

এইস এস সি পদার্থবিজ্ঞান

অধ্যায়-১: তাপগতিবিদ্যা

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

[সি. বো. ২০১৭]

- তাপ গতিবিদ্যার ২য় সূত্র লিখ। ১
- তাপের পরিবহন অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- তাপ উৎসের তাপ নির্ণয় করো। ৩
- বাস্তবে দেখা গেল তার দাবি সঠিক নয়। ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাগামী করতে কী ধরনের পরিবর্তন করতে হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে সুপাল্লিত করা যাবে।

খ তাপের পরিবহন একটি অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া। আমরা জানি, তাপের পরিবহন ঘটে উষ্ণতর বস্তু হতে শীতলতর বস্তুতে। কিন্তু শীতল বস্তু থেকে উষ্ণ বস্তুতে তাপের পরিবহন কখনো ঘটে না, যদি বাহ্যিক শক্তি প্রয়োগ না করা হয়। সুতরাং তাপের স্বাভাবিক পরিবহন একটি অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

গ দেওয়া আছে,

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 300J$

ধরি, তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপ = Q_1

কাজে পরিণত হয়, $W = \frac{Q_1}{4}$

আমরা জানি, $Q_2 = Q_1 - W = Q_1 - \frac{Q_1}{4} = \frac{4-1}{4} Q_1 = \frac{3}{4} Q_1$

$$\therefore Q_1 = \frac{4}{3} Q_2 = \frac{4}{3} \times 300 J = 400 J \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই, তাপ উৎসের তাপ, $Q_1 = 400J$

দেওয়া আছে, তাপ গ্রাহকের তাপ, $Q_2 = 300J$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 310K$

ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাবর্তী করতে হলে,

উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন করে T_1 করা হলে,

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

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

$$\text{বা, } T_1 = \frac{310}{300} \times 400$$

$$\therefore T_1 = 413.33 K$$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta T = (413.33 - 350)K = 63.33 K$

সুতরাং উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 413.33 K$ করলে বা $63.33 K$ বৃদ্ধি করলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাবর্তী হবে।

বিঃদ্র: ইঞ্জিনকে প্রত্যাবর্তী করতে এখানে আমরা উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন করেছি কিন্তু উৎসের তাপ, গ্রাহকের তাপ বা তাপমাত্রা পরিবর্তন করেও অপ্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনকে প্রত্যাবর্তী করা যায়।

প্রশ্ন ২ দেবু এবং জীম দুটি ইঞ্জিন তৈরি করলো। ইঞ্জিনদ্বয়ের উচ্চ তাপমাত্রা যথাক্রমে 600K এবং 500K ও নিম্নতাপমাত্রা যথাক্রমে 500K এবং 400K। দেবু দাবি করল যে, তার ইঞ্জিনটি বেশি কার্যক্ষম।

[সি. বো. ২০১৮]

- এনট্রপি কাকে বলে? ১
- তাপমাত্রা বাড়লে অর্ধ-পরিবাহীর রোধ কমলেও পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়— ব্যাখ্যা কর। ২
- জীমের তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩
- দেবুর দাবি সঠিক কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃদ্ধিতাপীয় প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেমের যে তাপগতীয় ধর্ম বা চলরাশি ধ্রুব থাকে তাকে এনট্রপি বলে।

খ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীর সমযোজী বন্ধন ভাঙতে শুরু করে এবং যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যাধে যায়। এ কারণে অর্ধ-পরিবাহীর রোধ কমে যায়।

আবার তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর অণু-পরমাণুগুলোর কম্পনের বিস্তার বেড়ে যায়। ফলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর সাথে এদের সংঘর্ষের হারও বেড়ে যায়। তাই পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ দেওয়া আছে,

জীমের তৈরি ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 500K$

এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 400K$

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

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

ঘ দেবুর ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T'_1 = 600K$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T'_2 = 500K$

$$\text{দেবুর ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta' = 1 - \frac{T'_2}{T'_1} = 1 - \frac{500K}{600K} = 16.67\%$$

সুতরাং দেবুর ইঞ্জিনের দক্ষতা 16.67% এবং গ নং হতে জীমের তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা দেখা গেল 20%। দেখা যাচ্ছে দেবু ও জীম উভয়ের ইঞ্জিনের তাপমাত্রার ব্যবধান সমান হলেও দক্ষতা সমান নয়।

দেবুর ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta' <$ জীমের ইঞ্জিনের দক্ষতা, η ।

সুতরাং দেবুর দাবি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ৩ পিস্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারে কিছু গ্যাস আবদ্ধ আছে। 300 Pa স্থির চাপে ধীরে ধীরে 600 J তাপশক্তি সরবরাহ করায় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ হলো 900 J।

[সি. বো. ২০১৭]

- ক. তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা কী? ১
খ. বুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় কেন? ২
গ. গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. “উদ্দীপক অনুসারে শক্তির সংরক্ষণশীল নীতিটি লঙ্ঘিত হয় না।”— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাই করো। ৪

(বিঃদ্র: উদ্দীপকের বক্তব্য সঠিক নয়। স্থির চাপে কোনো গ্যাসে সরবরাহকৃত তাপশক্তি অপেক্ষা বেশি কাজ পাওয়া সম্ভব নয়। কারণ স্থির চাপে গ্যাস প্রসারিত হতে হলে চার্লসের সূত্রানুসারে অবশ্যই গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেতে হবে। আর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অবশ্যই অন্তঃস্থ শক্তিও বৃদ্ধি পাবে। বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ হয়। সেক্ষেত্রে চাপ হ্রাস পায়। সুতরাং স্থির চাপ প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ হতে পারে না। উল্লেখ্য—

স্থির চাপ প্রক্রিয়ায় গৃহীত তাপের কিছু অংশ কাজে রূপান্তরিত হয়, বাকি অংশ অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি করে।

স্থির আয়তন প্রক্রিয়ায় গৃহীত তাপের সম্পূর্ণটাই অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি করে।

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গৃহীত তাপের সম্পূর্ণটাই কাজে রূপান্তরিত হয়।

বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ হয়।

গৃহীত তাপ অপেক্ষা বেশি কাজ পেতে হলে প্রথমে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসকে প্রসারিত করতে হবে। ফলে গৃহীত তাপের সমপরিমাণ কাজ পাওয়া যাবে এবং পরে বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় প্রসারিত করতে হবে যাতে অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ হয়। এ দুটি প্রক্রিয়ায়ই চাপ হ্রাস পাবে।)

