1 \text{ atm}}$$

$$\therefore \rho_2 = 168.001 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\therefore \text{ঘনত্বের পরিবর্তন} = \rho_2 - \rho_1$$

$$= 168.001 \text{ kg m}^{-3} - 100 \text{ kg m}^{-3}$$

$$= 68.001 \text{ kg m}^{-3}$$

অর্থাৎ চেমারটির ছড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্ব  $68.001 \text{ kg m}^{-3}$  পরিবর্তন হবে।

### ৩) এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৫ এর প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ২৩) দেবু এবং জীম দুটি ইঞ্জিন তৈরি করল। ইঞ্জিনসময়ের উচ্চ তাপমাত্রা যথাক্রমে  $600 \text{ K}$  এবং  $500 \text{ K}$  ও নিম্ন তাপমাত্রা যথাক্রমে  $500 \text{ K}$  এবং  $400 \text{ K}$ । দেবু দাবি করল যে, তার ইঞ্জিনটি বেশি কার্যক্রম।

ক. এন্ট্রোপি কাকে বলে?

খ. তাপমাত্রা বাড়লে অর্ধ-পরিবাহীর রোধ কমলেও পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়—ব্যাখ্যা কর।

গ. জীমের তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

ঘ. দেবুর দাবি সঠিক কি-না—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

[ঢ. বো. '১৫]

১) বৃন্থতাপীয় প্রক্রিয়ায় কোনো বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে, তাকে এন্ট্রোপি বলে।

২) ধাতব পরিবাহীর অণুগুলো স্থির নয়। এরা সর্বদা কম্পনরত অবস্থায় থাকে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীর সময়োজী বৰ্ণন তাঙ্গতে শুরু করে এবং যোজন ইলেক্ট্রন পরিবহন ব্যাডে যায়। এ কারণে অর্ধ-পরিবাহীর রোধ কমে যায়। আবার, পদার্থের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অণুগুলোর কম্পনের বিক্ষার বেড়ে যাওয়ার জন্য অণুগুলোর পারম্পরিক দূরত্ব কমে যায়। ফলে পরিবাহীর মধ্যে প্রবাহ সৃষ্টিকারী গতিসম্পন্ন ইলেক্ট্রনগুলোর সাথে কম্পনরত অণুগুলোর সংঘর্ষের সম্ভাব্যতা বেড়ে যায়। এ কারণেই তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরিবাহীর রোধ বেড়ে যায়।

৩) ধরি, ইঞ্জিনের দক্ষতা,  $\eta$

আমরা জানি,

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

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

$$= \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

$\therefore$  জীমের তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা  $20\%$ ।

৪) আমরা জানি,

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

$$= \left(1 - \frac{500}{600}\right) \times 100\%$$

$$= \frac{1}{6} \times 100\% = 16.67\%$$

$\therefore$  দেবুর তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা  $16.67\%$ ।

'গ' হতে জীমের তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা  $20\%$ ।

দেখা যাচ্ছে দেবু ও জীম উভয়ের ইঞ্জিনের তাপমাত্রার ব্যবধান সমান হলেও দক্ষতা সমান নয়।

দেবুর ইঞ্জিনের দক্ষতা,  $16.67\% < \text{জীমের ইঞ্জিনের দক্ষতা}, 20\%$ ।

অতএব দেবুর দাবি সঠিক নয়।

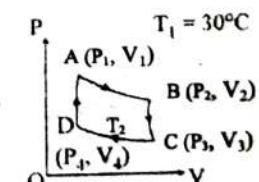
প্রশ্ন ২৪) কার্নে ইঞ্জিনের প্রতি স্তরে

সংকোচন বা প্রসারণের অনুপাত ১ :

২। এতে কার্যনির্বাহক বস্তু হিসাবে ৩

mole বিপরমাণুক গ্যাস ব্যবহার করা

হলো। [বিপরমাণুক গ্যাসের  $\gamma = 1.4$ ]।



ক. কৌণিক বিবর্ধন কী?

খ. আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয় কেন?

গ. কার্নে-চক্রের লেখটি A হতে B বিদ্যুতে আনতে কৃতকাজ হিসাব কর।

ঘ. উচ্চীপকে প্রদত্ত ইঞ্জিনের দক্ষতা  $33\%$  অপেক্ষা বেশি হওয়া সম্ভব কি?—গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে উত্তর দাও।

[ঢ. বো. '১৫]

### ২৪নং প্রশ্নের উত্তর

১) বিষ ধারা সৃষ্টি দৃষ্টিকোণ ও বস্তু ধারা সৃষ্টি দৃষ্টিকোণের অনুপাতই কৌণিক বিবর্ধন।

২) আলোর ব্যতিচারে দুটি সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয়, কারণ আলোর ব্যতিচার ঘটানোর জন্য একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও সমান

বিভাবের দুটি অগ্রগামী তরঙ্গ তৈরি করা লাগে। ব্যতিচারের জন্য তরঙ্গছয়ের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট দশা সম্পর্ক বজায় রাখতে হয় যা দুটি ডিউটি উৎস থারা বজায় রাখা সম্ভব নয়। এ কারণে, একটি উৎস থেকে সূচিত তরঙ্গকে দুটি ভাগে এমনভাবে বিভক্ত করা হয় যেন এরা উভয়েই দুটি সুসংগত উৎস হিসেবে কাজ করতে পারে।

গ) উদীপকে লক্ষণীয়, লেখটি A থেকে B তে পরিবর্তনের ক্ষেত্রে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তিত হয়।

আবার, প্রতিস্তরে সংকেচন ও প্রসারণের অনুপাত = 1 : 2 এখন, A থেকে B তে আনতে চাপ ও আয়তন যথাক্রমে হ্রাস ও বৃদ্ধি পায়।

∴ প্রাথমিক আয়তন,  $V_1 = V$  (ধরি)

∴ চূড়ান্ত আয়তন,  $V_2 = 2V$

এখন, সমোক্ষ সম্প্রসারণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে কৃতকাজ W হলে,

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} W &= nRT \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \\ &= nRT \cdot \ln \frac{2V}{V} \\ &= nRT \cdot \ln 2 \\ &= 3 \text{ mol} \times 8.316 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 303 \text{ K} \times \ln 2 \\ &= 5239.67 \text{ J} \end{aligned}$$

অতএব, কৃতকাজ 5239.67 J।

ঘ) এখনে, A থেকে B তে পরিবর্তনের ক্ষেত্রে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তন ঘটে। ফলে B বিন্দুতে তাপমাত্রা প্রাথমিক তাপমাত্রার সমান হবে।

∴ B বিন্দুতে তাপমাত্রা,  $T_1 = 30^\circ\text{C}$

$$= (30 + 273) \text{ K} = 303 \text{ K}$$

আবার, B থেকে C তে পরিবর্তনের ক্ষেত্রে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় পরিবর্তন ঘটে। এক্ষেত্রে তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে।

এখন C বিন্দুতে পরিবর্তিত তাপমাত্রা  $T_2$  (ধরি)

B বিন্দুতে আয়তন,  $V_1 = V$  (ধরি)

∴ C বিন্দুতে আয়তন,  $V_2 = 2V$

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

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

$$= 303 \text{ K} \times \left( \frac{V}{2V} \right)^{1.4-1}$$

$$= 303 \text{ K} \times (0.5)^{0.4} = 229.63 \text{ K}$$

∴ C বিন্দুতে তাপমাত্রা 229.63 K।

আবার, C থেকে D তে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তন ঘটে। ফলে তাপমাত্রা D বিন্দুতেও 229.63 K থাকে এবং D থেকে A তে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় পরিবর্তিত হয়ে পুনরায় প্রাথমিক তাপমাত্রা অর্থাৎ 303 K হয়।

এখন, ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা,  $\eta = 33\%$  হলে,

প্রাথমিক তাপমাত্রা,  $T_1 = 303 \text{ K}$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $T_2$  ধরি,

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

$$\text{বা, } 33\% = \frac{303 - T_2}{303}$$

$$\text{বা, } 0.33 = \frac{303 - T_2}{303}$$

$$\text{বা, } 303 - T_2 = 99.99$$

$$\therefore T_2 = 203.01 \text{ K}$$

অর্থাৎ, ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 33% পাওয়া যাবে, যখন তাপগ্রাহকে তাপমাত্রা 203.01 K হবে। তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা আরও কম হলে কর্মদক্ষতা 33% এর বেশি হবে। কিন্তু এক্ষেত্রে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাই 229.63 K। অতএব ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 33% অপেক্ষা বেশি যাওয়া সম্ভব নয়।

১ kW ক্ষমতার একটি ইলেক্ট্রিক কেটলীতে গ্রীষ্মকালে । পিটার পানি 5 মিনিটে ফুটে। কিন্তু শীতকালে একই পরিমাণ পানি ফুটতে। মিনিট সময় বেশি লাগে। কক্ষতাপমাত্রার তারতম্যের কারণে এরূপ হয়ে থাকে।

ক. বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কী?

১

খ. গ্যাসের ক্ষেত্রে দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. শীতকালে কেটলীতে কত ক্যালরি তাপ উৎপন্ন করে? ৩

ঘ. উদীপকের আলোকে কক্ষতাপমাত্রার তারতম্য নির্ণয় করে শেষেকালে উন্নিটির যথার্থতা যাচাই কর।

৪

[ব. বো. '১৫]

## ২৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যে তাপ গতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ) তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য কঠিন ও তরল পদার্থের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। কিন্তু এ পরিবর্তন নগণ্য হওয়ায় তা উপেক্ষা করা হয়। গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন অনেক বেশি হওয়ায় এদের মধ্যে কখনও আয়তনকে আবার কখনও চাপকে স্থির রাখা হয়। এ জন্যই গ্যাসের ক্ষেত্রে দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে।

গ) কেটলি দ্বারা শীতকালে উৎপন্ন তাপ, W হলে,

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} W &= Pt \text{ joule} \\ &= 1000 \times 360 \text{ joule} \\ &= 3.6 \times 10^5 \text{ joule} \\ &= 3.6 \times 10^5 \times 0.24 \text{ cal} \\ &= 8.64 \times 10^4 \text{ cal} \end{aligned}$$

অতএব, শীতকালে কেটলীতে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ  $8.64 \times 10^4 \text{ cal}$ ।

উদীপক হতে পাই,

$$\begin{aligned} \text{ক্ষমতা, } P &= 1 \text{ kW} = 1000 \text{ watt} \\ \text{সময়, } t &= 6 \text{ min} \\ &= 60 \times 6 \text{ s} = 360 \text{ s} \end{aligned}$$

অতএব, শীতকালে কেটলীতে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ  $8.64 \times 10^4 \text{ cal}$ ।

ঘ) এখনে, পানির ভর,  $m = 1 \text{ litre} = 1 \text{ kg}$

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

গ্রীষ্মকালের কক্ষ তাপমাত্রা =  $\theta_1 \text{ }^\circ\text{C}$

ফুটন্ত পানির তাপমাত্রা =  $100^\circ\text{C}$

$$\therefore \Delta\theta = (100 - \theta_1)^\circ\text{C} \text{ বা } (100 - \theta_1) \text{ K}$$

সময়,  $t = 5 \text{ min} = (5 \times 60) \text{ s} = 300 \text{ s}$

গ্রীষ্মকালের জন্য,  $H = P \times t = mS\Delta\theta$

$$\text{বা, } 1000 \times 300 = 1 \times 4200 \times (100 - \theta_1)$$

$$\text{বা, } 1000 \times 300 = 4200 (100 - \theta_1)$$

$$\text{বা, } 100 - \theta_1 = 71.43$$

$$\text{বা, } \theta_1 = 100 - 71.43 = 28.57 \text{ K} = 28.57^\circ\text{C}$$

∴ কক্ষতাপমাত্রা =  $28.57^\circ\text{C}$

আবার শীতকালের জন্য,

$$H = P \times t = mS\Delta\theta$$

$$\text{বা, } 1000 \times 360$$

$$= 1 \times 4200 \times (100 - \theta_2)$$

$$\text{বা, } 100 - \theta_2 = 85.71$$

$$\text{বা, } \theta_2 = 100 - 85.71$$

$$\therefore \theta_2 = 14.29 \text{ K} = 14.29^\circ\text{C}$$

$$\therefore \Delta\theta = (100 - 14.29)^\circ\text{C} = (100 - 14.29) \text{ K}$$

$$\therefore \text{সময়, } t = 6 \text{ min} = (6 \times 60) \text{ s} = 360 \text{ s}$$

$$\therefore \text{কক্ষতাপমাত্রার পরিবর্তন} = 28.57^\circ\text{C} - 14.29^\circ\text{C} = 14.28^\circ\text{C}$$

∴ কক্ষতাপমাত্রার তারতম্যের কারণেই শীতকালে সময় বেশি লাগে—উন্নিটি যথার্থ।

**প্রশ্ন ৩** একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে  $1200^{\circ}\text{C}$ ,  $600^{\circ}\text{C}$ । এতে চারটি ধাপে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ যথাক্রমে  $1100 \text{ J}$ ,  $1150 \text{ J}$ ,  $600 \text{ J}$  ও  $300 \text{ J}$ ।

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে?

খ. গ্যাস প্রসারণের সমূক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, সমচাপ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অপেক্ষা বৃহত্তর - ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্ধীপকে কার্নো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকরে তুমি এর উৎসের তাপমাত্রা বাড়াবে না-কি এর গ্রাহকের তাপমাত্রা সম্পরিমাণ করাবে? তুলনামূলক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

[চ. বো. '১৫']

### ২৬নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** রূপ্তাপীয় প্রক্রিয়ায় কোমো বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।

**খ** কোনো সিস্টেমে গ্যাসের ক্ষুদ্র প্রসারণ  $dV$  এবং স্থির চাপ  $P$  হলে সমচাপ প্রক্রিয়ায় গ্যাস কর্তৃক মোট কাজ,  $dW = PdV$

$$= \text{চাপ} \times \text{আয়তনের পরিবর্তন}$$

তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র হতে আমরা জানি,  $dQ = dU + dW$

অর্থাৎ সমচাপ প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত তাপশক্তি সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি পরিবর্তন এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদনে ব্যয় হয়।

কিন্তু সমূক্ষ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না।

∴ সমূক্ষ প্রক্রিয়ায়,  $dU = 0$

∴ তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুযায়ী  $dQ = 0 + dW = dW$

অর্থাৎ সরবরাহকৃত তাপশক্তি সম্পূর্ণরূপে কাজ সম্পাদনে ব্যয় হয়।

অর্থাৎ সমূক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপ প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ অপেক্ষা বেশি।

**গ** ধরি, কার্নো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজ,  $W$

উদ্ধীপক হতে পাই, চারটি ধাপে সম্পাদিত কাজ,

সমূক্ষ প্রসারণের জন্য,  $W_1 = 1100 \text{ J}$ ,

রূপ্তাপ প্রসারণের জন্য,  $W_2 = 1150 \text{ J}$ ,

সমূক্ষ সংকোচনের জন্য,  $W_3 = 600 \text{ J}$ ,

রূপ্তাপ সংকোচনের জন্য,  $W_4 = 300 \text{ J}$

আমরা জানি, কার্নো ইঞ্জিনের পূর্ণ চক্রে সম্পাদিত কাজ,

$W = W_1 + W_2 - W_3 - W_4$

$$= (1100 + 1150 - 600 - 300) \text{ J}$$

$$= 1350 \text{ J}$$

অতএব, কার্নো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজের পরিমাণ  $1350 \text{ J}$ ।

**ঘ** আমরা জানি,

ইঞ্জিনের দক্ষতা,

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

$$= \left(1 - \frac{873}{1473}\right) \times 100\%$$

$$= 40.733\%$$

এখানে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা,

$$T_1 = 1200^{\circ}\text{C} \\ = (1200 + 273) \text{ K} = 1473 \text{ K}$$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,

$$T_2 = 600^{\circ}\text{C} \\ = (600 + 273) \text{ K} = 873 \text{ K}$$

ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিতে ধরি উৎসের তাপমাত্রা  $x$  পরিমাণ বৃদ্ধি করা হলো।

$$\therefore \text{দক্ষতা}, \eta_1 = \left(1 - \frac{T_2}{T_1 + x}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{873 + x}{1473 + x}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{600 + x}{1473 + x}\right) \times 100\%$$

আবার, ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিতে ধরি তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $x$  পরিমাণ করানো হলো।

$$\therefore \text{দক্ষতা}, \eta_2 = \left(1 - \frac{T_2 - x}{T_1}\right) \times 100\% \\ = \left(1 - \frac{873 - x}{1473}\right) \times 100\% \\ = \left(1 - \frac{600 + x}{1473}\right) \times 100\%$$

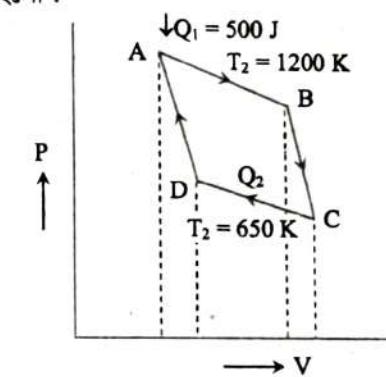
$$\therefore \eta_2 = \frac{1473 + x}{1473} = 1 + \frac{x}{1473}$$

$$\text{বা}, \eta_2 = \eta_1 \left(1 + \frac{x}{1473}\right)$$

$$\text{অর্থাৎ } \eta_2 > \eta_1$$

দেখা যাচ্ছে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাসের ক্ষেত্রে দক্ষতা তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে দক্ষতার চেয়ে বেশি। তাহলে ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধিতে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস করাই ফলপ্রসূ।

**প্রশ্ন ৪** নিচে কার্নো চক্রের চারটি ধাপ  $P - V$  লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন করা হলো :



**ক**. তাপীয় সমতা কী?

**খ**. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিয়তা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ - ব্যাখ্যা কর।

**গ**. উদ্ধীখিত কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বের কর।

**ঘ**. চক্রটির প্রতি ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন এর তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর।

[ব. বো. '১৫]

### ২৭নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** ভিন্ন তাপমাত্রার দুটি বস্তু পরম্পর তাপীয় সংস্পর্শে আসার পর যখন সমতাপমাত্রায় উপনীত হয় তখন ঐ অবস্থাই হলো তাপীয় সমতা।

**খ** বিজ্ঞানী ক্লিমিয়াসের ঘতে, কোনো সিস্টেমে তাপশক্তি অন্য কোনো শক্তিতে রূপান্তরিত হলে বা অন্য কোনো শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হলে সিস্টেমের মোট শক্তির পরিমাণ একই থাকে। অর্থাৎ তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিয়তা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ। যখনই কোনো সিস্টেমে তাপ প্রয়োগ করা হয়, তখন তার কিছু অংশ বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে এবং বাকি অংশ পরিবেশের উপর বাহ্যিক কার্য সম্পাদন করে। অর্থাৎ কোনো সিস্টেমে  $\Delta Q$  তাপ প্রয়োগে অভ্যন্তরীণ শক্তি  $\Delta U$  এবং বহিঃস্থ কাজ  $\Delta W$  সম্পর্ক হলে,  $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ .

**গ** ধরি, উদ্ধীখিত কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা,  $\eta$

আমরা জানি,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% \\ = \left(1 - \frac{650}{1200}\right) \times 100\% \\ = 45.83\%$$

∴ কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা  $45.83\%$ ।



১) আমরা জানি

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

$$\text{বা, } Q_2 = \frac{500 \text{ J} \times 650 \text{ K}}{1200 \text{ K}}$$

$$\text{বা, } Q_2 = 270.83 \text{ J}$$

এখানে,  
গৃহীত তাপ,  $Q_1 = 500 \text{ J}$   
বর্জিত তাপ,  $Q_2 = ?$   
উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 1200 \text{ K}$   
গ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T_2 = 650 \text{ K}$

$$1\text{ম ক্ষেত্রে, এন্ট্রপি বৃদ্ধি} = + \frac{Q_1}{T_1} = \frac{500 \text{ J}}{1200 \text{ K}}$$

$$= 0.4167 \text{ J K}^{-1}$$

$$বিত্তীয় ক্ষেত্রে, এন্ট্রপি হ্রাস} = - \frac{Q_2}{T_2} = - \frac{270.83 \text{ J}}{650 \text{ K}}$$

$$= - 0.4167 \text{ J K}^{-1}$$

দেখা যায়, সমূখ প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি যে পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, বিপরীত প্রক্রিয়ায় সেই পরিমাণ এন্ট্রপি হ্রাস পায়। অর্থাৎ সম্পূর্ণ চক্রে এন্ট্রপির পরিবর্তন  $= 0.4167 \text{ J K}^{-1} + (-0.4167 \text{ J K}^{-1}) = 0$  (শূন্য)

অতএব, চক্রটি প্রত্যাগামী চক্র, তাই এন্ট্রপি ধ্রুব থাকে।

প্রৱ ২৮। একটি সিলিন্ডারের  $300 \text{ K}$  তাপমাত্রায় এবং  $4$  বায়ুমণ্ডলীর চাপে  $10 \text{ লিটার}$  গ্যাস আবশ্য আছে।

- ক. অপবর্তন কী? ১  
 খ. বিমুখী বৌকে ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার বৃদ্ধি পায় কেন? ২  
 গ. সমোক প্রক্রিয়ায় চাপ হিঁগুণ করা হলে সিলিন্ডারে গ্যাসের আয়তন কত হবে? ৩  
 ঘ. সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ হঠাৎ হিঁগুণ করা হলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়— তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রের আলোকে বিষয়টির যৌক্তিকতা যাচাই কর। ৪

[নি. বো. '১৫]

### ২৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো প্রতিবন্ধকের ধার ঘৰে বা সরু ছিদ্রের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ঘটনাই অপবর্তন।

খ) বিমুখী বৌকে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত n-টাইপ এবং ঝণাত্মক প্রান্ত p-টাইপ বন্ধুর সাথে সংযুক্ত থাকে। এক্ষেত্রে n-টাইপ বন্ধুর মুক্ত

ইলেক্ট্রন ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণের ফলে n-টাইপ বন্ধুতেই থেকে যায় এবং জাংশন পার হয়ে কিছুতেই p-টাইপ বন্ধুতে যেতে পারে না। একই কারণে p-টাইপ বন্ধুর হোলও p-টাইপ অংশেই থেকে যায়। ফলে ডিপ্লেশন লেয়ারের প্রশস্তা বৃদ্ধি পায়।

১) আমরা জানি,

$$\text{সমোক পরিবর্তনে,}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$= \frac{4 \text{ atm} \times 10 \text{ L}}{8 \text{ atm}}$$

$$= 5 \text{ L}$$

অতএব, সিলিন্ডারের গ্যাসের আয়তন  $5 \text{ L}$ ।

২) এখানে, প্রাথমিক চাপ,  $P_1 = 4 \text{ atm}$

শেষ চাপ,  $P_2 = 8 \text{ atm}$

বৃদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের ক্ষেত্রে,

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

$$\text{বা, } T_2 = 300 \text{ K} \times (2)^{1-\frac{1}{1.4}}$$

$$\therefore T_2 = 365.7 \text{ K}$$

∴ চাপ হিঁগুণ করা হলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

অর্থাৎ গ্যাসের আয়তন হ্রাস পায়।

সুতরাং অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ  $\Delta U$  ধনাত্মক।

যেহেতু সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদিত হয় তাই  $\Delta W$  ঝণাত্মক হবে। তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে পাই,  $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

গ্যাসের চাপ হঠাৎ বৃদ্ধি করলে গ্যাস পরিবেশের সাথে তাপের কোনো লেনদেন করতে পারে না। সুতরাং বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া,

$$\Delta Q = 0$$

$$\therefore 0 = \Delta U + \Delta W$$

$$\text{বা, } \Delta W = -\Delta U$$

$$\therefore \Delta U \text{ ধনাত্মক বলে, } \Delta W \text{ ঝণাত্মক।}$$

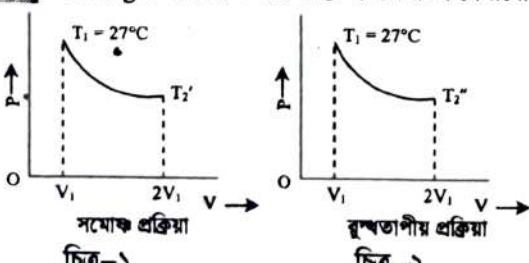


### NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের এ অধ্যায়ের অনুশীলনীর নমুনা সূজনশীল প্রশ্নসমূহের যথাযথ উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রশ্নের অনুশীলনের মাধ্যমে তোমরা কলেজ ও এইচএসসি পরীক্ষার প্রশ্ন ও উত্তরের ধরন ও মান সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

### ৩) এ টি এম শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া তোহিদ স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রৱ ২৯। চিত্রে  $20 \text{ gm}$  অক্সিজেন গ্যাসের P-V লেখচিত্র দেখানো হলো—



ক. এন্ট্রপি কাকে বলে? ১

খ. বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে ব্যবস্থা শীতল হয়— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র-১ এবং ২ অনুযায়ী চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $T'_2$  এবং  $T''_2$  এর অনুপাত কত? ৩

ঘ. কোন চিত্রে কৃতকাজ বেশি হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও। ৪

ক) বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বন্ধুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে বা অপরিবর্তিত থাকে তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ) যে প্রক্রিয়া সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না সেটিই বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।

আমরা জানি, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া

$$0 = dU + dW$$

$$\text{বা, } -dU = dW$$

$$\text{বা, } -nC_V T = PdV$$

$$\text{বা, } dT = -\frac{PdV}{nC_V}$$

অর্থাৎ বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম এর অভ্যন্তরীণ শক্তি ব্যবহার করে পরিবেশের উপর কাজ করে বলে এর অভ্যন্তরীণ শক্তি হ্রাস পায়, ফলে এর তাপমাত্রা হ্রাস পায়। অতএব, বলা যায় বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে ব্যবস্থা শীতল হয়।

চিত্র-২ এর প্রক্রিয়াটি বৃত্তান্তীয় প্রক্রিয়া।

এখানে,

চিত্র হতে,  $V_2 = 2V_1$  এবং  $T_1 = (273 + 27) K = 300 K$

আমরা জানি, বৃত্তান্তীয় প্রক্রিয়ায়,

$$T_1 V_1^{-1} = T_2'' V_2^{-1}$$

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

$$\text{বা, } T_2'' = \left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^{1/4-1} \times T_1 = \left(\frac{1}{2}\right)^{0.4} \times 300 K = 227.36 K$$

$$\therefore T_2'' = -45.64 ^\circ C$$

অতএব,  $T_2''$ -এর মান  $-45.64 ^\circ C$ ।

চিত্র-১-এ  $T_2' = 27^\circ C = 300 K$

$$\therefore \frac{T_2'}{T_2''} = \frac{300 K}{227.36 K} = 1.32$$

$$\therefore T_2' : T_2'' = 1.32 : 1$$

অতএব, চিত্র-১ এবং চিত্র-২ অনুযায়ী চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $T_2'$  এবং  $T_2''$  এর অনুপাত  $1.32 : 1$

চিত্র-১ এ  $T_1 = T_2$

অতএব, চিত্র-১ এর প্রক্রিয়াটি সমোক্ত প্রক্রিয়া।

এখানে, মোলসংখ্যা,  $n = \frac{20}{32} = 0.625$  mole

$$\begin{aligned} \text{চিত্র-১ অনুযায়ী কৃতকাজ, } W_1 &= nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \\ &= 0.625 \times 8.314 \times 300 \times \ln \frac{2V_1}{V_1} \\ &= 1080.53 J \end{aligned}$$

$$\text{চিত্র-২ অনুযায়ী কৃতকাজ, } W_2 = \frac{nR}{\gamma - 1} [T_1 - T_2'']$$

$$\text{বা, } W_2 = \frac{0.625 \times 8.314}{1.4 - 1} (300 - 227.36) J = 943.64 J$$

অতএব,  $W_1 > W_2$  অর্থাৎ, চিত্র-১ অনুযায়ী কৃতকাজের পরিমাণ বেশি হবে।

**প্রয়োজনীয় প্রক্রিয়া** একজন গবেষক একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করলেন যা কার্নো ইঞ্জিনের সাথে তুলনীয়। ইঞ্জিনটি  $200^\circ C$  তাপমাত্রার তাপ উৎস থেকে  $600 J$  তাপ গ্রহণ করে এবং তাপ গ্রাহকে 400 J তাপ বর্জন করে। তিনি বললেন “উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করেও যদ্বার দক্ষতা 70% করা সম্ভব।

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কাকে বলে?

খ.  $C_p > C_v$  ব্যাখ্যা কর।

গ. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে গবেষকের উক্তির যথার্থতা দেখাও।

১

২

৩

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

### ৩০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রক্রিয়া বিপরীতমূলী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে অর্থাৎ সম্মুখগামী প্রক্রিয়ায় কার্যনির্বাহক বস্তুটির প্রতিটি স্তর পশ্চাংগামী প্রক্রিয়ার প্রতিটি স্তরের সাথে সর্বতোভাবে মিলে যায়, তাকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলা হয়।

খ. স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায়। আবার, চাপ স্থির রেখে যদি কোনো গ্যাসকে সম্পরিমাণ তাপ প্রয়োগ করা হয়, তাহলে ঐ তাপ একেত্রেও গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করবে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পন্ন করবে। এ কাজ সম্পাদন করতে কিছু তাপ ব্যয় হবে ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা পূর্বের সম্পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে না। অর্থাৎ 1 mole গ্যাসকে

১ K তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_p = C_v + x$ , এখানে  $x$  হলো আয়তন বৃদ্ধির অন্য প্রাপ্তি যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ। অর্থাৎ  $C_p > C_v$ ।

গ. ধরি, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা  $T_2$  উদ্বৃত্তিপক্ষ হতে,

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

তাপ উৎস থেকে গ্রহীত তাপ,  $Q_1 = 600 J$

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ,  $Q_2 = 400 J$

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

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

$$\therefore T_2 = 315.33 K$$

সুতরাং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $315.33 K$ ।

ঘ. উদ্বৃত্তিপক্ষ অনুসারে, যদ্বার দক্ষতা,  $\eta = 70\%$

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

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T_2 = 315.33 K$  ['গ' হতে প্রাপ্ত]

ধরি, তাপগ্রাহকের পরিবর্তিত তাপমাত্রা =  $T_2'$

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

$$\text{বা, } 70\% = \left(1 - \frac{T_2'}{473 K}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T_2'}{473 K} = \frac{70}{100}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{473 K} = 1 - \frac{70}{100}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{473 K} = \frac{3}{10}$$

$$\therefore T_2' = \frac{3 \times 473 K}{10} = 141.9 K$$

সুতরাং তাপ উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $(315.33 - 141.9) K = 173.43 K$  হ্রাস করলে ইঞ্জিনের দক্ষতা  $70\%$  পাওয়া সম্ভব। অর্থাৎ গবেষকের উক্তিটি যথার্থ।

**প্রয়োজনীয় প্রক্রিয়া** একটি ইঞ্জিন তাপ উৎস হতে  $600 K$  তাপমাত্রায়  $2.56 \times 10^6 J$  তাপ শক্তি গ্রহণ করে এবং নিম্ন তাপাধারে  $5.12 \times 10^5 J$  তাপ শক্তি বর্জন করে।

ক. কার্নো চক্র কী?

খ. উক্তামিতিক ধর্ম ও উক্তামিতিক পদাৰ্থ বলতে কী বোঝ?

গ. তাপ ইঞ্জিনটির নিম্ন তাপাধারের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

ঘ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা  $100\%$  অর্জন করা সম্ভব কি-না— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ২]

### ৩১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে বিশেষ প্রক্রিয়ায় কাজ করে একটি আদর্শ তাপ ইঞ্জিন তথা কার্নো ইঞ্জিন অবিরাম শক্তি সরবরাহ করে আদি অবস্থায় ফিরে আসতে পারে তাই কার্নো চক্র।

ঘ. উক্তামিতিক ধর্ম: তাপমাত্রা পরিমাণে উপযোগী পদাৰ্থের যেসব ধর্ম কাজে লাগানো হয়, পদাৰ্থের ঐ ধর্মগুলোকে উক্তামিতিক ধর্ম বলে। যেমন— একটি সরু কাচ নলের ঘধ্যে তৱল স্তৰের দৈর্ঘ্য, স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ বা স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন, পরিবাহী বা অর্ধপরিবাহীর ডিগ্রি মোড় ইত্যাদি উক্তামিতিক ধর্মের উদাহরণ।

**উক্তামিতিক পদাৰ্থ:** যেসব পদাৰ্থৰ উক্তামিতিক ধৰ্ম ব্যৱহাৰ কৰে আৰম্ভিকটাৰ তৈৰি কৰা হয় তাৰেকে উক্তামিতিক পদাৰ্থ বলে। যেমন— কৈলিক মলে তৱল (পাৰদ, আলকোহল) সৰ্ব, স্থিৰ আয়তনে বা চাপে গ্যাস, পৱিবাহী বা অপৱিবাহী ইত্যাদি হলো উক্তামিতিক পদাৰ্থ।

### ১ উদীপক অনুসারে,

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

$$\text{তাপগ্রাহকে বৰ্জিত তাপশক্তি}, Q_2 = 5.12 \times 10^5 \text{ J}$$

$$\text{উচ্চ তাপমাত্ৰা}, T_1 = 600 \text{ K}$$

$$\text{নিম্ন তাপমাত্ৰাৰ তাপাধাৰেৰ তাপমাত্ৰা}, T_2 = ?$$

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

$$\text{বা, } T_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \times T_1 = \frac{5.12 \times 10^5 \text{ J} \times 600 \text{ K}}{2.56 \times 10^6 \text{ J}} = 120 \text{ K}$$

সূতৰাং নিম্ন তাপমাত্ৰাৰ তাপাধাৰেৰ তাপমাত্ৰা 120 K।

### ২ উদীপক অনুসারে, ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা, $\eta = 100\%$

আমৰা জানি,

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

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

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

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

$$\text{হয়, } T_2 = 0 \times T_1$$

$$\text{অথবা, } T_1 = \frac{T_2}{0}$$

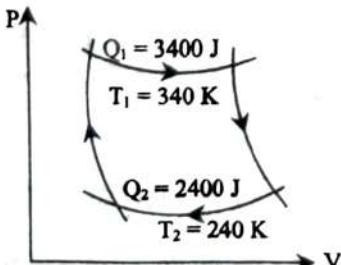
$$\therefore T_2 = 0$$

$$T_1 = \infty$$

অৰ্থাৎ তাপগ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা শূন্য অথবা তাপ উৎসেৰ তাপমাত্ৰা অসীম হলে ইঞ্জিনটিৰ দক্ষতা 100% হবে। কিন্তু বাস্তবে এটি সৰ্ব হবে না।

অতএব বলা যায় যে, ইঞ্জিনটিৰ কৰ্মদক্ষতা 100% অৰ্জন কৰা সৰ্ব নয়।

### ৩ উদীপকেৰ চিত্ৰত লক্ষ কৰ এবং প্ৰশ্নগুলোৰ উত্তৰ দাও :



ক. এন্ট্ৰপিৰ SI একক কী?

১

খ.  $C_p > C_v$  কেন?

২

গ. পূৰ্ণ চক্ৰে কাজ ও ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা নিৰ্ণয় কৰ।

৩

ঘ. এন্ট্ৰপিৰ পৱিবৰ্তন হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্ৰেষণ দাও।

৪

(অনুশীলনীৰ পৰ্য ৪)

### ৪ ৩২নং ধৰেৰ উত্তৰ

ক. এন্ট্ৰপিৰ SI একক জুল/কেলভিন ( $JK^{-1}$ )।

খ. স্থিৰ আয়তনে কোনো গ্যাসেৰ তাপ প্ৰয়োগ কৰা হলে গ্যাসেৰ তাপমাত্ৰা ও চাপ বৃদ্ধি পায়। আবাৰ, চাপ স্থিৰ রেখে যদি কোনো গ্যাসকে সম্পৰিমাণ তাপ প্ৰয়োগ কৰা হয়, তাহলে ঐ তাপ একেতেও গ্যাসেৰ তাপমাত্ৰা বৃদ্ধি কৰিব। এবং বহিচলে কাজ কৰিব। এই কাজ সম্পৰিমাণ কৰতে কিন্তু তাপ ব্যয় হবে ফলে গ্যাসেৰ

তাপমাত্ৰা পৰ্বতেৰ সম্পৰিমাণ বৃদ্ধি পাবে না। অৰ্থাৎ  $1 \text{ mole}$  গ্যাসকে  $1 \text{ K}$  তাপমাত্ৰা বৃদ্ধি কৰতে স্থিৰ আয়তনেৰ বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থিৰ চাপেৰ বেলায় তাৰ চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$$\therefore C_p = C_v + x, \text{ এখানে } x \text{ হলো আয়তন বৃদ্ধিৰ জন্য গ্যাসকে যে$$

পৱিমাণ কৰা কৰতে হয় তাৰ সমতুল্য তাপ। অৰ্থাৎ  $C_p > C_v$ ।

### ১ আমৰা জানি,

$$\begin{aligned} W &= Q_1 - Q_2 \\ &= 3400 \text{ J} - 2400 \text{ J} \\ &= 1000 \text{ J} \end{aligned}$$

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

$$\therefore = \left(1 - \frac{240}{340}\right) \times 100\% = 0.2941 \times 100\% = 29.41\%$$

অতএব, পূৰ্ণচক্ৰে কাজ 1000 J এবং ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা 29.41%।

### ২ উদীপক হতে পাই, গৃহীত তাপ, $Q_1 = 3400 \text{ J}$

বৰ্জিত তাপ,  $Q_2 = 2400 \text{ J}$

আদি তাপমাত্ৰা,  $T_1 = 340 \text{ K}$

শেষ তাপমাত্ৰা,  $T_2 = 240 \text{ K}$

$$\text{এখন, এন্ট্ৰপি বৃদ্ধি, } \frac{Q_1}{T_1} = \frac{3400 \text{ J}}{340 \text{ K}} = 10 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{আবাৰ, এন্ট্ৰপি হ্ৰাস, } \frac{Q_2}{T_2} = \frac{2400 \text{ J}}{240 \text{ K}} = 10 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{এন্ট্ৰপিৰ পৱিবৰ্তন, } \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 10 \text{ J K}^{-1} - 10 \text{ J K}^{-1}$$

$= 0$ ; যা প্ৰত্যাগামী প্ৰক্ৰিয়া নিৰ্দেশ কৰে।

অতএব, এন্ট্ৰপিৰ পৱিবৰ্তন হবে না।

**প্ৰশ্ন তত্ত্ব** একটি কাৰ্নেল ইঞ্জিন উৎস থেকে  $1050 \text{ K}$  তাপমাত্ৰায়  $450 \text{ J}$  তাপ গ্ৰহণ কৰে এবং তাপগ্রাহকে  $T$  তাপমাত্ৰায়  $350 \text{ J}$  তাপ বৰ্জন কৰে। কাৰ্নেল ইঞ্জিনেৰ প্ৰতি ধাপে প্ৰসাৱণ ও সংকোচনেৰ অনুপাত  $3 : 2$  এবং এতে  $0^\circ \text{C}$  তাপমাত্ৰায়  $10^5 \text{ Nm}^{-2}$  বায়ুচাপে কাৰ্য নিৰ্বাহক বৰ্তু হিসাবে  $1 \text{ mol}$  হিপৰমানুক গ্যাস ব্যৱহাৰ কৰা হয়েছিল।

ক. তাপগতিবিদ্যাৰ প্ৰথম সূত্ৰটি বিবৃত কৰ।

১

খ. বৃৰুত্তাপীয় পৱিবৰ্তন ব্যাখ্যা কৰ।

২

গ.  $T$  এৰ মান নিৰ্ণয় কৰ।

৩

ঘ. উদীপকেৰ ইঞ্জিনটি প্ৰত্যাবৰ্তী না অপ্ৰত্যাবৰ্তী গাণিতিক বিশ্ৰেষণ দাও।

৪

(অনুশীলনীৰ পৰ্য ৫)

### ৩৩নং ধৰেৰ উত্তৰ

ক. তাপগতিবিদ্যাৰ প্ৰথম সূত্ৰটি হলো— যখন যান্ত্ৰিক শক্তিকে সম্পৰ্কৰূপে তাপে বা তাপশক্তিকে সম্পৰ্কৰূপে কাজে বৃপ্তিৰিত কৰা হয় তখন যান্ত্ৰিক শক্তি ও তাপ পৱিষ্ঠারেৰ সমানুপাতিক হয়।

খ. যে প্ৰক্ৰিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইৱে যায় না বা বাইৱে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বৃৰুত্তাপীয় প্ৰক্ৰিয়া বলে। এ প্ৰক্ৰিয়ায় সিস্টেমেৰ যে পৱিবৰ্তন হয় তাকে বৃৰুত্তাপীয় পৱিবৰ্তন বলা হয়। এৰ ফলে গ্যাসেৰ যে প্ৰসাৱণ হয় তাকে বৃৰুত্তাপীয় প্ৰসাৱণ এবং গ্যাস সংকুচিত হলে তাকে বৃৰুত্তাপীয় সংকোচন বলে। যেমন— সাইকেলেৰ টায়াৱে হাওয়া ভৱাব সময় হাওয়া গৰম বোধ হয়, যা বৃৰুত্তাপীয় সংকোচনেৰ ফল। আবাৰ যদি কোনো গ্যাসকে দৃঢ়ত প্ৰসাৱণ কৰা হয় তাহলে গ্যাস তাৰ অভ্যন্তৰীণ শক্তিৰ বিনিয়োগে নিজেই কিছু কাজ কৰে, ফলে গ্যাসেৰ উক্ততা হ্ৰাস পায়। এটি বৃৰুত্তাপীয় প্ৰসাৱণ। যেমন— সাইকেলেৰ টায়াৱ হঠাৎ ফেটে গেলে যে বাতাস বেৰ হয় তা ঠাণ্ডা বোধ হয়, যা বৃৰুত্তাপীয় প্ৰসাৱণেৰ ফল।

গ) এখানে, উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 1050 \text{ K}$

উৎসের তাপ,  $Q_1 = 450 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকের তাপ,  $Q = 350 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{T_1}{T} = \frac{Q_1}{Q}$$

$$\text{বা, } T = \frac{T_1 \times Q}{Q_1}$$

$$= \frac{1050 \text{ K} \times 350 \text{ J}}{450 \text{ J}}$$

$$= 816.67 \text{ K}$$

অতএব,  $T$  এর মান  $816.67 \text{ K}$

ঘ) এখানে, উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 1050 \text{ K}$

উৎসের তাপ,  $Q_1 = 450 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T = 816.67 \text{ K}$  ['গ' হতে]

তাপ গ্রাহকের তাপ,  $Q = 350 \text{ J}$

$$\therefore \text{эн্ট্রপির পরিবর্তন, } dS = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q}{T}$$

$$= \frac{450}{1050} - \frac{350}{816.67} = 0$$

অতএব, উকীপকের ইঞ্জিনটি প্রত্যাবর্তী।

**বিষয় ৩:** নীলিমা পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে  $27^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $1 \text{ atm}$  চাপে একটি ঘর্ষণবিহীন পিস্টনযুক্ত সিলিন্ডারে  $16 \text{ g}$  অঞ্জিনেন গ্যাস নিয়ে পিস্টনটিকে ধীরে ধীরে চাপ প্রয়োগ করে গ্যাসের আয়তন অর্ধেক করল। তারপর পিস্টনটিকে আবার প্রাথমিক অবস্থায় এনে হঠাতে চাপ প্রয়োগ করে সিলিন্ডারের গ্যাসের আয়তন অর্ধেক করল এবং লক্ষ করল গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেয়েছে।

ক. তাপ ইঞ্জিন কাকে বলা হয়?

১

খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝা?

২

গ. প্রথম ক্ষেত্রে চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের ওপর কৃত কাজ নির্ণয় করা সম্ভব কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৬]

### ৩৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যে যন্ত্রের সাহায্যে তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত করা হয় তাকে তাপ ইঞ্জিন বলে।

খ) আমরা জানি, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। বিষ্ণুজগতের অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। সুতরাং বিষ্ণুজগতের এন্ট্রপি ক্রমাগত বৃদ্ধি পাছে।

এভাবে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সর্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন বিষ্ণুজ সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌছলে তাপশক্তিকে ফলপ্রসূ কাজে পরিণত করা সম্ভব হবে না। ফলে কার্যকরী শক্তির দুর্মাগাতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে। এটাই জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে পরিচিত।

গ) শেষ বা চূড়ান্ত চাপ  $P_2$  হলে, সমীক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

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

$$\text{বা, } P_2 = \frac{1 \text{ atm} \times V}{V}$$

এখানে,

প্রাথমিক চাপ,  $P_1 = 1 \text{ atm}$

প্রাথমিক আয়তন,  $V_1 = V$

শেষ আয়তন,  $V_2 = \frac{V}{2}$

শেষ চাপ,  $P_2 = ?$

বা,  $P_2 = 2 \text{ atm}$

$$= 2 \times 1.01 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} = 2.02 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

অতএব, চূড়ান্ত চাপ  $2.02 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ ।

ঘ) বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সম্পাদিত কাজের পরিমাণ  $W$  হলে, আমরা জানি,

$$W = nR \frac{T_1 - T_2}{1 - \gamma} \quad \dots \dots \dots (1)$$

এখানে,  $n = \frac{m}{M}$

$$= \frac{16 \text{ g}}{32 \text{ g mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$$

প্রদত্ত ভর,  $m = 16 \text{ g}$

$O_2$  এর আণবিক ভর,

$$M = 32 \text{ g mol}^{-1}$$

আবার, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, উকীপক হতে,

$O_2$  গ্যাসের আদি তাপমাত্রা,  $\theta_1 = 27^\circ\text{C}$

$$\therefore \text{পরম তাপমাত্রা, } T_1 = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$O_2$  গ্যাসের আয়তন,  $V_1 = V$

$O_2$  গ্যাসের চূড়ান্ত আয়তন,  $V_2 = \frac{V}{2}$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা,  $T_2 = ?$

$\gamma = 1.40$  [∴  $O_2$  হিপরমাগুক]

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

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 300 \text{ K} \times \left( \frac{V}{\frac{V}{2}} \right)^{1.40-1}$$

$$\text{বা, } T_2 = 300 \text{ K} \times (2)^{0.4} = 395.85 \text{ K}$$

(১) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$W = 0.5 \text{ mol} \times 8.314 \times \frac{395.85 - 300}{1 - 1.4}$$

$$= -996.12 \text{ J}$$

মোলার গ্যাস ধ্রুক

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

অতএব, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের ওপর কৃতকাজ নির্ণয় করা সম্ভব এবং সম্পাদিত কাজের পরিমাণ – 996.12 J।

**বিষয় ৪:**  $P$  ও  $Q$  দুটি কার্নো ইঞ্জিন।  $Q$  এর দক্ষতা  $P$  এর দক্ষতার দ্বিগুণ। ইঞ্জিনের দুটির উৎসের তাপমাত্রা সমান এবং  $Q$  এর তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা  $P$  অপেক্ষ 60 K কম।

ক. কার্নো ইঞ্জিন কী?

১

খ. ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা ব্যাখ্যা কর।

২

গ. তাপ উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

৩

ঘ.  $Q$  ইঞ্জিনের তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 30 K বৃদ্ধি করলে

দক্ষতার কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৭]

### ৩৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক) তাপ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত করার জন্য সাদি কার্নো সকল দোষ-তুটি মুক্ত যে আদর্শ ইঞ্জিনের পরিকল্পনা করেন তাই কার্নো ইঞ্জিন।

খ) ইঞ্জিন একটি চক্র যে পরিমাণ তাপকে কাজে পরিণত করে এবং তাপ উৎস হতে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে সে অনুপাতকে তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে। ইঞ্জিনের দক্ষতাকে  $\eta$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একটি কার্নো ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহক পদার্থ  $T_1$  তাপমাত্রায় উৎস থেকে  $Q_1$  তাপ শোষণ করলে এবং  $T_2$  তাপমাত্রায় গ্রাহকে  $Q_2$  তাপ বর্জন করলে,

$$\eta = \frac{\text{ইঞ্জিন দ্বারা কাজে বৃপ্তান্তরিত তাপশক্তি}}{\text{ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তি}}$$

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

স এখনে, ইঞ্জিন দুটিৰ উৎসেৰ তাপমাত্ৰা

$$T_1 = T_1' = T \text{ (ধৰি)}$$

$$P \text{ এৱে তাপগ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা, } T_2 = 0 \text{ K (ধৰি)}$$

$$\therefore Q \text{ এৱে তাপ গ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা, } T_2' = (\theta - 60) \text{ K}$$

$$\therefore P \text{ ইঞ্জিনৰ দক্ষতা, } \eta_1 = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$Q \text{ ইঞ্জিনৰ দক্ষতা, } \eta_2 = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1'}\right) \times 100\%$$

$$\text{প্ৰথমতে, } 2\eta_1 = \eta_2$$

$$\text{বা, } 2\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1'}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 2\left(1 - \frac{T_2}{T}\right) = 1 - \frac{T_2'}{T}$$

$$\text{বা, } 2\left(1 - \frac{\theta}{T}\right) = 1 - \frac{\theta - 60}{T}$$

$$\text{বা, } 2 - \frac{2\theta}{T} = 1 - \frac{\theta - 60}{T}$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{2\theta}{T} = -\frac{\theta - 60}{T}$$

$$\text{বা, } \frac{T - 2\theta}{T} = -\frac{\theta - 60}{T}$$

$$\text{বা, } T - 2\theta = -\theta + 60$$

$$\text{বা, } T = \theta + 60$$

অতএব, তাপ উৎসেৰ তাপমাত্ৰা  $P$  এৱে তাপ গ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা

অপেক্ষা  $60 \text{ K}$  বেশি।

$$\text{য) নং থেকে পাই, } Q \text{ ইঞ্জিনৰ দক্ষতা, } \eta_2 = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1'}\right) \times 100\%$$

$$\text{তাপ উৎসেৰ তাপমাত্ৰা, } T_1' = T \text{ K}$$

$$\text{তাপ গ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা, } T_2' = (\theta - 60) \text{ K}$$

$$\text{আবাৰ, } T = (\theta + 60) \text{ K}$$

$$\therefore \eta_2 = \left(1 - \frac{T_2'}{T}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{\theta - 60}{\theta + 60}\right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{\theta + 60 - \theta + 60}{\theta + 60}\right) \times 100\% = \left(\frac{120}{\theta + 60}\right) \times 100\%$$

আবাৰ, তাপগ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা  $30 \text{ K}$  বাঢ়ালে পৱিবৰ্তিত তাপমাত্ৰা,

$$T_2'' = (\theta - 60 + 30) \text{ K} = \theta - 30 \text{ K}$$

$$\therefore \text{পৱিবৰ্তিত দক্ষতা, } \eta_2' = \left(1 - \frac{T_2''}{T}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{\theta - 30}{\theta + 60}\right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{\theta + 60 - \theta + 30}{\theta + 60}\right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{90}{\theta + 60}\right) \times 100\%$$

$$\text{এখন, } \frac{\eta_2'}{\eta_2} = \frac{\left(\frac{120}{\theta + 60}\right) \times 100\%}{\left(\frac{90}{\theta + 60}\right) \times 100\%} = \frac{120}{\theta + 60} \times \frac{\theta + 60}{90} = \frac{4}{3}$$

$$\text{বা, } \eta_2' = 1.33 \eta_2$$

অতএব,  $Q$  ইঞ্জিনৰ তাপ গ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা  $30 \text{ K}$  বৃদ্ধি কৰলে  
দক্ষতা বৃদ্ধি পেয়ে  $1.33$  গুণ হবে।

**প্ৰয়োজনীয় পদাৰ্থবিজ্ঞান বিভাগ পত্ৰ একাদশ-ষান্মাস প্ৰেছি**

একটি কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ তাপ উৎসেৰ তাপমাত্ৰা তাপগ্রাহকেৰ  
তাপমাত্ৰাৰ ছিগুণ। ইঞ্জিনটি পৰ্যায়ক্রমিকভাৱে চাৰটি ধাপে যথাক্রমে  
1600 J, 1200 J, 800 J ও 400 J কাৰ্য সম্পাদন কৰে।

ক. তাপ ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা কী?

খ. একটি ইঞ্জিনেৰ কৰ্মদক্ষতা 60% বলতে কী বোৰা?

গ. কাৰ্নো ইঞ্জিন কৰ্তৃক পূৰ্ণচক্ৰে কাজেৰ মান নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. ইঞ্জিনটিৰ দক্ষতা বৃদ্ধিৰ জন্য কী ব্যৱস্থা গ্ৰহণ কৰা

প্ৰয়োজন? গাণিতিক যুক্তি দাও।

[অনুলিপনীৰ পৰ ৮]

### ৩৬১৯ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ

ক কোনো নিৰ্দিষ্ট সময়ে কোনো ইঞ্জিনেৰ গৃহীত তাপেৰ যত অংশ  
কাজে পৱিগত হয় তাই এই ইঞ্জিনেৰ দক্ষতা।

খ একটি ইঞ্জিনেৰ কৰ্মদক্ষতা 60% বলতে বোৰায়, ইঞ্জিনটিতে 100  
J শক্তি সৱৰণৰাহ কৰলে আমৰা তা থেকে 60 J শক্তি পাই। বাকি 40 J  
শক্তি অপচয় হয়।

গ ধৰি কাৰ্নো ইঞ্জিনেৰ কৃতকাজ  $W$

উদ্বীপক হতে, সমোৰ প্ৰসাৱণেৰ জন্য কৃতকাজ,  $W_1 = 1600 \text{ J}$

বৃদ্ধতাপীয় প্ৰসাৱণেৰ জন্য কৃতকাজ,  $W_2 = 1200 \text{ J}$

সমোৰ সংনমনেৰ জন্য কৃতকাজ,  $W_3 = 800 \text{ J}$

বৃদ্ধতাপীয় সংনমণেৰ জন্য কৃতকাজ,  $W_4 = 400 \text{ J}$

আমৰা জানি,

$$W = W_1 + W_2 - W_3 - W_4$$

$$= 1600 \text{ J} + 1200 \text{ J} - 800 \text{ J} - 400 \text{ J}$$

$$= 1600 \text{ J}$$

অৰ্থাৎ কাৰ্নো চক্ৰটিৰ কৃতকাজেৰ মান  $1600 \text{ J}$ ।

ঘ উদ্বীপক অনুসাৰে,

তাপ উৎসেৰ তাপমাত্ৰা,  $2T_1 \text{ K}$

তাপ গ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা,  $T_2 = T_1 \text{ K}$

আমৰা জানি,

$$\text{দক্ষতা, } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{2T_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{T_1 \text{ K}}{2T_1 \text{ K}}\right) \times 100\% = 50\%$$

ইঞ্জিনটিৰ দক্ষতা বৃদ্ধিতে ধৰি, উৎসেৰ তাপমাত্ৰা  $x$  পৱিমাণ বৃদ্ধি  
কৰা হলো

$$\therefore \text{দক্ষতা } \eta_1 = \left(1 - \frac{T_2}{2T_1 + x}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{T_1}{2T_1 + x}\right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{2T_1 + x - T_1}{2T_1 + x}\right) \times 100\% = \left(\frac{T_1 + x}{2T_1 + x}\right) \times 100\%$$

আবাৰ, ইঞ্জিনটিৰ দক্ষতা বৃদ্ধিতে ধৰি তাপগ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা  $x$   
পৱিমাণ কৰানো হলো

$$\therefore \text{দক্ষতা, } \eta_2 = \left(1 - \frac{T_2 - x}{2T_1}\right) \times 100\% = \left(\frac{2T_1 - T_1 + x}{2T_1}\right) \times 100\%$$

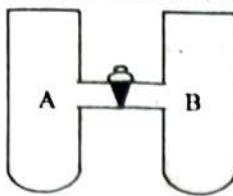
$$= \left(\frac{T_1 + x}{2T_1}\right) \times 100\%$$

$$\therefore \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{\frac{T_1 + x}{2T_1}}{\frac{T_1 + x}{2T_1 + x}} = \frac{2T_1 + x}{2T_1} = 1 + \frac{x}{2T_1}$$

$$\therefore \eta_2 = \eta_1 \left(1 + \frac{x}{2T_1}\right) \text{ অৰ্থাৎ } \eta_2 > \eta_1$$

অতএব উপৱেৰেৰ গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, ইঞ্জিনেৰ  
দক্ষতা বৃদ্ধিকৰণে তাপ গ্রাহকেৰ তাপমাত্ৰা হাসই অধিক ফলপ্ৰসূ।

**ব্লক ৭** 10 L আয়তনের A ও B সিলিডের সংযোগ স্থল চাবি দ্বারা বন্ধ। A সিলিডে 16 gm O<sub>2</sub> গ্যাস 200 K তাপমাত্রায় রাখা আছে।



- ক. রেফিজারেটরের কার্যকৃত সহগ কী? ১
- খ. সিস্টেমে অণু পরমাণুর বিশ্বজ্ঞালার কারণে তাপীয় মৃত্যু সন্দৰ্ভ কী? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. A সিলিডের গ্যাসের চাপ কত? ৩
- ঘ. সংযোগ চাবি খুলে গ্যাসকে একবার ধীরে ও একবার দুটি প্রসারিত হতে দিলে কোন ক্ষেত্রে কাজ বেশি হবে— গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৯]

### ৩৭নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কার্যকৃত সহগ হলো রেফিজারেটর হতে অপসারিত তাপ ও কম্প্রেসর কর্তৃক সরবরাহকৃত যান্ত্রিক কাজের অনুপাত।

**খ** সিস্টেমের অণু-পরমাণুর বিশ্বজ্ঞালার কারণে তাপীয় মৃত্যু সন্দৰ্ভ। অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। বিশ্বজ্ঞালের অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সর্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন বিশ্বের সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। সাম্যাবস্থায় আসলে সিস্টেমের অণুগুলো চরম বিশ্বজ্ঞাল অবস্থা প্রাপ্ত হয়। ফলে সেখান থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়। ফলে কার্যকরী শক্তির দৃশ্যাপ্যতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি অবস্থায় পৌছাবে যে তাপশক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে এবং তাপীয় মৃত্যু ঘটবে।

**গ** দেওয়া আছে, আয়তন, V = 10 L = 10 × 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>

O<sub>2</sub> এর ভর, m = 168 g

$$\text{মোল}, n = \frac{m}{M} = \frac{16}{32} = 0.5 \text{ mol}$$

তাপমাত্রা, T = 200 K, চাপ, P = ?

আমরা জানি, PV = nRT

$$\text{বা, } P = \frac{nRT}{V} = \frac{0.5 \times 8.314 \times 200}{10 \times 10^{-3}} \text{ Pa} =$$

$$\therefore P = 83140 \text{ Pa}$$

অতএব A সিলিডের গ্যাসের চাপ 83140 Pa।

**ঘ** গ্যাসকে ধীরে প্রসারিত হতে দিলে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ

$$dW_1 = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \begin{array}{l} \text{এখানে, } n = 0.5 \text{ mole} \\ R = 8.316 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \end{array}$$

$$= 0.5 \times 8.316 \times 200 \times \ln \frac{20}{10} \quad \begin{array}{l} T = 200 \text{ K} \\ V_2 = 20 \text{ L} \\ V_1 = 10 \text{ L} \end{array}$$

$$\therefore dW_1 = 576.42 \text{ J}$$

ধৰা যাক, দুটি প্রসারণ তথা বৃদ্ধি তাপীয় প্রসারণে চূড়ান্ত তাপমাত্রা T<sub>2</sub>

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

$$\text{বা, } T_2 = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \times T = \left( \frac{10}{20} \right)^{1.4-1} \times 200 \text{ K}$$

$$\therefore T_2 = 151.57 \text{ K}$$

$$\therefore \text{দুটি প্রসারণের ক্ষেত্রে কৃতকাজ, } dW_2 = \frac{nR}{\gamma-1} [T - T_2]$$

$$= \frac{0.5 \times 8.316}{1.4-1} [200 - 151.57] \text{ J}$$

$$= dW_2 = 503.43 \text{ J}$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে dW<sub>2</sub> < dW<sub>1</sub>  
অতএব, ধীরে প্রসারণে বেশি কাজ সম্পন্ন হবে।

**ক** বৃদ্ধিতাপ ও সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় গ্যাসীয় পদার্থের সংকেচন ও প্রসারণে কাজ সম্পন্ন হয়। 7 °C তাপমাত্রায় 20 g, NH<sub>3</sub> গ্যাসকে বৃদ্ধিতাপ ও সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে অর্ধেক করা হলো।

**খ** একটি ইঞ্জিনের কর্মসূক্ষ্মতা 100% পাওয়া সম্ভব নয়

কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

**গ** বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ৩

**ঘ** উদ্দীপকে উজ্জ্বলিত NH<sub>3</sub> গ্যাসের বৃদ্ধিতাপ ও সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কোনটি বেশি কাজ সম্পন্ন হয়েছে বলে মনে হয়। বিশ্লেষণপূর্বক যতায়ত দাও। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১০]

### ৩৮নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো— দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর (তাপমান যন্ত্র) সাথে পৃথকভাবে তাপীয় সাম্যে থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি প্রসারণের সাথে তাপীয় সাম্যে থাকবে।

**খ** একটি ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% এর বেশি হওয়া কখনোই সম্ভব নয়। ব্যাখ্যা : প্রতিটি ইঞ্জিনে একটি তাপ উৎস এবং একটি তাপ গ্রাহক থাকে। তাপ উৎসের তাপমাত্রা (T<sub>1</sub>) তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা (T<sub>2</sub>) অপেক্ষা বেশি হয় বলে তাপের স্থানান্তর সম্ভব হয়।

$$\text{এক্ষেত্রে দক্ষতার সূত্রটি, } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

যেহেতু সমীকরণে T<sub>1</sub> > (T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub>), কাজেই ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনোই 100% হতে পারে না। তবে, তাপ উৎস এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রার পার্থক্য বাড়িয়ে ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি করা সম্ভব।

**গ** এখানে, বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

আদি তাপমাত্রা, T<sub>1</sub> = (273 + 7) K = 280 K

$$\text{আদি আয়তন, } V_1 \text{ হলো চূড়ান্ত আয়তন, } V_2 = \frac{V_1}{2}$$

NH<sub>3</sub> এর জন্য, γ = 1.33

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, T<sub>2</sub> = ?

আমরা জানি, T<sub>1</sub>V<sub>1</sub><sup>γ-1</sup> = T<sub>2</sub>V<sub>2</sub><sup>γ-1</sup>

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

$$= 280 \times (2)^{1.33-1}$$

$$= 351.96 \text{ K} = (351.96 - 273) \text{ }^{\circ}\text{C} = 78.96 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

নির্ণেয় তাপমাত্রা 78.96 °C।

**ঘ** প্রদত্ত NH<sub>3</sub> গ্যাসের মোল সংখ্যা, n =  $\frac{m}{M} = \frac{20}{17} \text{ g mol} = \frac{20}{17} \text{ mol}$

সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা ধ্বনি থাকে

$$\therefore T = (273 + 7) \text{ K} = 280 \text{ K}$$

সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

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

$$= \frac{20}{17} \text{ mol} \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 280 \text{ K} \times \ln \left( \frac{V_1}{\frac{V_1}{2}} \right) = 1898.34 \text{ J}$$

আবার, বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়ায়, আদি তাপমাত্রা, T<sub>1</sub> = 280 K

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, T<sub>2</sub> = 351.96 K ('গ' নং থেকে প্রাপ্ত)

সুব্রত প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

$$W_1 = \frac{nR(T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{20}{17} \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} (351.96 - 280) \text{ K} \frac{1}{1.33 - 1} = 2132.89 \text{ J}$$

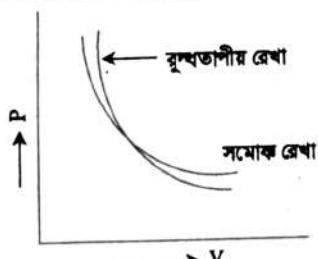
এখানে, W<sub>1</sub> > W

অতএব, বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পন্ন হয়েছে।

- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১১-এৰ উত্তৱেৰ জন্য সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১ নং দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১২-এৰ উত্তৱেৰ জন্য সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২ নং দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৩-এৰ উত্তৱেৰ জন্য সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ৩ নং দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৪-এৰ উত্তৱেৰ জন্য সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ৪ নং দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৫-এৰ উত্তৱেৰ জন্য সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ৫ নং দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৬-এৰ উত্তৱেৰ জন্য সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ৭ নং দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৭-এৰ উত্তৱেৰ জন্য সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ৮ নং দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৮ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ৪ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ৮ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১১ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১১-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৯ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ৫ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ৫ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১১ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১২-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২০ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ৭ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ৭ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১২ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৪-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২১ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ৮ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ৮ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১৩ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৫-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২২ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ৯ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ৯ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১৩ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৬-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২৩ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ১০ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ১০ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১৪ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৭-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২৪ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ১১ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ১১ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১৪ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৮-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২৫ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ১২ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ১২ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১৫ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ১৯-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২৬ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ১৫ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ১৫ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১৬ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২২-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২৭ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ১৬ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ১৬ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১৭ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২৩-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।
- প্ৰথম** অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২৮ এৰ উত্তৱেৰ জন্য ৫৩ পৃষ্ঠাৰ ১৮ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫ পৃষ্ঠাৰ ১৮ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ১৮ পৃষ্ঠাৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ২৫-এৰ গ, ঘ উত্তৱ দ্ৰষ্টব্য।

৩. ড. আমিৰ হোসেন খান, মোহাম্মদ ইসহাক ও ড. মো. নজরুল ইসলাম স্যারেৰ বইয়েৰ অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰক্ৰিয়া ও উত্তৱ

**প্ৰথম** চিত্ৰে P-V  
লেখচিত্ৰেৰ সাহায্যে সমোক্ষ ও  
বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্ৰক্ৰিয়া দেখানো  
হৈলো। বৃৰ্দ্ধতাপ প্ৰক্ৰিয়ায় এক  
বায়ুমণ্ডলীয় চাপেৰ কোনো  
গ্যাসকে প্ৰসাৱিত কৰে এৰ  
আয়তন পূৰ্বেৰ আয়তনেৰ ৩  
গুণ কৰা হৈলো। ( $\gamma = 1.4$ )



- ক. তাপগতিবিদ্যাৰ প্ৰথম সূত্ৰটি হৈলো? ১  
খ. কোনো গ্যাসেৰ দুই প্ৰকাৰ আপেক্ষিক তাপ থাকে কেন? ২  
গ. গ্যাসটিৰ চূড়ান্ত (শেষ) চাপ নিৰ্ণয় কৰ। ৩  
ঘ. উদীপকেৰ লেখচিত্ৰিতে বৃৰ্দ্ধতাপীয় রেখা সমোক্ষ  
ৰেখাৰ তুলনায় বেশি খাড়া— পাপিতিক বিলোৱণেৰ  
মাধ্যমে দেখাও যে, বৃৰ্দ্ধতাপীয় রেখা সমোক্ষ ৰেখাৰ  
চেয়ে  $\gamma$  গুণ খাড়া। ৪
- (অনুশীলনীৰ প্ৰক্ৰিয়া ১)

### ৫৭৯ পথেৰ উত্তৱ

- ক. তাপগতিবিদ্যাৰ প্ৰথম সূত্ৰটি হৈলো— যান্ত্ৰিক শক্তিকে তাপ বা  
তাপশক্তিকে যান্ত্ৰিক শক্তিতে বৃপ্তিৰিত কৰা হলে তাপ ও যান্ত্ৰিক শক্তি  
পৰম্পৰেৰ সমানুপাতিক হৈব। অৰ্থাৎ  $W \propto Q$  হৈব।
- খ. আমৰা জানি, গ্যাসে তাপ প্ৰয়োগ কৰলে তাপমাত্ৰা বৃদ্ধিৰ সাথে  
সাথে এৰ আয়তন ও চাপ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু কঠিন ও তৱল পদাৰ্থৰে  
ক্ষেত্ৰে এৰূপ হয় না বললেই চলে। সুতৰাং গ্যাসেৰ আপেক্ষিক তাপেৰ

সংজ্ঞায় আয়তন ও চাপেৰ উল্লেখ থাকা একান্ত প্ৰয়োজন। আয়তন ও  
চাপেৰ মধ্যে কখনও আয়তনকে আবাৰ কখনও চাপকে স্থিৰ রাখা হয়  
বলে গ্যাসেৰ দুটি আপেক্ষিক তাপ আছে। যথা—  
১. স্থিৰ আয়তনে গ্যাসেৰ আপেক্ষিক তাপ এবং  
২. স্থিৰ চাপে গ্যাসেৰ আপেক্ষিক তাপ।

গ. ধৰি, গ্যাসটিৰ চূড়ান্ত চাপ =  $P_2$

উদীপকেৰ তথ্যানুযায়ী, প্ৰাথমিক চাপ = 1

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

প্ৰাথমিক আয়তন,  $V_1 = V$

চূড়ান্ত আয়তন,  $V_2 = 3V$  এবং  $\lambda = 1.4$

আমৰা জানি,  $P_1 V_1' = P_2 V_2'$

বা,  $P_2 V_2' = P_1 V_1'$

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

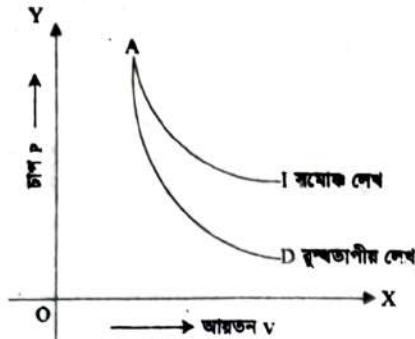
বা,  $P_2 = P_1 \times \left(\frac{V_1}{3V}\right)' = 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \times \left(\frac{1}{3}\right)^{1.4}$

$$= \frac{1.013 \times 10^5}{3^{1.4}} \text{ N m}^{-2} = 2.176 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$$

অতএব, গ্যাসটিৰ চূড়ান্ত (শেষ) চাপ  $2.176 \times 10^4 \text{ N m}^{-2}$ ।

ঘ. উদীপকেৰ লেখচিত্ৰে অনুযায়ী বৃৰ্দ্ধতাপীয় রেখা যে সমোক্ষ ৰেখাৰ  
চেয়ে  $\gamma$  গুণ খাড়া তা নিতে গাপিতিক বিলোৱণেৰ মাধ্যমে দেখানো হৈলো।  
ধৰি, উদীপকেৰ PV লেখচিত্ৰে বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্ৰক্ৰিয়ায় আয়তন  
প্ৰসাৱণেৰ ক্ষেত্ৰে AD বৃৰ্দ্ধতাপীয় রেখা এবং সমোক্ষ প্ৰক্ৰিয়ায়  
প্ৰসাৱণেৰ ক্ষেত্ৰে AI সমোক্ষ ৰেখা। লেখচিত্ৰে A বিন্দু  
আয়তন প্ৰসাৱণেৰ ক্ষেত্ৰে AI সমোক্ষ ৰেখা।

গ্যাসের আদি অবস্থা এবং I ও D বিন্দু যথাক্রমে গ্যাসের সমোক ও বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত অবস্থা নির্দেশ করে।



সমোক প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,  $PV = \text{ধূবৃক}$

$$\text{বা, } \frac{d}{dV}(PV) = 0 \quad [\text{V-এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে]$$

$$\text{বা, } P \cdot 1 + V \frac{dP}{dV} = 0$$

$$\text{বা, } V \frac{dP}{dV} = -P$$

$$\text{বা, } \frac{dP}{dV} = -\frac{P}{V}$$

$$\therefore \left(\frac{dP}{dV}\right)_T = -\frac{P}{V}$$

$$\text{অর্থাৎ সমোক রেখার ঢাল} = -\frac{P}{V} \quad \dots \dots \dots (1)$$

আবার, বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

$$PV' = \text{ধূবৃক}$$

$$\text{বা, } \frac{d}{dV}(PV') = 0 \quad [\text{V'-এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে]$$

$$\text{বা, } P \frac{d}{dV}(V') + V' \frac{dP}{dV} = 0$$

$$\text{বা, } P \cdot \gamma V'^{-1} + V' \frac{dP}{dV} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{\gamma P}{V} + \frac{dP}{dV} = 0 \quad [V' \text{ স্বারা ভাগ করে}]$$

$$\text{বা, } \frac{dP}{dV} = -\gamma \frac{P}{V}$$

$$\therefore \left(\frac{dP}{dV}\right)_Q = -\gamma \frac{P}{V}$$

$$\text{অর্থাৎ বৃন্দতাপ প্রক্রিয়ার ঢাল} = -\gamma \frac{P}{V} \quad \dots \dots \dots (2)$$

সমীকরণ (1) কে সমীকরণ (2) স্বারা ভাগ করলে পাওয়া যায়,  
বৃন্দতাপ রেখার ঢাল

$$\text{সমোক রেখার ঢাল} = \gamma$$

অতএব, বৃন্দতাপীয় রেখা সমোক রেখা অপেক্ষা  $\gamma$  গুণ খাড়া।

**জিনিটি** একজন আবিষ্কর্তা দাবি করলেন যে তার উভাবিত ইঞ্জিনটি 500 K এবং 400 K তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত এবং এর যান্ত্রিক দক্ষতা 48%।

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কী?

খ. পৃথিবীর তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝায়?

গ. ইঞ্জিনটি উৎস থেকে  $2.5 \times 10^6 \text{ J}$  তাপশক্তি অর্হণ করে।

ইঞ্জিনটি কতটুকু তাপশক্তি কাজে বৃপ্তস্তরিত করে?

ইঞ্জিনটির নিম্ন তাপমাত্রার আধানের তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর।

ঘ. আবিষ্কর্তার দাবি কী সঠিক? ইঞ্জিনটির দক্ষতা ছিগুণ বৃদ্ধি করতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে— গাপিতিক বিশ্লেষণসহ মতান্তর দাও।

**১** যে প্রক্রিয়ায় সমুখ পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সমুখ ও বিপরীতমুখী পরিবর্তনের প্রতি তারে তাপ ও কার্যের ফলাফল সমান ও বিপরীতমুখী হয় তাই প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া।

**২** আমরা জানি, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। বিশ্ব জগতের অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। সুতরাং বিশ্বজগতের এন্ট্রপি ক্রমাগত বৃদ্ধি পাচ্ছে।

এভাবে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সর্বোচ্চ যানে পৌছাবে তখন বিশ্বের সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌছলে তাপশক্তিকে ফলপ্রসূ কাজে পরিণত করা সম্ভব হবে না। ফলে কার্যকরী শক্তির দুর্প্রাপ্যতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে। এটাই পৃথিবীর তাপীয় মৃত্যু বলে পরিচিত।

**৩** ইঞ্জিনের দক্ষতা,

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

$$= \left(1 - \frac{400}{500}\right) \times 100\% \\ = 20\%$$

$$\therefore \text{কাজে বৃপ্তস্তরিত শক্তি}, W = \eta \times Q_1 = \frac{20}{100} \times 2.5 \times 10^6 \text{ J} \\ = 5 \times 10^5 \text{ J}$$

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

$$\text{বা, } Q_2 = \frac{T_2}{T_1} \times Q_1 = \frac{400}{500} \times 2.5 \times 10^6 = 2 \times 10^6 \text{ J}$$

**৪** গ-নং হতে পাই,

ইঞ্জিনের দক্ষতা 20% যা 48% অপেক্ষা কম।

সুতরাং আবিষ্কর্তার দাবি সঠিক নয়।

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

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

ইঞ্জিনের দক্ষতা,  $\eta = 20\%$

দক্ষতা ছিগুণ বৃদ্ধি করলে পরিবর্তিত দক্ষতা হবে,

$$\eta_1 = (20 + (2 \times 20))\% = 60\%$$

মনে করি, তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $x \text{ K}$  বাড়ালে অথবা তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $y \text{ K}$  কমালে দক্ষতা 60% হবে।

তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $x \text{ K}$  বাড়ালে,

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1 + x}$$

$$\text{বা, } 60\% = 1 - \frac{T_2}{T_1 + x}$$

$$\text{বা, } \frac{60}{100} = 1 - \frac{T_2}{T_1 + x} = 1 - 0.6$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1 + x} = 0.4$$

$$\text{বা, } \frac{400}{500 + x} = 0.4$$

$$\text{বা, } 200 + 0.4x = 400$$

$$\text{বা, } x = \frac{400}{0.4} = 500 \text{ K}$$

আবার তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $y \text{ K}$  কমালে,

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2 - y}{T_1}$$

$$\text{বা, } 60\% = 1 - \frac{T_2 - y}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{60}{100} = 1 - \frac{T_2 - y}{T_1}$$

$$\text{বা, } 0.6 = 1 - \frac{T_2 - y}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2 - y}{T_1} = 0.4$$

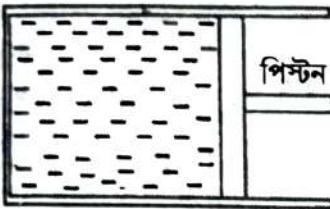
$$\text{বা, } \frac{400 - y}{500} = 0.4$$

$$\text{বা, } 400 - y = 200$$

$$\text{বা, } y = 200 \text{ K}$$

অতএব, ইঞ্জিনটির দক্ষতা বিগুণ বৃদ্ধি করতে তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $500 \text{ K}$  বাড়াতে হবে অথবা তাপ হারকের তাপমাত্রা  $200 \text{ K}$  কমাতে হবে।

**চিত্র ১১** চিত্রের সিলিঙ্গারে কিছু গ্যাস আবশ্য আছে। গ্যাসের চাপ স্থির রেখে সিস্টেমে তাপশক্তি সরবরাহ করায়  $\Delta W$  পরিমাণ কাজ হলো।



ক. সিস্টেম কী?