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সরবরাহকৃত তাপের কত অংশ কোনো ইঞ্জিন কাজে রূপান্তরিত করতে পারে, তাকে ঐ ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে।

খ. যে কোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ার জন্য, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ সম্পর্কটি প্রযোজ্য। বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং $\Delta U + \Delta W = 0$ বা $\Delta U = -\Delta W$ । সিস্টেম (গ্যাস) সংকুচিত হওয়ায় ΔW ঋণাত্মক, সুতরাং ΔU ধনাত্মক। অতএব, বুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি (ΔU) বৃদ্ধি পায়। প্রকৃতপক্ষে সংকোচনের ফলে সিস্টেমের উপর কার্য সম্পাদিত হয় যা অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে।

গ. উদ্দীপকের নিচে বিঃদ্র: অংশের আলোচনা থেকে বোঝা যায় যে, প্রকৃতপক্ষে এখানে গ্যাস প্রথমে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় 600J তাপ গ্রহণ করে যা সম্পূর্ণরূপে কাজে রূপান্তরিত হয়। পরে বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় আরও 300J কার্য সম্পাদিত হয়।

এখানে,

গ্যাসের আদি চাপ, $P_0 = 300 \text{ Pa}$

মনে করি,

আদি আয়তন, তাপমাত্রা এবং গ্যাসের মোল সংখ্যা যথাক্রমে V_0, T_0, n

\therefore সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ,

$$W_1 = nRT_0 \ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right) = 600J$$

$$\text{বা, } \ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right) = \frac{600}{nRT_0}$$

$$\therefore V_1 = V_0 \exp\left(\frac{600}{nRT_0}\right)$$

আবার, বুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কৃতকাজ,

$$W_2 = \frac{nR}{\gamma - 1} (T_0 - T) = 300J$$

এখানে T হলো গ্যাসের চূড়ান্ত তাপমাত্রা,

$$T < T_0$$

$$\text{বা, } T_0 - T = \frac{300(\gamma - 1)}{nR}$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T}{T_0} = \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}$$

$$\text{বা, } \frac{T}{T_0} = 1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}$$

$$\text{বা, } \frac{V_1}{V_2} = \left[1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}$$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{V_1}{\left[1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}}$$

$$\therefore V_2 = V_0 \left[\frac{\exp\left(\frac{600}{nRT_0}\right)}{\left[1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}} \right]$$

\therefore গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন,

$$\Delta V = V_2 - V_0$$

$$= V_0 \left\{ \frac{\exp\left(\frac{600}{nRT_0}\right)}{\left[1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}} - 1 \right\}$$

উপরের সমীকরণে গ্যাসের আদি তাপমাত্রা, মোল সংখ্যা ও γ এর মান বসিয়ে আয়তন পরিবর্তন নির্ণয় করা যাবে।

আবার, উদ্দীপকে উপস্থিত 300 Pa চাপকে গ্যাসের আদি চাপ বিবেচনা করলে, $nRT_0 = 300 V_0$

$$\therefore \Delta V = V \left\{ \frac{\exp\left(\frac{2}{V_0}\right)}{\left[1 - \frac{\gamma - 1}{V_0}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}} - 1 \right\}$$

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই,

সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপশক্তি, $Q = 600J$

সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজ, $W = 900J$

সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ΔU হলে,

আমরা জানি,

$$Q = \Delta U + W$$

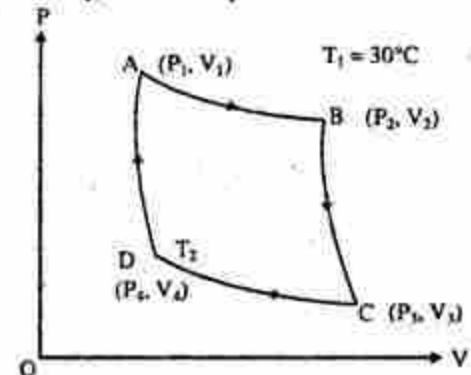
$$\text{বা, } \Delta U = Q - W$$

$$= 600 - 900$$

$$= -300J$$

সুতরাং সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি 300J পরিমাণ হ্রাস পাবে। 900J পরিমাণ কাজ সম্পাদন করার জন্য সিস্টেম বাইরে থেকে সরবরাহকৃত 600J তাপ ব্যবহার করে এবং সিস্টেমের অন্তঃস্থ 300J পরিমাণ ব্যবহার করে। সুতরাং এক্ষেত্রে তাপ বা শক্তির কোনো রূপ অপচয়, সৃষ্টি বা ধ্বংস হয়নি। ফলে উদ্দীপক অনুসারে শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতিটি লঙ্ঘিত হয় না।

প্রশ্ন ৪ কোনো ইঞ্জিনের প্রতিস্থরে সংকোচন বা প্রসারণের অনুপাত 1 : 2। এতে কার্যনিবাহক বস্তু হিসাবে 3 mole দ্বিপরমাণুক গ্যাস ব্যবহার করা হলো। (দ্বিপরমাণুক গ্যাসের $\gamma = 1.4$)।



- ক. কৌণিক বিবর্ধন কী? ১
খ. আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয় কেন? ২
গ. কার্নো-চক্রের লেখটি A হতে B বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ হিসাব কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত ইঞ্জিনের দক্ষতা 33% অপেক্ষা বেশি হওয়া সম্ভব কি?— গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে উত্তর দাও। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. প্রতিবিশ্ব ও লক্ষ্যবস্তু চোখে যে কোণ উৎপন্ন করে তাদের অনুপাতকে কৌণিক বিবর্ধন বলে।

খ. ব্যতিচারের জন্য প্রয়োজনীয় আলোক তরঙ্গগুলোর একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে এবং আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা-পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকতে হবে। এ সকল বৈশিষ্ট্য কেবল সুসংগত আলোক উৎসে রয়েছে। বিধায় আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয়।