খ. তাপগতিবিদ্যার প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্রের তুলনামূলক আলোচনা কর।

গ. স্থির চাপ  $400 \text{ Pa}$ , সরবরাহকৃত তাপশক্তি  $800 \text{ J}$  এবং সম্পাদিত কাজ  $1200 \text{ J}$  হলে গ্যাসে আয়তন এবং অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

ঘ. ব্যবস্থা সমোক্ষ প্রক্রিয়াধীন হলে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কী হবে? গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে দেখাও যে, সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় ব্যবস্থা কর্তৃক কজ সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান।

[অনুলিপনীর প্রঞ্চ ৩]

### ১১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরীক্ষা-নিরীক্ষার জন্য জড়জগতের যে সামান্য কিছু নির্দিষ্ট অংশ নিয়ে বিবেচনা করা হয় তাই সিস্টেম।

খ. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র শক্তির সংরক্ষণ সূত্রের বিশেষ রূপ। এ সূত্রানুসারে শক্তির বৃপ্তির সম্ভব। কোনো সিস্টেম যে পরিমাণ তাপ হারায় এর সাথে সংঘটিত অপর সিস্টেম ঠিক ঐ পরিমাণ তাপ প্রাপ্ত করে। এটিই তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রের প্রতিপাদ্য বিষয়। কোনো সিস্টেম কী পরিমাণ তাপ হারাবে বা তাপ প্রাপ্ত করবে অথবা তাপের উৎপত্তি কোথায় তা তাপগতিবিদ্যার মূল সূত্র হতে জানা যায় না। তবে তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্র হতে এ সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়।

গ. আমরা জানি,

$$\Delta W = P(V_2 - V_1)$$

$$\text{বা, } 1200 \text{ J} = 400 \text{ Pa} \times (V_2 - V_1)$$

$$\text{বা, } (V_2 - V_1) = \frac{1200 \text{ J}}{400 \text{ Pa}} = 3 \text{ m}^3$$

$$\text{আবার, } \Delta Q = \Delta U + P \Delta V$$

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

$$\text{বা, } \Delta U = (800 - 1200) \text{ J}$$

$$\therefore \Delta U = -400 \text{ J}$$

$$\text{গ্যাসের আয়তন } 3 \text{ m}^3 \text{ এবং অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন } -400 \text{ J।}$$

$$\text{এখানে, } P = 400 \text{ Pa}$$

$$\Delta W = 1200 \text{ J}$$

$$\Delta V = (V_2 - V_1) = ?$$

$$\Delta U = ?$$

$$\Delta Q = 800 \text{ J}$$

### ১২নং সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্র একাদশ-বাদশ শ্রেণি

য. সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, ব্যবস্থার তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না। তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন না হওয়ায় অন্তঃস্থ শক্তিরও কোনো পরিবর্তন হবে না। সমোক্ষ পরিবর্তনে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাস বয়েলের সূত্র মেনে চলে।

তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW \quad \dots \dots \dots (1)$$

সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে অর্থাৎ,  $\Delta T = 0$  হয় বলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি অপরিবর্তিত থাকে। সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন হয় না বলে  $dU = 0$  হয়।

এখন, (1) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$dQ = 0 + dW$$

$$\text{বা, } dQ = dW$$

অর্থাৎ, সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেম থারা সম্পাদিত কাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান।

### ১৩নং এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS = \frac{dQ}{T}$

$[T_2 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}, T_1 = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{পানির ভর} = 5 \text{ kg}, \text{পানির আপেক্ষিক তাপ} = 4.2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}]$

ক. কার্নোর ইঞ্জিন কী?

খ. তাপগতিবিদ্যার মূল সূত্র নিয়তা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ—ব্যাখ্যা কর।

গ.  $5 \text{ g}$  ভরের পানির এন্ট্রপির পরিবর্তন কত? নির্ণয় কর।

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা  $10\%$  বৃদ্ধি করা হলে তাপ উৎসের তাপের পরিবর্তন করা আবশ্যিক কিনা—যাচাই কর।

[অনুলিপনীর প্রঞ্চ ৪]

### ৬০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ফরাসি প্রকৌশলী সামী কার্নো তাত্ত্বিকভাবে সকল তুটিমুক্ত যে আদর্শ ইঞ্জিনের পরিকল্পনা করেন তাই কার্নো ইঞ্জিন।

খ. বিজ্ঞানী ক্লিমিয়াসের মতে, কোনো সিস্টেমে তাপশক্তি অন্য কোনো শক্তিতে বৃপ্তিরিত হলে বা অন্য কোনো শক্তি তাপশক্তিতে বৃপ্তিরিত হলে সিস্টেমের মোট শক্তির পরিমাণ একই থাকে। অর্থাৎ তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিয়তা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ। যখনই কোনো সিস্টেমে তাপ প্রয়োগ করা হয়, তখন তার কিছু অংশ বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে এবং বাকি অংশ পরিবেশের উপর বাহ্যিক কার্য সম্পাদন করে। অর্থাৎ কোনো সিস্টেমে  $\Delta Q$  তাপ প্রয়োগে অভ্যন্তরীণ শক্তি  $\Delta U$  এবং বহিঃস্থ কাজ  $\Delta W$  সম্পন্ন হলে,  $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ .

গ. আমরা জানি,

$$\begin{aligned} dS &= \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} \\ &= \int_{T_1}^{T_2} mS \frac{dT}{T} \\ &= mS \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = mS [\ln T]_{T_1}^{T_2} = mS \left( \ln \frac{T_2}{T_1} \right) \\ &= 5 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times \ln \frac{373}{283} \\ &\therefore \text{এন্ট্রপির পরিবর্তন } 5.7987 \text{ JK}^{-1}! \end{aligned}$$

ঘ. উকীপক থেকে পাই,

$$T_2 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C} = (10 + 273) \text{ K} = 283 \text{ K}$$

$$T_1 = 100 \text{ }^{\circ}\text{C} = (100 + 273) \text{ K} = 373 \text{ K}$$

$$\text{দক্ষতা } \eta \text{ হলে, } \eta = \left(1 - \frac{T_1}{T}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{283}{373}\right) \times 100\% = 24.13\%$$

১০% বৃদ্ধির পর পরিবর্তিত দক্ষতা,  $\eta' = 24.13\% + 10\% = 34.13\%$   
ধরি, দক্ষতা বৃদ্ধির পর তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $T$  এবং তাপ গ্রাহকের  
তাপমাত্রা  $T'$

$$\text{আবার, } \eta' = \left(1 - \frac{T'}{T}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } \frac{34.13\%}{100\%} = 1 - \frac{T'}{T}$$

$$\text{বা, } \frac{T'}{T} = 1 - 0.3413 = 0.6587$$

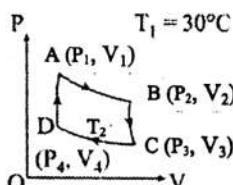
$$\text{হয়, } T = \frac{T'}{0.6587} \text{ অথবা, } T' = T \times 0.6587$$

এক্ষেত্রে, দেখা যাচ্ছে,  $T$  এবং  $T'$  উভয়ই পরিবর্তন করা সম্ভব। অর্থাৎ তাপ উৎস এবং তাপগ্রাহকের যেকোনো একটির তাপমাত্রা স্থির রেখে অপরটির তাপমাত্রা পরিবর্তন করে ইঞ্জিনের দক্ষতা ১০% বৃদ্ধি করা সম্ভব। এজন্য ইঞ্জিনের দক্ষতা ১০% বৃদ্ধি করা হলে তাপ উৎসের তাপের পরিবর্তন আবশ্যিক নয়।

**প্রয়োগ ১** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উভয়ের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২২-এর উভয়ের মুক্তব্য।

**প্রয়োগ ২** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উভয়ের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২০-এর উভয়ের মুক্তব্য।

**প্রয়োগ ৩** কার্নো ইঞ্জিনের প্রতি স্তরে সংকোচন বা প্রসারণের অনুপাত  $1 : 2$ ।  
এতে কার্যনির্বাহক বস্তু হিসাবে 3 mole  
হিপরমাণুক গ্যাস ব্যবহার করা হলো।  
[হিপরমাণুক গ্যাসের  $\gamma = 1.4$ ]



- ক. কার্নো ইঞ্জিনের অপর নাম কী? নিক্ষিয় গ্যাসের জন্য  $\gamma$ -এর মান কত?  
খ. গ্যাস প্রসারণে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপ  
প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর— ব্যাখ্যা কর।  
গ. কার্নো-চক্রের লেখটি A হতে B বিন্দুতে আনতে  
কৃতকাজ হিসাব কর।  
ঘ. উদ্ধীপকে প্রদত্ত ইঞ্জিনের দক্ষতা ৩৩% অপেক্ষা বেশি  
হওয়া সম্ভব কি? —গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে উত্তর দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

### ৬৩নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কার্নো ইঞ্জিনের অপর নাম আৰ্দ্ধ ইঞ্জিন। নিক্ষিয় গ্যাসের  $\gamma$ -এর মান হলো ১.৬৬।

**খ** কোনো সিস্টেমে গ্যাসের ক্ষুদ্র প্রসারণ  $dV$  এবং স্থির চাপ  $P$  হলে  
সমচাপ প্রক্রিয়ায় গ্যাস কর্তৃক মোট কাজ,  $dW = PdV$

$$= \text{চাপ} \times \text{আয়তনের পরিবর্তন}$$

তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র হতে আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

অর্থাৎ সমচাপ প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত তাপশক্তি সিস্টেমের অত্যন্ত  
শক্তি পরিবর্তন এবং বহুমুখ্য কাজ সম্পাদনে ব্যয় হয়।

কিন্তু সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে অত্যন্ত  
শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না।

$$\therefore \text{সমোক্ষ প্রক্রিয়ায়, } dU = 0$$

$$\therefore \text{তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুযায়ী } dQ = 0 + dW = dW$$

অর্থাৎ সরবরাহকৃত তাপশক্তি সম্পূর্ণরূপে কাজ সম্পাদনে ব্যয় হয়।

অর্থাৎ সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপ প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ অপেক্ষা  
বেশি।

**১** উদ্ধীপকে লক্ষণীয়, লেখটি A থেকে B তে পরিবর্তনের ক্ষেত্রে  
সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তিত হয়।

আবার, প্রতিক্রিয়ে সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত =  $1 : 2$  এখন, A

থেকে B তে আনতে চাপ ও আয়তন যথাক্রমে হ্রাস ও বৃদ্ধি পায়।

$$\therefore \text{প্রাথমিক আয়তন, } V_1 = V \text{ (ধরি)}$$

$$\therefore \text{চূড়ান্ত আয়তন, } V_2 = 2V$$

এখন, সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে কৃতকাজ W হলে,

$$dW = PdV$$

$$\text{বা, } \int_0^W dW = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

$$\text{বা, } W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV \quad [\because PV = nRT]$$

$$= nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV$$

$$= nRT \left[ \ln V \right]_{V_1}^{V_2}$$

$$= nRT \left[ \ln V_2 - \ln V_1 \right]$$

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

$$= nRT \cdot \ln \frac{2V}{V}$$

$$= nRT \cdot \ln 2$$

$$= 3 \text{ mol} \times 8.316 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 303 \text{ K} \times \ln 2$$

$$= 5239.67 \text{ J}$$

এখানে,

$$n = 3 \text{ mol}$$

$$R = 8.316 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$T = (30 + 273) \text{ K} = 303 \text{ K}$$

অতএব, কৃতকাজ 5239.67 J।

**২** এখানে, A থেকে B তে পরিবর্তনের ক্ষেত্রে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায়  
পরিবর্তন ঘটে। ফলে B বিন্দুতে তাপমাত্রা প্রাথমিক তাপমাত্রার সমান হবে।

$\therefore B$  বিন্দুতে তাপমাত্রা,  $T_1 = 30^\circ\text{C} = (30 + 273) \text{ K} = 303 \text{ K}$   
আবার, B থেকে C তে পরিবর্তনের ক্ষেত্রে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়  
পরিবর্তন ঘটে। এক্ষেত্রে তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে।

এখন C বিন্দুতে পরিবর্তিত তাপমাত্রা  $T_2$  (ধরি)

B বিন্দুতে আয়তন,  $V_1 = V$  (ধরি)

$\therefore C$  বিন্দুতে আয়তন,  $V_2 = 2V$

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

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

$$= 303 \text{ K} \times \left( \frac{V}{2V} \right)^{1.4-1}$$

$$= 303 \text{ K} \times (0.5)^{0.4}$$

$$= 229.63 \text{ K}$$

$$\therefore C$$
 বিন্দুতে তাপমাত্রা 229.63 K

আবার, C থেকে D তে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তন ঘটে। ফলে  
তাপমাত্রা D বিন্দুতে 229.63 K থাকে এবং D থেকে A তে  
বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় পরিবর্তিত হয়ে পুনরায় প্রাথমিক তাপমাত্রা অর্থাৎ  
303 K হয়।

এখন, ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা,  $\eta = 33\%$  হলে,

প্রাথমিক তাপমাত্রা,  $T_1 = 303 \text{ K}$



চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $T_2$  ধরি,

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

$$\text{বা, } 33\% = \frac{303 - T_2}{303}$$

$$\text{বা, } 0.33 = \frac{303 - T_2}{303}$$

$$\text{বা, } 303 - T_2 = 99.99$$

$$\therefore T_2 = 203.01 \text{ K}$$

অর্থাৎ, ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 33% পাওয়া যাবে, যখন তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 203.01 K হবে। তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা আরও কম হলে কর্মদক্ষতা 33% এর বেশি হবে। বিস্তু এক্ষেত্রে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাই 229.63 K। অতএব ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 33% অপেক্ষা বেশি পাওয়া সম্ভব নয়।

**প্রয়োগ ৫:** একটি কার্বন ইঞ্জিন 500 K তাপমাত্রার উৎস থেকে 1250 J তাপ গ্রহণ করে এবং তাপ ধারকে 700 J তাপ বর্জন করে।

ক. তাপীয় সমতা কী?

১

খ. ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা হতে ইঞ্জিন সম্পর্কে কী কী ধারণা করা যায়?

২

গ. তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

৩

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা 20% বৃদ্ধি করতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে বলে তুমি মনে কর—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮]

### ৬৪নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** ডিন তাপমাত্রার দুটি বন্ধু পরম্পর তাপীয় সংস্পর্শে আসার পর যখন সমতাপমাত্রায় উপনীত হয় তখন ঐ অবস্থাই হলো তাপীয় সমতা।

**খ.** ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা হতে ইঞ্জিন সম্পর্কে নিম্নলিখিত ধারণাগুলো পাওয়া যায়—

১. ইঞ্জিনের দক্ষতার হিসাব থেকে লক্ষ করা যায় যে, এটি কেবল তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা  $T_1$ ,  $T_2$  এর উপর নির্ভর করে—কার্যনির্বাহক বন্ধুর প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে না।
২. যে কোনো দুটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রার মধ্যে কার্যরত সকল প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা সমান হয়।
৩. যেহেতু  $T_1 > (T_1 > T_2)$ , কাজেই ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনই 100% হতে পারে না।
৪. তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের মধ্যবর্তী তাপমাত্রার মধ্যে পার্থক্য যত বেশি হবে ইঞ্জিনের দক্ষতাও তত বেশি হবে।

**গ.** আমরা জানি,

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

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

$$= \frac{700}{1250} \times 500 \text{ K}$$

$$= 280 \text{ K}$$

অতএব, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 280 J।

**ঘ.** এখানে, তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপ,  $Q_1 = 1250 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ,  $Q_2 = 700 \text{ J}$

আমরা জানি, ইঞ্জিনের দক্ষতা,

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\% = \frac{1250 - 700}{1250} \times 100\% = \frac{550}{1250} \times 100\% = 44\%$$

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

ধরি, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T_2 = 280 \text{ K}$

ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 20% বাড়ালে নতুন কর্মদক্ষতা হবে

$$(20\% + 44\%) = 64\%$$

ধরি, পরিবর্তিত তাপ উৎসের তাপমাত্রা =  $T_3$ ,

$$64\% = 1 - \frac{T_2}{T_3}$$

$$\text{বা, } 0.64 = 1 - \frac{280}{T_3}$$

$$\text{বা, } \frac{280}{T_3} = 1 - 0.64 = 0.36$$

$$\text{বা, } T_3 = \frac{280}{0.36} = 777.78 \text{ K}$$

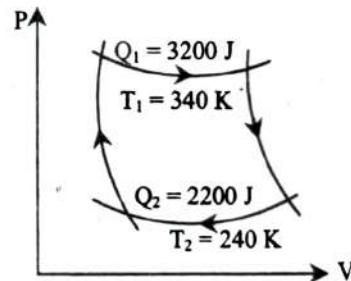
$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} = (777.78 - 500) \text{ K} = 277.78 \text{ K}$$

ইঞ্জিনটির দক্ষতা 20% বৃদ্ধি করতে উৎসের তাপমাত্রা 277.78 K বৃদ্ধি করতে হবে।

**প্রয়োগ ৬:** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তরের জন্য ১১নং-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ৭:** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তরের জন্য ১২নং-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ৮:** উদ্বীপকের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. পূর্ণ চক্রে কাজ ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

খ. এন্ট্রপির পরিবর্তন হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১১]

### ৬৭নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** আমরা জানি,

$$W = Q_1 - Q_2 \\ = 3200 \text{ J} - 2200 \text{ J} \\ = 1000 \text{ J}$$

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

$$= \left( 1 - \frac{240}{340} \right) \times 100\% = 0.2941 \times 100\% = 29.41\%$$

অতএব, পূর্ণচক্রে কাজ 1000 J এবং ইঞ্জিনের দক্ষতা 29.41%।

**খ.** উদ্বীপক হতে পাই, গৃহীত তাপ,  $Q_1 = 3200 \text{ J}$

বর্জিত তাপ,  $Q_2 = 2200 \text{ J}$

আবার, তাপমাত্রা,  $T_1 = 340 \text{ K}$

শেষ তাপমাত্রা,  $T_2 = 240 \text{ K}$

$$\text{এখন, এন্ট্রপি } \frac{Q_1}{T_1} = \frac{3200 \text{ J}}{340 \text{ K}} = 9.41 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{আবার, এন্ট্রপি হাস, } \frac{Q_2}{T_2} = \frac{2200 \text{ J}}{240 \text{ K}} = 9.17 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{এন্ট্রপির পরিবর্তন, } \frac{Q_1 - Q_2}{T_1 - T_2} = \frac{3200 \text{ J} - 2200 \text{ J}}{340 \text{ K} - 240 \text{ K}} = 0.24$$

অতএব, এন্ট্রপির পরিবর্তন হবে।

**প্রয়োগ ৮** একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা  $420\text{ K}$ । এই তাপমাত্রায় ইঞ্জিনটি উৎস হতে  $900\text{ J}$  তাপ শোষণ করে এবং গ্রহকে  $480\text{ J}$  তাপ বর্জন করে।

ক. উদ্বৃত্তের ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় কর।

খ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা  $10\%$  বৃদ্ধি করতে হলে উৎসের তাপমাত্রায় কী পরিবর্তন করতে হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১২]

### ৬৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. এখানে, তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপ,  $Q_1 = 900\text{ J}$

তাপ গ্রহকে বর্জিত তাপ,  $Q_2 = 480\text{ J}$

আমরা জানি, ইঞ্জিনের দক্ষতা,

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\% = \frac{900 - 480}{900} \times 100\% = \frac{420}{900} \times 100\% = 46.67\%$$

অতএব, ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা  $46.67\%$ ।

খ. ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা  $46.67\%$  [ক' হতে]

তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $T_1 = 420\text{ K}$

ধরি, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা =  $T_2$

আমরা জানি,  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$$\text{বা, } 46.67\% = 1 - \frac{T_2}{380}$$

$$\text{বা, } 0.4667 = 1 - \frac{T_2}{420}$$

$$\text{বা, } T_2 = 223.99\text{ K}$$

ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা  $10\%$  বাড়ালে নতুন কর্মদক্ষতা হবে  $(10\% + 46.67\%) = 56.67\%$

ধরি, পরিবর্তিত তাপ উৎসের তাপমাত্রা =  $T_3$ ,

$$\therefore 56.67\% = 1 - \frac{T_3}{T_1}$$

$$\text{বা, } 0.5667 = 1 - \frac{223.99}{T_3}$$

$$\text{বা, } \frac{223.99}{T_3} = 1 - 0.5667$$

$$= 0.4333$$

$$\text{বা, } T_3 = \frac{223.99}{0.4333} = 516.94\text{ K}$$

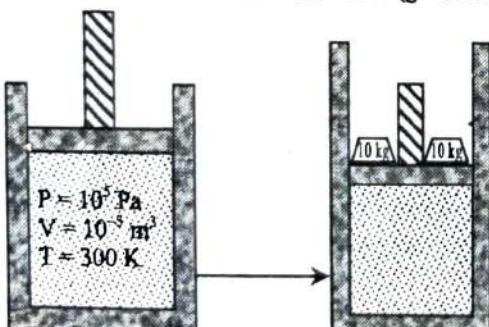
$$\begin{aligned}\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} &= (516.94 - 420)\text{ K} \\ &= 96.99\text{ K}\end{aligned}$$

ইঞ্জিনটির দক্ষতা  $10\%$  বৃদ্ধি করতে উৎসের তাপমাত্রা  $96.99\text{ K}$  বৃদ্ধি করতে হবে।

**প্রয়োগ ৯** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তরের জন্য ১০নং-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

### ৩ গোলাম হোসেন প্রামাণিক, দেওয়ান নাসির উদ্দিন ও রবিউল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রয়োগ ১০** চিত্রে আদর্শ তাপ অপরিবাহী পদার্থে তৈরি সিলিন্ডার পিস্টন ব্যবস্থায় কিছু অক্সিজেন আবর্ধ আছে। এর আয়তন  $10^{-3}\text{ m}^3$  ও তাপমাত্রা  $300\text{ K}$ । পিস্টনটি ঘর্ষণহীন এবং ঐ সময় বায়ুমণ্ডলের চাপ ছিল  $10^5\text{ Pa}$ । পিস্টনের তলার ক্ষেত্রফল  $2.5 \times 10^{-3}\text{ m}^2$ । ( $g = 10\text{ m s}^{-2}$ )



ক. মোলার তাপধারণ ক্ষমতা কাকে বলে?

খ. স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $25.2\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$  বলতে কী বুঝ – ব্যাখ্যা কর।

গ. ভর চাপানোর পর অক্সিজেনের আয়তন কত হবে নির্ণয় কর।

ঘ. উচ্চ প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির কীরূপ পরিবর্তন হয়েছে, গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

### ৭০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. এক মোল গ্যাসের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ গ্যাসের মোলার তাপধারণ ক্ষমতা বা মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

খ. স্থির আয়তনে  $1\text{ mole}$  গ্যাসের তাপমাত্রা  $1\text{ K}$  বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাকে স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। একে  $C_V$  ঘারা প্রকাশ করা হয়।

সংজ্ঞানুসারে স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $25.2\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$  বলতে বুঝায় – আয়তন স্থির রেখে 1 মোল গ্যাসের তাপমাত্রা  $1\text{ K}$  বৃদ্ধি করতে  $25.2\text{ J}$  তাপশক্তির প্রয়োজন হয়।

গ. ভর চাপানোর পর অক্সিজেনের আয়তন,  $V_1 = 10^{-3}\text{ m}^3$  চাপ,  $P_1 = 10^5\text{ Pa}$

ভর চাপানোর পর অক্সিজেনের আয়তন,  $V_2$

$$\text{চাপ, } P_2 = \frac{(10\text{ kg} + 10\text{ kg}) \times 10\text{ m s}^{-2}}{2.5 \times 10^{-3}\text{ m}^2} = 8 \times 10^4\text{ Pa}$$

আমরা জানি,  $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

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

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

$$\text{বা, } V_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \times V_1 = \left(\frac{10^5}{8 \times 10^4}\right)^{\frac{1}{1.4}} \times 10^{-3}\text{ m}^3 = 1.17 \times 10^{-3}\text{ m}^3$$

∴ ভর চাপানোর পর অক্সিজেনের আয়তন হবে  $1.17 \times 10^{-3}\text{ m}^3$ ।

ঘ. যেহেতু অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন তাপমাত্রার পরিবর্তনের সমানুপাতিক। তাই তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘারা অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন জানা যায়। নিম্নে তাপমাত্রার পরিবর্তন নির্ণয় করা হলো –

আমরা জানি,

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

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

$$= 300 \times \left(\frac{10^{-3}}{1.17 \times 10^{-3}}\right)^{1.4}$$

$$= 281.73\text{ K}$$

তাপমাত্রা হ্রাস পাবে,  $\Delta T = T_1 - T_2 = 300 - 281.73 = 18.27\text{ K}$

যেহেতু তাপমাত্রা হ্রাস পেয়েছে। তাই অন্তঃস্থ শক্তির হ্রাস পাবে।

এখানে,

আদি তাপমাত্রা,  $T_1 = 300\text{ K}$

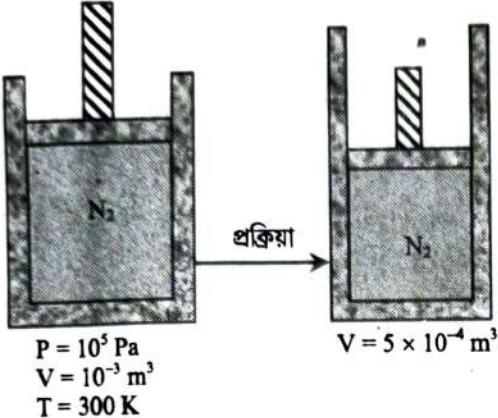
পরিবর্তিত তাপমাত্রা,  $T_2 = ?$

আদি আয়তন,  $V_1 = 10^{-3}\text{ m}^3$

পরিবর্তিত আয়তন,

$V_2 = 1.17 \times 10^{-3}\text{ m}^3$

চিত্রে আদর্শ তাপ অপরিবাহী পদার্থের তৈরি সিলিডার পিস্টন ব্যবস্থায় নাইট্রোজেন গ্যাস আবশ্য আছে। এর চাপ, আয়তন, ও তাপমাত্রা চিত্রে উল্লেখ আছে। একে সংকুচিত করে আয়তন  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  করা হলো। এক পরমাণুক, টি-পরমাণুক ও বৃক্ষ পরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রে  $\gamma$  এর মান যথাক্রমে 1.67, 1.4 ও 1.33। সর্বজনীন গ্যাস ত্বক 8.31  $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ।



ক. সিস্টেম কাকে বলে?

- খ. পরিবর্তনটি কোন প্রক্রিয়ায় সংঘটিত হয়েছে? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।
- গ. প্রক্রিয়ার পর চাপ কত হবে নির্ণয় কর।
- ঘ. প্রক্রিয়াটিতে কত কাজ সম্পন্ন হয়েছে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[অনুলিপনীর পৃষ্ঠা ৩]

### ৭১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরীক্ষা-নিরীক্ষার সময় আমরা জড় জগতের যে নির্দিষ্ট অংশের বিবেচনা করি তাকে সিস্টেম বলে।

খ. পরিবর্তনটি বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংঘটিত হয়েছে কেননা চিত্রে আদর্শ তাপ অপরিবাহী পদার্থের তৈরি সিলিডার পিস্টন ব্যবস্থায় নাইট্রোজেন গ্যাস আবশ্য আছে। অপরিবাহী পদার্থে তৈরি হওয়ার কারণে বাইরে থেকে কোনো তাপ ভিতরে আসতে পারবে না আবার ভিতর থেকে কোনো তাপ বাইরে যেতে পারবে না। অর্থাৎ বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ার সংজ্ঞানুযায়ী পরিবর্তনটি বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংঘটিত হয়েছে।

গ. প্রক্রিয়ার পূর্বে, দেওয়া আছে,

গ্যাসের চাপ,  $P = 10^5 \text{ Pa}$

গ্যাসের আয়তন,  $V = 10^{-3} \text{ m}^3$

গ্যাসের তাপমাত্রা,  $T = 300 \text{ K}$

প্রক্রিয়া সম্পন্ন হওয়ার পর

গ্যাসের চাপ,  $P_1 = ?$

গ্যাসের আয়তন,  $V_1 = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

যেহেতু গ্যাসটি  $N_2$  সেহেতু  $\gamma = 1.4$  (টি-পরমাণুক)

বৃক্ষতাপীয় পরিবর্তনের ক্ষেত্রে আয়তন ও চাপের সম্পর্ক থেকে আমরা জানি,

$$PV' = P_1 V_1'$$

$$\text{বা, } P_1 = \frac{PV'}{V_1'}$$

$$= P \left( \frac{V}{V_1} \right)^\gamma$$

$$= P \left( \frac{10^{-3}}{5 \times 10^{-4}} \right)^{1.4}$$

$$= 10^5 (2)^{1.4} = 263901.58 \text{ Pa.}$$

৭২নং সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিতীয় পত্র  একাদশ-বাদশ প্রেমি

১. এখানে, বাইরে থেকে চাপ প্রয়োগের মাধ্যমে বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন গ্যাসকে সংকুচিত করা হয়েছে।

এখন, উদ্দীপক অনুযায়ী সংকোচনের পূর্বে,

গ্যাসের চাপ,  $P = 10^5 \text{ Pa}$

এবং আয়তন,  $V = 10^{-3} \text{ m}^3$

আবার, সংকোচনের পর,

গ্যাসের চাপ,  $P_1 = 263901.58 \text{ Pa}$  ('গ' হতে প্রাপ্ত)

এবং আয়তন,  $V_1 = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

আবার,  $\gamma = 1.4$

সূতরাং, বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়াটিতে কৃতকাজ,

$$W = \frac{1}{\gamma - 1} (PV - P_1 V_1)$$

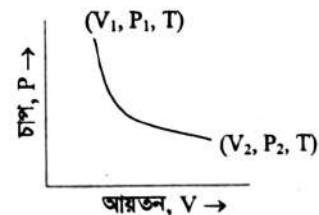
$$= \frac{1}{1.4 - 1} (10^5 \times 10^{-3} - 263901.58 \times 5 \times 10^{-4})$$

$$= \frac{1}{0.4} (100 - 131.951) = \frac{31.951}{0.4} = - 79.88 \text{ J}$$

এখানে, খুণাখুণ চিহ্ন দ্বারা গ্যাসের উপর কাজ করা হয়েছে। অর্থাৎ উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে যে প্রক্রিয়াটিতে গ্যাসের উপর 79.88 J কাজ সম্পন্ন হয়েছে।

বিকল :  $TV^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$  সম্পর্ক হতে  $T_1$  এবং  $PV = nRT$  সম্পর্ক হতে  $n$  বের করে,  $V = \frac{R}{\gamma - 1} (T_1 - T_2)$  সমীকরণ হতেও কৃতকাজ বের করা যায়।

৭২নং নিচের চিত্রে  $n$  মোল আদর্শ গ্যাসের আয়তনের সাথে চাপের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।



ক. বিচ্ছিন্ন সিস্টেম কাকে বলে?

খ. বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়া একটি দ্রুত প্রক্রিয়া কেন?

গ.  $P_1 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $V_1 = 100 \text{ cc}$

এবং  $P_2 = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$  হলে  $V_2$  নির্ণয় কর।

ঘ. লেখচিত্রে প্রদর্শিত গ্যাসের প্রসারণের ক্ষেত্রে কৃত কাজের রাশিমালা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[অনুলিপনীর পৃষ্ঠা ৫]

### ৭২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে সিস্টেম পরিবেশ দ্বারা মোটেই প্রভাবিত হয় না অর্থাৎ পরিবেশের সাথে তর বা শক্তি কোনো কিছুই বিনিময় করে না তাকে বিচ্ছিন্ন সিস্টেম বলে।

খ. বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ায় চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় কিন্তু তাপের আদান প্রদান হয় না। এ প্রক্রিয়ায় পাত্রের দেয়াল তাপ অপরিবাহী হলে সংকোচন বা প্রসারণের সহিত গ্যাস পরিবেশকে তাপ দিতে বা পরিবেশ হতে তাপ নিতে পারে না। কিন্তু বাস্তবে এমন কোনো পদার্থ নেই যার পদার্থ দিয়ে মোটেও তাপ চলাচল করতে পারে না। তাই বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়ার জন্য পাত্রের দেয়াল যথাসম্ভব তাপ কৃপরিবাহী পদার্থের তৈরি হতে হবে এবং সংকোচন প্রসারণ দ্রুত ঘটাতে হবে যেন পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদানের সুযোগ না পায়। এজন্য বলা হয় বৃক্ষতাপীয় প্রক্রিয়া একটি দ্রুত প্রক্রিয়া।

১) আমরা জানি, প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

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

$$\text{বা, } V_2 = \frac{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}}{3 \times 10^5 \text{ Pa}} \times 100 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{বা, } V_2 = 33.76 \text{ m}^3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\therefore V_2 = 33.76 \text{ cc}$$

সূতরাং  $V_2$  এর মান  $33.76 \text{ cc}$

২) লেখচিত্রে প্রদর্শিত গ্যাসের অর্ধাং আদর্শ গ্যাসের প্রসারণের ক্ষেত্রে কৃত কাজের রাশিমালা নিচে গাণিতিকভাবে বিবরণ করা হলো—  
উচ্চীপকের লেখচিত্র হতে দেখা যাচ্ছে যে গ্যাসের প্রসারণের সময় তাপমাত্রা স্থির আছে। যেহেতু তাপমাত্রা স্থির সেহেতু সিস্টেমের অন্তর্ম্মুখ শক্তির কোনো পরিবর্তন হবে না। অর্ধাং  $\Delta U = 0$  হবে।  
তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,

$$Q = dU + W$$

$$\therefore Q = W$$

সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অবস্থা ( $V_1, P_1$ ) হতে পরিবর্তিত হবে ( $V_2, P_2$ )

$$\text{হলে কৃতকাজ হবে, } W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad \dots \dots \dots (1)$$

কিন্তু আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$$PV = nRT \text{ [যেহেতু উচ্চীপকে } n \text{ মোল আদর্শ গ্যাসের কথা বলা হয়েছে]}$$

$$\therefore P = \frac{nRT}{V} \quad \dots \dots \dots (2)$$

P এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV$$

$$\text{বা, } W = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

$$\text{বা, } W = nRT [\log V]_{V_1}^{V_2}$$

$$\text{বা, } W = nRT [\log V_2 - \log V_1]$$

$$\therefore W = nRT \log \frac{V_2}{V_1} \quad \dots \dots \dots (3)$$

(৩) নং সমীকরণই হলো লেখচিত্রে প্রদর্শিত  $n$  মোল আদর্শ গ্যাসের প্রসারণের ক্ষেত্রে কৃতকাজের রাশিমালা।

**প্রমাণ:** প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে একটি সিলিন্ডারে ঘর্ষণহীন পিস্টন দ্বারা 2 গ্রাম হিলিয়াম আবস্থ আছে। চাপ প্রয়োগে হিলিয়ামের আয়তন অর্ধেক করা হলো।

ক. অন্তর্ম্মুখ শক্তি কাকে বলে?

১

খ. স্থির চাপে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা ও স্থির আয়তনে

২

ঘোলার তাপধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।

৩

গ. হিলিয়ামের আয়তন নির্ণয় কর।

৪

ঘ. সিলিন্ডারটি তাপ সুপরিবাহী ও চাপ ধীরে ধীরে প্রয়োগ করা

এবং সিলিন্ডারটি তাপ কুপরিবাহী ও চাপ দ্রুত প্রয়োগ করা হলে কোন ক্ষেত্রে বেশি শক্তি ব্যয় হবে উপর্যুক্ত

কারণসহ মতামত দাও।

৫

[অনুশীলনীর প্রথ ৬]

### ৭৩২ অধ্যের উত্তর

ক. বরুর অন্তর্ম্মুখ অগ্নি, পরমাণু ও মৌলিক কণাসমূহের রৈখিক গতি, স্পন্দন গতি ও ঘূর্ণন গতি এবং তাদের অধ্যকার বলের কারণে যে শক্তির উত্তর হয় তাকে অন্তর্ম্মুখ শক্তি বলে।

খ. কোনো গ্যাসের আয়তন স্থির রেখে তাপ প্রয়োগ করলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায়। একেতে শুধু তাপমাত্রা বাঢ়াতেই তাপের প্রয়োজন হয়। কিন্তু চাপ স্থির রেখে গ্যাসকে সম্পরিমাণ তাপ প্রদান করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে এবং বহিম্মুখ কাজ সম্পর হবে। একেতে তাপমাত্রা বাঢ়াতে ও প্রসারণশীল গ্যাস যে বাহ্যিক চাপের বিরুদ্ধে কাজ করে তার জন্য তাপ ব্যয় হবে। ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা পূর্বের মতো বৃদ্ধি পাবে না। অর্ধাং গ্যাসের সম্পরিমাণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পূর্বের চেয়ে অতিরিক্ত কিন্তু তাপ প্রয়োগ করতে হবে। এজন্য স্থির চাপে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা ও স্থির আয়তনে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা ভিন্ন।

গ. ধরি, হিলিয়াম গ্যাসের আয়তন  $V$

উচ্চীপকে হতে,

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

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

হিলিয়ামের ভর,  $m = 2 \text{ g}$

হিলিয়ামের আণবিক ভর,  $M = 4 \text{ g mol}^{-1}$

$$\text{হিলিয়ামের মোল সংখ্যা, } n = \frac{m}{M} = \frac{2 \text{ g}}{4 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$\therefore n = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{সার্বজনীন গ্যাস ধূবক, } R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

আমরা জানি,

$$PV = nRT$$

$$\text{বা, } V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0.5 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 273 \text{ K}}{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= 0.01 \text{ m}^3$$

সূতরাং হিলিয়াম গ্যাসের আয়তন  $0.01 \text{ m}^3$ ।

ঘ. সিলিন্ডারটি তাপ সুপরিবাহী ও চাপ ধীরে ধীরে প্রয়োগ করা হলে এবং সিলিন্ডারটি তাপ কুপরিবাহী ও চাপ দ্রুত প্রয়োগ করা হলে হিতীয় ক্ষেত্রে বেশি শক্তি ব্যয় হবে। নিচে উপর্যুক্ত কারণসহ মতামত প্রদান করা হলো—

প্রথম ক্ষেত্রে সিলিন্ডারটি তাপ কুপরিবাহী এবং চাপ ধীরে ধীরে প্রয়োগ করায় এতে সমোক্ষ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়। সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে গ্যাস পরিবেশে তাপ বর্জন করতে অথবা পরিবেশ হতে তাপ গ্রহণ করতে পারে। পরিবেশ হতে তাপ গ্রহণ বা বর্জনের ফলে তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না। এ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা অপরিবর্তিত অর্ধাং স্থির থাকে বলে সিস্টেমের অন্তর্ম্মুখ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না। এজন্য সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কোনো শক্তি ব্যয় হয় না।

অন্যদিকে হিতীয় ক্ষেত্রে সিলিন্ডারটি তাপ কুপরিবাহী এবং চাপ দ্রুত প্রয়োগ করা হয় বলে এতে বৃদ্ধতাপীয় পরিবর্তন সংঘটিত হয়।

পাত্রের দেয়াল কুপরিবাহী বলে সংকোচন বা প্রসারণের সময় গ্যাস পরিবেশকে তাপ দিতে বা পরিবেশ হতে তাপ গ্রহণ করতে পারে না।

ফলে তাপমাত্রার পরিবর্তন হয়। বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার পরিবর্তন হলেও এতে তাপের কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

ফলে তাপ স্থির থাকে অর্ধাং  $dQ = 0$  হয়।

তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,

$$dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } 0 = dU + dW$$

$$\text{বা, } dU = - dW \quad \dots \dots \dots (1)$$

(১) নং সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অন্তর্ম্মুখ শক্তির বিনিময়ে সংঘটিত হয়।

এখন  $0.5 \text{ mol}$  হিলিয়াম গ্যাসকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় প্রসারিত করলে শক্তির পরিবর্তন হবে  $dU = 0.5 \times C_V (T - 273)$



চিত্র-২ এর প্রক্রিয়াটি বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।

এখনে, চিত্র হতে,  $V_2 = 2V_1$  এবং  $T_1 = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}$

আমরা জানি, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

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

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

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^{1.4-1} \times T_1 = \left(\frac{1}{2}\right)^{0.4} \times 300 \text{ K} = 227.36 \text{ K}$$

$$\therefore T_2 = -45.64 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

অতএব,  $T_2$ -এর মান  $-45.64 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ।

য) চিত্র-১ এ  $T_1 = T_2$

অতএব, চিত্র-১ এর প্রক্রিয়াটি সমোক্ষ প্রক্রিয়া।

এখনে, মোলসংখ্যা,  $n = \frac{20}{32} = 0.625 \text{ mole}$

$$\therefore \text{চিত্র-১ অনুযায়ী কৃতকাজ, } W_1 = nRt_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 0.625 \times 8.314 \times 300 \times \ln \frac{2V_1}{V_1} \\ = 1080.53 \text{ J}$$

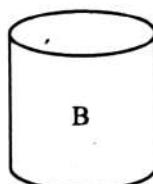
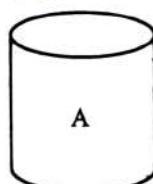
$$\text{চিত্র-২ অনুযায়ী কৃতকাজ, } W_2 = \frac{nR}{\gamma - 1} [T_1 - T_2]$$

$$\text{বা, } W_2 = \frac{0.625 \times 8.314}{1.4 - 1} (300 - 227.36) \text{ J} = 943.64 \text{ J}$$

অতএব,  $W_1 > W_2$  অর্থাৎ, চিত্র-১ অনুযায়ী কৃতকাজের পরিমাণ বেশি হবে।

 অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তরের জন্য  
সূজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

 A ও B পাত্রে যথাক্রমে  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ও  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার  $1 \text{ kg}$  করে পানি আছে।



A

B

ক. ইঞ্জিনের ক্ষমতা কী?

খ. বৃদ্ধতাপীয় লেখ সমোক্ষ লেখ অপেক্ষা  $\gamma$  গুণ খাড়া  
কেন- ব্যাখ্যা কর।

গ. A ও B কে ব্যবহার করে ইঞ্জিন তৈরি করা হলে  
সর্বাধিক দক্ষতা কৃত হবে নির্ণয় কর।

ঘ. A ও B পাত্রের পানি একত্রে মিশ্রিত করলে এন্ট্রপির  
কীবৃপ্ত পরিবর্তন হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১৫]

### ৭৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক) সরবরাহকৃত তাপের যতটুকু অংশ কোনো ইঞ্জিন কাজে বৃপ্তিরিত  
করতে পারে তাই ইঞ্জিনের ক্ষমতা।

খ) সমোক্ষ লেখের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা স্থির থাকা সাপেক্ষে চাপের  
পরিবর্তন থারে থারে সংঘটিত হয়। সমোক্ষ পরিবর্তনে ( $PV =$  ধ্রুবক),  
গ্যাস প্রয়োজনযোগ্যতা তাপ প্রার্থন বা বর্জন করে তাপমাত্রা স্থির রাখে।  
কিন্তু বৃদ্ধতাপীয় লেখের ক্ষেত্রে বৃদ্ধতাপীয় পরিবর্তনে ( $PV' =$  ধ্রুবক)  
তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে এবং চাপ পরিবর্তন খুব দুর্বল করতে হয় যাতে  
বাইরের সাথে তাপ আদান প্রদানের সুযোগ না থাকে। এর ফলে দেখা  
যায় যে, বৃদ্ধতাপীয় লেখ সমোক্ষ লেখ অপেক্ষা  $\gamma$  গুণ খাড়া হয়।

গ) A ও B কে ব্যবহার করে ইঞ্জিন তৈরি করা হলে

উৎসের তাপমাত্রা,  $T_A = A$  পাত্রের তাপমাত্রা  $= 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $= (100 + 273) \text{ K}$   
 $= 373 \text{ K}$

গ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T_B = B$  , , ,  $= 0 \text{ }^{\circ}\text{C} = (1 + 273) \text{ K}$   
 $= 273 \text{ K}$

ইঞ্জিনের সর্বাধিক দক্ষতা,  $\eta = ?$

আমরা জানি,

$$\eta = \left( \frac{T_A - T_B}{T_A} \right) \times 100\% \\ = \left( 1 - \frac{T_B}{T_A} \right) \times 100\% \\ = \left( 1 - \frac{273}{373} \right) \times 100\% \\ = \frac{100}{373} \times 100\% = 26.81\%$$

ঘ) এখনে, পানির ভর,  $m = 1 \text{ kg}$

A পাত্রের তাপমাত্রা,  $T_A = 100 \text{ }^{\circ}\text{C} = 373 \text{ K}$

B পাত্রের তাপমাত্রা,  $T_B = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$

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

A ও B পাত্রের পানি মিশ্রিত করলে মিশ্রিত ছড়ান্ত তাপমাত্রা  $= \theta$

A এর ক্ষেত্রে,

$100 \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার পানিকে  $\theta \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় আনতে নির্গত তাপ

$$Q_1 = mS\Delta\theta \\ = 1 \times 4200 (100 - \theta) = 4200 (100 - \theta)$$

আবার, B এর ক্ষেত্রে,

$0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার পানিকে  $\theta \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার পানিতে আনতে গৃহীত তাপ

$$Q_2 = mS\Delta\theta = 1 \times 4200 \times (\theta - 0) = 4200 \theta$$

ক্যালরিমিতির সূত্র মতে,

গৃহীত তাপ = নির্গত তাপ

$$\text{বা, } 4200 \theta = 4200 (100 - \theta)$$

$$\text{বা, } 4200 \theta = 4200 \times 100 - 4200 \times \theta$$

$$\text{বা, } 4200 \theta + 4200 \theta = 4200 \times 100$$

$$\text{বা, } 8400 \theta = 4200 \times 100$$

$$\text{বা, } \theta = \frac{4200 \times 100}{8400} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

অর্থাৎ, মিশ্রণের তাপমাত্রা,  $50 \text{ }^{\circ}\text{C} = 323 \text{ K}$

এখন,  $T_1$  তাপমাত্রার পানিকে  $T_2$  তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে  
এন্ট্রপির পরিবর্তন যদি  $dS$  হয় তবে,

$$dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mSdT}{T} \\ = mS \int_{T_1}^{T_2} dT = mS (\ln T_2 - \ln T_1)$$

তাহলে  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার পানিকে  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার পানিতে  
পরিণত করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_1 = 1 \times 4200 (\ln 323 - \ln 373) \\ = -604.49 \text{ J K}^{-1}; \text{ এক্ষেত্রে এন্ট্রপির হাস হয়}$$

আবার,  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার পানিকে  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার পানিতে পরিণত  
করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = 1 \times 4200 (\ln 323 - \ln 373) = 706.36 \text{ J K}^{-1}$$

এক্ষেত্রে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়।

## ড. শাহজাহান তপন, মুহম্মদ আজিজ হাসান ও ড. রানা চৌধুরী স্যারের বইয়ের অনুলিপনীর সংজ্ঞালী প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ৭৮** | বরফ তাপ শোষণ করে পানিতে পরিণত হয়। আবার সেই পানি থেকে সম্পরিমাণ তাপ সরিয়ে নিলে তা পুনরায় বরফে পরিণত হয়। তাপগতিবিদ্যায় এ প্রক্রিয়াটি হলো প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার একটি উদাহরণ।

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কী? ১

খ. প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার পার্থক্য নিম্নলিপি কর। ২

গ. একটি প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিন  $167^{\circ}\text{C}$  ও  $57^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় কার্যকর হলো এর দক্ষতা কত? ৩

ঘ. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার শর্ত আলোচনা করে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ কোন ধরনের প্রক্রিয়া-বিশ্লেষণ কর। প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার দুটি করে উদাহরণ দাও। ৪

(অনুলিপনীর প্রশ্ন ১)

### ৭৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সমুখগামী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতিস্থিতে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় সেই প্রক্রিয়াটিই হলো প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া ও অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য নিম্নলিপি :

প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া	অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া
১. এ প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করে এবং সমুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতিস্থিতে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত।	১. এ প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না।
২. কার্যনির্বাহক বস্তু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসে।	২. কার্যনির্বাহক বস্তু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসতে পারে না।
৩. এটি অতি ধীরে প্রক্রিয়া।	৩. এটি একটি দুর্ত প্রক্রিয়া।
৪. এটি স্বতঃস্ফূর্ত প্রক্রিয়া নয়।	৪. সকল অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়াই স্বতঃস্ফূর্ত ও একমুখী।

ক. ধরি, ইঞ্জিনটির সর্বাধিক দক্ষতা  $\eta$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \eta = \left(1 - \frac{330 \text{ K}}{440 \text{ K}}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } \eta = (1 - 0.75) \times 100\%$$

$$\text{বা, } \eta = 0.25 \times 100\%$$

$$\therefore \eta = 25\%$$

সুতরাং, ইঞ্জিনটির সর্বাধিক দক্ষতা হবে  $25\%$ ।

ঘ. ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ একটি প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার শর্তসমূহ :

১. প্রতিটি স্থানে কার্যনির্বাহক বস্তুর চাপ ও তাপমাত্রার সাথে পরিপর্বের চাপ ও তাপমাত্রার পার্থক্য কম হবে।

২. যদ্দের ক্ষেত্রে সকল যদ্দের সকল অংশ ঘর্ষণমুক্ত হতে হবে।

৩. পরিবহন বা বিকিরণের কারণে শক্তির অপচয় রোধ করতে হবে।

৪. সমস্ত প্রক্রিয়াটিই খুব ধীরে ধীরে সম্পাদিত হতে হবে।

প্রকৃতপক্ষে কোনো পরিবর্তনই সম্পূর্ণরূপে প্রত্যাবর্তী নয়। ঘর্ষণ, পরিবহন এবং বিকিরণের কারণে কিছু পরিমাণ তাপ ক্ষয় হয়ে থাকে।

বিবরণ : প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার শর্তসমূহ হতে দেখা যাচ্ছে— যেখানে সকল প্রক্রিয়া ঘর্ষণ মুক্ত থাকতে হবে। কিন্তু ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজে ঘর্ষণ দিয়েই সম্পাদিত হচ্ছে। আবার এ ঘর্ষণের ফলে শক্তির অপচয় হচ্ছে। যেমন— ঘর্ষণ বলের দ্বারা ঘর্ষণ প্রাপ্ত তাপের উভব হয়। এক্ষেত্রে যে তাপ উৎপন্ন হয় তাকে কোনোভাবেই কাজে বৃপ্তিরিত করা যায় না। অতএব, ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ একটি প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার উদাহরণ : প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার দুটি উল্লেখযোগ্য উদাহরণ হলো—

১. ধরি, সিলিন্ডারের মধ্যে একটি পিস্টন ঘর্ষণমুক্ত অবস্থায় চলাচল করতে পারে। সিলিন্ডারের মধ্যে একটি গ্যাস দেওয়া হলো। পিস্টন দ্বারা গ্যাসকে সমোক্ষ প্রক্রিয়া ধীরে ধীরে সংশ্লিষ্ট করলে, পিস্টন গ্যাসের উপর কিছু কার্য সম্পাদন করে। এবার ধীরে ধীরে গ্যাস দ্বারা সম্পরিমাণ কার্য সম্পাদিত হলে, গ্যাস প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসবে। সুতরাং এ ক্ষেত্রে সমস্ত প্রক্রিয়াটি প্রত্যাবর্তী। অর্ধাং সমোক্ষ প্রক্রিয়া খুব ধীরে ধীরে সংঘটিত হয় বলে এটি প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া হবে।

২. বরফ নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপ শোষণ করে পানিতে পরিণত হয়। আবার ঐ পানি একই পরিমাণ তাপ বর্জন করলে আগের মতো বরফে বৃপ্তিরিত হবে। অতএব এ প্রক্রিয়া প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার উদাহরণ : সকল প্রাকৃতিক প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাবর্তী। অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার দুটি উল্লেখযোগ্য উদাহরণ হলো—

১. ভিন্ন তাপমাত্রার দুটি বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে স্থাপন করলে, উচ্চ তাপমাত্রার বস্তুর থেকে তাপ নিয়ে নিয়ন্তাপমাত্রার বস্তুতে সঞ্চালিত হবে। কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রার বস্তু থেকে তাপ উচ্চ তাপমাত্রার বস্তুতে সঞ্চালিত হবে না। অতএব, এটি অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

২. বৈদ্যুতিক রোধকের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তাপ স্থান হয়। এটি অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

**প্রশ্ন ৭৯** | নানা রকম শক্তির মধ্যে তাপশক্তির একটা বিশেষত্ব এই যে, অন্য সব রকম শক্তি সহজেই এবং অনেক সময় স্বতঃস্ফূর্তভাবেই তাপে পরিণত হয়, কিন্তু তাপ অতি সহজে অন্য শক্তিতে বৃপ্তিরিত হতে চায় না। তাপ শক্তিকে অন্য শক্তিতে বৃপ্তিরের জন্য যত্নের প্রয়োজন। এই যত্নের নাম তাপ ইঞ্জিন। এদের মধ্যে আদর্শ ইঞ্জিন হলো কার্নো ইঞ্জিন।

ক. কার্নো ইঞ্জিন কাকে বলে? ১

খ. প্রমাণ কর যে, কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা,  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$  ২

গ. একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের উষ্ণতা  $400\text{ K}$ । এই উষ্ণতায় উৎস থেকে  $840\text{ J}$  তাপ গ্রহণ করে এবং গ্রাহকে  $630\text{ J}$  তাপ বর্জন করেছে। গ্রাহকের তাপমাত্রা কত? ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা কত? ৩

ঘ. “কার্নো ইঞ্জিন একটি আদর্শ ইঞ্জিনের ধারণা মাত্র— বাস্তবে এর বৃপ্তির স্তর হয়নি”— মুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

(অনুলিপনীর প্রশ্ন ২)

### ৭৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তাপ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তিরিত করার জন্য কার্নো সকল দোষত্বমুক্ত যে আদর্শ ইঞ্জিনের পরিকল্পনা করেন তাকে কার্নো ইঞ্জিন বলে।

ঘ. যদি ইঞ্জিন প্রতি চক্রে তাপ উৎস থেকে  $Q_1$  পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে, এবং তাপ গ্রাহকে  $Q_2$  পরিমাণ তাপ বর্জন করে, তাহলে ইঞ্জিনের দক্ষতা,

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \text{ বা, } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} [\because W = (Q_1 - Q_2)]$$

কার্নো ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,  $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$$\therefore \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

শতকরা হিসাবে,  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$  (প্রমাণিত)

**গ** আমরা জানি,

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

$$= \frac{840 - 630}{840} \times 100\% = 25\%$$

$$\text{এখানে, } T_1 = 400 \text{ K}$$

$$Q_2 = 630 \text{ J}$$

$$Q_1 = 840 \text{ J}$$

$$T_2 = ? ; \eta = ?$$

আবার, কার্নো ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$$\therefore T_2 = \frac{T_1 \times Q_2}{Q_1} = \frac{400 \times 630}{840} = 300 \text{ K}$$

**ঘ** কার্নোর ইঞ্জিনকে সকল দোষত্বটি মুক্ত করতে আদর্শ তাপ অপরিবাহী পদার্থের তৈরি সিলিন্ডার-পিস্টন ব্যবস্থায় কার্যকর পদার্থ আবশ্যিক কিন্তু তলা আদর্শ তাপ পরিবাহী পদার্থে তৈরি বলা হয়েছে। আরও বলা হয়েছে অসীম তাপ ধারকত্বের দুটি তাপাধার ও একটি আদর্শ অপরিবাহী পদার্থের তৈরি পাটাতনের কথা। বাস্তবে এর কোনোটিই পাওয়া সম্ভব নয়।

এছাড়াও কার্নো ইঞ্জিন চারটি ধাপে একটি চক্র সম্পন্ন করে। দুটি সমোক্ষ প্রক্রিয়া ও দুটি বৃৰূপতাপীয় প্রক্রিয়া। প্রতিটি ধাপই প্রত্যাবর্তী। আমরা জানি, প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া ব্যতৃত নয়। প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া ঘটানো যায়, নিজে নিজে ঘটে না। কার্নো ইঞ্জিনের প্রথম ধাপে  $T_1$  তাপমাত্রার কর্যকর পদার্থকে  $T_1$ , তাপমাত্রার উৎসের ওপর রেখে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় প্রসারিত করা হয়েছে। এতে কার্যকর পদার্থ উৎস থেকে  $Q_1$  তাপ গ্রহণ করছে। আমরা জানি, তাপ উচ্চ তাপমাত্রার ক্ষেত্র থেকে নিম্ন তাপমাত্রার ক্ষেত্রে প্রবাহিত হয়। কিন্তু এখানে একই তাপমাত্রার দুটি বস্তুর মধ্যে তাপের আদান-প্রদানের মাধ্যমে কার্যকর পদার্থের প্রসারণ দেখানো হয়েছে, যা ব্যতৃত নয়। কার্যকর পদার্থকে প্রসারিত করা হলেই কেবলমাত্র উৎস থেকে কার্যকর পদার্থ তাপ গ্রহণ করতে পারে। একইভাবে কার্যকর পদার্থকে সংকোচন ও প্রসারণ ঘটিয়ে এর প্রতিটি ধাপ সম্পন্ন করা যাবে, ইঞ্জিন নিজ থেকে এটি কখনোই করতে পারবে না। তাই কার্নোর ইঞ্জিন কখনোই বাস্তবে বৃপ্ত দেওয়া সম্ভব হবে না।

**প্রয়োজনীয় ৮০** মনে কর এক কাপ গরম চা তুমি হাতে ধরে আছ। ধীরে ধীরে তোমার হাত গরম হতে থাকবে আর চায়ের কাপ ঠাণ্ডা হতে থাকবে। কিন্তু কখনোই এ ঘটনার উল্লেখ ঘটনা ঘটে না। অর্থাৎ কখনোই তোমার হাত আরও ঠাণ্ডা হতে, চায়ের কাপ আরও গরম হতে শুরু করে না। যদিও এই ছিতীয় ঘটনাটি ও তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র বা শক্তির সংরক্ষণ সূত্র মেনে চলে, তবুও এ ঘটনা বাস্তবে ঘটে না। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, কোনো একটি বিশেষ প্রক্রিয়া ঘটবে কিনা সে ব্যাপারে সিদ্ধান্ত নেওয়ার জন্য তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র যথেষ্ট নয়।

**ক.** উপরোক্ত ব্যাপারে সিদ্ধান্ত নেওয়ার জন্য কোন সূত্রের দরকার? ১  
**খ.** তাপ ইঞ্জিন কাকে বলে? এর দক্ষতা বলতে কী বোঝায়  
তা ব্যাখ্যা কর। ২

**গ.** একটি ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে  $600 \text{ K}$  তাপমাত্রায়  $2.56 \times 10^6 \text{ J}$  তাপশক্তি গ্রহণ করে এবং নিম্ন তাপমাত্রায় তাপাধারে ৫.১২ × 10<sup>5</sup> J তাপশক্তি বর্জন করে। নিম্নতাপমাত্রার তাপাধারের তাপমাত্রা ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

**ঘ.** তাপগতিবিদ্যার ছিতীয় সূত্রকে বিজ্ঞানী কার্নো, ক্লিসিয়াস, প্লাইক ও কেলভিন কীভাবে বিবৃত করেছেন বর্ণনা কর। ৪

## ৮০নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** উপরোক্ত ব্যাপারে সিদ্ধান্ত নেওয়ার জন্য তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রের দরকার।

**খ.** যে যন্ত্রের সাহায্যে তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত করা হয় তাকে তাপ ইঞ্জিন বা তাপীয় ইঞ্জিন বলে।

ইঞ্জিন একটি চক্রে যে পরিমাণ তাপকে কাজে পরিণত করে এবং তাপ উৎস হতে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে, এদের অনুপাতকে ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে। ইঞ্জিনের দক্ষতাকে  $\eta$  হারা প্রকাশ করা হয়।

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

$$\text{এখানে, } T_1 = \text{উৎসের তাপমাত্রা}$$

$$T_2 = \text{তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা।}$$

ইঞ্জিনের দক্ষতাকে সবসময় শুক্রকরায় প্রকাশ করা হয়।

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

$$\text{গৃহিত তাপশক্তি, } Q_1 = 2.56 \times 10^6 \text{ J}$$

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

$$\text{নিম্ন তাপমাত্রার তাপথারের তাপমাত্রা, } T_2 = ?$$

$$\text{এবং ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta = ?$$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{5.12 \times 10^5}{2.56 \times 10^6} = \frac{T_2}{600}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{600 \times 5.12 \times 10^5}{2.56 \times 10^6}$$

$$\therefore T_2 = 120 \text{ K}$$

আমরা জানি,

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

$$= \left(1 - \frac{120}{600}\right) \times 100\% = 80\%$$

অতএব, নিম্ন তাপমাত্রার তাপাধারের তাপমাত্রা  $120 \text{ K}$

এবং ইঞ্জিনের দক্ষতা  $80\%$ ।

**ঘ** কার্নোর বিবৃতি : কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপশক্তিকে সম্পূর্ণভাবে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তান্তর করার মতো যন্ত্র তৈরি সম্ভব নয়। অর্থাৎ তাপকে কখনই সম্পূর্ণরূপে কাজে বৃপ্তান্তর করা সম্ভব নয়।

ক্লিসিয়াসের বিবৃতি : বাইরের কোনো শক্তির সাহায্য ছাড়া কোনো ব্যক্তিগত যন্ত্রের পক্ষে নিম্ন তাপমাত্রার কোনো বস্তু হতে উচ্চ তাপমাত্রার কোনো বস্তুতে তাপের স্থানান্তর সম্ভব নয়। এই সূত্র থেকে বুঝা যায়, উক্ততর বস্তু হতে শীতলতার বস্তুতে তাপ ব্যতৃত ভাবে প্রবাহিত হতে পারে। যেমন— রেক্রিজারেটর বাইরের শক্তির সাহায্য ছাড়া কাজ করতে পারে না। ঘটনাটি ঘারা ক্লিসিয়াস প্রদত্ত তাপগতিবিদ্যার ছিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

প্লাইকের বিবৃতি : কোনো তাপ উৎস হতে অনবরত তাপ শোষণ করবে এবং তা সম্পূর্ণরূপে কাজে বৃপ্তান্তর হবে এবং একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করা সম্ভব নয়।

কেলভিনের বিবৃতি : কোনো বস্তুকে এর পারিপার্শ্বকের চেয়ে অধিকতর শীতল করে শক্তির অবিবাহ সরবরাহ পাওয়া সম্ভব নয়। অথবা তাপকে সম্পূর্ণরূপে একটি চক্রের মাধ্যমে কাজে বৃপ্তান্তর করা যায় না। কেলভিনের বিবৃতির ইতিবাচক দিকটি এই যে, তাপকে কাজে পরিণত করা যায় ততক্ষণ পর্যন্ত যতক্ষণ পর্যন্ত সে বস্তু হতে তাপ গ্রহণ করা যায়।

**ক** একটি কার্নো ইঞ্জিনে  $27^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সমোক্ষ প্রসারণে কার্যনির্বাহী বন্ধুর আয়তন ছিগুণ হয়। এরপর বৃুদ্ধতাপীয় প্রসারণেও আয়তন ছিগুণ হয়। কার্যনির্বাহী বন্ধু হিসেবে  $5 \text{ mol}$  নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহার করা হয়। নাইট্রোজেনের জন্য  $\gamma = 1.4$ ।

- ক.** এন্ট্রপি কাকে বলে? ১
- খ.** সমোক্ষ রেখা ও বৃুদ্ধতাপীয় রেখার মধ্যে কোনটি বেশি খাড়া? কেন? ২
- গ.** উচ্চীপকে বর্ণিত সমোক্ষ প্রসারণে কৃত কাজ হিসাব কর। ৩
- ঘ.** উচ্চীপকে বর্ণিত ইঞ্জিনের দক্ষতা  $25\%$  এর চেয়ে বেশি হওয়া সম্ভব কি-না গাণিতিকভুক্তির সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪]

### ৮১নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** **বৃুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বন্ধুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।**

**খ** **বৃুদ্ধতাপীয় রেখা ও সমোক্ষ রেখার মধ্যে বৃুদ্ধতাপীয় রেখাটি বেশি খাড়া।**

আমরা জানি, একটি রেখা কত খাড়া সেটি বোঝা যায় রেখাটির ঢাল তথা অনুভূমিক অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ দ্বারা। যে রেখা যত বেশি খাড়া তার ঢাল তত বেশি।  $PV$  লেখচিত্রের কোনো বিন্দুতে ঢাল পরিমাপ করা হয় ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক  $\gamma$ -অক্ষের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার ট্যানজেন্ট অর্থাৎ  $\frac{dP}{dV}$  দ্বারা। বৃুদ্ধতাপীয় রেখার  $\frac{dP}{dV}$  এর মান সমোক্ষ রেখার চেয়ে বেশি তাই বৃুদ্ধতাপীয় রেখা সমোক্ষ রেখার চেয়ে বেশি খাড়া।

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

কার্যনির্বাহ বন্ধুর প্রাথমিক আয়তন,  $V_1 = V$

" " শেষ . ."  $V_2 = 2V$

$$R = 8.31 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

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

$$= RT \ln \frac{2V}{V}$$

$$= 8.31 \times 300 \times \ln(2)$$

$$= 1728.02 \text{ J}$$

অতএব, সমোক্ষ প্রসারণে কৃতকাজ  $1728.02 \text{ J}$ ।

**ঘ** এখানে, তাপমাত্রা,  $T_1 = 27^{\circ}\text{C} = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$

প্রাথমিক আয়তন,  $V_1 = V$  [ধরে]

শেষ আয়তন,  $V_2 = 2V$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা,  $T_2 = ?$

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

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

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

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{V}{2V}\right)^{1.4-1} \times 300 = 227.36 \text{ K}$$

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

$$= \left(1 - \frac{227.36}{300}\right) \times 100\%$$

$$= 24.21\%$$

অতএব, উচ্চীপক অনুযায়ী কার্নোর ইঞ্জিনের দক্ষতা  $24.21\%$ । তাই বর্ণিত ইঞ্জিনের দক্ষতা  $25\%$  এর চেয়ে বেশি হওয়া সম্ভব না।

**ক** শাহীন ও মিনা দুটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করলো। ইঞ্জিন দুটির উচ্চ তাপমাত্রা যথাক্রমে  $1200^{\circ}\text{C}$  ও  $1100^{\circ}\text{C}$  এবং নিম্ন তাপমাত্রা যথাক্রমে  $700^{\circ}\text{C}$  ও  $600^{\circ}\text{C}$ । কার ইঞ্জিন বেশি দক্ষ তা নিয়ে তর্ক লেগে গেল। এর সমাধানের জন্য তারা পদার্থবিজ্ঞানের শিক্ষক প্রফেসর আহমদের কাছে গেলে তিনি তর্কের সমাধান করে দিলেন।

**ক.** তাপ ইঞ্জিন কী?

**খ.** এন্ট্রপি বলতে কী বুঝা?

**গ.** মিনা এর ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

**ঘ.** প্রফেসর আহমদ কীভাবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এই তর্কের সমাধান করেছিলেন? – ব্যাখ্যা কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

### ৮২নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে যন্ত্রের সাহায্যে তাপ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তিরিত করা হয় তাকে তাপীয় ইঞ্জিন বলে।

**খ** **বৃুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বন্ধুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।**

কোনো একটি সিস্টেমের তাপমাত্রা সাপেক্ষে গৃহীত বা বর্জিত তাপের পরিবর্তনের হার দ্বারা এন্ট্রপি পরিমাপ করা হয়।

যদি কোনো সিস্টেম  $T$  ধূর তাপমাত্রায়  $dQ$  পরিমাপ তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে, তাহলে এন্ট্রপির পরিবর্তন,  $dS = \frac{dQ}{T}$

তাপ স্থির থাকলে,  $dS = \frac{dQ}{T} = 0$ ;

অর্থাৎ বৃুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির কোনো পরিবর্তন হয় না।

তাপমাত্রা স্থির না থাকলে বা কোনো বৃহৎ পরিবর্তনের জন্য,

$$dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = 0$$

এন্ট্রপি পরিবর্তনের একক S.I পদ্ধতিতে,  $\text{JK}^{-1}$ ।

**ঘ** এখানে, মিনার তৈরি ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 1100^{\circ}\text{C}$

$$= (1100 + 273) \text{ K} = 1373 \text{ K}$$

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

দক্ষতা,  $\eta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{873}{1373}\right) \times 100\%$$

অতএব, মিনা এর ইঞ্জিনের দক্ষতা  $36.42\%$

**ঘ** এখানে, মিনা এর ইঞ্জিনের দক্ষতা  $\eta = 36.42\%$  [গ নং থেকে প্রাপ্ত] আবার, শাহীন এর তৈরি ইঞ্জিনের,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1' = 1200^{\circ}\text{C} = (1200 + 273) \text{ K} = 1473 \text{ K}$

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T_2' = 700^{\circ}\text{C} = (700 + 273) \text{ K} = 973 \text{ K}$

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

$$= \left(1 - \frac{973}{1473}\right) \times 100\% = 33.94\%$$

এখানে,  $\eta > \eta'$

অর্থাৎ, মিনা এর ইঞ্জিনের দক্ষতা বেশি।

অতএব, আমরা বলতে পারি প্রফেসর আহমদ উভয় ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয়ের মাধ্যমে তর্কের সমাধান করেছিলেন।

## ১০ তকাজল, মহিউল্লিস, নীলুকার, হুমায়ুন ও আতিকুর স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

**ব্যবস্থা** কোনো ব্যবস্থা (System) কর্তৃক গৃহীত তাপের কিছু অংশ ব্যয় হয় অন্তঃস্থ শক্তি অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে এবং বাকি অংশ ব্যয় হয় বহিঃস্থ কাজ সম্পাদনে।

পিষ্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারে কিছু গ্যাস আবস্থ আছে। গ্যাসের চাপ 200 Pa স্থির রেখে সিস্টেমে ধীরে ধীরে 1200 J তাপশক্তি সরবরাহ করায় 800 J কাজ সম্পাদিত হয়।

ক. অন্তঃস্থ শক্তি কাকে বলে?

খ. ব্যবস্থার অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তনে বহিঃস্থ কাজের প্রভাব আছে কি? থাকলে তা কী রকম?

গ. উদ্ধীপকে উল্লেখিত গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কতটুকু?

ঘ. ব্যবস্থা সমোক্ষ প্রক্রিয়াধীন হলে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কী হবে? গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে দেখাও যে, সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় ব্যবস্থা কর্তৃক বহিঃস্থ কাজ সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান।

(অনুশীলনীর প্রশ্ন ১)

### ৮৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বস্তুর অভ্যন্তরস্থ অণু, পরমাণু ও মৌলিক কণাসমূহের রৈখিক গতি, স্পন্দন গতি ও ঘূর্ণনগতি এবং তাদের মধ্যকার বলের কারণে উচ্চত শক্তিকেই অন্তঃস্থ শক্তি বলে।

খ. ব্যবস্থার অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তনে বহিঃস্থ কাজের প্রভাব আছে। বাহ্যিক কাজ সম্পাদিত হলে বস্তুর অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পায়। তবে এ অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি শুধুমাত্র ব্যবস্থার প্রাথমিক ও চূড়ান্ত অবস্থার উপর নির্ভর করে। কোন পথে ব্যবস্থাটি চূড়ান্ত অবস্থায় পৌছাল তার উপর নির্ভর করে না। অর্থাৎ গ্যাস যদি কোনো ব্যবস্থার বস্তু হয় তবে গ্যাসের উপর কাজ সম্পাদিত হলে অর্থাৎ গ্যাস সংন্মিত হলে অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পায়।

গ. ধরি, গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন  $\Delta V$

এবং গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন  $\Delta U$

আমরা জানি,

$$\Delta W = P \Delta V$$

$$\text{বা, } \Delta V = \frac{\Delta W}{P} = \frac{800 \text{ J}}{200 \text{ Pa}} = 4 \text{ m}^3$$

সুতরাং, গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন  $4 \text{ m}^3$ ।

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

$$\text{বা, } \Delta U = \Delta Q - \Delta W = 1200 \text{ J} - 800 \text{ J} = 400 \text{ J}$$

সুতরাং, গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন  $400 \text{ J}$ ।

ঘ. ব্যবস্থা সমোক্ষ প্রক্রিয়াধীন হলে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন হবে না। কারণ সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে অর্থাৎ তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না। তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না বলে অন্তঃস্থ শক্তিরও পরিবর্তন হবে না।

সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় ব্যবস্থা কর্তৃক বহিঃস্থ কাজ সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে এটি নিচে দেখানো হলো—

যে পরিবর্তনে তাপমাত্রা সর্বদা স্থির থাকে তাকে সমোক্ষ পরিবর্তন বলে। স্থির তাপমাত্রায় যদি কোনো গ্যাসকে প্রসারিত বা সঞ্চুটিত করা হয় তবে সেই পরিবর্তনকে সমোক্ষ প্রসারণ বা সমোক্ষ সঞ্চোচন বলে এবং যে প্রক্রিয়ায় এ পরিবর্তন ঘটে তাকে সমোক্ষ প্রক্রিয়া বলে। উদ্ধীপকের ব্যবস্থার ক্ষেত্রে ব্যবস্থা কর্তৃক গৃহীত তাপের কিছু অংশ ব্যয় হয় অন্তঃস্থ শক্তি অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে এবং বাকি অংশ ব্যয় হয় বহিঃস্থ কাজ সম্পাদনে। কিছু সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে  $\Delta T = 0$  হয়। ফলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ  $\Delta U = 0$ ।

তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি,

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W = 0 + \Delta W = \Delta W$$

উদ্ধীপক অনুসারে, সিলিন্ডারের 1200 J তাপশক্তি সরবরাহ করা হয়। সেক্ষেত্রে,  $\Delta Q = 1200 \text{ J}$ ।

$$\therefore \Delta W = \Delta Q = 1200 \text{ J}$$

অর্থাৎ, উপরের আলোচনা হতে বলা যায় সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় ব্যবস্থা কর্তৃক বহিঃস্থ কাজ সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান।

**প্রশ্ন ৮৪।** একটি প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার মাধ্যমে কার্নো ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহক পদার্থকে কয়েকটি প্রক্রিয়ায় কার্য সম্পাদন শেষে আবি অবস্থায় ফিরিয়ে আনা হয়। এ কার্যক্রমকে কার্নো চক্র বলা হয়। কার্যনির্বাহক বস্তু উৎস থেকে তাপ গ্রহণ করে। কিন্তু তাপ কাজে বৃপ্তস্থিত হয়। অবশিষ্ট তাপ গ্রাহকে বর্জিত হয়। একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে  $500 \text{ K}$  ও  $375 \text{ K}$  ইঞ্জিনটি প্রতিচক্রে  $252 \times 10^4 \text{ J}$  তাপ শোষণ করে।

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কাকে বলে?

খ. উদাহরণসহ প্রত্যাগামী ও অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার পার্থক্য উল্লেখ কর।

গ. উদ্ধীপকে উল্লেখিত কার্নো ইঞ্জিনের প্রতি চক্র (i) কাজের পরিমাণ ও বর্জিত তাপের পরিমাণ নির্দিষ্ট কর।

ঘ. দেখাও যে, চক্র প্রক্রিয়ায় শোষিত তাপ বহিঃস্থ কাজের সমান।

(অনুশীলনীর প্রশ্ন ২)

### ৮৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করে এবং সমুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ায় প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় সেই প্রক্রিয়াকে প্রত্যাবর্তী বা প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ. প্রত্যাগামী ও অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার পার্থক্য নিম্নরূপ :

প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া	অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া
১। এ প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করে এবং সমুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ায় প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের পরিমাণ সমান ও বিপরীত।	১। এ প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না।
২। এটি একটি ধীর প্রক্রিয়া।	২। এটি একটি দৃত প্রক্রিয়া।
৩। এটি স্বতঃস্ফূর্ত প্রক্রিয়া নয়।	৩। সকল অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত ও একমুখী।

গ. আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{375}{500} = \frac{Q_2}{252 \times 10^4}$$

$$\text{বা, } Q_2 = \frac{375 \times 252 \times 10^4}{500}$$

$$\therefore Q_2 = 1.89 \times 10^6 \text{ J}$$

আবার, আমরা জানি,  $W = Q_1 - Q_2$

$$= 252 \times 10^4 - 1.89 \times 10^6 = 6.3 \times 10^5 \text{ J}$$

অতএব, কাজের পরিমাণ  $6.3 \times 10^5 \text{ J}$  এবং বর্জিত তাপের পরিমাণ  $1.89 \times 10^6 \text{ J}$ ।

ঘ. আমরা জানি, কার্নো চক্রে প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার মাধ্যমে কার্যনির্বাহ বস্তু উৎস থেকে তাপ গ্রহণ করে নির্দিষ্ট চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রা হতে আরুভ করে একটি সমোক্ষ প্রসারণ ও একটি স্বৃত্ততাপীয় প্রসারণ এবং একটি সমোক্ষ সংকোচন ও একটি স্বৃত্ততাপীয় সংকোচনের মাধ্যমে তাপের কিছু অংশ কাজে স্বৃত্তস্থিত করে এবং বাকি অংশ তাপগ্রাহকে বর্জন করে আবি অবস্থায় ফিরে আসে।

কানোর ইঞ্জিন তাপকে কাজে পরিগত করতে কার্যকর বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ  $dU = 0$ । তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,

$$dQ = dU + dW$$

$$\therefore dQ = dW \therefore dU = 0$$

অতএব, বলা যায় চক্র প্রক্রিয়ায় শোষিত তাপ বহিঃস্থ কাজের সমান।

**প্রয়োজন** পদার্থবিজ্ঞানের জনৈক শিক্ষক বোর্ডে লিখলেন— শক্তি সবসময় উত্তপ্ত বস্তু থেকে শীতল বস্তুর দিকে প্রবাহিত হয় এবং আরও লিখলেন যে, একটি আদর্শ প্রভাবতী ইঞ্জিন  $127^{\circ}\text{C}$  ও  $27^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার মধ্যে কাজ করে।

**ক.** উচ্চিপক্ষের প্রথম অংশের উক্তিটি তাপগতিবিদ্যার কোন

সূত্র বর্ণনা করে?