গ. কার্নো চক্রের P-V লেখটিতে A হতে B বিন্দুতে গ্যাসটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় প্রসারিত হয়। এক্ষেত্রে A বিন্দুতে গ্যাসটির চাপ ও আয়তন যথাক্রমে P_1 , V_1 এবং B বিন্দুতে গ্যাসটির চাপ ও আয়তন যথাক্রমে P_2 , V_2 । এ প্রক্রিয়ায় গ্যাস T_1 তাপমাত্রায় উৎস হতে তাপ শোষণ করে এবং তার সবটুকুই কাজে পরিণত করে। এখানে, $V_1 = V$ (ধরি) এবং $V_2 = 2V$ তাহলে কৃতকাজ,

$$W = \int P dV$$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT_1}{V} dV \quad [\text{যেহেতু } PV = nRT, \text{ সুতরাং } P = \frac{nRT}{V}]$$

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

$$= 3 \times 8.31 \times (30 + 273) \ln \left(\frac{2V}{V} \right)$$

$$= 7553.8 \times \ln 2 = 5236 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ. এখানে, যেহেতু A থেকে B তে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় প্রসারণ ঘটে তাই B বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_1 = 30^\circ\text{C} = (30 + 273)\text{K}$
 $= 303\text{K}$

আবার, B থেকে C বিন্দুতে অর্থাৎ ২য় ঘাতে বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণ ঘটে এবং C বিন্দুতে তাপমাত্রা হবে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রার সমান।

ধরি, C বিন্দুর তাপমাত্রা = তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা = $T_2\text{K}$

আবার, যেহেতু সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত 1:2 তাহলে B বিন্দুতে গ্যাসটির আয়তন, $V_2 = V$ (ধরি) এবং C বিন্দুতে আয়তন, $V_3 = 2V$

২য় ঘাতে বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে, $T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}$

$$\therefore T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} = 303\text{K} \times \left(\frac{1}{2} \right)^{1.4-1} = 229.63\text{K}$$

$$\therefore \text{কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{229.63\text{K}}{303\text{K}}$$

$$= 0.2421 = 24.21\%$$

সুতরাং উদ্দীপকে প্রদত্ত ইঞ্জিনের দক্ষতা 33% অপেক্ষা বেশি হওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ৫. একটি তাপ ইঞ্জিনের কার্যকর পদার্থ 600 K তাপমাত্রার উৎস থেকে 1200 J তাপ গ্রহণ করে এবং 300 K তাপমাত্রার গ্রাহকে 600 J তাপ বর্জন করে।

(দি. বো. ২০১৭)

- ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কী? ১
খ. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তাপ ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী— গাণিতিক যুক্তিসহ সিদ্ধান্ত দাও। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যেসব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সমুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ. দুটি বস্তু তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সমতায় থাকলে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সমতায় থাকবে। এটি তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র। ধরা যাক, A ও B বস্তুরয়ের মাঝে একটি তাপ কুপরিবাহী দেয়াল আছে এবং এরা উভয়ই অন্য একটি বস্তু C এর সংস্পর্শে আছে। কিছুক্ষণ পর A ও B উভয়ই C এর সাথে তাপীয় সমতায় পৌঁছেবে। এবার A ও B এর মাঝ থেকে দেয়াল সরিয়ে নিলেও দেখা যাবে A ও B এর তাপমাত্রার আর কোনো পরিবর্তন হচ্ছে না। অর্থাৎ দেয়াল সরানোর পূর্বেই A ও B তাপীয় সমতায় পৌঁছে গেছে। এ পরীক্ষা থেকে উপর্যুক্ত সূত্রটি প্রমাণিত হয়।



গ. দেওয়া আছে,

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

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

$$\text{তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta = ?$$

জানা আছে,

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

$$= \left(1 - \frac{600}{1200} \right) \times 100\%$$

$$= 50\% \text{ (Ans.)}$$

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

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

আমরা জানি, প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের দক্ষতা

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

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

$$= 50\% \text{ (Ans.)}$$

যেহেতু ইঞ্জিনটির দক্ষতা প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের দক্ষতার সমান সেহেতু ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী।

প্রশ্ন ৬. একটি সিলিন্ডারে 300K তাপমাত্রায় এবং 4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 10 লিটার গ্যাস আবদ্ধ আছে।

(দি. বো. ২০১৫)

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

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তীক্ষ্ণ ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সবু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ. তড়িৎ উৎসের ঋণাত্মক ও ধনাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জংশনের p ও n অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে তাকে বিমুখী ঝোঁক বলে। বিপরীত ঝোঁকে ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে p অঞ্চলের হোলগুলো এবং ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে n অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো জংশন হতে দূরে সরে যায়। এতে n অঞ্চল হতে কিছু ইলেকট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তে গমন করায় নিঃশেষিত অঞ্চলে ধনাত্মক আয়নের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং

এর বিভব বৃদ্ধি পায়। আবার ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত হতে ইলেকট্রন এসে p অঞ্চলের কিছু হোলের সাথে যুক্ত হয়ে এদের ঋণাত্মক আয়নে পরিণত করে ফলে নিঃশেষিত অঞ্চলের বিভব হ্রাস পায়। অর্থাৎ বিমুখী যৌকে জংশনের দুপাশের বিভব পার্থক্য বৃদ্ধি পায় এবং তদুপরি নিঃশেষিত অঞ্চল বা ডিপ্লেশন লেয়ারের বেধ বৃদ্ধি পায়।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের চাপ, $P_1 = 4 \text{ atm}$

গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 10 \text{ L}$

চাপ বৃদ্ধির পর গ্যাসের চাপ, $P_2 = 8 \text{ atm}$

বের করতে হবে গ্যাসের আয়তন, $V_2 = ?$

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে আমরা জানি, $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$\therefore V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{4 \times 10}{8} = 5 \text{ L (Ans.)}$$

ঘ তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ (i)

গ্যাসের চাপ হঠাৎ বৃদ্ধি করলে, গ্যাস পরিবেশের সাথে তাপের কোনো লেনদেন করতে পারে না, সেক্ষেত্রে $\Delta Q = 0$ [অর্থাৎ এটি বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়া]। চাপ বৃদ্ধি করলে আয়তন হ্রাস পায়, সেক্ষেত্রে সিস্টেমের ওপর কাজ হওয়ায় কৃতকাজ ঋণাত্মক।

$$\therefore \text{কৃতকাজ} = -\Delta W$$

সুতরাং (i) নং হতে পাই, $0 = \Delta U - \Delta W$

$$\therefore \Delta U = \Delta W$$

গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পাওয়া মানে এর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাওয়া।