**খ.** এন্ট্রপির সাথে শক্তি প্রবাহের সম্পর্ক কী?

১

**গ.** উচ্চিপক্ষের রচিতায় অংশে উল্লেখিত ইঞ্জিনের দক্ষতা কত?

২

**ঘ.** কোনো তাপগতীয় সিস্টেমে তাপ সরবরাহ ছাড়া

ঢ

তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা কি সম্ভব? —ব্যাখ্যা কর।

৪

[অনুলিঙ্গনীয় প্রশ্ন ৩]

### ৮৫নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** উচ্চিপক্ষের প্রথম অংশের উক্তিটি তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র বর্ণনা করে।

**খ.** কোনো সিস্টেমের শক্তির বৃপ্তিরের অক্ষমতার পরিমাপ হলো এন্ট্রপি। এন্ট্রপির সাথে শক্তির প্রবাহের সম্পর্ক এইরূপ : শক্তি এমন দিকে এবং এমনভাবে প্রবাহিত হবে যাতে এন্ট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পায়।

**গ.** আমরা জানি,

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

$$= 1 - \frac{300}{400} = 0.25 = 25\%$$

অতএব, ইঞ্জিনের দক্ষতা 25%

এখানে, উৎসের তাপমাত্রা,

$$T_1 = 127^{\circ}\text{C}$$

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

প্রাইকের তাপমাত্রা,

$$T_2 = 27^{\circ}\text{C}$$

$$= (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$$

**ঘ.** আমরা জানি, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \dots \dots \dots \text{(i)}$$

এখানে,  $\Delta Q$  = সিস্টেমে প্রদত্ত বা সিস্টেমে কর্তৃক বর্জিত তাপ

$\Delta U$  = অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন।

$$\Delta W = \text{সিস্টেম দ্বারা বা সিস্টেমের উপর কৃতকাজ।}$$

কোনো সিস্টেমে তাপ সরবরাহ না করা হলে অথবা বৃন্দতাপীয় পরিবর্তনের ক্ষেত্রে  $\Delta Q = 0$  সেক্ষেত্রে,

(i) নং হতে পাই,  $\Delta U + \Delta W = 0$

$$\therefore \Delta U = -\Delta W \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

এখন সিস্টেমের উপর বাইরে হতে কাজ করে আয়তন সংকুচিত করা হলে  $\Delta W$  হবে ঝণ্ডাক সেক্ষেত্রে (ii) নং অনুসারে  $\Delta U$  ধন্যাত্মক হবে।

অর্থাৎ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি তখা তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে। সুতরাং কোনো তাপগতীয় সিস্টেমে তাপ সরবরাহ ছাড়া এর অপমাত্রা বৃদ্ধি করা সম্ভব। সেক্ষেত্রে সিস্টেমের উপর বাইরে থেকে এজেন্ট দ্বারা কাজ করতে হবে।

**প্রয়োজন** কিছু আদর্শ গ্যাস একটি সিলিন্ডারে আবস্থ অবস্থায় আছে এবং সিলিন্ডারটি কুপরিবাহী পদার্থ দ্বারা পরিবেষ্টিত গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন  $4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , চাপ  $1.013 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$  এবং তাপমাত্রা  $25^{\circ}\text{C}$ , গ্যাসকে সংলয়িত করে আয়তন  $2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  হল এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেল।

**ক.** বৃন্দতাপ প্রক্রিয়া কী?

১

**খ.** এই প্রক্রিয়াকে সম-এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বলা হয় কেন?

২

**গ.** গ্যাসের চূড়ান্ত চাপ ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ( $\gamma = 1.4$ )

৩

**ঘ.** বৃন্দতাপ সংলয়নে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন

ঘৃতিসহ ব্যাখ্যা কর।

৪

[অনুলিঙ্গনীয় প্রশ্ন ৫]

### ৮৬নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** যে তাপ গতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

**খ.** উচ্চিপক্ষের প্রক্রিয়ায় কুপরিবাহী পদার্থের তৈরি সিলিন্ডারটি আবস্থ অবস্থায় আছে। অর্থাৎ এতে তাপের আদান-প্রদান ঘটে না। ফলে প্রক্রিয়াটি হলো বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়া। একেতে  $dQ = 0$

আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } 0 = dU + dW$$

$$\text{বা, } dW = -dU$$

অর্থাৎ বৃন্দতাপীয় প্রসারণের বেলায় ব্যবস্থা যতটুকু বহিঃস্থ কাজ করে ব্যবস্থার অন্তর্ম্মশশক্তি ততটুকু কমে যায়। এজন্য একেতে এন্ট্রপি স্থির থাকে। তাই উপরোক্ত প্রক্রিয়াটিকে সম-এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বলা হয়।

**গ.** এখানে, গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন,  $V_1 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

প্রাথমিক চাপ,  $P_1 = 1.103 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$

প্রাথমিক তাপমাত্রা,  $T_1 = 25^{\circ}\text{C} = (25 + 273) \text{ K} = 298 \text{ K}$

$$\gamma = 1.4$$

$$\text{চূড়ান্ত আয়তন, } V_2 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{চূড়ান্ত চাপ, } P_2 = ?$$

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা, } T_2 = ?$$

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

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

$$\text{বা, } \frac{1.103 \times 10^5}{P_2} = \left(\frac{2 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-4}}\right)^{1.4}$$

$$\text{বা, } \frac{1.103 \times 10^5}{P_2} = \left(\frac{1}{2}\right)^{1.4}$$

$$\text{বা, } \frac{1.103 \times 10^5}{P_2^2} = \frac{1}{2^{1.4}}$$

$$\text{বা, } P_2 = 1.103 \times 10^5 \times 2^{1.4}$$

$$\text{বা, } P = 2.91 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

আবার, আমরা জানি,

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

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

$$= \left(\frac{4 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-4}}\right)^{1.4-1} \times 298$$

$$= 393.21 \text{ K}$$

$$= (393.21 - 273)^\circ\text{C}$$

$$= 120.21^\circ\text{C}$$

অতএব, গ্যাসের চূড়ান্ত চাপ ও তাপমাত্রা যথাক্রমে  $2.91 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$

এবং  $120.18^\circ\text{C}$

**ঘ.** যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। এ প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসকে হঠাৎ সংকুচিত করলে কিছু পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হয়। যদি এ তাপ অপসারণ করা না হয় তবে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। আবার কোনো গ্যাসকে হঠাৎ প্রসারিত হতে দিলে গ্যাসটি কিছু পরিমাণ তাপ হারায়। সেক্ষেত্রে বাইরে থেকে তাপ সরবরাহ হতে না দিলে গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পায়। অর্থাৎ একেতে গ্যাস তাপ গ্রহণ করলে না করলে তাপমাত্রা হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে। বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের আদান প্রদান ঘটে না বলে সংনমনের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

## ৩ গনি, সুষান্ত, মজিবুর ও রোজারিও স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ১** একটি পিস্টনযুক্ত সিলিঙ্গারে 2 mole পরিমাণ গ্যাস নিয়ে একবার খুব ধীরে ধীরে এবং আরেকবার খুব দ্রুতভাবে সাথে চাপ অর্ধেক করা হলো। স্থির চাপে ও স্থির আয়তনে গ্যাসটির মৌলার আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে  $35.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  এবং  $27.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ।

**ক.** অন্তঃস্থ শক্তি কী?

**খ.** বৃন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির মান খণ্ডিত কেন? ২

**গ.** উচ্চীপকে স্থির চাপে গ্যাসটির তাপমাত্রা যদি  $10^\circ\text{C}$

বৃন্ধ পায় তবে কৃতকাজের মান কত? ৩

**ঘ.** উচ্চীপকে দুটি ক্ষেত্রে আয়তন ও তাপমাত্রার পরিবর্তনের তুলনামূলক বিশ্লেষণ চিত্রসহকারে উপস্থাপন কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৬]

### ৪৭নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** প্রত্যেক বস্তুর মধ্যে একটি অন্তর্নির্দিত শক্তি রয়েছে, যা কার্য সম্পাদন করতে পারে এবং যা অন্য শক্তিতে বৃপ্তান্তির হতে পারে। বস্তুর অভ্যন্তরস্থ অণু, পরমাণু ও মৌলিক কণাসমূহের বৈধিক গতি, স্পন্দন গতি ও ঘূর্ণনগতি এবং তাদের মধ্যকার বলের কারণে উদ্ভৃত শক্তিকেই অন্তঃস্থ শক্তি বলে।

**খ.** যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বৃন্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। এ প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসকে হঠাত সঞ্চুচিত করলে কিছু পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হয়। যদি এ তাপ অপসারণ করা না হয় তবে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃন্ধ পায়। আবার কোনো গ্যাসকে হঠাত প্রসারিত হতে দিলে গ্যাসটি কিছু পরিমাণ তাপ হারায়। সেক্ষেত্রে বাইরে থেকে তাপ সরবরাহ হতে না দিলে গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পায়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে গ্যাস তাপ গ্রহণ বা বর্জন না করলে তাপমাত্রা হ্রাস বৃন্ধির কারণে গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির হ্রাস-বৃন্ধি ঘটে। তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

যেহেতু, বৃন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের আদান-প্রদান ঘটে না সেহেতু,

$$dQ = 0$$

$$\text{অর্থাৎ, } 0 = dU + dW$$

$$\text{বা, } dW = -dU$$

অতএব, বলা যায়, বৃন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের আদান-প্রদান ঘটে না বলে অন্তঃস্থ শক্তির মান খণ্ডিত হয়।

**গ.** উচ্চীপক হতে, মৌল সংখ্যা,  $n = 2 \text{ mol}$

স্থির চাপে মৌলার আপেক্ষিক তাপ,  $C_p = 35.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

স্থির আয়তনে মৌলার আপেক্ষিক তাপ,  $C_v = 27.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

তাপমাত্রার পরিবর্তন,  $dT = 10^\circ\text{C} = 10 \text{ K}$ ।

আমরা জানি,

$$dQ = nC_p dT$$

$$\text{বা, } dQ = 2 \text{ mol} \times 35.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 10 \text{ K}$$

$$\therefore dQ = 710 \text{ J}$$

আবার,  $dU = nC_v dT$

$$\text{বা, } dU = 2 \text{ mol} \times 27.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 10 \text{ K}$$

$$\therefore dU = 546 \text{ J}$$

তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } dW = dQ - dU = 710 \text{ J} - 546 \text{ J} = 164 \text{ J}$$

সুতরাং তাপমাত্রা  $10^\circ\text{C}$  বৃন্ধ পেলে কৃতকাজের মান 164 J।

**ঘ.** সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{যেহেতু } P_2 = \frac{P_1}{2}$$

$$\therefore V_2 = \frac{P_1}{P_2} \cdot V_1 = 2 V_1$$

সমোক্ষ প্রক্রিয়ায়,  $dT = 0$

$$\text{আমরা জানি, } \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{35.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}}{27.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 1.3$$

বৃন্ধতাপীয় পরিবর্তনের ক্ষেত্রে :

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

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

$$= (2)^{\frac{1}{1.3}} \times V_1 = 1.7 V_1$$

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

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{1}{1.7}\right)^{1.3-1} = 0.853$$

$$\text{বা, } T_2 = 0.853 T$$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায় যে, সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন ঘটলে আয়তন বিগুণ হয় কিন্তু বৃন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত আয়তন আদি আয়তনের 1.7 গুণ এবং চূড়ান্ত তাপমাত্রা 0.853 গুণ হয়।

**প্রশ্ন ১৮** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২১-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ১৯** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২২-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২০** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২১** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২০-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২২** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১১-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৩-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২৩** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১২-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৪-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২৪** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২৫** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৫-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২৬** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৭-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২৭** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৭-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২৮** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১২-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২৯** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ৩০** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২০-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

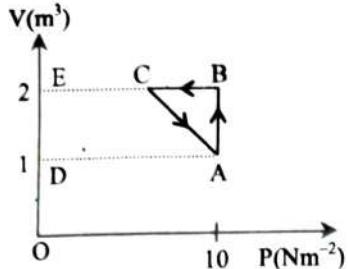
**প্রশ্ন ৩১** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২১-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ৩২** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২২-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৭-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ৩৩** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২৩-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

### ৩) ড. ননী গোপাল, অচিত্য, গফুর, নির্মল, আশেশ ও মোহেনুল স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ১০৪** চিত্রানুসারে একটি আদর্শ গ্যাসকে ABCA চক্রের মধ্যে দিয়ে নিয়ে যাওয়া হলো।



ক. কার্নো চক্র কী?

১

খ. কোনো গ্যাসের দুই প্রকারের আপেক্ষিক তাপ থাকে কেন?

২

গ. AB পথে গ্যাস দ্বারা কৃতকাজ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. যদি এই প্রক্রিয়ায় গ্যাসটিতে 5J তাপ সরবরাহ করা হয়, তবে CA প্রক্রিয়ায় গ্যাস দ্বারা কৃতকাজের পরিমাণ হিসেব কর।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

#### ১০৪নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে বিশেষ প্রক্রিয়ায় কাজ করে একটি আদর্শ তাপ ইঞ্জিন তথা কার্নো ইঞ্জিন অবিরাম শক্তি সরবরাহ করে আদি অবস্থায় ফিরে আসতে পারে তাকে কার্নো চক্র বলে।

**খ** তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য পদার্থের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। কঠিন ও তরলের জন্য এ পরিবর্তন নগন্য বলে তা উপেক্ষা করা হয়। কিন্তু গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন অনেক বেশি পরিলক্ষিত হয় বলে আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা দেয়ার ক্ষেত্রে চাপ ও আয়তনের শর্ত নির্দিষ্ট করে দেয়া প্রয়োজন। প্রধানত দুটি ক্ষেত্রকে বিবেচনা করা হয়— (i) যখন চাপ স্থির এবং (ii) যখন আয়তন স্থির। এজন্য গ্যাসের ক্ষেত্রে এ দুটি অন্য শর্ত সাপেক্ষে দুই প্রকারের আপেক্ষিক তাপ থাকে।

### ৪) ড. এম. আলী আসগর ও মোহাম্মদ জাকির হোসেন স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ১০৫** একটি তাপ ইঞ্জিনের গৃহীত তাপ ও বর্জিত তাপের অনুপাত 5 : 2। উৎসের তাপমাত্রা 110 K বাড়লে দক্ষতা 70% হয়। ইঞ্জিনটি তাপ উৎস হতে 1200 J তাপ প্রাপ্ত করে।

ক. পরাবেদুতিক ধূক কী?

১

খ. চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্রে ও পৃষ্ঠে বিভব

২

সমান— ব্যাখ্যা কর।

গ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা বের কর।

৩

ঘ. তাপ উৎসের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে এটিকে

কীভাবে প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনে বৃপ্তান্ত সন্দৰ্ভ-বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ২]

#### ১০৫নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বের শৃঙ্খলানে ক্রিয়াশীল বল ও এ দুই চার্জের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোনো মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক বা পরাবেদুতিক ধূক বলে।

**খ** একটি বিচ্ছিন্ন গোলাকার পরিবাহীতে যে পরিমাণ চার্জ থাকে তা গোলকের পৃষ্ঠে সর্বত্র ছড়িয়ে থাকে এবং গোলকটিকে উহার কেন্দ্রে অবস্থিত একটি বিন্দু চার্জের মতো মনে হয়।

এখন গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে যেকোনো বিন্দুতে প্রাবল্যের মান শূন্য।

**গ** যেহেতু A হতে B তে চাপের কোনো পরিবর্তন হয়নি, সুতরাং এটি সমচাপ প্রক্রিয়া। সমচাপ প্রক্রিয়ায় প্রসারণশীল গ্যাস দ্বারা, কৃতকাজ = চাপ × আয়তনের পরিবর্তন

$$W = P \times \Delta V$$

চিত্রানুসারে A তে গ্যাসের আয়তন  $V_A = 1 \text{ m}^3$

এবং B তে গ্যাসের আয়তন,  $V_B = 2 \text{ m}^3$

$$\therefore \text{আয়তনের পরিবর্তন}, \Delta V = V_B - V_A = 2 - 1 = 1 \text{ m}^3$$

সুতরাং AB পথে গ্যাস দ্বারা কৃত কাজ,

$$\begin{aligned} W &= P \times \Delta V \\ &= 10 \text{ Nm}^{-2} \times 1 \text{ m}^3 \\ &= 10 \text{ J} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\text{চাপ, } P = 10 \text{ Nm}^{-2}$$

$$\text{আয়তন পরিবর্তন, } \Delta V = 1 \text{ m}^3$$

**ঘ** গ্যাসটিতে 5J তাপ সরবরাহ করা হয়েছে, ফলে গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হবে।

চিত্রানুসারে CA পথে গ্যাসের আয়তন এর চাপের ব্যাস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ বয়েলের সূত্রানুসারে পরিবর্তন সংঘটিত হয়। এসময় তাপমাত্রা স্থির থাকে, তাই এই প্রক্রিয়াকে সমোক্ষ প্রক্রিয়া বলা যায়। সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় উষ্ণতা স্থির থাকে বলে গ্যাসের অন্তর্ভুক্ত শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ,  $dU = 0$ ।

সুতরাং তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র থেকে

আমরা পাই,

$$dQ = 0 + dW$$

এখানে,  $dQ = \text{সরবরাহকৃত তাপ} = 5 \text{ J}$

$$\text{বা, } dW = dQ = 5 \text{ J}$$

$$dW = \text{গ্যাসদ্বারা কৃতকাজ}$$

অর্থাৎ CA পথে গ্যাসটি দ্বারা কৃতকাজ সরবরাহকৃত তাপ 5J এর সমান হবে।

পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভব  $V_0$  এবং কেন্দ্রে বিভব  $V$  হলে, আমরা জানি,

$$V - V_0 = \text{প্রাবল্য} \times \text{দূরত্ব}$$

$$\text{বা, } V - V_0 = 0$$

$$\therefore V = V_0$$

অর্থাৎ পৃষ্ঠে ও কেন্দ্রে বিভব সমান।

**গ** মনে করি, গৃহিত তাপ ও বর্জিত তাপ যথাক্রমে  $Q_1$  ও  $Q_2$  উদ্দীপক অনুসারে,  $Q_1 : Q_2 = 5 : 2$

$$\text{বা, } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{5}{2}$$

$$\text{বা, } \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{2}{5}$$

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

$$= \left(1 - \frac{2}{5}\right) \times 100\% = 60\%$$

অতএব, উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা 60%।

$$\text{বা, } 'g' \text{ হতে, } \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{2}{5}$$

ধরি, তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে  $T_1$  ও  $T_2$

আমরা জানি, প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,

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

$$\therefore \frac{T_2}{T_1} = \frac{2}{5}$$

আবার, উচ্চীপক অনুসারে,  $0.7 = 1 - \frac{T_2}{T_1 + 110}$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1 + 110} = 1 - 0.7$$

$$\text{বা, } \frac{T_1 + 110}{T_2} = \frac{1}{0.3}$$

$$\text{বা, } \frac{T_1}{T_2} + \frac{110}{T_2} = \frac{10}{3}$$

$$\text{বা, } \frac{5}{2} + \frac{110}{T_2} = \frac{10}{3}$$

$$\text{বা, } \frac{110}{T_2} = \frac{5}{6}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{110}{\frac{5}{6}} = 110 \times \frac{6}{5} = 132$$

$$\therefore T_2 = 132 \text{ K}$$

অতএব, তাপ উৎসের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 132 K করে এটিকে প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনে বৃপ্তির স্তরে।

**প্রয়োগ ১০৬** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ২৩-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ১০৭** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ২৮-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ১০৮** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ১০৯** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ২৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রয়োগ ১১০** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১১-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

## ৩ রমা বিজয়, আলী আহমেদ, সুন্দেব পাল ও সালাহউদ্দিন স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রয়োগ ১১১** একটি সিলিন্ডারের মধ্যে 3 atm চাপে এবং 300 K তাপমাত্রায় 10 litre বায়ু আছে।

(i) সিস্টেমের চাপ হঠাৎ ছিগুণ করা হলো

(ii) চাপ ধীরে ধীরে ছিগুণ করা হলো।

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে?

খ. প্রমাণ কর যে, সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেম থার্ম সম্পাদিত কাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপ শক্তির সমান।

১

গ. চাপ হঠাৎ ছিগুণ করায় আয়তন ও তাপমাত্রা কত হবে? ৩

ঘ. উচ্চীপকের তাপগতীয় প্রক্রিয়া দুটির ক্ষেত্রে চাপ বনাম

আয়তন লেখচিত্র অভিন্ন হবে কি? লেখচিত্র অঙ্কন করে

এবং গাণিতিকভাবে তোমার মতামত প্রতিষ্ঠা কর। ৮

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ২]

রুম্ভতাপীয় পরিবর্তনের ক্ষেত্রে

আমরা জানি,

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

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

$$\text{বা, } \left(\frac{10 \text{ litre}}{V_2}\right)^{1.4} = \frac{6 \text{ atm}}{3 \text{ atm}}$$

$$\text{বা, } \frac{10 \text{ litre}}{V_2} = 2^{\frac{1}{1.4}}$$

$$\text{বা, } \frac{10 \text{ litre}}{V_2} = 1.64$$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{10 \text{ litre}}{1.64} = 6.1 \text{ litre}$$

সূতরাং, চাপ হঠাৎ ছিগুণ করা হলে আয়তন হবে 6.1 litre।

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

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

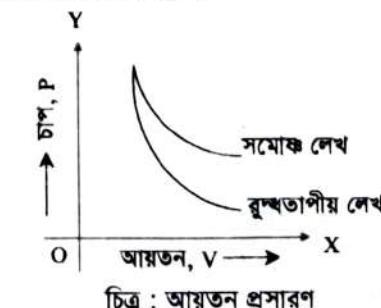
$$= \left(\frac{10 \text{ litre}}{6.1 \text{ litre}}\right)^{1.4-1} \times 300 \text{ K}$$

$$= (1.64)^{0.4} \times 300 \text{ K}$$

$$= 365.65 \text{ K}$$

সূতরাং, হঠাৎ চাপ ছিগুণ করলে তাপমাত্রা হবে 365.65 K।

**২** উচ্চীপকের তাপগতীয় প্রক্রিয়া দুটির ক্ষেত্রে চাপ বনাম আয়তন লেখচিত্র অভিন্ন হবে না। কারণ সিস্টেমের চাপ ধীরে ধীরে ছিগুণ করা হলে এতে রুম্ভতাপীয় প্রক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং সিস্টেমের চাপ ধীরে ধীরে ছিগুণ করা হলে এতে সমোক্ষ পরিবর্তন সংঘটিত হয়। আমরা জানি, রুম্ভতাপীয় রেখা সমোক্ষ রেখা থেকে  $\gamma$  গুণ খাড়া। সেহেতু, চাপ বনাম আয়তন লেখচিত্র ভিন্ন হবে।



**১** রুম্ভতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে তাকে এন্ট্রপি বলে।

**২** যে প্রক্রিয়ায় স্থির তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসকে প্রসারিত বা সঞ্চূচিত করা হয় সেই প্রক্রিয়াকে সমোক্ষ প্রক্রিয়া বলে। সমোক্ষ পরিবর্তনে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাস বয়েলের সূত্র মেনে চলে।

তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW \quad \dots \dots \dots (1)$$

সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে অর্থাৎ,  $\Delta T = 0$  হয় বলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি অপরিবর্তিত থাকে। সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন হয় না বলে  $dU = 0$  হয়।

এখন, (1) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$dQ = 0 + dW$$

অর্থাৎ, সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেম থার্ম সম্পাদিত কাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান।

**৩** ধরি, চূড়াত আয়তন  $V_2$  এবং চূড়াত তাপমাত্রা  $T_2$ । চাপ হঠাৎ ছিগুণ করায় সিলিন্ডারের মধ্যে রুম্ভতাপীয় পরিবর্তন সংঘটিত হবে।



সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

$$PV = \text{ধ্রুক}$$

$$\text{বা, } \frac{d}{dV}(PV) = 0 \quad [V \text{ এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে]$$

$$\text{বা, } P \cdot 1 + V \frac{dP}{dV} = 0 \quad \begin{array}{l} \text{উদ্বীপক হতে, চাপ, } P = 3 \text{ atm} \\ \text{আয়তন, } V = 10 \text{ litre} \end{array}$$

$$\text{বা, } V \frac{dP}{dV} = -P \quad \text{বায়ুর জন্য, } \gamma = 1.4$$

$$\text{বা, } \frac{dP}{dV} = -\frac{P}{V}$$

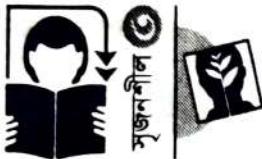
$$\text{বা, } \frac{dP}{dV} = -\frac{3}{10}$$

$$\therefore \frac{dP}{dV} = -0.3$$

সূতরাং, সমোক্ষ রেখার ঢাল = 0.3

আবার, রুম্ভতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

$$PV^{\gamma} = \text{ধ্রুক}$$

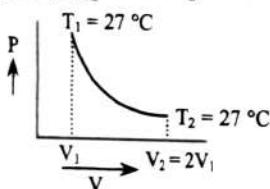


### যাস্টার ট্রেইনার প্যানেল কর্তৃক প্রণীত সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

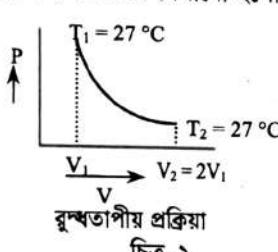
শ্রেণি শিক্ষার্থী, যাস্টার ট্রেইনার প্যানেল এ অধ্যায়ের জন্য শিখনফলের ধারায় নিম্নোক্ত সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তরসমূহ প্রণয়ন করেছেন। ১০০% মৌলিক উদ্বীপক নির্ভর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তরসমূহের যথাযথ অনুশীলন কলেজ ও ইচএসসি পরীক্ষার জন্য তোমাদের সেরা প্রস্তুতি প্রস্তুত প্রস্তুত এবং আবিষ্কাস বৃদ্ধিতে সহায়তা করবে।

**শিখনফল : তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।**

১ প্রশ্ন ১১২। চিত্রে 20 g অক্সিজেন গ্যাসের জন্য লেখচিত্র দেখানো হলো।



চিত্র-১



রুম্ভতাপীয় প্রক্রিয়া  
চিত্র-২

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে?

খ. তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতার কার্য নির্বাহক বস্তুর উপর নির্ভর করে না—ব্যাখ্যা কর।

গ. চিত্র 2 অনুযায়ী  $T_2$  এর মান বের কর।

ঘ. কোন চিত্র অনুযায়ী কৃতকাজের পরিমাণ বেশি হবে—গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও।

### ১১২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম রুম্ভতাপীয় প্রক্রিয়ায় স্থির থাকে তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ. কোনো ইঞ্জিন ছারা কাজে বৃপ্তাত্তির তাপশক্তির পরিমাণ এবং ইঞ্জিন ছারা শোষিত তাপশক্তির পরিমাণের অনুপাতকে ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে।

ইঞ্জিনের দক্ষতা,  $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

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

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

অর্থাৎ ইঞ্জিনের দক্ষতা শুধু তাপ উৎস ও তাপ প্রাহকের তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে— কার্যনির্বাহী বস্তুর প্রকৃতির উপর নয়।

গ. চিত্র-২ এর প্রক্রিয়াটি রুম্ভতাপীয় প্রক্রিয়া

এখানে, চিত্র হতে,  $V_2 = 2V_1$  এবং  $T_1 = (273 + 27) K = 300 K$

$$\text{বা, } \frac{d}{dV}(PV) = \text{ধ্রুক}$$

$$\text{বা, } P \frac{d}{dV}(V') + V' \frac{dP}{dV} = 0 \quad [V' \text{ এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে]$$

$$\text{বা, } P \cdot \gamma V'^{-1} + V' \frac{dP}{dV} = 0$$

$$\text{বা, } V' \frac{dP}{dV} = -P \cdot \gamma V'^{-1}$$

$$\text{বা, } \frac{dP}{dV} = -\frac{\gamma P}{V}$$

$$\text{বা, } \frac{dP}{dV} = -\frac{1.4 \times 3}{10}$$

$$\therefore \frac{dP}{dV} = -0.42$$

সূতরাং, রুম্ভতাপীয় রেখার ঢাল = -0.42

যেহেতু, সমোক্ষ রেখা ও রুম্ভতাপীয় রেখার ঢালের মান ডিন সেহেতু চাপ বনাম আয়তনের লেখচিত্রও ডিন হবে।

1.1

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

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

$$\text{বা, } T_2 = \left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^{1.4-1} \times T_1 = \left(\frac{1}{2}\right)^{0.4} \times 300 K = 227.36 K$$

$$\therefore T_2 = -45.64^{\circ}C$$

অতএব,  $T_2$ -এর মান =  $-45.64^{\circ}C$ ।

ঘ. চিত্র-১ এ  $T_1 = T_2$

অতএব, চিত্র-১ এর প্রক্রিয়াটি সমোক্ষ প্রক্রিয়া।

এখানে, মোলসংখ্যা,  $n = \frac{20}{32} = 0.625 \text{ mole}$

$$\therefore \text{চিত্র-১ অনুযায়ী কৃতকাজে, } W_1 = nRt_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 0.625 \times 8.314 \times 300 \times \ln \frac{2V_1}{V_1} = 1080.53 J$$

চিত্র-২ অনুযায়ী কৃতকাজ,  $W_2 = \frac{R}{\gamma-1} [T_1 - T_2]$

$$\text{বা, } W_2 = \frac{8.314}{1.4 - 1} [300 - 227.36] J = 1509.82 J$$

অতএব,  $W_2 > W_1$  অর্থাৎ, চিত্র-২ অনুযায়ী কৃতকাজের পরিমাণ বেশি হবে।

২ প্রশ্ন ১১৩। একটি কফিপটে নাড়ানীর সাহায্যে খুব জোরে কফি নাড়া হলো। ফলে কফির আয়তন  $50 \text{ cm}^3$  বৃদ্ধি পেল। একই সময়ে কফি পট হতে  $40 \text{ J}$  তাপ পরিবহন এবং পরিচলন পদ্ধতিতে নির্গত হলো। বায়ুর চাপ =  $1 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ ।

ক. কার্নো চক্র কী?

খ. রেফ্রিজারেটর একটি তাপ ইঞ্জিনের বিপরীত যন্ত্র—ব্যাখ্যা কর।

গ. কফির উপর কতটুকু কাজ করা হলো?

ঘ. কফির অতঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কিমূল হবে গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

### ১১৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে বিশেষ প্রক্রিয়ায় কাজ করে একটি আদর্শ তাপ ইঞ্জিন তথা কার্নো ইঞ্জিন অবিরাম শক্তি সরবরাহ করে আদি অবস্থায় ফিরে আসতে পারে তাই কার্নো চক্র।

**খ** রেফ্রিজারেটরকে একটি তাপ ইঞ্জিনের বিপরীত যন্ত্র হিসেবে বিবেচনা করা হয়। কারণ তাপ ইঞ্জিন উচ্চ তাপমাত্রার উৎস হতে তাপ গ্রহণ করে কার্য সম্পাদন করে এবং অব্যবহৃত তাপ নিম্ন তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে বর্জন করে। পক্ষান্তরে রেফ্রিজারেটর নিম্ন তাপমাত্রার উৎস হতে তাপ গ্রহণ করে ও উচ্চ তাপমাত্রার আধারে বর্জন করে।  
অতএব, রেফ্রিজারেটর তাপ ইঞ্জিনের একটি বিপরীত যন্ত্র।

**গ** ধরি, কৃতকাজ,  $dW$

আমরা জানি,

$$dW = PdV \\ = 1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2} \times 50 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \\ = 5 \text{ J}$$

অতএব, কফির উপর 5 J কাজ সম্পাদিত হয়।

**ঘ** আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

$$\text{বা, } dU = dQ - dW$$

$$\text{বা, } dU = -40 \text{ J} - 5 \text{ J}$$

$$\therefore dU = -45 \text{ J}$$

উদীপক হতে পাই,  
বায়ুর চাপ,  $P = 1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$   
আয়তনের পরিবর্তন,  
 $dV = 50 \text{ cm}^3 = 50 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

এখানে,

$$\text{নির্গত তাপশক্তি, } dQ = -40 \text{ J}$$

$$\text{কৃতকাজ, } dW = 5 \text{ J}$$

$$\text{অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন, } dU = ?$$

অতএব, অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন  $= -45 \text{ J}$

কোনো সিস্টেমের বা বস্তুর মধ্যে যে শক্তি সুষ্ঠু অবস্থায় থাকে যা পরিবেশ পরিস্থিতিতে বহিঃপ্রকাশ ঘটায় তাকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্রের ক্ষেত্রে ক্লিসিয়াস এর মতবাদ অনুসারে যখন কোনো সিস্টেমে তাপশক্তি সরবরাহ করা হয় তখন সেই তাপশক্তির কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে সহায়তা করে। এবং বাকি অংশ দ্বারা সিস্টেমের উপর বাহ্যিক কাজ সম্পাদন করে। অর্থাৎ  $dQ$  পরিমাণ তাপশক্তি সরবরাহ করার ফলে কোনো সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন  $dU$  এবং সিস্টেম কর্তৃক পরিবেশের উপর বাহ্যিক কৃতকাজের পরিমাণ  $dW$  হলে,

$$dQ = dU + dW$$

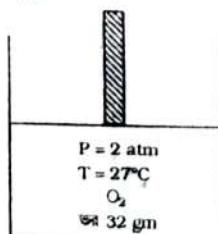
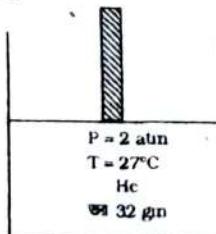
$$\text{বা, } dU = dQ - dW$$

অতএব, অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন হবে সরবরাহকৃত তাপশক্তি হতে সিস্টেম দ্বারা সম্পাদিত কাজ বাদ দিলে যা হবে তাই। যা উপরিউক্ত ক্ষেত্রে অন্তঃস্থ শক্তির মান  $-45 \text{ J}$  এর সত্যতা প্রমাণিত হয়।

### 1.2

**শিখনকল :** কোনো সিস্টেমে তাপ, তার অভ্যন্তরীণ শক্তি এবং সম্পর্ক কাজের মধ্যে সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।

**প্রয়োজনীয় ১১৪** উদীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



A সিলিন্ডার তাপ পরিবাহী ও B সিলিন্ডার তাপ অপরিবাহী। উভয় গ্যাসের আয়তন প্রসারিত করায় চাপ 1 বায়ু মণ্ডলীয় চাপ এর সমান হয়। হিলিয়াম ও অক্সিজেনের আণবিক ভর যথাক্রমে 4 g ও 32 g।

- ক.** কোন প্রক্রিয়াকে সম এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বলা হয়? ১  
**খ.** একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন?—ব্যাখ্যা কর। ২  
**গ.** উদীপকে উল্লেখিত B সিলিন্ডারের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩  
**ঘ.** উদীপকে উল্লেখিত গ্যাসছবি পরিবেশের উপর কাজ সম্পন্ন করবে কিনা—গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

### ১১৫ প্রশ্নের উত্তর

**ক** প্রত্যাগামী প্রক্রিয়াকে সম এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বলে।

**খ** আমরা জানি, তাপমাত্রা বৃদ্ধি  $= \frac{\text{গৃহীত তাপ}}{\text{ভর} \times \text{আপেক্ষিক তাপ}}$

অর্থাৎ কোনো বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ নির্ভর করে ঐ বস্তুর আপেক্ষিক তাপের উপর। সম্পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলে যে বস্তুর আপেক্ষিক তাপ বেশি তার তাপমাত্রা কম বৃদ্ধি পাবে আবার যার আপেক্ষিক তাপ কম তার তাপমাত্রা বেশি বৃদ্ধি পাবে। এজন্য একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলে তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

**গ** দেওয়া আছে, প্রাথমিক তাপমাত্রা,  $T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$   
চূড়ান্ত তাপমাত্রা,  $T_2 = ?$

প্রাথমিক চাপ,  $P_1 = 2 \text{ atm}$ ; চূড়ান্ত চাপ,  $P_2 = 1 \text{ atm}$

এখন, B সিলিন্ডার তাপ অপরিবাহী পাত্র বলে এখানে বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া ঘটবে।

$$\therefore T_1 P_1^{\gamma} = T_2 P_2^{\gamma}$$

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

$$= 300 \times 2^{\frac{1-1.4}{1.4}} = 246.1 \text{ K}$$

অতএব, B সিলিন্ডারের তাপমাত্রা 246.1 K।

**ঘ** দেওয়া আছে, উভয় পাত্রে তাপমাত্রা,  $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$   
B পাত্রের চূড়ান্ত তাপমাত্রা;  $T_2 = 246.1 \text{ K}$ ;  $\gamma = 1.4$

প্রাথমিক চাপ,  $P_1 = 2 \text{ atm}$ ; শেষ চাপ,  $P_2 = 1 \text{ atm}$   
প্রথম পাত্রে মোল সংখ্যা,  $n_1 = \frac{32}{4} = 8$

দ্বিতীয় পাত্রে মোল সংখ্যা,  $n_2 = \frac{32}{32} = 1$

এখন, প্রথম পাত্রে কাজ,

$$W_1 = n_1 RT \ln \frac{P_1}{P_2} \\ = 8 \times 8.31 \times 300 \times \ln 2 \\ = 13824.12737 \text{ J}$$

২য় ক্ষেত্রে কাজ,

$$W_2 = \frac{R}{1-\gamma} (T_2 - T) \\ = \frac{8.31}{1-1.4} (246.1 - 300) \text{ J} \\ = 1119.78 \text{ J}$$

দেখা যাচ্ছে উভয়ক্ষেত্রে কাজ ধনাত্মক। সুতরাং সিস্টেম পরিবেশের উপর কাজ সম্পন্ন করবে।

**প্রয়োজনীয় ১১৬**  $27^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় শুক্র বায়ুকে একবার খুব দ্রুত এবং একবার ধীরে ধীরে সংকুচিত করে আয়তন অর্ধেক করা হলো। (এক্ষেত্রে  $\gamma = 1.4$ )

**ক.** নির্দেশক চিত্র কাকে বলে? ১

**খ.** বুদ্ধতাপীয় প্রসারণে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন খণ্ডাক হয় কেন? ২

**গ.** প্রথম পদ্ধতির জন্য তাপমাত্রার পরিবর্তন কত? ৩

**ঘ.** কোন পদ্ধতিতে চূড়ান্ত চাপ সর্বোচ্চ হবে তা P-V লেখচিত্র অঙ্কন করে বিশ্লেষণ কর। ৪

### ১১৬ প্রশ্নের উত্তর

**ক** তাপগতীয় প্রক্রিয়াকে রেখার সাহায্যে প্রকাশ করাকে নির্দেশক চিত্র বা সূচক চিত্র বলে।

**খ** যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। এ প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসকে হঠাত সংকুচিত করলে কিছু পরিমাণ তাপ

উৎপন্ন হয়। যদি এ তাপ অপসারণ করা না হয় তবে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। আবার কোনো গ্যাসকে হাতাং প্রসারিত হতে দিলে গ্যাসটি কিছু পরিমাণ তাপ হারায়। সেক্ষেত্রে বাইরে থেকে তাপ সরবরাহ হতে না দিলে গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পায়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে গ্যাস তাপ গ্রহণ বা বর্জন না করলে তাপমাত্রা হ্রাস বৃদ্ধির কারণে গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি,  $dQ = dU + dW$

যেহেতু, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের আদান-প্রদান হয় না সেহেতু,

$$dQ = 0$$

$$\text{অর্থাৎ, } 0 = dU + dW$$

$$\text{বা, } dW = -dU$$

অতএব, বলা যায়, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের আদান-প্রদান ঘটে না বলে অভ্যন্তরীণ শক্তির মান ঝণাঝক হয়।

### ১৩ প্রথম পদ্ধতিটি একটি বৃদ্ধতাপীয় পদ্ধতি।

আমরা জানি,

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

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

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

$$= 300 \times 2^{0.4} \text{ K}$$

$$\therefore T_2 = 395.85 \text{ K}$$

উদ্দীপকে,

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } T_1 = (27 + 273) \text{ K} \\ = 300 \text{ K}$$

শেষ তাপমাত্রা,  $T_2 = ?$

আদি আয়তন,  $V_1 = V$  (ধরি)

শেষ আয়তন,  $V_2 = \frac{V}{2}$

$$\gamma = 1.4$$

$$\text{প্রথম পদ্ধতির জন্য তাপমাত্রার পরিবর্তন} = (395.85 - 300) \text{ K} \\ = 95.85 \text{ K}$$

১৪ উদ্দীপকের পরীক্ষায় সমোক্ষ পরিবর্তন ও বৃদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের মাধ্যমে আয়তন ও চাপের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করা হয়েছে। পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলের ভিত্তিতে নিচে P-V লেখচিত্র বিশ্লেষণ করা হলো—  
কোনো গ্যাসের চাপ P ও আয়তন V এর জন্য চিত্রে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় আয়তন সংকোচনের ক্ষেত্রে P-V লেখ AI রেখা এবং বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় আয়তন সংকোচনের ক্ষেত্রে P-V লেখচিত্র AD রেখা দ্বারা নির্দেশিত হলো। যেখানে A বিন্দু গ্যাসের আদি অবস্থা এবং I বিন্দু ও D বিন্দু যথাক্রমে গ্যাসের সমোক্ষ ও বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত অবস্থা নির্দেশ করে।  
সমোক্ষ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,  $PV = \text{ধ্রুক}$

$$\text{বা, } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

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

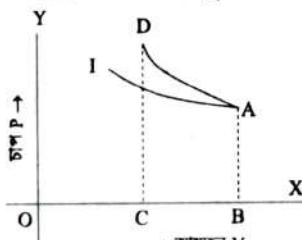
$$\text{বা, } P_2 = \frac{P_1 \cdot V}{2} \quad [V_1 = V \text{ ধরি}] = P_1 \cdot 2 = 2P_1$$

আবার, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,  $PV' = \text{ধ্রুক}$

$$\text{বা, } P_1 V_1' = P_2 V_2'$$

$$\text{বা, } P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = P_1 \cdot \left(\frac{V}{2}\right)^{1.4} = P_1 \cdot 2^{1.4} = 2.64 \times P_1$$

লেখচিত্রের মাধ্যমে নির্ণিত চূড়ান্ত চাপ হতে বলতে পারি, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার চূড়ান্ত চাপ, সমোক্ষ প্রক্রিয়ার চূড়ান্ত চাপের চেয়ে বেশি।  
অর্থাৎ বৃদ্ধতাপীয় পদ্ধতিতে চূড়ান্ত চাপ সর্বোচ্চ হবে।



1.3

শিখনফল : প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার মধ্যে পদ্ধতি ব্যাখ্যা করতে পারব।

১৫ ক্ষেত্র ১১৬: কোনো ইঞ্জিন গৃহীত তাপের  $\frac{1}{6}$  অংশে কাজে পরিণত করে। এর তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $62^{\circ}\text{C}$  কমানো হলে কর্মদক্ষতা দ্বিগুণ হয়। ইঞ্জিনটির বর্জিত তাপ  $300 \text{ J}$ ।

ক. ত্রৈধবিদ্যু কাকে বলে?