সুতরাং সিলিডারে গ্যাসের চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করা হলে সিস্টেমের উপর বেশি কাজ হবে অর্থাৎ অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পাবে অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ৭ পদার্থবিজ্ঞানের একজন গবেষক সকল দোষত্রুটি মুক্ত একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করলেন; যা কোনো ইঞ্জিনের সাথে তুলনীয়। ইঞ্জিনটি 200°C তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে 600 J তাপ গ্রহণ করে এবং গ্রাহকে 400 J তাপ বর্জন করে। তিনি বললেন, “উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করেও যন্ত্রের দক্ষতা 70% করা সম্ভব।”

ক. অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারের 0°F থেকে দাগ কাটা থাকে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গবেষকের উক্তিটি যথার্থ কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যেসব পরিবর্তন বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না তাদেরকে অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ. সেলসিয়াস স্কেলে 0°F এর সমতুল্য পাঠ -17.78°C । মানবদেহের তাপমাত্রা কখনোই 0°F এ নামতে পারে না। বিধায় ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারে 0°F এ দাগ কাটা থাকে না। মানব দেহের তাপমাত্রা 95°F অপেক্ষা কম হয় না, যদি হয় তবে তার মৃত্যু হবে। এ জন্য ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারে 95°F থেকে শুরু করা হয়।

গ. দেওয়া আছে,

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

গৃহীত তাপ, $Q_1 = 600 \text{ J}$

বর্জিত তাপ, $Q_2 = 400 \text{ J}$

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

কোনো ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

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

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

$$\text{বা, } T_2 = \frac{400}{600} \times 473$$

$$\therefore T_2 = 315.33 \text{ K (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে প্রদত্ত বর্ণিত ইঞ্জিনের,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 473 \text{ K}$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 315.33 \text{ K}$ [(গ) হতে]

গবেষকের বক্তব্য অনুসারে উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করে ইঞ্জিনের দক্ষতা $\eta' = 70\% = 0.7$ করতে হলে গ্রাহকের তাপমাত্রা পরিবর্তন করতে হবে। ধরা যাক গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2' করতে হবে।

আমরা জানি,

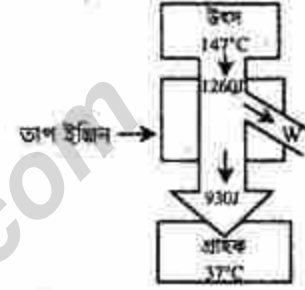
$$\eta' = 1 - \frac{T_2'}{T_1}$$

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

$$\therefore T_2' = (1 - 0.7) \times 473 \text{ K} = 141.9 \text{ K}$$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যদি 315.33 K থেকে কমিয়ে 141.9 K করা হয়, তাহলে উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করেও যন্ত্রের দক্ষতা 70% করা সম্ভব।

প্রশ্ন ৮ একটি তাপ ইঞ্জিন 147°C তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে 1260 J তাপ গ্রহণ করে 37°C তাপমাত্রায় তাপ গ্রাহকে 930 J তাপ বর্জন করে।



ক/কো. ২০১৬/

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কী? ১

খ. তাপ ইঞ্জিন ও রেফ্রিজারেটর-এর কার্যপদ্ধতির মূল পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটি প্রত্যাবর্তী না অপ্রত্যাবর্তী? বিশ্লেষণ কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতিস্থলে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয়, সেই প্রক্রিয়াকে প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ. তাপ ইঞ্জিন উচ্চ তাপমাত্রার উৎস হতে তাপ গ্রহণ করে কার্য সম্পাদন করে এবং অব্যবহৃত তাপ-নিম্ন তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে বর্জিত করে।

রেফ্রিজারেটর নিম্ন তাপমাত্রার উৎস থেকে তাপ গ্রহণ বা অপসারণ করে ও উচ্চ তাপমাত্রার আধারে বর্জন করে। এর জন্য বাইরে থেকে শক্তি সরবরাহ করতে হয়।

গ. ৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 26.19%

ঘ. ৫(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ৯ একটি কার্ণো ইঞ্জিন 510 K তাপমাত্রার উৎস থেকে 1400 J তাপ শোষণ করে 800 J তাপ বর্জন করে।

ক/কো. ২০১৭/

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র কী? ১

খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কি বুঝ? ২

গ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 54% করতে হলে কী কী ব্যবস্থা নেওয়া যেতে পারে তা-গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ. তাপ উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে পরিবাহিত হওয়ার ফলে সর্বদাই এনট্রপি বৃদ্ধি পায় এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ে। প্রকৃতিতে সর্বদাই উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে তাপ সঞ্চারিত হচ্ছে, ফলে সর্বদাই বিশ্বের এনট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ছে। এভাবে এনট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে হয়ত এমন একদিন আসবে যখন এনট্রপির মান সর্বোচ্চে পৌঁছবে এবং সকল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হবে। ফলে তাপ থাকবে কিন্তু কাজ করার মতো কোনো শক্তিই আর পাওয়া যাবে না। এ অবস্থাকে কেলভিন বিশ্বের তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করেছেন।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{গৃহীত তাপ, } Q_1 = 1400 \text{ J}$$

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

$$\text{কর্মদক্ষতা, } \eta = ?$$

আমরা জানি,

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$= 1 - \frac{800}{1400}$$

$$= \frac{3}{7}$$

$$= 0.4286$$

$$= 42.86\% \text{ (Ans.)}$$

ঘ. এখানে, উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 510 \text{ K}$

গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2 হলে আমরা পাই,

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

$$\text{বা, } \frac{800 \text{ J}}{1400 \text{ J}} = \frac{T_2}{510 \text{ K}}$$

$$\therefore T_2 = 291.423 \text{ K}$$

কার্নো ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা দু'ভাবে বৃদ্ধি করা যায়, যথা-

(i) উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে: ধরা যাক উৎসের তাপমাত্রা T'_1 করা হলে ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 0.54 হবে। সুতরাং

$$0.54 = 1 - \frac{291.43 \text{ K}}{T'_1}$$

$$\text{বা, } \frac{291.43 \text{ K}}{T'_1} = 1 - 0.54 = 0.46$$

$$\therefore T'_1 = \frac{291.43 \text{ K}}{0.46} = 633.54 \text{ K}$$

অর্থাৎ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে $633.54 \text{ K} - 510 \text{ K} = 123.54 \text{ K}$

(ii) তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস করে: ধরা যাক তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা T'_2 করা হলে ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 0.54 হবে। সুতরাং

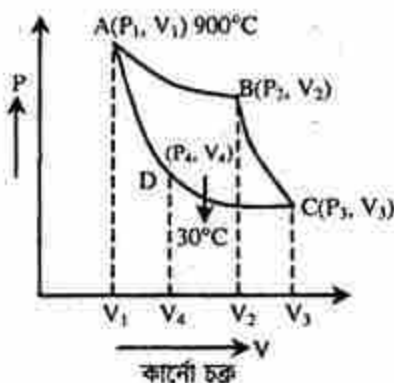
$$0.54 = 1 - \frac{T'_2}{510 \text{ K}}$$

$$\text{বা, } \frac{T'_2}{510 \text{ K}} = 1 - 0.54 = 0.46$$

$$\therefore T'_2 = 234.6 \text{ K}$$

অর্থাৎ তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে $291.43 \text{ K} - 234.6 \text{ K} = 56.83 \text{ K}$

প্রশ্ন ১০



চি. বো. ২০১৬/

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কী?

১

খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বোঝ?

২

গ. উদ্ভীপকের 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

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

খ. প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়, সাম্যাবস্থায় পৌঁছলে সিস্টেম থেকে আর কাজই পাওয়া যায় না। সিস্টেমের এই শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাই হচ্ছে এনট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থায় দিকে এগিয়ে যায় তাদের এনট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এনট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে যায়, তাই বলা যায় জগতে এনট্রপি ক্রমাগত বাড়ছে। জগতে এনট্রপি যখন সর্বোচ্চে পৌঁছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তথাকথিত তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করা হয়েছে।

গ. উদ্ভীপক হতে পাই,

$$\text{উৎসের তাপমাত্রা, } T_1 = 900^\circ\text{C} = 1173 \text{ K}$$

$$\text{গ্রাহকের তাপমাত্রা, } T_2 = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$\text{দক্ষতা, } \eta = ?$$

আমরা জানি,

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

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

$$= 74.168\% \text{ (Ans.)}$$

ঘ. উৎসের তাপমাত্রা অসীম হলে, দক্ষতা,

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

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

$$= (1 - 0) \times 100\%$$

$$= 100\%$$

আবার, সিংকের তাপমাত্রা '0' K হলে, দক্ষতা,

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

$$= \left(1 - \frac{0}{T_1} \right) \times 100\%$$

$$= (1 - 0) \times 100\%$$

$$= 100\%$$

অতএব, উৎসের তাপমাত্রা-অসীম হলে এবং সিংকের তাপমাত্রা '0' K হলে, দক্ষতা 100% হবে।

প্রশ্ন ১১ একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 1200°C ও 600°C । এতে চারটি ধাপে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ যথাক্রমে 1100J, 1150J, 600J ও 300J।

চি. বো. ২০১০/

- ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১
খ. গ্যাস প্রসারণে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অপেক্ষা বৃহত্তর- ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকে কার্ণো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে তুমি এর উৎসের তাপমাত্রা বাড়াবে নাকি এর গ্রাহকের তাপমাত্রা সমপরিমাণ কমাবে? তুলনামূলক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

- ক. কোনো সিস্টেমের শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাকে এনট্রপি বলে।
খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ $\Delta U = 0$ ।
সুতরাং তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে- $\Delta Q = \Delta W$
অর্থাৎ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার সিস্টেমের সরবরাহকৃত তাপের সম্পূর্ণটাই কাজে রূপান্তরিত হয়।
অপরদিকে সমচাপে প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপের সম্পূর্ণটাই কাজে রূপান্তরিত হয় না, এর কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে ব্যয় হয়। এ কারণে গ্যাস প্রসারণে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপে প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ অপেক্ষা বৃহত্তর হয়।

- গ. উদ্দীপক হতে পাই,
সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ, $W_1 = 1100\text{ J}$
বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে কৃতকাজ, $W_2 = 1150\text{ J}$
সমোষ্ণ সংকোচনে কৃতকাজ, $W_3 = 600\text{ J}$
বৃদ্ধতাপীয় সংকোচনে কৃতকাজ, $W_4 = 300\text{ J}$
কার্ণো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজ, $W = ?$
কার্ণো ইঞ্জিনে W_1 ও W_2 আবদ্ধ গ্যাস দ্বারা কৃতকাজ বলে ধনাত্মক হবে এবং W_3 ও W_4 আবদ্ধ গ্যাসের ওপর কৃতকাজ বলে ঋণাত্মক হবে।
ফলে কার্ণো ইঞ্জিনে আবদ্ধ বস্তু দ্বারা মোট কৃতকাজ হবে-
 $W = W_1 + W_2 - W_3 - W_4$
 $= 1100 + 1150 - 600 - 300$
 $= 1350\text{ J (Ans.)}$

- ঘ. উদ্দীপকের বর্ণিত কার্ণো ইঞ্জিনের
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 1200^\circ\text{C}$
 $= (1200 + 273)\text{K}$
 $= 1473\text{ K}$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 600^\circ\text{C}$
 $= (600 + 273)\text{K}$
 $= 873\text{ K}$

কার্ণো ইঞ্জিনটির বর্তমান দক্ষতা, η হলে, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100$
 $= \frac{1473 - 873}{1473} \times 100\%$
 $= 40.73\%$

ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে এর তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে উৎসের তাপমাত্রা 100K বাড়াতে দক্ষতা হবে η' ।

এতে উৎসের নতুন তাপমাত্রা $T_1' = (1473 + 100)\text{K}$
 $= 1573\text{ K}$

এক্ষেত্রে, ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $\eta' = \frac{T_1' - T_2}{T_1'} \times 100\%$
 $= \frac{1573 - 873}{1573} \times 100\%$
 $= 44.50\%$

আবার, উৎসের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 100K কমালে উৎসের নতুন তাপমাত্রা, $T_2' = (873 - 100)\text{K} = 773\text{K}$

এক্ষেত্রে ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $\eta'' = \frac{T_1 - T_2'}{T_1} \times 100\%$
 $= \frac{1473 - 773}{1473} \times 100\%$
 $= 47.52\%$

লক্ষ করি, $\eta'' > \eta'$

অতএব, উদ্দীপকে উল্লিখিত কার্ণো ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করার চেয়ে গ্রাহকের তাপমাত্রা সমপরিমাণ কমানো অধিক সমীচীন হবে।