খ. ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হয় না কেন?

গ. ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কত?

ঘ. ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী কি-না মতামত দাও।

### ১১৬নং প্রশ্নের উত্তর

১ একটি নির্দিষ্ট চাপে যে তাপমাত্রায় কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদাৰ্থ সাম্যাবস্থায় থাকে তাকে ত্রৈধবিদ্যু বলে।

২ ইঞ্জিনে একটি তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহক থাকে। তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $T_1$  এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $T_2$  অপেক্ষা বেশি হলেই কেবল তাপের স্থানান্তর সম্ভব হয়। দক্ষতার সূত্র হলো,

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

যেহেতু সমীকরণে  $T_1 > T_1 - T_2$  সেহেতু ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনো 100% হতে পারে না।

৩ কৃতকাজ,  $W = Q_1 - Q_2$

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

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

$$\text{বা, } Q_2 = \frac{5 Q_1}{6}$$

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

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

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

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  $310 \text{ K}$ ।

এখানে,

বর্জিত তাপ,  $Q_2 = 300 \text{ J}$

গৃহীত তাপ,  $Q_1 = ?$

য) এখনে,  $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{360}{372} = 0.97 \text{ J K}^{-1}$  এবং  $\frac{Q_2}{T_2} = \frac{300}{310} = 0.97 \text{ J K}^{-1}$

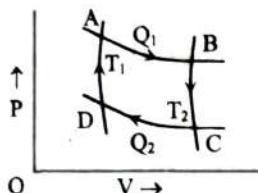
$$\text{অর্থাৎ } \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

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

বা, এন্ট্রপির পরিবর্তন = 0

∴ এটি একটি প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া।

**বিষয় ১১৭** | নিচের চিত্রটি লক্ষ কর ও নিম্নের প্রশ্নের উত্তর দাও।



এখনে,  $T_1 = 230^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 27^\circ\text{C}$  এবং ব্যবস্থাটি সমোক্ষ প্রসারণে

775 J তাপ শ্রাবণ করে।

ক. তাপীয় সাম্যাবস্থা কী?

১

খ. সিস্টেমে অণু পরমাণুর বিশৃঙ্খলার কারণে তাপীয় মৃত্যু

সন্দৰ্ভ কী? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্ধীপকে CD রেখা বরাবর এন্ট্রপির পরিবর্তন কত?

৩

ঘ. উদ্ধীপকের ব্যবস্থাটি প্রত্যাবর্তী না অপ্রত্যাবর্তী হবে

গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও।

৪

### ১১৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ভিন্ন তাপমাত্রার দৃটি বন্ধু পরম্পর তাপীয় সংস্পর্শে আসার পর যখন সমতাপমাত্রায় উপনীত হয় তখন ঐ অবস্থাই হলো তাপীয় সাম্যাবস্থা।

খ. সিস্টেমের অণু-পরমাণুর বিশৃঙ্খলার কারণে তাপীয় মৃত্যু সন্দৰ্ভ। অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। বিশৃঙ্খলার অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সর্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন বিশ্বের সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। সাম্যাবস্থায় আসলে সিস্টেমের অণুগুলো ফলম্বন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। ফলে সেখান থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়। ফলে কার্যকরী শক্তির দৃশ্যাপ্যতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে। এটাই জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে পরিচিত।

গ) দেওয়া আছে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 230^\circ\text{C} = 503 \text{ K}$

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

গৃহীত তাপের পরিমাণ,  $Q_1 = 775 \text{ J}$

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

$$\text{বা, } Q_2 = \frac{Q_1 T_2}{T_1} = \frac{775 \times 300}{503} = 462.23 \text{ J}$$

$$\therefore \text{এন্ট্রপির পরিবর্তন} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{462.23}{300} = 1.54 \text{ J K}^{-1}$$

ঘ) উদ্ধীপকের ব্যবস্থাটির এন্ট্রপি স্থির থাকলে ব্যবস্থাটি প্রত্যাবর্তী হবে অন্যথায় অপ্রত্যাবর্তী হবে।

উদ্ধীপক অনুসারে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 230^\circ\text{C} = 503 \text{ K}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $T_2 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$

তাপ উৎসের থেকে গৃহীত তাপ,  $Q_1 = 775 \text{ J}$

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ,  $Q_2 = 462.23 \text{ J}$

মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন  $dS = ?$

$$\text{আমরা জানি, } dS = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = \frac{775}{503} - \frac{462.23}{300} = 0$$

যেহেতু উদ্ধীপকের ব্যবস্থাটিতে এন্ট্রপির পরিবর্তন ঘটেনি সেহেতু এটি প্রত্যাবর্তী।

1.4

**শিখনফল :** কার্নো চক্রের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।

**বিষয় ১১৮** | একটি কার্নো ইঞ্জিন 60 g অঙ্গীজেন 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।

ক. ধার্মোমিতি কাকে বলে?

১

খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু ব্যাখ্যা কর।

২

গ. ইঞ্জিনের কৃতকাজ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. ইঞ্জিনের ৪ৰ্থ ঘাতে কৃতকাজ নির্ণয় কর।

৪

### ১১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সঠিকভাবে তাপমাত্রা পরিমাপের পদ্ধতিকে ধার্মোমিতি বলে।

খ. আমরা জানি, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। বিশৃঙ্খলার অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। সুতরাং বিশৃঙ্খলার এন্ট্রপি ক্রমাগত বৃদ্ধি পাচ্ছে। এভাবে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সর্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন বিশ্বের সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌছলে তাপশক্তিকে ফলপ্রসূ কাজে পরিগত করা সন্দৰ্ভ হবে না। ফলে কার্যকরী শক্তির দৃশ্যাপ্যতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে। এটাই জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে পরিচিত।

গ) আমরা জানি,

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

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

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

$$\therefore Q_2 = 222.22 \text{ J}$$

$$\text{এবং কাজ, } W = Q_1 - Q_2$$

$$= 500 \text{ J} - 222.22 \text{ J} = 277.78 \text{ J}$$

অতএব, ইঞ্জিনের কৃতকাজ 277.78 J।

ঘ) কার্নো ইঞ্জিনের ৪ৰ্থ ঘাতে কৃতপক্ষ প্রক্রিয়া

$$\therefore \text{কৃতকাজ, } W_4 = \frac{nR}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{1.88 \times 8.31}{1.40 - 1} (450 - 200) \text{ J}$$

$$= 9764.25 \text{ J}$$

অতএব, ইঞ্জিনের ৪ৰ্থ ঘাতে কৃতকাজ 9764.25 J।

এখনে,

উৎস হতে গ্রহীত তাপ,  $Q_1 = 500 \text{ J}$

গ্রাহকে বর্জিত তাপ,  $Q_2 = ?$

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

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

কাজ,  $W = ?$

এখনে,

মোল সংখ্যা,  $n = \frac{m}{M} = \frac{60 \text{ g}}{32 \text{ g}} = 1.88 \text{ mole}$

গ্যাস ধ্রুবক,  $R = 8.31 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

বিপরমাণুর গ্যাস ধ্রুবক,  $\gamma = 1.40$

1.5

**শিখনফল :** ইঞ্জিনের দক্ষতা ব্যাখ্যা করতে পারব।

**মুহূর্ত :** একটি কার্ণে ইঞ্জিন  $200^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে  $600\text{ J}$  তাপ প্রাপ্ত করে এবং তাপগ্রাহকে  $400\text{ J}$  তাপ বর্জন করে।

ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি এন্ট্রপির আলোকে লেখ । ১

খ. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার শর্তসমূহ লেখ । ২

গ. তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর । ৩

ঘ. উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি না করে উচ্চীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা 70% করা কি সম্ভব? গাণিতিকভাবে বিলোবণ কর । ৪

২ ১১৯নং প্রশ্নের উত্তর

**মুহূর্তের সকল ভৌত অথবা রাসায়নিক ক্রিয়া এমনভাবে সংঘটিত হয় যার ফলে সার্বিক ব্যবস্থার এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়।**

**য) প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার নিম্নরূপ শর্ত বিদ্যমান-**

১. প্রতিটি স্তরে কার্যনির্বাহক বস্তুর চাপ ও তাপমাত্রার সাথে পরিপার্শের চাপ ও তাপমাত্রার পার্থক্য কম হবে ।
২. যন্ত্রের ক্ষেত্রে সব যন্ত্রের সব অংশ ঘর্ষণমুক্ত হতে হবে ।
৩. পরিবহন বা বিকিরণের কারণে শক্তির অপচয় রোধ করতে হবে ।
৪. সমস্ত প্রক্রিয়াটিই খুব ধীরে ধীরে সম্পাদিত হতে হবে ।

প্রকৃতপক্ষে কোনো পরিবর্তনই সম্পূর্ণরূপে প্রত্যাগামী নয়। ঘর্ষণ, পরিবহন এবং বিকিরণের কারণে কিছু পরিমাণ তাপ ক্ষয় হয়ে থাকে।

**খ) ধরি, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা  $T_2$**

উচ্চীপক হতে,

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

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ,  $Q_1 = 600 \text{ J}$

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

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

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

সূতরাং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা  $315.33 \text{ K}$ ।

**ঘ) উচ্চীপক অনুসারে, যন্ত্রের দক্ষতা,  $\eta = 70\%$**

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

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

ধরি, তাপগ্রাহকের পরিবর্তিত তাপমাত্রা =  $T_2'$

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

$$\text{বা, } 70\% = \left(1 - \frac{T_2'}{473 \text{ K}}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T_2'}{473 \text{ K}} = \frac{70}{100}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{473 \text{ K}} = 1 - \frac{70}{100} = \frac{3}{10}$$

$$\therefore T_2' = \frac{3 \times 473 \text{ K}}{10} = 141.9 \text{ K}$$

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

1.6

**শিখনফল :** এন্ট্রপি ও বিশ্বাস্থলা ব্যাখ্যা করতে পারব।

**মুহূর্ত :** একটি ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে  $700 \text{ K}$  তাপমাত্রায়  $1200 \text{ J}$  তাপ প্রাপ্ত করে  $90 \text{ K}$  তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে  $400 \text{ J}$  তাপ বর্জন করে। তাপ উৎস ও গ্রাহকের তাপমাত্রা বাড়ানো কমানোর ব্যবস্থা আছে।

ক. তাপীয় ইঞ্জিনের মূলনীতি কী? ১

খ. সকল দ্বি-পরিমাণুক গ্যাসের  $C_p$ -এর মান একই-ব্যাখ্যা কর। ২

গ. এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাগামী করতে তুষি কি পদক্ষেপ গ্রহণ করবে? ৪

১২০নং প্রশ্নের উত্তর

**ক. তাপীয় ইঞ্জিনের মূলনীতি হলো— কার্যনির্বাহী পদার্থ উচ্চ তাপমাত্রার কোনো উৎস থেকে তাপ প্রাপ্ত করে ঐ তাপের কিছু অংশ কাজে পরিণত করে এবং বাকী অংশ স্থির তাপমাত্রার স্থিতিকে বর্জন করে। এভাবে কার্যনির্বাহী বস্তুর ক্রমাগত তাপগ্রহণ ও বর্জনে প্রত্যেকবার কিছু তাপ কাজে পরিণত হয়।**

**খ) আমরা জানি,  $C_v = \frac{ndQ}{dT}$**

স্থির আয়তনে অর্থাৎ,  $PdV = 0$  বলে  $dQ = dU$

$$\therefore C_v = \frac{dE}{dT}$$

আবার, দ্বি-পরিমাণুক এক মোল আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$$E = \frac{5}{2} RT$$

$$\text{বা, } \frac{dE}{dT} = \frac{5}{2} R = C_v$$

$$\therefore C_p = C_v + R = \frac{5}{2} R + R = \frac{7}{2} R$$

যেহেতু, সকল দ্বি-পরিমাণুক গ্যাসের জন্য  $C_v$  এর মান একই অতএব, সকল দ্বি-পরিমাণুক গ্যাসের জন্য  $C_p$  এর মান একই।

**গ) তাপ উৎস থেকে তাপগ্রহণে এন্ট্রপির পরিবর্তন,**

$$dS_1 = \frac{dQ_1}{T_1} = \frac{1200}{700} \text{ J K}^{-1}$$

$$= 1.72 \text{ J K}^{-1}$$

তাপ গ্রাহকে তাপ বর্জনে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = \frac{dQ_2}{T_2} = \frac{-400}{90} \text{ J K}^{-1}$$

$$= -4.45 \text{ J K}^{-1}$$

$$\therefore \text{এন্ট্রপির পরিবর্তন } dS = dS_1 - dS_2$$

$$= (1.72 - 4.45) \text{ J K}^{-1}$$

$$= -2.73 \text{ J K}^{-1}$$

অতএব, এন্ট্রপির পরিবর্তন  $-2.73 \text{ J K}^{-1}$ ।

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

ধরি, উৎসের তাপমাত্রা  $T'_1$  হলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে,

$\therefore$  শর্তানুসারে,  $dS = 0$

বা,  $dS_1 + dS_2 = 0$

বা,  $dS_1 = -dS_2$

বা,  $dS_1 = -(-4.45 \text{ J K}^{-1})$  ['গ' হতে,  $dS_2 = -4.45 \text{ J K}^{-1}$ ]

$$\text{বা, } \frac{dQ_1}{T'_1} = 4.45$$

$$\text{বা, } T'_1 = \frac{dQ_1}{4.45 \text{ J K}^{-1}}$$

এখানে,  $dQ_1 = 1200 \text{ J}$

$$= \frac{1200 \text{ J}}{4.45 \text{ J K}^{-1}} = 269.67 \text{ K}$$

অতএব উৎসের তাপমাত্রা কমিয়ে  $269.67 \text{ K}$  করা হলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

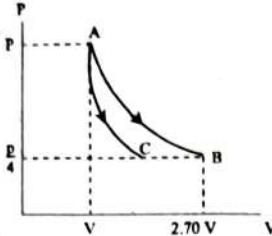


## শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের টেক্সট পরীক্ষার সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর



প্রিয় শিক্ষার্থী, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল সারা দেশের শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের টেক্সট পরীক্ষার প্রশ্নপত্র বিজ্ঞেষণ করে তা থেকে গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নাবলি উত্তর সহকারে নিচে সংযোজন করেছেন। কলেজের নাম সংবলিত এসব প্রশ্ন ও উত্তর অনুশীলনের মাধ্যমে তোমরা পরীক্ষায় কমনের নিষ্ঠতাপন পাবে।

**বিষয়** চিত্রে AB ও AC  
লেখচিত্রের মাধ্যমে দুটি গ্যাসের  
রূপ্তৃতাপীয় প্রক্রিয়ায় প্রসারণ দেখানো  
হলো। গ্যাস দুটির মধ্যে একটি এক  
পরমাণু এবং অপরটি ছিপরমাণু।  
A এবং C অবস্থানের তাপমাত্রা  
যথাক্রমে  $300\text{ K}$  এবং  $172.5\text{ K}$ ।



- ক. কেলভিন কর্তৃক প্রদত্ত তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি বিবৃত কর। ১  
খ. হিমায়ক যন্ত্র তাপ ইঞ্জিনের বিপরীত নীতিতে কাজ করে  
— ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. 1 mole A গ্যাসকে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় প্রসারিত করে B  
অবস্থানে আনা হলে কৃতকাজ কত হবে? ৩  
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে গ্যাস দুটির প্রকৃতি চিহ্নিত কর। ৪

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

### ১২১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কেলভিন কর্তৃক প্রদত্ত তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি হলো— কোনো  
বস্তুকে এর পরিপার্শের শীতলতম অংশ হতে অধিকতর শীতল করে  
শক্তির অবিরাম সরবরাহ পাওয়া সম্ভব নয়।

খ. তাপ ইঞ্জিন ও হিমায়ক যন্ত্রের কার্যপদ্ধতি পরম্পরার বিপরীত।  
তাপ ইঞ্জিনে উচ্চ তাপমাত্রার উৎস হতে নিম্ন তাপমাত্রার সিংকের  
দিকে তাপ প্রবাহিত হয় অন্যদিকে হিমায়ক যন্ত্রে নিম্ন তাপমাত্রার  
সিংক থেকে তাপ উচ্চ তাপমাত্রার উৎসের দিকে প্রবাহিত হয়। এতে  
তাপ ইঞ্জিনে সিস্টেম হারা কাজ সম্পাদিত হয় অপরদিকে হিমায়ক  
যন্ত্রে সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদিত হয়।

অতএব, হিমায়ক যন্ত্র তাপ ইঞ্জিনের বিপরীত নীতিতে কাজ করে।

গ. এখানে, তাপমাত্রা,  $T = 300\text{ K}$

আদি আয়তন,  $V_1 = V$

শেষ আয়তন,  $V_2 = 2.7\text{ V}$

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

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

$$= 1 \times 8.314 \times 300 \times \ln \frac{2.7\text{ V}}{\text{V}} \text{ J}$$

$$= 2477.37 \text{ J}$$

অতএব, 1 mole গ্যাসকে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় প্রসারিত করে A থেকে B  
অবস্থানে আনা হলে কৃতকাজ  $2477.37 \text{ J}$  হবে।

ঘ. এখানে, A অবস্থানে তাপমাত্রা,  $T_A = 300\text{ K}$

C অবস্থানে তাপমাত্রা,  $T_C = 172.5\text{ K}$

ধরি, AB লেখচিত্রের গ্যাসের  $\gamma = \gamma_1$

এবং AC লেখচিত্রের গ্যাসের  $\gamma = \gamma_2$

$\therefore$  AB লেখচিত্রের গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$$P_A V_A^{\gamma_1} = P_B V_B^{\gamma_1}$$

$$\text{বা, } PV^{\gamma_1} = \frac{P}{4} \times (2.7\text{ V})^{\gamma_1}$$

$$\text{বা, } 4 = \left(\frac{2.7\text{ V}}{V}\right)^{\gamma_1}$$

$$\text{বা, } 4 = 2.7^{\gamma_1}$$

$$\text{বা, } \gamma_1 = \frac{\ln 4}{\ln 2.7}$$

$$\therefore \gamma_1 = 1.4$$

AC লেখচিত্র অনুসরণকারী গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$$P_A^{1-\gamma_2} T_A^{\gamma_2} = P_C^{1-\gamma_2} \cdot T_C^{\gamma_2}$$

$$P^{1-\gamma_1} T_A^{\gamma_2} = \left(\frac{P}{4}\right)^{1-\gamma_2} T_C^{\gamma_2}$$

$$\text{বা, } (4)^{1-\gamma_2} = \left(\frac{T_C}{T_A}\right)^{\gamma_2}$$

$$\text{বা, } 4^{1-\gamma_2} = \left(\frac{172.5}{300}\right)^{\gamma_2}$$

$$\text{বা, } 4^{\frac{1-\gamma_2}{\gamma_2}} = 0.575$$

$$\text{বা, } \left(\frac{1-\gamma_2}{\gamma_2}\right) = -0.4$$

$$\text{বা, } 1 - \gamma_2 = -0.4 \gamma_2$$

$$\text{বা, } 1 = \gamma_2 - 0.4 \gamma_2$$

$$\text{বা, } \gamma_2 = \frac{1}{0.6}$$

$$\therefore \gamma_2 = 1.67$$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে AB লেখচিত্র  
অনুসরণকারী গ্যাসের ক্ষেত্রে  $\gamma$  এর মান 1.4 এবং AC লেখচিত্র  
অনুসরণকারী গ্যাসের ক্ষেত্রে  $\gamma$  এর মান 1.67। অতএব AB গ্যাসটি  
দ্বিপারমাণবিক এবং AC গ্যাসটি এক পারমাণবিক।

**প্রশ্ন ১২২**  $27^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা ও  $4 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$  চাপে  $2 \text{ m}^3$   
আয়তনের কোনো গ্যাসকে রূপ্তৃতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে এর  
আয়তন  $0.5 \text{ m}^3$  করা হলো।  $\gamma = 1.4$

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে? ১

খ. দেখাও যে, এন্ট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক। ২

ঘ. চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি প্রক্রিয়াটি সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় করা হয়, তাহলে কোন  
প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বেশি হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[শহীদ বীর উত্তম সে: আনন্দার গার্লস কলেজ, ঢাকা]

### ১২২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. রূপ্তৃতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে বা  
অপরিবর্তিত থাকে তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ. আমরা জানি, তাপ উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু থেকে নিম্ন তাপমাত্রার  
বস্তুতে স্থানান্তরিত হয়।  $T_1$  উচ্চতাপমাত্রার বস্তু হতে  $dQ$  পরিমাণ তাপ  
 $T_2$  নিম্নতাপমাত্রার বস্তুতে স্থানান্তরিত হলে এন্ট্রপির পরিবর্তন  
 $(\frac{dQ}{T_2} - \frac{dQ}{T_1})$ । যেহেতু  $T_1 > T_2$  সূতরাং  $\frac{dQ}{T_2} > \frac{dQ}{T_1}$  বা  $\frac{dQ}{T_2} - \frac{dQ}{T_1} > 0$ ।

অর্থাৎ, এন্ট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক। অতএব বলা যায়, তাপ  
যেহেতু সর্বদা নিম্নতাপমাত্রার বস্তু গ্রহণ করে তাই এন্ট্রপির পরিবর্তন  
সর্বদা ধনাত্মক হয়।

১. বৃষ্টতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

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

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

$$\text{বা, } \frac{P_2}{4 \times 10^5} = \left(\frac{2}{0.5}\right)^{1.4}$$

$$\text{বা, } P_2 = 2.79 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2}$$

$$\therefore \text{চূড়ান্ত চাপ } 2.79 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2}$$

এখানে,

$$\text{প্রাথমিক চাপ, } P_1 = 4 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

$$\text{প্রাথমিক আয়তন, } V_1 = 2 \text{ m}^3$$

$$\text{চূড়ান্ত আয়তন, } V_2 = 0.5 \text{ m}^3$$

$$\text{চূড়ান্ত চাপ, } \gamma = 1.4$$

২. ধরি, গ্যাসের মোল সংখ্যা,  $n = 1$

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

সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

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

$$= 1 \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K} \times \ln \frac{2}{0.5}$$

$$= 3457.69 \text{ J}$$

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

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা} = T_2 \text{ (ধরি)}$$

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

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

$$\text{বা, } T_2 = 300 \times \left(\frac{2}{0.5}\right)^{1.4-1} = 522.3 \text{ K}$$

∴ বৃষ্টতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$$\text{কৃতকাজ, } W_1 = \frac{nR(T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$$

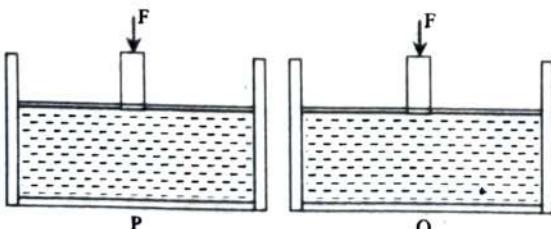
$$= \frac{1 \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} (522.3 - 300) \text{ K}}{1.4 - 1}$$

$$= 4620 \text{ J}$$

$$W_1 > W$$

সূতরাং বৃষ্টতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বেশি।

**প্রয়োগ ১২৩** চিত্রে প্রদর্শিত P ও Q উভয় সিলিডারে ঘর্ষণহীন পিস্টন দ্বারা 2.5 বাহুমন্ডলীয় চাপে ও 27°C তাপমাত্রায় 3 gm হিলিয়াম গ্যাস দ্বারা আবদ্ধ করা হলো। P সিলিডারটি তাপ সুপরিবাহী এবং Q সিলিডারটি তাপ কুপরিবাহী পদার্থ দ্বারা তৈরি। উভয় পিস্টন থেকে প্রযুক্ত বলের সম্পরিমাণ বল অপসারণ করার ফলে গ্যাসস্থল 1 বাহুমন্ডলীয় চাপে ফিরে আসে।



ক. পরম শূন্য তাপমাত্রা কাকে বলে?

১

খ. পৃথিবীর তাপীয় মৃত্যু বলতে কি বুঝত ব্যাখ্যা কর।

২

গ. Q সিলিডারের চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উভয়ক্ষেত্রে হিলিয়াম গ্যাস দ্বারা সম্পাদিত কাজের অনুপাত

100 : 67 হবে কি-না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

[সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া]

### ১২৩নং প্রয়োগের উত্তর

ক. যে তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয় তাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে।

খ. আমরা জানি, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। বিশ্বজগতের অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। সুতরাং বিশ্বজগতের এন্ট্রপি ক্রমাগত বৃদ্ধি পাছে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌছলে তাপশক্তিকে ফলপ্রসূ কাজে পরিণত করা সম্ভব হবে না। ফলে কার্যকরী শক্তির দুর্মাপ্যতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে। এটাই পৃথিবীর তাপীয় মৃত্যু বলে পরিচিত।

গ. Q সিলিডারটি তাপ কুপরিবাহী হওয়ায় এক্ষেত্রে প্রক্রিয়াটি বৃষ্টতাপীয় হবে।

আমরা জানি,

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

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

$$\text{বা, } T_2 = 300 \times \left(\frac{2.5}{1}\right)^{\left(\frac{1.67-1}{1.67}\right)}$$

$$\therefore T_2 = 433.285 \text{ K}$$

অতএব, Q সিলিডারের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 433.285 K।

ঘ. P সিলিডারের প্রক্রিয়াটি সমোক্ষ।

$$\therefore \text{কৃতকাজ; } W_p = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\text{বা, } W_p = nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

$$\text{বা, } W_p = 1.5 \times 8.31 \times 300 \ln \frac{2.5}{1}$$

$$\therefore W_p = 3426.47 \text{ J.}$$

Q সিলিডারে কৃতকাজ,

$$W_Q = C_V (T_2 - T_1)$$

$$= \frac{R}{\gamma-1} (T_2 - T_1)$$

$$= \frac{8.31}{1.67-1} (433.285 - 300)$$

$$= 1653.132 \text{ J}$$

$$\therefore \frac{W_p}{W_Q} = \frac{3426.47}{1653.132} = 2.07 \neq \frac{100}{67}$$

অতএব, উভয়ক্ষেত্রে হিলিয়াম গ্যাস দ্বারা সম্পাদিত কাজের অনুপাত 100 : 67 হবে না।

**প্রয়োগ ১২৪** 0.5 kg ভরের এক টুকরা বরফকে 50°C তাপমাত্রার 10 kg পানিতে ছেড়ে দেওয়া হলো। এতে মিশ্রণের তাপমাত্রা পাওয়া গেল 43°C।

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি বিবৃত কর।

১

খ.  $C_p > C_v$  কেন? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. মিশ্রণের পূর্বে বরফের তাপমাত্রা কত ছিল?

৩

ঘ. উক্ত ঘটনায় পরিবেশের ভারসাম্য বজায় থাকবে কি-না? তা এন্ট্রপির আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

[ইশ্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চৌধুরী]

### ১২৪নং প্রয়োগের উত্তর

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো— দৃষ্টি বস্তু যদি ততীয় কোনো বস্তুর (তাপমাত্রান যত্ন) সাথে পৃথকভাবে তাপীয় সাম্যে থাকে তবে প্রথমোন্ত বস্তু দূটি পরম্পরের সাথে তাপীয় সাম্যে থাকবে।

খির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায়। আবার, চাপ খির রেখে যদি কোনো গ্যাসকে সম্পরিমাণ তাপ প্রয়োগ করা হয়, তাহলে ঐ তাপ একেতেও গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করবে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পন্ন করবে। এ কাজ সম্পাদন করতে কিন্তু তাপ ব্যয় হবে ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা পূর্বের সম্পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে না। অর্থাৎ  $1 \text{ mole}$  গ্যাসকে  $1 \text{ K}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে খির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, খির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_p = C_v + x$ , এখানে  $x$  হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ। অর্থাৎ  $C_p > C_v$ ।

ঘির এখানে, বরফের ভর,  $m_i = 0.5 \text{ kg}$

পানির ভর,  $m_w = 10 \text{ kg}$

বরফের আপেক্ষিক তাপ,  $S_i = 2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

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

বরফ গলনের আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ,  $I_f = 336000 \text{ J kg}^{-1}$

ধরি, মিশ্রণের পূর্বে বরফের তাপমাত্রা  $0^\circ\text{C}$  ছিল-

$$\text{প্রক্রান্তুন্মারে, } m_i S_i (0 - 0) + m_i I_f + m_i S_w \times 43 = m_w S_w \times (50 - 43)$$

$$\text{বা, } m_i S_i 0 + m_i I_f = m_w S_w \times 7 - m_i S_w \times 43$$

$$\text{বা, } 0 = \frac{m_w S_w \times 7 - m_i I_f}{m_i S_i} - m_i S_w 43$$

$$= \left( + \frac{10 \times 4200 \times 7 - 0.5 \times 336000}{- 0.5 \times 2100} \right) {}^\circ\text{C} - 0.5 \times 4200 \times 43$$

$$\therefore 0 = -34 {}^\circ\text{C}$$

অতএব, মিশ্রণের পূর্বে বরফের তাপমাত্রা  $-34 {}^\circ\text{C}$  ছিল।

ঘির এখানে, বরফের ভর,  $m_i = 0.5 \text{ kg}$

বরফের আপেক্ষিক তাপ,  $S_i = 2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

বরফ গলনের আপেক্ষিক সুষ্ঠুতাপ,  $I_f = 336000 \text{ J kg}^{-1}$

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

পানির ভর,  $m_w = 10 \text{ kg}$

'গ' হতে পাই, মিশ্রণের পূর্বে বরফের তাপমাত্রা  $-34 {}^\circ\text{C}$ ।

সুতরাং  $-34 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার বরফকে  $0 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\begin{aligned} dS_1 &= m_i S_i \ln \frac{T_2}{T_1} \\ &= 0.5 \times 2100 \times \ln \frac{273}{239} = 139.66 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

এখন,  $0 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার বরফ থেকে  $0 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = \frac{dQ}{T_2} = \frac{m_i I_f}{T_2} = \frac{0.5 \times 336000}{273} \text{ J K}^{-1} = 615.38 \text{ J K}^{-1}$$

$0 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার বরফ গলা পানির তাপমাত্রা  $43 {}^\circ\text{C}$  এ উন্নীত হতে

এন্ট্রপির পরিবর্তন,  $dS_3 = m_i S_w \ln \frac{T_3}{T_2}$

$$\text{বা, } dS_3 = 0.5 \times 4200 \times \ln \frac{316}{273} = 307.17 \text{ J K}^{-1}$$

আবার,  $50 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার  $10 \text{ kg}$  পানিকে  $43 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\begin{aligned} dS_4 &= m_w S_w \ln \frac{T_3}{T_4} \\ &= 10 \times 4200 \times \ln \frac{316}{323} = -920.22 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

উদ্দীপকের ঘটনায় মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\begin{aligned} dS &= dS_1 + dS_2 + dS_3 + dS_4 \\ &= (139.65 + 615.38 + 307.17 - 920.22) \text{ J K}^{-1} \\ &= 141.98 \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

এখানে  $dS > 0$  অর্থাৎ, উক্ত ঘটনায় পরিবেশের এন্ট্রপি তথা বিশৃঙ্খলা বৃদ্ধি পাবে। অতএব, উদ্দীপকের ঘটনায় পরিবেশের ভারসাম্য ব্যাহত হবে।

১২৫। একটি পরীক্ষায় দেখা গেল  $30 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় এক মোল এক পারমাণবিক গ্যাসকে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় তিন গুণ প্রসারিত করলে যে কাজ পাওয়া যায় এই গ্যাসকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় পূর্বের আয়তনে ফিরিয়ে আনলে একই পরিমাণ কাজ পাওয়া যায় না।

ক. নির্দেশক চিত্র কাকে বলে?

খ. বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপশক্তি ও তাপমাত্রা কোনোটিই খির থাকে না, ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকে কোন প্রক্রিয়ায় কৃতকাজের পরিমাণ বেশি হয়েছিল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[সরকারি সৈদ্ধান্ত হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

## ১২৫ং প্রশ্নের উত্তর

ক. তাপগতীয় প্রক্রিয়াকে রেখার সাহায্যে প্রকাশ করাকে নির্দেশক চিত্র বা সূচক চিত্র বলে।

খ. যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেম ও পরিবেশের মধ্যে তাপের কোন আদান-প্রদান হয় না, কিন্তু তাপমাত্রা, চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় তাকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। এই প্রক্রিয়ায় সংকোচন ও প্রসারণের সময় গ্যাস পরিবেশকে তাপ দিতে বা পরিবেশ থেকে তাপ গ্রহণ করতে পারে না। ফলে তাপমাত্রার পরিবর্তন হয়। এছাড়া এই প্রক্রিয়ায় গ্যাস তার অন্তঃস্থ শক্তির বিনিয়ে কাজ করে। তাই সিস্টেমের তাপশক্তি ও তাপমাত্রা কোনোটিই খির থাকে না।

গ. আমরা জানি,

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

$$= 1 \times 8.31 \times 303 \ln \left( \frac{3V_1}{V_1} \right)$$

$$= 2.766 \times 10^3 \text{ J.}$$

নির্ণয় কৃতকাজের মান  $2.766 \times 10^3 \text{ J.}$

এখানে, মোল সংখ্যা,  $n = 1$

সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক,  $R = 8.31$

সমোক্ষ তাপমাত্রা,  $T = 30 {}^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$

এবং চূড়ান্ত আয়তন,  $V_2 = 3V_1$

∴ কাজ,  $W = ?$

ঘ. আমরা জানি,

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

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

$$= 303 \times \left( \frac{V_1}{3V_1} \right)^{1.67-1}$$

$$= 144.16 \text{ K}$$

$$T_1 = 30 {}^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$\gamma = 1.67$$

$$V_2 = 3V_1$$

$$T_2 = ?$$

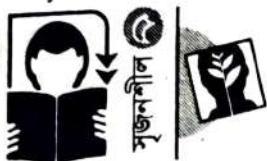
$$\therefore \text{বৃদ্ধতাপীয় কাজ, } W_2 = \frac{nR(T_2 - T_1)}{1 - \gamma}$$

$$= \frac{1 \times 8.31 \times (144.16 - 303)}{1 - 1.67}$$

$$= 1.97 \times 10^3 \text{ J.}$$

এখানে,  $W_1 > W_2$

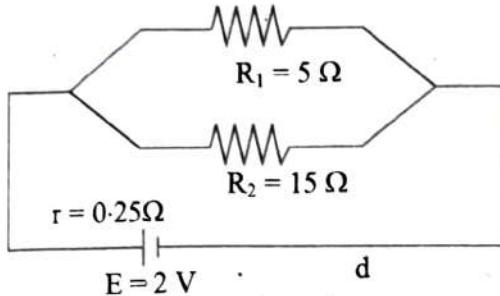
সুতরাং সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজের চেয়ে বেশি।



### একাধিক অধ্যায়ের সময়ের প্রণীত সূজনশীল প্রক্ষ ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, এইচএসসি পরীক্ষায় সূজনশীল প্রক্ষ সাধারণত একাধিক অধ্যায়ের সময়ে এসে থাকে। তোমরা যাতে পরীক্ষার জন্য এ ধরনের প্রক্ষ সম্পর্কে পূর্ব প্রস্তুতি গ্রহণ করতে পার, সে লক্ষ্যে এ অধ্যায়ের সাথে সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ের সময়ে প্রণীত সূজনশীল প্রক্ষ ও উত্তর নিচে দেওয়া হলো।

- প্রশ্ন ১২৬।** একটি তড়িৎকোষের তড়িচালক শক্তি  $2\text{ V}$  এবং অভ্যন্তরীণ রোধ  $0.25\Omega$ । কোষটির সাথে  $5\Omega$  এবং  $15\Omega$  রোধের দুটি তার সমন্বয়ে সাজিয়ে নিচের বর্তনীটি তৈরি করা হলো।



- ক. ইঞ্জিনের দক্ষতা কাকে বলে? ১  
 খ. কোন অবস্থাতে কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য কোষের তড়িচালক বল অপেক্ষা বেশি হয়? ২  
 গ. প্রত্যেক তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। ৩  
 ঘ. রোধ  $R_1$  এবং  $R_2$  এর মধ্যদিয়ে  $1\text{ min}$  তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে উদ্ভৃত তাপ দ্বারা সম্পাদিত কাজের অনুপাত কীরূপ হবে তা গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

[অধ্যায় ১ ও ৩-এর সময়ের প্রণীত]

### ১২৬নং প্রশ্নের উত্তর

- ক.** ইঞ্জিন একটি চক্রে যে পরিমাণ তাপকে কাজে পরিণত করে এবং তাপ উৎস হতে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে এদের অনুপাতকে ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে।

- খ.** সাধারণত কোষের তড়িচালক বল কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য অপেক্ষা বেশি হয়। কোষের তড়িচালক বল = প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য + কোষের অভ্যন্তরীণ বিভব পতন কিন্তু দুটি ভিন্ন তড়িচালক বলের কোষ যদি সমন্বয়ে যুক্ত করা হয় তবে তড়িচালক বলের কোষটি অপর কোষকে চার্জ করবে অর্থাৎ কম তড়িচালক বলের কোষটি নিজ হতে বর্তনীতে যে অভিমুখে তড়িতাধান পাঠায়, বেশি তড়িচালক বলের কোষটি অপরটির ভেতর দিয়ে বিপরীতমুখী তড়িতাধান পাঠানোর ফলে কম তড়িচালক বলের কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য তার তড়িচালক অপেক্ষা বেশি হবে।

- গ.** ধরি,  $R_1$  রোধবিশিষ্ট তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহ  $i_1$  এবং  $R_2$  রোধবিশিষ্ট তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহ  $i_2$  মনে করি, মোট প্রবাহমাত্রা  $I$ .