প্রশ্ন ১২ একটি কফিপটে নাড়ানীর সাহায্যে খুব জোরে কফি নাড়া হলো। ফলে কফির আয়তন 50cm^3 বৃদ্ধি পেল। একই সময়ে কফিপট হতে 40J তাপ পরিবহন এবং পরিচলন পদ্ধতিতে নির্গত হল। বায়ুর চাপ $= 1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ ।

(সি. বো. ২০১৭)

- ক. তাপীয় সিস্টেম কী? ১
খ. ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনোই 100% হতে পারে না- ব্যাখ্যা কর। ২
গ. কফির উপর কতটুকু কাজ করা হল? ৩
ঘ. এটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে কিনা যাচাই করে ব্যাখ্যা কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পদার্থের একটি নির্দিষ্ট অংশ, তাপগতীয় স্থানান্তরের সাহায্যে যার অবস্থার বর্ণনা দেয়া যায় তাদেরকে তাপগতীয় সিস্টেম বলে।

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

তাহলে ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

100% দক্ষতার ক্ষেত্রে ইঞ্জিনটি কোনো তাপ বর্জন করতে পারবে না অর্থাৎ $Q_2 = 0$ । কিন্তু তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রে বলা হয়েছে- এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবলমাত্র একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে। সুতরাং কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হতে পারে না।

গ. দেওয়া আছে,

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

আয়তন পরিবর্তন, $\Delta V = 50 \text{ cm}^3 = 50 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

কফির উপর কৃত কাজ, $W = ?$

আমরা জানি,

$W = P\Delta V$
 $= 1 \times 10^5 \times 50 \times 10^{-6}$
 $= 5 \text{ J (Ans.)}$

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই,

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

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

তাপশক্তি পরিবর্তন, $dQ = -40\text{J}$

অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন dU হলে,

$dQ = dU + dW$

বা, $dQ = dU + PdV$

বা, $-40 = dU + 1 \times 10^5 \times 50 \times 10^{-6}$

বা, $dU = -40 - 5$

বা, $dU = -45\text{ J}$

অর্থাৎ তাপশক্তি হ্রাস পাওয়ার দরুন অন্তঃস্থশক্তিও হ্রাস পেয়েছে।

সুতরাং এটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে।

প্রশ্ন ১৩ 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস চেম্বারে ১ বায়ু মণ্ডলীয় চাপে 100 kgm^{-3} ঘনত্বের CO_2 গ্যাস আছে। চেম্বারটিতে গ্যাসের চাপ ২ বায়ু মণ্ডলীয় করা হলে চেম্বারটি হঠাৎ ফেটে যায়। ($\gamma = 1.33$).

(সি. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৬)

- ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. ফেটে যাওয়ার মূহুর্তে চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল? ৩
ঘ. চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্বের কেমন পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করে এবং সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় সেই প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ. কার্ণো ইঞ্জিন দ্বারা কাজে রূপান্তরিত তাপশক্তি ও ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তির অনুপাতকে কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে। কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ সমীকরণে, T_1 হলো উৎসের তাপমাত্রা এবং T_2 গ্রাহকের তাপমাত্রা। উক্ত সমীকরণ অনুসারে, T_2 এর মান যত হ্রাস পাবে, $(T_1 - T_2)$ এর মান তত বৃদ্ধি পাবে। $T_1 - T_2$ এর মান যত বাড়বে কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা তত বাড়বে। এ কারণে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।

গ. উদ্দীপক অনুসারে, $\gamma = 1.33$
প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 27^\circ\text{C} = (273 + 27) \text{ K}$
 $= 300 \text{ K}$

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 2$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

আমরা জানি,

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

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

$$= 300 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1 - 1.33}{1.33}}$$

$$= 356.297 \text{ K}$$

$$= 83.297^\circ\text{C (Ans.)}$$

গ. উদ্দীপক অনুসারে,

প্রাথমিক ঘনত্ব, $\rho_1 = 100 \text{ kgm}^{-3}$

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

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 2$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

‘গ’ অংশ হতে পাই,

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 356.297 \text{ K}$

চূড়ান্ত ঘনত্ব, $\rho_2 = ?$

ঘনত্বের পরিবর্তন, $\Delta\rho = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{\rho_1 T_1}{P_1} = \frac{\rho_2 T_2}{P_2}$$

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

$$= \frac{100 \times 300 \times 2}{1 \times 356.297}$$

$$= 168.4 \text{ kgm}^{-3}$$

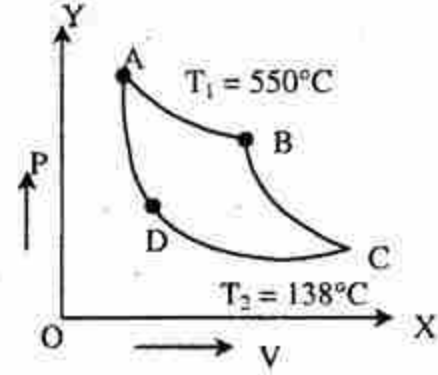
$$\therefore \Delta\rho = (\rho_2 - \rho_1)$$

$$= (168.4 - 100) \text{ kgm}^{-3}$$

$$= 68.4 \text{ kgm}^{-3}$$

অতএব, চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্ব 68.4 kgm^{-3} বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ১৪ একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের তাপ উৎস এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 550°C এবং 138°C । সমোক্ষ প্রসারণে গৃহীত তাপের পরিমাণ 750 J ।



১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

- 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. উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনের তৃতীয় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ বৃদ্ধি করতে কি ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তাহলে প্রথমোক্ত বস্তু দুইটিও পরস্পরের সাথে সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ. কোন পদার্থের ১ মোলের উষ্ণতা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ পদার্থের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ $20.8 \text{ J mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$ বলতে বোঝায় চাপ অথবা আয়তন স্থির রেখে ঐ গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে 20.8 J তাপশক্তি প্রয়োজন হয়।

গ. দেওয়া আছে,

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

উৎসের তাপমাত্রা $T_1 = (550 + 273) \text{ K} = 823 \text{ K}$

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = (138 + 273) \text{ K}$
 $= 411 \text{ K}$

মনে করি, সমোক্ষ সংকোচনে (CD অংশে) বর্জিত তাপ $= Q_2$

CD অংশে এনট্রপির পরিবর্তন, $S_{CD} = ?$

প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া হওয়ায়,

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

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

$$\therefore S_{CD} = -S_{AB} = -\frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$$

$$\text{বা, } S_{CD} = \frac{-750}{823}$$

$$\therefore S_{CD} = -0.911 \text{ J K}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