$R_1$  ও  $R_2$  রোধবিশয়ের তুল্য রোধ  $R$  হলে,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R} = \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{15\Omega}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R} = \frac{3+1}{15\Omega} = \frac{4}{15\Omega}$$

$$\therefore R = \frac{15}{4}\Omega$$

উদ্দীপক অনুসারে,  
 তড়িচালক শক্তি,  $E = 2\text{ V}$   
 অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 0.25\Omega$   
 ১ম তারের রোধ,  $R_1 = 5\Omega$   
 ২য় তারের রোধ,  $R_2 = 15\Omega$

আমরা জানি,

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{2\text{ V}}{\frac{15}{4}\Omega + 0.25\Omega} = \frac{2\text{ V}}{3.75\Omega + 0.25\Omega}$$

$$= \frac{2\text{ V}}{4\Omega}$$

$$\therefore I = 0.5\text{ A}$$

ধরি, কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য  $V$

আমরা জানি,

$$V = IR = 0.5\text{ A} \times \frac{15}{4}\Omega = 1.875\text{ V}$$

এখন  $R_1$  রোধবিশিষ্ট তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহ,  $i_1 = \frac{1.875\text{ V}}{5\Omega} = 0.375\text{ A}$

আবার  $R_2$  রোধবিশিষ্ট তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহ,  $i_2 = \frac{1.875\text{ V}}{15\Omega} = 0.125\text{ A}$

সুতরাং  $R_1$  রোধবিশিষ্ট তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা  $0.375\text{ A}$  এবং  $R_2$  রোধবিশিষ্ট তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা  $0.125\text{ A}$ ।

**ঘ.** উদ্দীপক হতে পাই,

রোধ,  $R_1 = 5\Omega$

রোধ,  $R_2 = 15\Omega$

সময়,  $t = 1\text{ min} = 60\text{ s}$

গ নং হতে,  $R_1$  এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা,  $i_1 = 0.375\text{ A}$

এবং  $R_2$  এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা,  $i_2 = 0.125\text{ A}$

ধরি,  $R_1$  এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপ  $H_1$

এবং  $R_2$  এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপ  $H_2$

আমরা জানি,  $H_1 = i_1^2 R_1 t$

$$\text{বা, } H_1 = (0.375\text{ A})^2 \times 5\Omega \times 60\text{ s}$$

$$\therefore H_1 = 42.19\text{ J}$$

$$\text{আবার, } H_2 = i_2^2 R_2 t$$

$$\text{বা, } H_2 = (0.125\text{ A})^2 \times 15\Omega \times 60\text{ s}$$

$$\therefore H_2 = 14.06\text{ J}$$

মনে করি,  $H_1$  ও  $H_2$  তে উৎপন্ন তাপকে কাজে বৃপ্তিরিত করলে কাজের পরিমাণ হবে যথাক্রমে  $W_1$  ও  $W_2$

আমরা জানি,  $W_1 = JH_1$

$$\text{বা, } W_1 = 4.2\text{ J cal}^{-1} \times 42.19\text{ J} = 177.2\text{ cal}$$

আবার,  $W_2 = JH_2$

$$\text{বা, } W_2 = 4.2\text{ J cal}^{-1} \times 14.06\text{ J} = 59.05\text{ cal}$$

$$\text{এখন, } \frac{W_1}{W_2} = \frac{177.2\text{ cal}}{59.05\text{ cal}} = 3$$

$$\therefore W_1 : W_2 = 3 : 1$$

অতএব উপরের আলোচনা হতে বলা যায় রোধ,  $R_1$  এবং  $R_2$  এর মধ্যদিয়ে  $1\text{ min}$  তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে উদ্ভৃত তাপ দ্বারা সম্পাদিত কাজের অনুপাত হবে  $3 : 1$ ।



## ১০০% কমন উপযোগী জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন উদ্দীপক সংজ্ঞিটি অধ্যায়ের যেকোনো লাইন ও অনুচ্ছেদ থেকে এসে থাকে। তাই নতুন পাঠ্যবইয়ের পরিবর্তিত বিষয়বস্তুর আলোকে লাইন ধরে সর্বাধিক জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর নিচে প্রদত্ত হলো, যা পরীক্ষায় ১০০% কমন পাওয়ার ক্ষেত্রে তোমাদের সহায়তা করবে।

### কমন উপযোগী জ্ঞানমূলক প্রশ্নোত্তর

প্রশ্ন ১। তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র বিবৃত কর। [ঢ. বো. '১৯]

[বার্জিটেক উচ্চর মডেল কলেজ, ঢাকা] [সেল-৩], প্রামাণিক-১৫, তপন-২০, তফাজ্জল-৩]

উত্তর : তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি হলো— যখন যান্ত্রিক শক্তিকে সম্পূর্ণরূপে তাপে বা তাপশক্তিকে সম্পূর্ণরূপে কাজে রূপান্তরিত করা হয় তখন যান্ত্রিক শক্তি ও তাপ পরম্পরের সমানুপাতিক হয়।

প্রশ্ন ২। পানির ত্বৈর বিন্দুর সংজ্ঞা দাও।

[ঢ. বো. '১৯] [সেল-২, প্রামাণিক-১২, তপন-১০]

উত্তর : 4.58 mm পারদ চাপে যে তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ, পানি ও জলীয় বাষ্প একই তাপীয় সাময়ে থাকে তাকে পানির ত্বৈর বিন্দু বলে।

প্রশ্ন ৩। এন্ট্রপি কী? [ঢ. বো. '১৫; য. বো. '১৬; চ. বো. '১৫; ব. বো. '১৯; দি. বো. '১৯]

[সেল-১৭, আমির-২, প্রামাণিক-৩৪, তপন-৬১ তফাজ্জল-১৭]

উত্তর : বুন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে বা অপরিবর্তিত থাকে তাই এন্ট্রপি।

প্রশ্ন ৪। তাপমাত্রার সার্বজনীন ক্ষেলের নাম কী?

উত্তর : তাপমাত্রার সার্বজনীন ক্ষেলের নাম কেলভিন ক্ষেল।

প্রশ্ন ৫। বন্ধ সিস্টেম কাকে বলে? [সেল-২৩, প্রামাণিক-১১, তপন-১৬]

উত্তর : যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে শক্তি বিনিয় করতে পারে কিন্তু ভর বিনিয় করতে পারে না তাকে বন্ধ সিস্টেম বলে।

প্রশ্ন ৬। অন্তঃস্থ শক্তি কী? [ঢ. বো., য. বো., কু. বো., চ. বো., ব. বো. '১৮]

[সেল-১৭, আমির-৩, প্রামাণিক-৩৯]

উত্তর : প্রত্যেক বস্তুর মধ্যে একটি অন্তনিহিত শক্তি রয়েছে, যা কার্য

সম্পাদন করতে পারে এবং যা অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হতে পারে।

বস্তুর অভ্যন্তরস্থ অণু, পরমাণু ও মৌলিক কণাসমূহের রৈখিক গতি, স্পন্দন গতি ও ঘূর্ণনগতি এবং তাদের মধ্যকার বলের কারণে উভ্রূত শক্তিই অন্তঃস্থ শক্তি।

প্রশ্ন ৭। তরলীকরণ কাকে বলে?

উত্তর : বাষ্পচাপ পর্যবেক্ষণে রাসায়নিক পদার্থকে বাষ্প থেকে তরলে রূপান্তরের প্রক্রিয়াকে তরলীকরণ বা কনডেনসেশন বলে।

প্রশ্ন ৮। থার্মোমিটার কাকে বলে? [সেল-২৫, প্রামাণিক-৮, তপন-১]

উত্তর : যে যন্ত্রের সাহায্যে কোনো বস্তুর তাপমাত্রা সঠিকভাবে পরিমাপ করা যায় এবং বিভিন্ন বস্তুর তাপমাত্রার পার্থক্য নির্ণয় করা যায় তাকে থার্মোমিটার বলে।

প্রশ্ন ৯। উর্ধ্ব স্থিরবিন্দুর মান কত?

উত্তর : উর্ধ্ব স্থিরবিন্দু বা স্টিম বিন্দুর মান সেলসিয়াস ক্ষেলে 100 °C, ফারেনহাইট ক্ষেলে 212 °F এবং কেলভিন ক্ষেলে 373 K।

প্রশ্ন ১০। তাপগতিবিদ্যা কাকে বলে? [সেল-২৬]

উত্তর : পদার্থবিজ্ঞানের যে শাখায় তাপ ও যান্ত্রিক কাজের সম্পর্ক সম্বন্ধে আলোচনা করা হয় তাকে তাপগতিবিদ্যা বলে।

প্রশ্ন ১১। তাপগতিবিদ্যায় ক্লিসিয়াসের মতবাদটি লিখ। [তফাজ্জল-১৫]

উত্তর : তাপগতিবিদ্যায় ক্লিসিয়াসের মতবাদটি হলো— যখন কোনো সিস্টেমে তাপ প্রয়োগ করা হয় তখন তার কিন্তু অংশ বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে এবং বাকী অংশ পরিবেশের উপর বাহ্যিক কাজ সম্পাদন করে।

প্রশ্ন ১২। তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রের গাণিতিক রূপটি লিখ।

উত্তর : তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রের গাণিতিক রূপ হলো,  $dQ = dU + dW$ .

প্রশ্ন ১৩। সমোক্ষ প্রক্রিয়া কী? [কু. বো. '১৯] [সেল-৮, আমির-৯, প্রামাণিক-১০, তফাজ্জল-১]

উত্তর : যে পরিবর্তনে গ্যাসের তাপমাত্রা সর্বদা ধ্বনি থাকে তাকে সমোক্ষ পরিবর্তন বলে। স্থির তাপমাত্রায় যদি কোনো গ্যাসকে প্রসারিত অথবা সঞ্চুটিত করা হয় তবে সেই পরিবর্তনকে সমোক্ষ প্রসারণ বা সমোক্ষ সঞ্চোচন বলে এবং যে প্রক্রিয়ায় এ পরিবর্তন ঘটে তাকে সমোক্ষ প্রক্রিয়া বলে।

প্রশ্ন ১৪। আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে? [য. বো. '১৯]

উত্তর : 1 kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ বস্তুর আপেক্ষিক তাপ বলে।

প্রশ্ন ১৫। বুন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের চাপ এবং আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক কর?

উত্তর : বুন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের চাপ এবং আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক হলো  $PV' = \text{ধ্বনি}$ ।

প্রশ্ন ১৬। সমোক্ষ পরিবর্তন ও বুন্ধতাপীয় পরিবর্তনের মধ্যে প্রধান পার্থক্য কী?

উত্তর : সমোক্ষ পরিবর্তন তাপমাত্রা স্থির থাকে কিন্তু গ্যাসের চাপ এবং আয়তনের পরিবর্তন ঘটে অন্যদিকে বুন্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় মোট তাপের পরিমাণ স্থির থাকে কিন্তু গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে।

প্রশ্ন ১৭। উষ্ণতা কাকে বলে? [চ. বো. '১৯]

উত্তর : তাপমাত্রা হচ্ছে এমন একটি মৌলিক রাশি, যা দ্বারা কোনো বস্তু কতটুকু ঠাণ্ডা বা গরম তা জানা যায়।

প্রশ্ন ১৮। হিমায়ক কাকে বলে? [সেল-২৯]

উত্তর : নিম্ন স্ফুটনাঙ্কের কোনো তরল পরিপার্শ হতে লীনতাপ বা সুগতাপ গ্রহণ করে পরিপার্শকে শীতল করলে তাকে হিমায়ক বলে।

প্রশ্ন ১৯। মেয়ারের প্রকল্প কী? [সেল-৩০]

উত্তর : কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি শুধুমাত্র এর তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। এর চাপ বা আয়তনের উপর নির্ভর করে না। এটিই মেয়ারের প্রকল্প।

প্রশ্ন ২০। তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা কী?

উত্তর : কোনো নির্দিষ্ট সময়ে কোনো ইঞ্জিনের গৃহীত তাপের যত অংশ কাজে পরিণত হয় তাই ঐ ইঞ্জিনের দক্ষতা।

প্রশ্ন ২১। তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি কী?

উত্তর : [য. বো. '১৯, '১৭; চ. বো. '১৭] [আমির-১২, প্রামাণিক-৪, তপন-২]

উত্তর : তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো— দুটি বস্তু যদি ত্বরিয়ে কোনো বস্তুর (তাপমান যন্ত্র) সাথে পৃথকভাবে তাপীয় সাময়ে থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি পরম্পরের সাথে তাপীয় সাময়ে থাকবে।

প্রশ্ন ২২। অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে?

উত্তর : [কু. বো. '১৯, '১৭; চ. বো. '১৭] [আমির-১৩, প্রামাণিক-১৭, তপন-৪৩]

উত্তর : যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে অপ্রত্যাবর্তন করতে পারে না তাকে অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

প্রশ্ন ২৩। তাপীয় সিস্টেম কী?

উত্তর : [পি. বো. '১৭] [সেল-১৬, আমির-১৮, প্রামাণিক-১৯, তপন-১৫, তফাজ্জল-২]

উত্তর : পরীক্ষা-নিরীক্ষার সময় আমরা জড় জগতের যে নির্দিষ্ট তাপীয় অংশ বিবেচনা করি তাই তাপীয় সিস্টেম।

প্ৰশ্ন ২৪। অভ্যন্তৰীণ শক্তি কী? [চ. ৰো. '১৬] [প্ৰামাণিক-১৯, তপন-১৭]  
**উত্তৰ :** বস্তুৰ অভ্যন্তৰীণ অণু, পৱনাগু ও মৌলিক কণাসমূহৰ বৈধিক  
গতি, স্পন্দন গতি ও ঘূৰন গতি এবং তাদেৱ ঘন্যকাৰ বলেৱ কাৰণে  
যে শক্তিৰ উভৰ হয় তাই অভ্যন্তৰীণ শক্তি।

প্ৰশ্ন ২৫। প্ৰত্যাগামী প্ৰক্ৰিয়া কাকে বলে? [কু. ৰো. '১৬; সি. ৰো. '১৬; ব. ৰো. '১৬; সি. ৰো. '১৭] [সেলু-১৩, আমিৰ-৪,  
প্ৰামাণিক-১৬, তপন-৪২, তফাজল-১০]

**উত্তৰ :** যে প্ৰক্ৰিয়া বিপৰীতমুখী হয়ে প্ৰত্যাবৰ্তন কৰতে পাৰে অৰ্থাৎ  
সমুখৰামী প্ৰক্ৰিয়ায় কাৰ্যনির্বাহক বস্তুটিৰ প্ৰতিটি স্তৰ পক্ষাণ্গামী  
প্ৰক্ৰিয়ায় প্ৰতিটি স্তৰৰ সাথে সৰ্বতোভাৱে মিলে যায়, তাকে প্ৰত্যাগামী  
প্ৰক্ৰিয়া বলা হয়।

প্ৰশ্ন ২৬। কাৰ্নো চৰু কী? [সি. ৰো. '১৫] [প্ৰামাণিক-২৯, তপন-৪৮]  
**উত্তৰ :** যে বিশেষ প্ৰক্ৰিয়ায় কাজ কৰলে একটি আদৰ্শ তাপ ইঞ্জিন তথা  
কাৰ্নো ইঞ্জিন অবিৱাম শক্তি সৱবৰাহ কৰতে পাৰে তাই কাৰ্নো চৰু।

প্ৰশ্ন ২৭। বুন্ধতাপীয় প্ৰক্ৰিয়া কী? [য. ৰো. '১৫] [সেলু-৯, আমিৰ-৭, প্ৰামাণিক-১৮, তফাজল-৬]

**উত্তৰ :** যে তাপ গতীয় প্ৰক্ৰিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইৱে যায় না বা  
বাইৱে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাই বুন্ধতাপীয় প্ৰক্ৰিয়া।

প্ৰশ্ন ২৮। তাপীয় সমতা কী? [ব. ৰো. '১৫] [সেলু-১, আমিৰ-৮, প্ৰামাণিক-৩, তপন-১৮]

**উত্তৰ :** ভিন্ন তাপমাত্ৰাৰ দুটি বস্তু পৱন্পৰ তাপীয় সংস্পৰ্শে আসাৰ পৱ যখন  
সমতাপমাত্ৰায় উপনীত হয় তখন ঐ অবস্থাই হলো তাপীয় সমতা।

প্ৰশ্ন ২৯। কাৰ্যকৃত সহগ কী? [সেলু-২২, আমিৰ-২২, প্ৰামাণিক-৩০]

**উত্তৰ :** কাৰ্যকৃত সহগ হলো ৱেফিজারেটৰ হতে অপসাৱিত তাপ ও  
কম্প্রেসাৰ কৃতক সৱবৰাহকৃত যান্ত্ৰিক কাজেৰ অনুপাত।

প্ৰশ্ন ৩০। তাপ পাম্প কাকে বলে? [সেলু-২৪]

**উত্তৰ :** কোনো শীতল বস্তু থেকে তাপ উষ্ণ বস্তুতে সঞ্চালিত কৰতে  
হলো যান্ত্ৰিক শক্তি ব্যয় কৰতে হয়। এ ব্যবস্থাকে তাপ পাম্প বলে।

প্ৰশ্ন ৩১। তাপমাত্ৰাৰ আন্তৰ্জাতিক কেল কী? [সেলু-৮]

**উত্তৰ :** পানিৰ ত্ৰৈধ বিন্দুৰ তাপমাত্ৰাকে  $273.16\text{ K}$  এবং ঐ তাপমাত্ৰাৰ  
 $\frac{1}{273.16}$  কে এক কেলভিন ধৰে এবং আৱও কেলকগুলো সহজলক্ষ  
স্থিৰবিন্দু নিৰ্ধাৰণ কৰে আন্তৰ্জাতিক ওজন ও পৱিমাপ সংস্থা  
তাপমাত্ৰা পৱিমাপেৰ যে ব্যবহাৰিক কেল অনুমোদন কৰেছেন তাকে  
তাপমাত্ৰাৰ আন্তৰ্জাতিক কেল বলে।

প্ৰশ্ন ৩২। তাপেৰ যান্ত্ৰিক সমতা কাকে বলে? [সেলু-৫, তপন-১৪]

**উত্তৰ :** একক তাপ উৎপন্ন কৰতে যে পৱিমাণ কাজ কৰতে হয় বা  
একক তাপ দ্বাৰা যে পৱিমাণ কাজ কৰা যায় তাকে তাপেৰ যান্ত্ৰিক  
সমতা বলে।

প্ৰশ্ন ৩৩। তাপেৰ যান্ত্ৰিক তুল্যাঙ্কেৱ এস আই একক কী? [সেলু-৬, প্ৰামাণিক-১৪]

**উত্তৰ :** তাপেৰ যান্ত্ৰিক তুল্যাঙ্কেৱ এস আই একক  $\text{J cal}^{-1}$ ।

প্ৰশ্ন ৩৪। সমচাপ প্ৰক্ৰিয়া কী? [সেলু-৭, প্ৰামাণিক-২১, তফাজল-৭]

**উত্তৰ :** যে তাপগতীয় প্ৰক্ৰিয়ায় সিস্টেমেৰ চাপেৰ কোনো পৱিবৰ্তন  
হয় না তাকে সমচাপ প্ৰক্ৰিয়া বলে।

প্ৰশ্ন ৩৫। স্থিৰ চাপে মোলাৰ আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে? [সেলু-২৭]

**উত্তৰ :** স্থিৰ চাপে  $1\text{ mole}$  গ্যাসেৰ তাপমাত্ৰা এক কেলভিন বৃদ্ধি  
কৰতে যে তাপেৰ প্ৰয়োজন হয় তাকে স্থিৰ চাপে মোলাৰ আপেক্ষিক  
তাপ বলে।

প্ৰশ্ন ৩৬। সমতাপীয় প্ৰক্ৰিয়াৰ সংজ্ঞা দাও। [সেলু-১১]

**উত্তৰ :** যে প্ৰক্ৰিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইৱে যায় না বা বাইৱে  
থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে সমতাপীয় প্ৰক্ৰিয়া বলে।

প্ৰশ্ন ৩৭। তাপগতিবিদ্যাৰ ২য় সূত্ৰটি এন্ট্ৰপিৰ আলোকে লেখ। [সেলু-২০]

**উত্তৰ :** প্ৰক্ৰিয়াৰ সকল ভৌত অথবা রাসায়নিক ক্ৰিয়া এমনভাৱে  
সংঘটিত হয় যাৰ ফলে সাৰ্বিক ব্যবস্থাৰ এন্ট্ৰপিৰ বৃদ্ধি পায়।

প্ৰশ্ন ৩৮। তাপ কী? [সেলু-৩২, প্ৰামাণিক-১]

**উত্তৰ :** যা সিস্টেমেৰ মধ্যে প্ৰবেশ কৰলে বা সিস্টেম হতে নিৰ্গত হলে  
সিস্টেমেৰ তাপগতীয় চলৱাশিৰ পৱিবৰ্তন ঘটে তাই তাপ।

প্ৰশ্ন ৩৯। তাপমাত্ৰা কী? [সেলু-৩৩, আমিৰ-১০, প্ৰামাণিক-২, তফাজল-১]

**উত্তৰ :** তাপমাত্ৰা হচ্ছে এমন একটি মৌলিক রাশি, যা দ্বাৰা কোনো  
বস্তু কেটুকু ঠাণ্ডা বা গৱেষ তা জানা যায়।

প্ৰশ্ন ৪০। উষ্ণতামিতিক ধৰ্ম কাকে বলে? [সেলু-৩৪, প্ৰামাণিক-৫, তপন-৪]

**উত্তৰ :** তাপমাত্ৰা পৱিমাপে উপযোগী পদাৰ্থেৰ যেসব ধৰ্ম কাজে  
লাগানো হয়, পদাৰ্থেৰ ঐ ধৰ্মগুলোকে উষ্ণতামিতিক ধৰ্ম বলে।

প্ৰশ্ন ৪১। উষ্ণতামিতিক পদাৰ্থ কাকে বলে? [সেলু-৩৫, আমিৰ-১১, প্ৰামাণিক-৬, তপন-৩]

**উত্তৰ :** যেসব পদাৰ্থেৰ উষ্ণতামিতিক ধৰ্ম ব্যবহাৰ কৰে থাৰ্মোমিটাৰ  
তৈৰি কৰা হয় তাদেৱকে উষ্ণতামিতিক পদাৰ্থ বলে।

প্ৰশ্ন ৪২। মৌলিক ব্যবধান কী? [প্ৰামাণিক-৭, তপন-৬]

**উত্তৰ :** তাপমাত্ৰাৰ বিভিন্ন ক্ষেলেৰ উৰ্ধ্ব স্থিৰাঙ্ক ও নিম্ন স্থিৰাঙ্ক  
মধ্যবৰ্তী তাপমাত্ৰাৰ ব্যবধানই মৌলিক ব্যবধান।

প্ৰশ্ন ৪৩। উন্মুক্ত সিস্টেম কাকে বলে? [সেলু-৩৬, আমিৰ-১০, তপন-১৬, তফাজল-৪]

**উত্তৰ :** যে সিস্টেম তাৰ পৱিবেশেৰ সাথে শক্তি বিনিময় কৰতে পাৰে  
তাকে উন্মুক্ত সিস্টেম বলে।

প্ৰশ্ন ৪৪। তাপগতীয় চলক কী? [প্ৰামাণিক-২২]

**উত্তৰ :** তাপগতিবিদ্যাৰ তাপমাত্ৰা, চাপ ও আয়তনই তাপগতীয় চলক।

প্ৰশ্ন ৪৫। এক মোল আদৰ্শ গ্যাসেৰ জন্য  $C_v$  এৰ মান কত? [প্ৰামাণিক-২৪]

**উত্তৰ :** এক মোল আদৰ্শ গ্যাসেৰ জন্য  $C_v$  এৰ মান  $12.465 \text{ J mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$

প্ৰশ্ন ৪৬। এক মোল আদৰ্শ গ্যাসেৰ জন্য  $C_p$  এৰ এৰ মান কত? [প্ৰামাণিক-২৫]

**উত্তৰ :** এক মোল আদৰ্শ গ্যাসেৰ জন্য  $C_p$  এৰ মান  $20.775 \text{ J mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$

প্ৰশ্ন ৪৭। কাৰ্নো ইঞ্জিন কাকে বলে? [সেলু-৩৭, আমিৰ-১৫, প্ৰামাণিক-৩০]

**উত্তৰ :** ফৰাসী প্ৰকৌশলী সাদি কাৰ্নো তাৰ্তিকভাৱে সকল দোষ  
তুটিমুক্ত যে আদৰ্শ ইঞ্জিনেৰ কলনা কৰেন তাকে কাৰ্নো ইঞ্জিন বলে।

প্ৰশ্ন ৪৮। তাপ ইঞ্জিন কাকে বলে? [সেলু-৩৮, আমিৰ-১৭, প্ৰামাণিক-৩১, তপন-৪৬, তফাজল-১৫]

**উত্তৰ :** যে যন্ত্ৰ তাপশক্তিৰ বিনিময়ে কাজ কৰতে পাৰে তাকে তাপ  
ইঞ্জিন বলে।

প্ৰশ্ন ৪৯। বিছিন সিস্টেম কাকে বলে? [সেলু-৩৯, তপন-১৬]

**উত্তৰ :** যে সিস্টেম পৱিবেশ দ্বাৰা মোটেই প্ৰভাৱিত হয় না আৰ্থাৎ  
পৱিবেশেৰ সাথে তাৰ বা শক্তি কোনো কিছুই বিনিময় কৰে না তাকে  
বিছিন সিস্টেম বলে।

প্ৰশ্ন ৫০। মোলাৰ আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে? [তপন-৩১, তফাজল-১৩]

**উত্তৰ :** এক মোল কোনো গ্যাসেৰ তাপমাত্ৰা এক কেলভিন বৃদ্ধি  
কৰতে যে পৱিমাণ তাপেৰ প্ৰয়োজন হয় তাকে ঐ গ্যাসেৰ মোলাৰ  
আপেক্ষিক তাপ বলে।

প্ৰশ্ন ৫১। ধৰ আয়তন প্ৰক্ৰিয়া কাকে বলে? [সেলু-১০, তফাজল-৮]

**উত্তৰ :** যে প্ৰক্ৰিয়ায় কোনো সিস্টেমেৰ আয়তন ধৰ থাকে তাকে ধৰ  
আয়তন প্ৰক্ৰিয়া বলে।

প্রশ্ন ৫২। এক কেলভিনের সংজ্ঞা দাও। [সেলু-৪০, আমালিক-১৩, তপন-১২]

উত্তর : পানির ত্বেষ বিন্দুর তাপমাত্রার  $\frac{1}{273.16}$  অংশকে এক কেলভিন

(1.K) বলে।

প্রশ্ন ৫৩। তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি লিখ।

[সেলু-১২, আমির-১৪, আমালিক-২৮, তপন-৪০]

উত্তর : তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি হলো— বাইরের কোনো শক্তির সাহায্য ছাড়া কোনো ব্যবহৃত ঘন্টের পক্ষে নিম্ন তাপমাত্রার কোনো বস্তু হতে উচ্চ তাপমাত্রার কোনো বস্তুতে তাপের স্থানান্তর সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ৫৪। সম-এন্ট্রপি প্রক্রিয়া কাকে বলে? [সেলু-১৯, আমালিক-৩৭]

উত্তর : বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে বলে একে সম-এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বলে। অর্থাৎ সম-এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন ৫৫। এন্ট্রপির এস.আই একক কী? [আমালিক-৩৮]

উত্তর : এন্ট্রপির এস.আই একক হলো  $J K^{-1}$ ।

প্রশ্ন ৫৬। γ কী? [আমালিক-২৬]

উত্তর : স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $C_p$  এবং স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $C_v$  এর অনুপাত হলো γ।

প্রশ্ন ৫৭। তাপীয় ইঞ্জিনের মূলনীতি কী?

উত্তর : তাপীয় ইঞ্জিনের মূলনীতি হলো— কার্যনির্বাহী পদার্থ উচ্চ তাপমাত্রার কোনো উৎস থেকে তাপ গ্রহণ করে ঐ তাপের কিছু অংশ কাজে পরিণত করে এবং বাকী অংশ নিম্ন তাপমাত্রার সিংকে বর্জন করে। এভাবে কার্যনির্বাহী বস্তুর ক্রমাগত তাপগ্রহণ ও বর্জনে প্রত্যেকবার কিছু তাপ কাজে পরিণত হয়।

প্রশ্ন ৫৮। মোলার তাপধারণ ক্ষমতা কাকে বলে? [আমালিক-২৭]

উত্তর : এক মোল গ্যাসের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ গ্যাসের মোলার তাপধারণ ক্ষমতা বা মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

প্রশ্ন ৫৯। স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে? [সেলু-২৮]

উত্তর : স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাকে স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

প্রশ্ন ৬০। রেফ্রিজারেটর কাকে বলে? [সেলু-১৫]

উত্তর : যে যন্ত্রের সাহায্যে পরিবেশ অপেক্ষা কম তাপমাত্রা সৃষ্টি করা যায় এবং তাপমাত্রা সর্বদা স্থির অবস্থায় রাখা যায় তাকে রেফ্রিজারেটর বলে।

## ক্রমন উপযোগী অনুধাবনমূলক প্রশ্নোত্তর

প্রশ্ন ১। সমোক প্রক্রিয়ায়  $dW = dQ$  কেন? ব্যাখ্যা কর। [গ. বো. '১৯]

[আমালিক-১২, তপন-২৯, তফাজ্জল-১৭]

উত্তর : তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র অনুসারে,  $dQ = dU + dW$

সমোক প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে  $dU = nC_v dT$  সম্পর্ক অনুসারে  $dU = 0$ , অর্থাৎ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না। ফলে সম্পর্কটি দাঁড়ায়  $dQ = dW$ ।

প্রশ্ন ২। ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা ও রেফ্রিজারেটরের কার্যসম্পাদক গুণাঙ্কের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ কর।

[গ. বো., ঘ. বো., কু. বো., চ. বো., ব. বো. '১৮] [আমির-২০, আমালিক-৫১]

উত্তর : ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা,  $\eta = \frac{\text{ইঞ্জিন দ্বারা কাজে রূপান্তরিত তাপশক্তি}}{\text{ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তি}}$

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

রেফ্রিজারেটরের কার্য সম্পাদন গুণাঙ্ক,  $COP = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$

উপরোক্ত দুটি সমীকরণ থেকে এটি স্পষ্ট যে ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা। এর চেয়ে ছোট যেখানে রেফ্রিজারেটরের কার্য সম্পাদন গুণাঙ্ক। এর চেয়ে বড়।

প্রশ্ন ৩। P ~ V লেখচিত্রে বৃদ্ধতাপীয় রেখাকে সম-এন্ট্রপি রেখা বলা হয় কেন? [গ. বো. '১৯]

উত্তর : আমরা জানি, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে। তাই P-V লেখচিত্রে বৃদ্ধতাপীয় রেখার সর্বত্র এন্ট্রপি সমান থাকে। একারণে P-V লেখচিত্রে বৃদ্ধতাপীয় রেখাকে সম-এন্ট্রপিক রেখা বলা হয়।

প্রশ্ন ৪। তাপের পরিবহন অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কেন? ব্যাখ্যা কর।

[গ. বো. '১৭] [আমালিক-৩৬]

উত্তর : তাপ সর্বদা উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু থেকে নিম্ন তাপমাত্রার বস্তুতে সঞ্চালিত হয়। নিম্ন তাপমাত্রার বস্তু থেকে তাপ উচ্চ তাপমাত্রার বস্তুতে কখনও সঞ্চালিত হয় না। এজন্য তাপের পরিবহন অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন ৫। গ্যাসের ক্ষেত্রে দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর। [গ. বো. '১৫] [সেলু-১৫, আমির-২৬, আমালিক-২৬, তপন-৩০]

উত্তর : তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য কঠিন ও তরল পদার্থের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। কিন্তু এ পরিবর্তন নগণ্য হওয়ায় তা উপেক্ষা করা হয়। গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন অনেক বেশি হওয়ায় এদের মধ্যে কখনও আয়তনকে আবার কখনও চাপকে স্থির রাখা হয়। এ জন্যই গ্যাসের ক্ষেত্রে দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে।

প্রশ্ন ৬। বডি স্পে ব্যবহারের সময় ঠাণ্ডা অনুভূত হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [গ. বো. '১৯]

উত্তর : বডি স্পে ব্যবহারের সময় ঠাণ্ডা অনুভূত হয় কারণ যখন স্পে করা হয় তখন বডি স্পে-এর রাসায়নিক পদার্থগুলো তরল থাকে কিন্তু শরীরের সংস্পর্শে এসে শরীর থেকে তাপ গ্রহণ করে তরল রাসায়নিক পদার্থগুলো গ্যাসে পরিণত হয় তাই বডি স্পে ব্যবহারের সময় ঠাণ্ডা অনুভূত হয়।

প্রশ্ন ৭। এন্ট্রপির সাহায্যে তাপগতিবিজ্ঞানের ছিতীয় সূত্রকে প্রকাশ কর। [আমালিক-৪৯]

উত্তর : প্রকৃতির সকল ভৌত বা রাসায়নিক ক্রিয়া এমনভাবে সংঘটিত হয় যে, যার ফলে সার্বিক ব্যবস্থার এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়।

ধরি, একটি সিস্টেমের প্রাথমিক ও চূড়ান্ত অবস্থা 'A' ও 'B' তে এন্ট্রপির মান যথাক্রমে  $S_A$  এবং  $S_B$ .

$$\text{সিস্টেমের এন্ট্রপির পরিবর্তন, } S_B - S_A = \int_{A}^{B} \frac{dQ}{T}$$

$$\therefore dQ = TdS$$

এটি তাপগতিবিদ্যার ছিতীয় সূত্রের গাণিতিক বৃপ্ত।

প্রশ্ন ৮। স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাকে স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। একে  $C_v$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আয়তন স্থির রেখে m মোল গ্যাসের তাপমাত্রা  $\Delta T$  কেলভিন বৃদ্ধি করতে যদি  $\Delta Q$  জুল তাপশক্তির প্রয়োজন হয় তবে সজ্ঞানুসারে  $C_v = \frac{\Delta Q}{m\Delta T}$

প্রশ্ন ৯। তাপগতিবিদ্যার কেলভিনের সূত্রটি বিবৃতি ও ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : তাপগতিবিদ্যার কেলভিনের সূত্রটি হলো— চতুর্পার্শ্ব শীতলতম বস্তুর চেয়েও অধিক শীতল করে কোনো জড় বস্তুর সাহায্যে শক্তির অবিরাম সরবরাহ পাওয়া সম্ভব নয়।

ব্যাখ্যা : তাপ উৎসের তাপমাত্রা পরিপার্শ্বের তাপমাত্রার সমান হলে কোনো তাপ ইঞ্জিন কাজ করতে সক্ষম হবে না। তাপ উৎসের

তাপমাত্রা কখনও পরিপূর্ণ শীতলতম বস্তুর তাপমাত্রা অপেক্ষাও শীতল হলে কিছুটাই তাপকে কাজে বৃপ্তির করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ১০। তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

[নি. বো. '১৭] [আমির-১, প্রামাণিক-১]

উত্তর : তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো— দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তু (তাপমান যন্ত্র) এর সাথে পৃথকভাবে তাপীয় সাময় থাকে তবে প্রথমোন্ত বস্তু দুটি পরস্পরের সাথে তাপীয় সাময় থাকবে।

ব্যাখ্যা : A ও B ডিন তাপমাত্রার দুটি বস্তু একটি কুপরিবাহী দেওয়াল দিয়ে পৃথক করা অবস্থায় তৃতীয় একটি বস্তু এর সংস্পর্শে রাখা হলে কিছুক্ষণ পর A ও B উভয় বস্তুই তৃতীয় বস্তু C এর সাথে তাপীয় সাময় পৌছায়।

প্রশ্ন ১১। তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়— ব্যাখ্যা কর।

[নি. বো. '১৬, ব. বো. '১৬] [আমির-২৪, প্রামাণিক-৪৩, তপন-৫৫]

উত্তর : কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতার সমীকরণ অনুসারে,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%; \quad \text{যেখানে, } T_1 = \text{তাপ উৎসের তাপমাত্রা}$$

$$\text{এবং } T_2 = \text{তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা}$$

এ সমীকরণ হতে দেখা যায় যে  $T_2$  এর মান বেশি হলে  $\eta$  এর মান কম হয় এবং  $T_2$  এর মান কম হলে  $\eta$  এর মান বেশি হয়। এজন্য তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ১২।  $\gamma > 1$  হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। [প্রামাণিক-২২]

উত্তর : স্থির চাপে ঘোলার আপেক্ষিক তাপ ( $C_p$ ) ও স্থির আয়তনে ঘোলার আপেক্ষিক তাপ ( $C_v$ ) এর অনুপাতকে  $\gamma$  বলে।

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

আবার,  $C_p - C_v = R$

$$\text{বা, } C_p = C_v + R$$

$$\therefore \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = 1 + \frac{R}{C_v} > 1$$

ঘোলার গ্যাস ধূর্বক  $R$  একটি ধনাত্মক সংখ্যা হওয়ায়  $C_p$  সর্বদাই  $C_v$  এর চেয়ে বড়। এ কারণে  $\gamma > 1$ ।

প্রশ্ন ১৩। কার্নোর ইঞ্জিনকে প্রত্যাগামী ইঞ্জিন বলা হয় কেন?

[কু. বো. '১৯] [সেলু-১৮, প্রামাণিক-৩৭]

উত্তর : কোনো চক্র প্রত্যাগামী হতে গেলে যেসব বৈশিষ্ট্য থাকা প্রয়োজন কার্নোর আদর্শ ইঞ্জিনে সেগুলো রয়েছে। যেমন—

১. পিস্টন ও চোঙ বা সিলিন্ডারের মধ্যে কোনো ঘর্ষণ নেই।
২. কার্যকরী পদার্থ (গ্যাস)-এর উপর প্রযুক্ত প্রক্রিয়াগুলো খুব ধীরে ধীরে সংঘটিত হয়।
৩. পিস্টন ও সিলিন্ডার নির্মাণে আদর্শ তাপ নিরোধক বা অন্তরক ও আদর্শ তাপ পরিবাহী ব্যবহার করা হয় এবং তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের উপাদান এমন অতি উচ্চ তাপ প্রার্থীতা যুক্ত করা হয় যে সমোক্ষ প্রক্রিয়াগুলো স্থির তাপমাত্রায় সংঘটিত হয়।

প্রশ্ন ১৪।  $C_p > C_v$  কেন? [ব. বো. '১৯] [প্রামাণিক-২৭, তপন-৩৫]

উত্তর : স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায়। আবার, চাপ স্থির রেখে যদি কোনো গ্যাসকে সংশ্লিষ্ট তাপ প্রয়োগ করা হয়, তাহলে ঐ তাপ এক্ষেত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করবে এবং বহুবৃদ্ধি কাজ সম্পন্ন করবে। এ কাজ সম্পাদন করতে কিছু তাপ ব্যয় হবে ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা পূর্বের সম্পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে না। অর্থাৎ  $1 \text{ mole}$  গ্যাসকে  $1 \text{ K}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$$\therefore C_p = C_v + x, \text{ এখানে } x \text{ হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ। \text{অর্থাৎ } C_p > C_v.$$

প্রশ্ন ১৫।  $5 \text{ kg}$  বরফকে কোন তাবে  $4 \text{ kg}$  বাষ্পে পরিণত করা হলো।

প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী হবে? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর :  $5 \text{ kg}$  বরফকে কোনোভাবে  $4 \text{ kg}$  বাষ্পে পরিণত করা হলো প্রক্রিয়াটি প্রত্যাগামী হবে না অর্থাৎ অপ্রত্যাগামী হবে।  $5 \text{ kg}$  বরফকে  $5 \text{ kg}$  বাষ্পে পরিণত করা হলো কোনো অপচয় ঘটতো না। সেক্ষেত্রে তাপ অপসারণ করে সহজেই আবার বাষ্পকে বরফে বৃপ্তিরিত করা যেত। কিছু  $5 \text{ kg}$  বরফকে  $4 \text{ kg}$  বাষ্পে পরিণত করায়  $1 \text{ kg}$  তরের অবচয় ঘটে। এজন্যই প্রক্রিয়াটি অপ্রত্যাগামী হবে।

প্রশ্ন ১৬। তাপীয় সাম্যাবস্থা বলতে কী বুঝায়? [তক্ষণ-১]

উত্তর : কোনো বিজ্ঞপ্তি সিস্টেমের ঢাকাত অবিচল অবস্থাকে তাপগতীয় সাম্যাবস্থা বলে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের সকল বিদ্যুতে চাপ (P), আয়তন (V) এবং তাপমাত্রা (T) এর মান অপরিবর্তিত থাকে। কোনো সিস্টেমের বিভিন্ন অংশ যদি পরিবেশের সাথে একই তাপমাত্রায় থাকে এবং এদের মধ্যে কোনো তাপ বিনিয়ে না ঘটে তাহলে সিস্টেমটি পরিবেশের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় আছে বলা যায়।

প্রশ্ন ১৭। বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম শীতল হয়— ব্যাখ্যা দাও। [চ. বো. '১৯]

উত্তর : বৃদ্ধতাপীয় কোন সিস্টেমকে দ্রুত প্রসারিত করলে সিস্টেম তার অভ্যন্তরীণ শক্তির বিনিয়ে নিজেই কিছু কাজ করে। ফলে সিস্টেমের তাপমাত্রা হ্রাস পায় অর্থাৎ সিস্টেম শীতল হয়।

প্রশ্ন ১৮। এন্ট্রোপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক—ব্যাখ্যা কর। [সেলু-২০, তপন-৬৪]

উত্তর : আমরা জানি, তাপ উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু থেকে নিম্ন তাপমাত্রার বস্তুতে স্থানান্তরিত হয়।  $T_1$  উচ্চতাপমাত্রার বস্তু হতে  $dQ$  পরিমাণ তাপ  $T_2$  নিম্নতাপমাত্রার বস্তুতে স্থানান্তরিত হলে এন্ট্রোপির পরিবর্তন  $(\frac{dQ}{T_2} - \frac{dQ}{T_1})$ । যেহেতু  $T_1 > T_2$  সূতরাং  $\frac{dQ}{T_2} > \frac{dQ}{T_1}$  বা  $\frac{dQ}{T_2} - \frac{dQ}{T_1} > 0$ ।

অর্থাৎ, এন্ট্রোপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক। অতএব বলা যায়, তাপ যেহেতু সর্বদা নিম্নতাপমাত্রার বস্তু গ্রহণ করে তাই এন্ট্রোপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক হয়।

প্রশ্ন ১৯। পৃথিবীর এন্ট্রোপি দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে— ব্যাখ্যা কর। [সেলু-২৩]

উত্তর : আমরা জানি, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রোপি বৃদ্ধি পায়। বিষ্ণু জগতের অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। সূতরাং বিষ্ণুগতের এন্ট্রোপি ক্রমাগত বৃদ্ধি পাচ্ছে। এভাবে এন্ট্রোপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সর্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন বিশ্বের সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌছলে তাপশক্তিকে ফলপ্রসূ কাজে পরিণত করা সম্ভব হবে না। ফলে কার্যকরী শক্তির দুর্মাপ্যতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে।

প্রশ্ন ২০। বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি সমএন্ট্রোপি প্রক্রিয়া— ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. '১৯] [প্রামাণিক ৫২]

উত্তর : আমরা জানি, এন্ট্রোপির পরিবর্তন,  $dS = \frac{dQ}{T}$

বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,  $dQ = 0$

$\therefore dS = \frac{0}{T} = 0$  অর্থাৎ বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এন্ট্রোপির পরিবর্তন শূন্য। এন্ট্রোপি হচ্ছে বিশ্বজগতের পরিমাণ। তাপ গ্রহণে এই বিশ্বজগত বৃদ্ধি পায়, তাপ বর্জনে বিশ্বজগত হ্রাস পায়। বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় যেহেতু সিস্টেমে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাই সিস্টেমের বিশ্বজগতের কোনো পরিবর্তন হয় না তথা এন্ট্রোপির পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি সমএন্ট্রোপি প্রক্রিয়া।

**প্রশ্ন ২১।** বরফ গলার সময় তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না কেন? [সেলু-২৭]

**উত্তর :** আমরা জানি, বরফের তাপমাত্রা  $0^{\circ}$  এর নিচে থাকে। এই তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে করতে এক পর্যায়ে  $0^{\circ} \text{C}$  এ পৌছলে বরফ গলতে শুরু করে। এভাবে সমস্ত বরফ গলে যাওয়ার আগ পর্যন্ত তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  এ স্থির থাকে। একে বরফ গলনের আপেক্ষিক সুস্থিতাপ বলে। এর মান প্রায়  $336000 \text{ J}$ । বরফ গলার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ সরবরাহ করতে হয়। ফলে তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না।

**প্রশ্ন ২২।** দুটি বস্তুর তাপ সমান হলেও এদের তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে কি? ব্যাখ্যা কর। [সেলু-৭]

**উত্তর :** দুটি বস্তুর তাপ সমান হলেও এদের তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে। যেমন, দুটি অসমান ভরের পানির পাত্রকে একই সময় ধরে সম্পরিমাণ তাপ দিতে থাকলে দেখা যাবে বেশি ভরের পাত্রটির তাপমাত্রা কম হয়। আবার একটি তামা ও একটি লোহার দশকে একই তাপ দিয়ে পরস্পরের সংস্পর্শে রাখলে দেখা যাবে তামা থেকে লোহা তাপ গ্রহণ করবে এবং তামা তাপ বর্জন করবে। অর্থাৎ তাপ সমান হওয়া সঙ্গেও দুটি বস্তুর তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে।

**প্রশ্ন ২৩।** বৃদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় কেন? [রা. বো. '১৭] [সেলু-১২, প্রামাণিক-৮, তপন-৩৮]

**উত্তর :** বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে তাপ বাইরে যায় না বা ভেতরে আসতে পারে না। অর্থাৎ পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদান হয় না। আবার বৃদ্ধতাপীয় সংকোচনের ক্ষেত্রে বাইরে থেকে শক্তি সরবরাহ করে সিস্টেমের উপর কাজ সম্পন্ন করা হয়। এজন্য বৃদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়।

**প্রশ্ন ২৪।** গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $20.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  বলতে কী বুঝা?

[য. বো. '১৭] [প্রামাণিক-২০]

**উত্তর :** গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $20.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  বলতে বোঝায়  $1 \text{ mole}$  গ্যাসের তাপমাত্রা  $1 \text{ K}$  বৃদ্ধি করতে  $20.8 \text{ J}$  তাপশক্তির প্রয়োজন।

**প্রশ্ন ২৫।** সমআয়তন প্রক্রিয়ার কৃতকাজ শূন্য হয় কেন? [সেলু-১৪, প্রামাণিক-১৭]

**উত্তর :** আমরা জানি, যখন কোনো গ্যাস প্রসারিত হয় অর্থাৎ গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পায় তখন গ্যাস নিজে কিছু কাজ করে। গ্যাস যখন সংকুচিত হয় অর্থাৎ গ্যাসের আয়তন হ্রাস পায় তখন গ্যাসের ওপর কিছু কাজ সম্পাদিত হয়। আর সময়াতন প্রক্রিয়ায় গ্যাসের আয়তন স্থির থাকে। ফলে সমআয়তন প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ শূন্য হয়।

**প্রশ্ন ২৬।** ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারের  $0^{\circ}\text{F}$  থেকে দাগ কাটা থাকে না কেন? ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. '১৭] [সেলু-৬, প্রামাণিক-৩, তপন-১৩]

**উত্তর :** ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার মানবদেহের তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত হয়। মানবদেহের তাপমাত্রা  $95^{\circ}\text{F}$  হতে  $110^{\circ}\text{F}$  এর মধ্যে থাকে বলে এতে  $95^{\circ}\text{F}$  হতে  $110^{\circ}\text{F}$  পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে। আবার, সুস্থ ব্যক্তির শরীরের তাপমাত্রা সাধারণত  $98.4^{\circ}\text{F}$  হয়। এ সব কারণে ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারে  $0^{\circ}\text{F}$  থেকে দাগ কাটা থাকে না।

**প্রশ্ন ২৭।** ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনোই  $100\%$  হতে পারে না—ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৭] [আমির-১৫, প্রামাণিক-৪৪, তপন-৫৭]

**উত্তর :** ইঞ্জিনে একটি তাপ উৎস ও তাপ প্রাহক থাকে। তাপ উৎসের তাপমাত্রা  $T_1$  এবং তাপ প্রাহকের তাপমাত্রা  $T_2$  আপেক্ষা বেশি হলেই কেবল তাপের স্থানান্তর সম্ভব হয়। দক্ষতার সূত্র ইলো,

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

যেহেতু সমীকরণে  $T_1 > T_1 - T_2$  সেহেতু ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনো  $100\%$  হতে পারে না।

**প্রশ্ন ২৮।** কোনো সিস্টেমের বিশুর্ঘলার সূচক পরিমাপকের রাশি এন্ট্রপি— ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. '১৬] [সেলু-২, আমির-২০, প্রামাণিক-৫০]

**উত্তর :** বৃদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে তাকে এন্ট্রপি বলে। আবার কোনো সিস্টেমের বিশুর্ঘলার সূচক পরিমাপকেও এন্ট্রপি বলে। যেমন, প্রকৃতিতে বেচে থাকার জন্য যতক্ষেত্রে অঙ্গজেন দরকার তার তুলনায় কম বা বেশি থাকলে আমাদের খাস-প্রথাস নিতে কষ্ট হবে। এক্ষেত্রে যে বিশুর্ঘলা বৃদ্ধি পাবে সেটিই এন্ট্রপির মাধ্যমে হিসাব করা হয়।

**প্রশ্ন ২৯।** একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন হলেও সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হবে কেন? ব্যাখ্যা কর।

[য. বো. '১৬] [সেলু-৩, আমির-২২, প্রামাণিক-৬]

**উত্তর :** আমরা জানি, তাপমাত্রা বৃদ্ধি =  $\frac{\text{গৃহীত তাপ}}{\text{ভর} \times \text{আপেক্ষিক তাপ}}$  অর্থাৎ কোনো বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ নির্ভর করে ঐ বস্তুর আপেক্ষিক তাপের উপর। সম্পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলে যে বস্তুর আপেক্ষিক তাপ বেশি তার তাপমাত্রা কম বৃদ্ধি পাবে আবার যার আপেক্ষিক তাপ কম তার তাপমাত্রা বেশি বৃদ্ধি পাবে। এজন্য একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন হলেও সরবরাহ করা হলে তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

**প্রশ্ন ৩০।** তাপ ইঞ্জিন ও রেফ্রিজারেটর-এর কার্য পদ্ধতির মূল পার্শ্বক্য ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. '১৬] [সেলু-৮, আমির-২১, প্রামাণিক-৪০, ৪১, তপন-১৯]

**উত্তর :** তাপ ইঞ্জিন ও রেফ্রিজারেটরের কার্যপদ্ধতির মূল পার্শ্বক্য হলো— তাপ ইঞ্জিনে উচ্চ তাপমাত্রার উৎস হতে নিম্ন তাপমাত্রার সিংকের দিকে তাপ প্রবাহিত হয় অন্যদিকে রেফ্রিজারেটরে নিম্ন তাপমাত্রার সিংক থেকে তাপ উচ্চ তাপমাত্রার উৎসের দিকে প্রবাহিত হয়। এতে তাপ ইঞ্জিনে সিস্টেম দ্বারা কাজ সম্পাদিত হয় অপরদিকে রেফ্রিজারেটরে সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদিত হয়।

**প্রশ্ন ৩১।** জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বোঝা?

[চ. বো. '১৭, '১৬] [সেলু-২১, আমির-২৩, প্রামাণিক-৪৮, তপন-৭০]

**উত্তর :** আমরা জানি, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। বিশ্ব জগতের অধিকাংশ প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। সুতরাং বিশ্বজগতের এন্ট্রপি ক্রমাগত বৃদ্ধি পাচ্ছে।

এভাবে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন সর্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন বিশ্বের সকল ব্যবস্থা তাপীয় সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে। তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌছলে তাপশক্তিকে ফলপ্রসূ কাজে পরিণত করা সম্ভব হবে না। ফলে কার্যকরী শক্তির দুর্ঘাপ্যতা সৃষ্টি হবে। এমনভাবে চলতে থাকলে পৃথিবী এমন একটি ভয়াবহ অবস্থায় পৌছাবে যে তাপ শক্তি সরবরাহে অক্ষম হয়ে পড়বে। এটাই জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে পরিচিত।

**প্রশ্ন ৩২।** উক্ততামিতিক ধর্ম ও উক্ততামিতিক পদাৰ্থ বলতে কী বোঝা?

[সেলু-২৯, প্রামাণিক-২]

**উত্তর :** উক্ততামিতিক ধর্ম : তাপমাত্রা পরিমাপে উপযোগী পদাৰ্থের যেসব ধর্ম কাজে লাগানো হয়, পদাৰ্থের ঐ ধর্মগুলোকে উক্ততামিতিক ধর্ম বলে। যেমন— একটি সরু কাচ নলের মধ্যে তরল স্তুরের দৈর্ঘ্য, স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ বা স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন, পরিবাহী বা অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ রোধ ইত্যাদি উক্ততামিতিক ধর্মের উদাহরণ।

**উক্ততামিতিক পদাৰ্থ :** যেসব পদাৰ্থের উক্ততামিতিক ধর্ম ব্যবহার করে ধার্মোমিটার তৈরি করা হয় তাদেরকে উক্ততামিতিক পদাৰ্থ বলে।

যেমন— কৈশিক নলে তরল (পারদ, অ্যালকোহল) স্তুর, স্থির আয়তনে বা চাপে গ্যাস, পরিবাহী বা অপরিবাহী ইত্যাদি হলো উক্ততামিতিক পদাৰ্থ।

প্রশ্ন ৩৩। তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিয়তা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ— ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ১৫] [আমির-২৭, প্রামাণিক-৪, তপন-২১]

**উত্তর :** বিজ্ঞানী ক্লসিয়াসের ঘৰে, কোনো সিস্টেমে তাপশক্তি অন্য কোনো শক্তিতে রূপান্বিত হলে বা অন্য কোনো শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্বিত হলে সিস্টেমের মোট শক্তির পরিমাণ একই থাকে। অর্থাৎ তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিয়তা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ। যখনই কোনো সিস্টেমে তাপ প্রয়োগ করা হয়, তখন তার কিছু অংশ বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে এবং বাকি অংশ পরিবেশের উপর বাহ্যিক কার্য সম্পাদন করে। অর্থাৎ কোনো সিস্টেমে  $\Delta Q$  তাপ প্রয়োগে অভ্যন্তরীণ শক্তি  $\Delta U$  এবং বহিস্থ কাজ  $\Delta W$  সম্পর্ক হলে,  $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ .

প্রশ্ন ৩৪। বৃৰ্দ্ধতাপীয় পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-৩০, আমির-৩০, প্রামাণিক-৭]

**উত্তর :** যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। এ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের যে পরিবর্তন হয় তাকে বৃৰ্দ্ধতাপীয় পরিবর্তন বলা হয়। এর ফলে গ্যাসের যে প্রসারণ হয় তাকে বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রসারণ এবং গ্যাস সংকুচিত হলে তাকে বৃৰ্দ্ধতাপীয় সংকোচন বলে। যেমন— সাইকেলের টায়ারে হাওয়া ডরার সময় হাওয়া গরম বোধ হয়, যা বৃৰ্দ্ধতাপীয় সংকোচনের ফল। আবার যদি কোনো গ্যাসকে দ্রুত প্রসারিত করা হয় তাহলে গ্যাস তার অভ্যন্তরীণ শক্তির বিনিময়ে নিজেই কিছু কাজ করে, ফলে গ্যাসের উষ্ণতা হ্রাস পায়। এটি বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রসারণ। যেমন— সাইকেলের টায়ার হঠাৎ ফেটে গেলে যে বাতাস বের হয় তা ঠাণ্ডা বোধ হয়, যা বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রসারণের ফল।

প্রশ্ন ৩৫। বৃৰ্দ্ধতাপীয় সংকোচনে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন?

[সি. বো. ১৫] [সেলু-৯, আমির-৩২, তফাজ্জল-১৮]

**উত্তর :** বৃৰ্দ্ধতাপীয় সংকোচনে গ্যাস সংকুচিত হয়। এ সংকোচনের সময় বাইরে থেকে শক্তি সরবরাহ করে সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদিত হয় বলে সিস্টেমের অন্তর্ম্মুখ শক্তি বৃদ্ধি পায়, ফলে সিস্টেমের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এ সংকোচনে অন্তর্ম্মুখ শক্তি,  $dW = -dU$ , কারণ  $dQ = 0$ .

প্রশ্ন ৩৬। এন্ট্রুপি কেন সিস্টেমের বিশৃঙ্খলা পরিমাপক রাশি ব্যাখ্যা কর।

[সিস্টেট সরকারি কলেজ, সিস্টেট] [সেলু-৫]

**উত্তর :** তাপ হলো বিশৃঙ্খল শক্তি। শক্তি সখন বিশৃঙ্খলার সূচি করে তখন তাপের উচ্চ হয়। অর্থাৎ, তাপ হলো শক্তি ও বিশৃঙ্খলার সমষ্টি। কোনো সিস্টেমের বিশৃঙ্খলা বৃদ্ধি পেলে তার তাপীয় অবস্থার পরিবর্তন হয়। এ পরিবর্তনকে এন্ট্রুপি নামে পারিমিত ধারণার মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। তাই এন্ট্রুপি সিস্টেমের বিশৃঙ্খলা পরিমাপক রাশি।

প্রশ্ন ৩৭। বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রসারণে অন্তর্ম্মুখ শক্তির পরিবর্তন ঝোঁকাক হয় কেন?

[ইশ্বারী পারিমিত ভুল ও কলেজ, কুমিল্লা]

[সেলু-১১, আমির-১৯, প্রামাণিক-৯, তপন-৩৭, তফাজ্জল-১৫]

**উত্তর :** যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। এ প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসকে হঠাৎ প্রসারিত হতে দিলে গ্যাসটি কিছু পরিমাণ তাপ হারায়। সেক্ষেত্রে বাইরে থেকে তাপ সরবরাহ হতে না দিলে গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পায়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে গ্যাস তাপ হারণ না করলে তাপমাত্রা হ্রাসের কারণে গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন ঝোঁকাক হয়।

প্রশ্ন ৩৮। রেফ্রিজারেটর একটি তাপ ইঞ্জিনের বিপরীত যন্ত্র— ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-৩১, চট্টগ্রাম কলেজ, চট্টগ্রাম]

**উত্তর :** রেফ্রিজারেটরকে একটি তাপ ইঞ্জিনের বিপরীত যন্ত্র হিসেবে বিবেচনা করা হয়। কারণ তাপ ইঞ্জিন উচ্চ তাপমাত্রার উৎস হতে তাপ হারণ করে কার্য সম্পাদন করে এবং অব্যবহৃত তাপ নিম্ন তাপমাত্রার

তাপগ্রাহকে বর্জন করে। পক্ষান্তরে রেফ্রিজারেটর নিম্ন তাপমাত্রার উৎস হতে তাপ গ্রহণ করে ও উচ্চ তাপমাত্রার আধারে বর্জন করে। অতএব, রেফ্রিজারেটর তাপ ইঞ্জিনের একটি বিপরীত যন্ত্র।

প্রশ্ন ৩৯। তাপগতিবিদ্যার প্রথম ও বিত্তীয় সূত্রের তুলনামূলক আলোচনা কর। [সেলু-১৬, প্রামাণিক-২৭]

**উত্তর :** তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির সংরক্ষণ সূত্রের বিশেষ রূপ। এ সূত্রানুসারে শক্তির বৃপ্তির সম্ভব। কোনো সিস্টেম যে পরিমাণ তাপ হারায় এর সাথে সংশ্লিষ্ট অপর সিস্টেম ঠিক ঐ পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে। এটিই তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রের প্রতিপাদ্য বিষয়। কোনো সিস্টেম কী পরিমাণ তাপ হারাবে বা তাপ গ্রহণ করবে অথবা তাপের উৎপত্তি কোথায় তা তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র হতে জানা যায় না। তবে তাপগতিবিদ্যার বিত্তীয় সূত্র হতে এ সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়।

প্রশ্ন ৪০। বৃৰ্দ্ধতাপীয় লেখ সমোক লেখ অপেক্ষা  $\gamma$  গুণ খাড়া কেন— ব্যাখ্যা কর। [সেলু-১৩, প্রামাণিক-১৯, আমির-৩৫]

**উত্তর :** সমোক লেখের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা স্থির থাকা সাপেক্ষে চাপের পরিবর্তন ধীরে ধীরে সংঘটিত হয়। সমোক পরিবর্তনে ( $PV = \text{ধ্রুব}$ ), গ্যাস প্রয়োজনমতো তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে তাপমাত্রা স্থির রাখে। কিন্তু বৃৰ্দ্ধতাপীয় লেখের ক্ষেত্রে বৃৰ্দ্ধতাপীয় পরিবর্তনে ( $PV' = \text{ধ্রুব}$ ) তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে এবং চাপ পরিবর্তন থেকে দ্রুত করতে হয় যাতে বাইরের সাথে তাপ আদান প্রদানের সুযোগ না থাকে। এর ফলে দেখা যায় যে, বৃৰ্দ্ধতাপীয় লেখ সমোক লেখ অপেক্ষা  $\gamma$  গুণ খাড়া হয়।

প্রশ্ন ৪১। একটি ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 60% বলতে কী বোঝ?

[সেলু-৩২, প্রামাণিক-৩৯]

**উত্তর :** একটি ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 60% বলতে বোঝায়, ইঞ্জিনটিতে 100 J শক্তি সরবরাহ করলে আমরা তা থেকে 60 J শক্তি পাই। বাকি 40 J শক্তি অপচয় হয়।

প্রশ্ন ৪২। বৃৰ্দ্ধতাপীয় পরিবর্তনের চারটি বৈশিষ্ট্য লিখ।

[সেলু-৩৩, আমির-২৯, প্রামাণিক-১০]

**উত্তর :** বৃৰ্দ্ধতাপীয় পরিবর্তনের চারটি বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপঃ—

- এটি একটি দ্রুত প্রক্রিয়া
- এ প্রক্রিয়ায় বাইরে থেকে ভেতরে তাপের আদান-প্রদান ঘটেনা
- এ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের অভ্যন্তরে চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে।
- এ প্রক্রিয়ায় বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য নয়।

প্রশ্ন ৪৩। বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি দ্রুত প্রক্রিয়া কেন?

[সেলু-৩৪, প্রামাণিক-১৮]

**উত্তর :** বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় কিন্তু তাপের আদান প্রদান হয় না। এ প্রক্রিয়ায় পাত্রের দেয়াল তাপ অপরিবাহী হলে সংকোচন বা প্রসারণের সময় গ্যাস পরিবেশকে তাপ দিতে বা পরিবেশ হতে তাপ নিতে পারে না। কিন্তু বাস্তবে এমন কোনো পদার্থ নেই যার পদার্থ দিয়ে মোটেও তাপ চলাচল করতে পারে না। তাই বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার জন্য পাত্রের দেয়াল যথাসম্ভব তাপ কুপরিবাহী পদার্থের তৈরি হতে হবে এবং সংকোচন প্রসারণ দ্রুত ঘটাতে হবে যেন পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদানের সুযোগ না পায়। এজন্য বলা হয় বৃৰ্দ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি দ্রুত প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন ৪৪। স্থির চাপে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা ও স্থির আরতনে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। [প্রামাণিক-২৫]

**উত্তর :** কোনো গ্যাসের আয়তন স্থির রেখে তাপ প্রয়োগ করলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায়। এক্ষেত্রে শুধু তাপমাত্রা

বাড়াতেই তাপের প্রয়োজন হয়। কিন্তু চাপ স্থির রেখে গ্যাসকে সম্পরিমাণ তাপ শুধু করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে এবং বহুচক্ষে কাজ সম্পূর্ণ হবে। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা বাড়াতে ও প্রসারণশীল গ্যাস যে বাহ্যিক তাপের বিরুদ্ধে কাজ করে তার জন্য তাপ ব্যয় হবে। ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা পূর্বের মতো বৃদ্ধি পাবে না। অর্থাৎ গ্যাসের সম্পরিমাণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পূর্বের চেয়ে অতিরিক্ত কিন্তু তাপ প্রয়োগ করতে হবে। এজন্য স্থির চাপে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা ও স্থির আয়তনে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা ভিন্ন।

প্রশ্ন ৪৫। অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়—ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-১৯, প্রামাণিক-৫১, তপন-৬৬]

উত্তর : মনে করি, কোনো অপ্রত্যাগামী ইঞ্জিন  $T_1$ , তাপমাত্রায়  $Q_1$ , তাপ প্রয়োজন করে এবং  $T_2$  তাপমাত্রায়  $Q_2$  পরিমাণ তাপ বর্জন করে।

$$\therefore \text{এক্ষেত্রে কর্মদক্ষতা}, \eta' = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

কিন্তু তাপমাত্রায় একই সীমার মধ্যে কোনো প্রত্যাগামী চক্রের কর্মদক্ষতা,

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

এখন, কার্নোর উপপাদ্য অনুসারে কার্নোর প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা যে কোনো অপ্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতার চেয়ে বেশি।

অর্থাৎ  $\eta > \eta'$

$$\therefore \frac{T_1 - T_2}{T_1} > \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

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

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

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

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

অতএব, তাপ উৎসটি  $\frac{Q_1}{T_1}$  পরিমাণ এন্ট্রপি হারায় এবং তাপ গ্রাহক  $\frac{Q_2}{T_2}$

পরিমাণ এন্ট্রপি লাভ করে। সমগ্র প্রক্রিয়াতে এন্ট্রপির মোট লাভ  $(\frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1})$  যা ধনাত্মক।

অতএব, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ৪৬। কখন  $\Delta Q$  ধনাত্মক ধরা হয়?

[সেলু-৩৬]

উত্তর : যদি কোনো সিস্টেমে  $\Delta Q$  পরিমাণ তাপশক্তি সরবরাহ করার ফলে সিস্টেমের অভ্যন্তরে শক্তির পরিবর্তন  $\Delta U$  এবং সিস্টেম কর্তৃক পরিবেশের উপর বাহ্যিক কৃতকাজের পরিমাণ  $\Delta W$  হয় তাহলে তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,  $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

সিস্টেম কর্তৃক পরিবেশের উপর কাজ সম্পাদিত হলে  $\Delta W$  ধনাত্মক হবে এবং পরিবেশ কর্তৃক সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদিত হলে  $\Delta W$  ঋণাত্মক হবে।

প্রশ্ন ৪৭। তাপীয় সমতা বলতে কী বোঝায়?

উত্তর : ভিন্ন তাপমাত্রার দুটি বন্ধু পরম্পর তাপীয় সংস্পর্শে আসার পর

যখন সমতাপমাত্রায় উপনীত হয় তখন ঐ অবস্থাকে তাপীয় সমতা বা তাপীয় সাম্যাবস্থা বলে।

মনে করি, A ও B দুটি বন্ধু যারা ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রায় আছে। এখন A কে স্পর্শ করলে ঠাণ্ডা এবং B কে স্পর্শ করলে গরম অনুভূত হয়। বন্ধু দুটিকে একত্রে রাখার বেশ কিছুক্ষণ পর তাদের মিলিত তাপমাত্রা একই পাওয়া যাবে। এ অবস্থায় A ও B বন্ধু দুটি সাম্যাবস্থায় আছে বলা হয়। তাপীয় সাম্যের যুক্তিসংগত কার্যকরী পরীক্ষার জন্য তৃতীয় একটি বন্ধু ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন ৪৮। কার্নো এবং প্লাজ্জের মতোনূসারে তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি লেখ। [সেলু-১, তপন-৪১]

উত্তর : কার্নোর বিবৃতি : কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপশক্তিকে সম্পূর্ণভাবে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তির করার মতো যন্ত্র তৈরি সম্ভব নয়। প্লাজ্জের বিবৃতি : কোনো তাপ উৎস হতে অনবরত তাপ শোষণ করবে এবং তা সম্পূর্ণরূপে কাজে বৃপ্তিরিত হবে এবং এরূপ একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ৪৯। γ এর গুরুত্ব লেখ।

[সেলু-৩৮, প্রামাণিক-২১, তপন-৩৬]

উত্তর : স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $C_p$  ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $C_v$ , এর অনুপাতকে  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ । এর গুরুত্ব নিম্নরূপ :

১. গ্যাসে শব্দের বেগ নির্ণয়ের সূত্রে (ল্যাপ্লাস কর্তৃক নিউটনের সূত্র সংশোধনে) এ অনুপাত ব্যবহৃত হয়।

$$\text{বায়ুতে শব্দের বেগ, } v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

(এখানে  $P$  = বায়ুর চাপ এবং  $\rho$  = বায়ুর ঘনত্ব)

২. বৃদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের সময়  $PV' = \text{ধ্বক, সূত্রে এ অনুপাত প্রয়োজন হয়।}$

৩. গ্যাসের যোজ্যতা সম্পর্কিত তথ্য এ অনুপাত থেকে পাওয়া যায়।

প্রশ্ন ৫০। কখন  $\Delta W$  ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হবে? ব্যাখ্যা কর।

[প্রামাণিক-২৩, তপন-২৪]

উত্তর : যদি কোনো সিস্টেমে  $\Delta Q$  পরিমাণ তাপশক্তি সরবরাহ করার ফলে সিস্টেমের অভ্যন্তরে শক্তির পরিবর্তন  $\Delta U$  এবং সিস্টেম কর্তৃক পরিবেশের উপর বাহ্যিক কৃতকাজের পরিমাণ  $\Delta W$  হয় তাহলে তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,  $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

সিস্টেম কর্তৃক পরিবেশের উপর কাজ সম্পাদিত হলে  $\Delta W$  ধনাত্মক হবে এবং পরিবেশ কর্তৃক সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদিত হলে  $\Delta W$  ঋণাত্মক হবে।

প্রশ্ন ৫১। সমোক্ষ পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

[সেলু-২৫, প্রামাণিক-১১]

উত্তর : সমোক্ষ পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্যগুলো নিচে দেওয়া হলো—

১. সমোক্ষ পরিবর্তনে প্রয়োজনমতো তাপ সরবরাহ করতে হয়।
২. এটি একটি ধীর প্রক্রিয়া।
৩. সমোক্ষ পরিবর্তন বয়েল এর সূত্র মেনে চলে অর্থাৎ  $PV = \text{ধ্বক}$ ।
৪. এ পরিবর্তনে পাত্রটি তাপের সুপরিবাহী হওয়া প্রয়োজন।

প্রশ্ন ৫২। প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার পার্থক্য নিরূপণ কর।

[সেলু-৩৯, প্রামাণিক-৩০, তপন-৪৫]

উত্তর : প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া ও অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য :

প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া	অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া
১. যে প্রক্রিয়া বিপরীতমূর্যী হয়ে প্রত্যাবর্তন করে এবং সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমূর্যী প্রক্রিয়ার প্রতি ভরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় সেই প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।	১. যে প্রক্রিয়া বিপরীতমূর্যী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না তাকে অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।
২. কার্যনির্বাহক বন্ধু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসে।	২. কার্যনির্বাহক বন্ধু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসতে পারে না।
৩. এটি অতি ধীর প্রক্রিয়া।	৩. এটি একটি দ্রুত প্রক্রিয়া।
৪. এটি ব্যতিকূর্ত প্রক্রিয়া নয়।	৪. সকল অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়াই ব্যতিকূর্ত ও একমুখী।

প্রশ্ন ৫৩। এন্ট্রপির সাথে শক্তি প্রবাহের সম্পর্ক কী? [প্রামাণিক-৫]

উত্তর : কোনো সিস্টেমের শক্তির বৃদ্ধির সময়ের অক্ষমতার পরিমাণ হলো এন্ট্রপি। এন্ট্রপির সাথে শক্তির প্রবাহের সম্পর্ক এইরূপ : শক্তি এখন দিকে এবং এখনভাবে প্রবাহিত হবে যাতে এন্ট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ৫৪। সমোক ও বুন্ধনাপীয় প্রক্রিয়ার পার্থক্য লেখ। [প্রামাণিক-১৩, তফাইল-৬]

উত্তর : সমোক ও বুন্ধনাপীয় প্রক্রিয়ার পার্থক্য নিম্নরূপ :

সমোক প্রক্রিয়া	বুন্ধনাপীয় প্রক্রিয়া
১. তাপমাত্রা স্থির রেখে কোনো গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তনকে সমোক পরিবর্তন বলে এবং যে পদ্ধতিতে এ পরিবর্তন সংঘটিত হয় তাকে সমোক প্রক্রিয়া বলে।	১. মোট তাপের পরিমাণ স্থির রেখে কোনো গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তনকে বুন্ধনাপীয় পরিবর্তন বলে এবং যে পদ্ধতিতে এ পরিবর্তন সংঘটিত হয় তাকে বুন্ধনাপীয় প্রক্রিয়া বলে।
২. এ প্রক্রিয়ায় পাত্রের চতুর্পার্শ্ব মাধ্যমের তাপচাহীতা উচ্চ হতে হয়।	২. এ প্রক্রিয়ায় পাত্রের চতুর্পার্শ্ব মাধ্যমের তাপচাহীতা নিম্ন হতে হয়।
৩. সমোক পরিবর্তন বয়েল-এর সূত্র মেনে চলে অর্থাৎ $PV = \text{ধ্রুবক}$ ।	৩. আদর্শ গ্যাসের বুন্ধনাপীয় পরিবর্তনের সমীকরণ হলো, $PV' = \text{ধ্রুবক}$ ।

প্রশ্ন ৫৫। স্থির চাপে মোলার আঃ তাপ  $8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  বলতে কী বুঝ? [সেলু-৪০]

উত্তর : চাপ স্থির রেখে এক মোল গ্যাসের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপশক্তিকে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ  $8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  বলতে বোঝায় চাপ স্থির রেখে ঐ গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে ৪ জুল তাপশক্তির প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন ৫৬। গ্যাস প্রসারণের সমোক প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অপেক্ষা বৃহত্তর – ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. '১৫] [আমির-২৫, প্রামাণিক-২৪, তপন-৩০]

উত্তর : কোনো সিস্টেমে গ্যাসের ক্ষুদ্র প্রসারণ  $dV$  এবং স্থির চাপ  $P$  হলে সমচাপ প্রক্রিয়ায় গ্যাস কর্তৃক মোট কাজ,  $dW = PdV$

$$= \text{চাপ} \times \text{আয়তনের পরিবর্তন}$$

তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র হতে আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

অর্থাৎ সমচাপ প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত তাপশক্তি সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি পরিবর্তন এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদনে ব্যয় হয়।

কিন্তু সমোক প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না।

$$\therefore \text{সমোক প্রক্রিয়া}, dU = 0$$

$$\therefore \text{তাপগতিবিদ্যার } 1\text{ম সূত্রানুযায়ী } dQ = 0 + dW = dW$$

অর্থাৎ সরবরাহকৃত তাপশক্তি সম্পূর্ণরূপে কাজ সম্পাদনে ব্যয় হয়।

অর্থাৎ সমোক প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপ প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ অপেক্ষা বৃহত্তর।

প্রশ্ন ৫৭। বুন্ধনাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি ছাস পায় কেন? [সেলু-১০]

উত্তর : যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে বুন্ধনাপীয় প্রক্রিয়া বলে। এ প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসকে হঠাৎ সংকুচিত করলে কিছু পরিমাণ তাপ

উৎপন্ন হয়। যদি এ তাপ অপসারণ করা না হয় তবে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। আবার কোনো গ্যাসকে হঠাৎ প্রসারিত হতে দিলে গ্যাসটি কিছু পরিমাণ তাপ হারায়। সেক্ষেত্রে বাইরে থেকে তাপ সরবরাহ হতে না দিলে গ্যাসের তাপমাত্রা ছাস পায়। অর্থাৎ একেতে গ্যাস তাপ গ্রহণ বা বর্জন না করলে তাপমাত্রা ছাস বৃদ্ধির কারণে গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির ছাস বৃদ্ধি ঘটে। বুন্ধনাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের আদান প্রদান ঘটে না বলে গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি ছাস পায়। ফলে সিস্টেম কিছুটা শীতল হয়।

প্রশ্ন ৫৮। সমোক প্রক্রিয়া বলতে কী বোঝা?

[তপন-২৭]

উত্তর : যে প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয়, কিন্তু তাপমাত্রা অপরিবর্তিত অর্থাৎ স্থির থাকে, সে প্রক্রিয়াকে সমোক প্রক্রিয়া এবং পরিবর্তনকে সমোক পরিবর্তন বলে।

অন্যকথায়, যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত অর্থাৎ স্থির থাকে তাকে সমোক প্রক্রিয়া বলে।

সমোক প্রক্রিয়ায়  $PV = \text{ধ্রুবক}$ ।

প্রশ্ন ৫৯। ধ্রুব আয়তন প্রক্রিয়া বলতে কী বোঝা?

[তপন-৩১]

উত্তর : যে প্রক্রিয়ায় কোনো স্থির আয়তনের ধ্রুব থাকে তাকে ধ্রুব আয়তন প্রক্রিয়া বলে। এ প্রক্রিয়ায় আয়তন ধ্রুব থাকে বলে  $dV = 0$  হয়।

অতএব, কাজের পরিমাণ,  $dW = PdV = P \times 0$

$$\therefore dW = 0$$

তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুসারে,  $dQ = dU + dW = dU + 0 = dU$

অর্থাৎ ধ্রুব আয়তন প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির বৃদ্ধি সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান।

প্রশ্ন ৬০। বৃতস্কৃত প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির কীরূপ পরিবর্তন হয়, ব্যাখ্যা কর। [প্রামাণিক-৭, তপন-৬৩]

উত্তর : মনে করি, A ও B এর তাপমাত্রা যথাক্রমে  $T_1$  ও  $T_2$  এবং  $T_1 > T_2$  A ও B এর মধ্যে সংযোগ স্থাপিত হলে তাপ বৃতস্কৃতভাবে A হতে B তে পরিবাহিত হবে। A থেকে B তে Q পরিমাণ তাপ সঞ্চালিত হলে-

A এর এন্ট্রপির পরিবর্তন  $\Delta S_1 = -\frac{Q}{T_1}$  এবং B এর এন্ট্রপির পরিবর্তন,  $\Delta S_2 = +\frac{Q}{T_2}$

সুতরাং, সিস্টেমটির এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন-

$$\Delta S = \Delta S_2 + \Delta S_1 = \frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1}$$

যেহেতু  $T_1 > T_2$ , সেহেতু  $\Delta S$  একটি ধনরাশি। অর্থাৎ, এ প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির মোট পরিমাণ বৃদ্ধি পেয়েছে। এটি একটি বৃতস্কৃত প্রক্রিয়া।

সুতরাং, বৃতস্কৃত প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির মোট পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ৬১। একটি প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার এন্ট্রপি কেন ধ্রুবক থাকে?

[সেলু-২৪, প্রামাণিক-৫২, তপন-৬৫]

উত্তর : মনে করি, একটি প্রত্যাবর্তী কার্নো ইঞ্জিন  $T_1$  তাপমাত্রায় তাপ উৎস হতে  $Q_1$  পরিমাণ তাপ গ্রহণ করল এবং  $T_2$  তাপমাত্রায় তাপ গ্রাহকে  $Q_2$  পরিমাণ তাপ বর্জন করল।

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

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

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

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