গ. উদ্দীপক হতে পাই,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 550^\circ\text{C}$

$$= (550 + 273) \text{ K}$$

$$= 823 \text{ K}$$

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 138^\circ\text{C}$

$$= 411 \text{ K}$$

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

$$= 50.06\%$$

দক্ষতা দ্বিগুণ বা 100% করতে মনে করি গ্রাহকের তাপমাত্রা T' করতে হবে।

$$\text{তাহলে, } 1 = 1 - \frac{T'}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T'}{T_1} = 0$$

$$\therefore T' = 0K$$

কিন্তু প্রকৃতিতে 0K তাপমাত্রা অর্জন সম্ভব নয়। অতএব, উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে। মনে করি, এই পরিবর্তিত তাপমাত্রা T_1'

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

$$\text{বা, } \frac{T_2}{T_1'} = 0$$

$\therefore T_1' = \infty$; যা বাস্তব সম্মত নয়, কারণ এতে অসীম শক্তি সরবরাহ করতে হয়।

অর্থাৎ তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা 100% পাওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ১৫ একটি কার্নো ইঞ্জিন 327°C এবং 27°C পরিসরে কাজ করে তাপ উৎস থেকে 6000J তাপ গ্রহণ করে কিছু তাপ কাজে রূপান্তর করে এবং অবশিষ্ট তাপ গ্রাহকে বর্জন করে।

/৪ বো. ২০১৬/

- এনট্রপি কী? ১
- একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ বের কর। ৩
- উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন সিস্টেমের শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতা বা অসম্ভাব্যতাকে বা রূপান্তরের জন্য শক্তির অপ্রাপ্ততাকে এনট্রপি বলে।

খ দুটি বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণে একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

গ এখানে,

$$\text{উচ্চ তাপমাত্রা, } T_1 = 327^\circ\text{C} = 600K$$

$$\text{নিম্ন তাপমাত্রা, } T_2 = 27^\circ\text{C} = 300K$$

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

$$\text{তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, } Q_2 = ?$$

আমরা জানি,

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

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

$$= \frac{(6000J) \times (300K)}{(600K)}$$

$$= 3000J \text{ (Ans.)}$$

ঘ ১৪(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ১৬ 1 kW ক্ষমতার একটি ইলেকট্রিক কেটলীতে গ্রীষ্মকালে 1 লিটার পানি 5 মিনিটে ফুটে। কিন্তু শীতকালে একই পরিমাণ পানি ফুটতে 1 মিনিট সময় বেশি লাগে। কক্ষতাপমাত্রার তারতম্যের কারণে এরূপ হয়ে থাকে।

/৪ বো. ২০১৬/

- বৃন্দ্যতাপীয় প্রক্রিয়া কী? ১
- গ্যাসের ক্ষেত্রে দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- শীতকালে কেটলীটি কত ক্যালরি তাপ উৎপন্ন করে। ৩
- উদ্দীপকের আলোকে কক্ষতাপমাত্রার তারতম্য নির্ণয় করে শেষোক্ত উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে বৃন্দ্যতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ করা হলে উষ্ণতার সাথে সাথে গ্যাসের চাপ অথবা আয়তন অথবা উভয়ই পরিবর্তিত হয়। তাই কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা একই পরিমাণ বৃদ্ধি করতে বিভিন্ন ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণও বিভিন্ন হয়। সেজন্য গ্যাসের ক্ষেত্রে দুই ধরনের আপেক্ষিক তাপ গুরুত্বপূর্ণ।

- স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ
- স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ।

গ এখানে, কেটলীর ক্ষমতা, $P = 1kW = 1000W$

$$\text{শীতকালে সময়কাল, } t = 5 \text{ min} + 1 \text{ min} = 6 \text{ min} = 6 \times 60 \text{ sec} = 360 \text{ sec}$$

বের করতে হবে উৎপন্ন তাপ, $Q = ?$

$$\text{জুড়ে উৎপন্ন তাপ, } Q = Pt = 1000W \times 360 \text{ sec} = 360000J$$

$$\text{ক্যালরিতে উৎপন্ন তাপ, } Q = \frac{360000J}{4.2J/cal} = 85714.28 \text{ cal (Ans.)}$$

ঘ মনে করি, শীতকালে কক্ষের তাপমাত্রা তথা পানির আদি তাপমাত্রা $\theta^\circ\text{C}$

\therefore শীতকালে পানি কর্তৃক শোষিত তাপ

$$= m\Delta\theta = 1kg \times 4200Jkg^{-1}K^{-1} \times (100 - \theta)K = 360000J$$

[এখানে, S হলো পানির আপেক্ষিক তাপ এবং আমরা জানি, 1L

পানির ভর 1 kg]

$$\text{বা, } 100 - \theta = \frac{360000}{1 \times 4200} = 85.71$$

$$\therefore \theta = 100 - 85.71 = 14.29^\circ\text{C}$$

অনুরূপ, গরমকালে পানি কর্তৃক শোষিত তাপ,

$$= m\Delta\theta' = 1 \times 4200 \times (100 - \theta') = 5 \text{ min} \times 1000W$$

$$= 300 \text{ sec} \times 1000W$$

$$= 300000J$$

$$\therefore 100 - \theta' = \frac{300000}{4200} = 71.43$$

$$\text{বা, } \theta' = 100 - 71.43 = 28.57^\circ\text{C}$$

সুতরাং শীতকাল ও গরমকালে কক্ষতাপমাত্রার তারতম্য

$$= \theta' - \theta = 28.57^\circ\text{C} - 14.29^\circ\text{C} = 14.28^\circ\text{C}$$

অতএব উদ্দীপকের শেষোক্ত উক্তিটি যথার্থ। কারণ কক্ষ তাপমাত্রায় তারতম্যের কারণেই এরূপ হয়ে থাকে।

প্রশ্ন ১৭ 0°C তাপমাত্রার 505g বরফকে 47.5°C তাপমাত্রার 4.8kg পানির সাথে মেশানো হল। [বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ $L_f = 3.36,000Jkg^{-1}$, পানির আপেক্ষিক তাপ $S = 4200Jkg^{-1}K^{-1}$ ও পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ $L_v = 22,68,000Jkg^{-1}$]

/৪ বো. ২০১৭/

- হল ক্রিয়া কী? ১
- ধাতুসমূহের সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে কী ঘটনা ঘটত ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকে শুধু বরফ গলার ফলে এনট্রপির কত পরিবর্তন হবে? ৩
- তুমি কীভাবে উদ্দীপকের মিশ্রণের মোট এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করবে তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পাত আকারের তড়িৎবাহী পরিবাহীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হলে তড়িৎ প্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর দুই বিপরীত প্রান্তে একটি বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়, এ ঘটনাই হলো হল ক্রিয়া।

খ) ধাতু সমূহের সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে, যেকোনো কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে তা হতে ইলেকট্রন নির্গত হতো। ফলে ধাতব পদার্থের স্থায়ীত্ব এবং অস্তিত্বই থাকতো না।

আমরা জানি, যে সর্বনিম্ন কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে ধাতু হতে ইলেকট্রন নির্গত হয় সেই সর্বনিম্ন কম্পাঙ্কই হলো ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক। এখন সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে যে কোনো কম্পাঙ্কের রশ্মি তথা তরঙ্গের আঘাতে ধাতু হতে ক্রমাগত ইলেকট্রন নির্গত হবে। ফলে ধাতুর পারমাণবিক কাঠামো অস্থায়ী হয়ে যাবে এবং ধাতু ক্রমাগত পরিবর্তিত হবে।

গ) দেওয়া আছে,

$$\text{বরফের ভর, } m = 505 \text{ g} = 0.505 \text{ kg}$$

$$\text{বরফগলনের আপেক্ষিক সূত্রতাপ, } l_f = 336000 \text{ Jkg}^{-1}$$

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

বের করতে হবে, এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = ?$

আমরা জানি,

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{m l_f}{T}$$

$$\text{বা, } \Delta S = \frac{0.505 \times 336000}{273}$$

$$\therefore \Delta S = 621.54 \text{ JK}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ) দেওয়া আছে,

$$\text{বরফের ভর, } m_i = 505 \text{ gm} = 0.505 \text{ kg}$$

$$\text{পানির ভর, } m_w = 4.8 \text{ kg}$$

$$\text{পানির তাপমাত্রা, } \theta_w = 47.5^\circ\text{C}$$

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

$$\text{বরফ গলনের আপেক্ষিক সূত্রতাপ, } l_f = 3.36 \times 10^5 \text{ Jkg}^{-1}$$

মনেকরি, মিশ্রণের তাপমাত্রা $\theta^\circ\text{C}$

$\therefore 0^\circ\text{C}$ তাপমাত্রার বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে সরবরাহকৃত শক্তি, $H_1 = m_i l_f$

$$= 0.505 \times 3.36 \times 10^5 \text{ J}$$

$$= 169680 \text{ J}$$

0°C তাপমাত্রার বরফ গলা পানিকে $\theta^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় আনতে সরবরাহকৃত শক্তি, $H_2 = m_i s_w \theta$

$$\text{বা, } H_2 = 0.505 \times 4200 \times \theta$$

$$= 2121\theta$$

47.5°C তাপমাত্রার 4.8 kg পানিকে $\theta^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় আনতে বর্জিত তাপ, $H_3 = m_w s_w (47.5 - \theta)$

$$\text{বা, } H_3 = 4.8 \times 4200 \times (47.5 - \theta)$$

$$= 957600 - 20160\theta$$

গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ,

$$\therefore H_1 + H_2 = H_3$$

$$\text{বা, } 169680 + 2121\theta = 957600 - 20160\theta$$

$$\text{বা, } 22281\theta = 787920$$

$$\therefore \theta = 35.36^\circ$$

আবার, 0°C তাপমাত্রায় 0.505 kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = \frac{m_i l_f}{0 + 273}$

$$= \frac{0.505 \times 336000}{273}$$

$$= 621.54 \text{ JK}^{-1}$$

0°C তাপমাত্রার 0.505 kg পানিকে 35.36°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_2 = m_i s_w \ln \left(\frac{35.36 + 273}{273} \right)$

$$= 0.505 \times 4200 \times \ln \left(\frac{308.36}{273} \right)$$

$$= 258.33 \text{ JK}^{-1}$$

আবার, 47.5°C তাপমাত্রার 4.8 kg পানিকে 35.36°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_3 = m_w s_w \ln \left(\frac{35.36 + 273}{47.5 + 273} \right)$$

$$= 4.8 \times 4200 \times \ln \left(\frac{308.36}{320.5} \right)$$

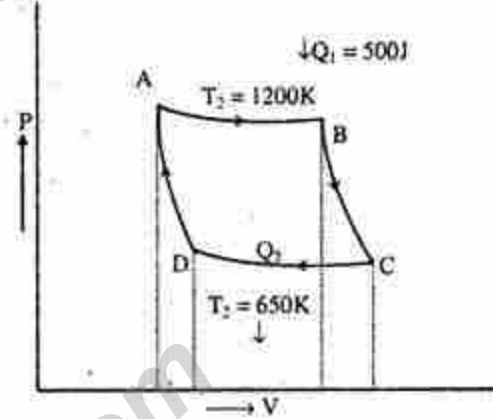
$$= -778.46 \text{ JK}^{-1}$$

\therefore মোট এন্ট্রপির পরিমাণ, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$

$$= 621.54 + 258.33 - 778.46$$

$$= 101.41 \text{ JK}^{-1}$$

প্রশ্ন ১৮ নিচে কার্নো চক্রের চারটি ধাপ P-V লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন করা হলো: (বি. বো. ২০১৫)



ক. তাপীয় সমতা কী? ১

খ. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিত্যতা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উল্লিখিত কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বের কর। ৩

ঘ. চক্রটির প্রতি ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন এর তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি ভিন্ন তাপমাত্রার বস্তুকে পরস্পরের তাপীয় সংস্পর্শে রাখলে তাপের আদান-প্রদানের মাধ্যমে এরা সমতাপমাত্রায় উপনীত হওয়ার পর এদের মধ্যে আর তাপের আদান-প্রদান হয় না, এ অবস্থাকে তাপীয় সমতা বলে।

খ. তাপ ও কাজের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনের উদ্দেশ্যে জুলের বিবৃতি অনুযায়ী তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হচ্ছে, যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তর করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক। কোন সিস্টেমের উপর Q পরিমাণ তাপ সরবরাহ করায় যদি W পরিমাণ কাজ হয় তবে, $W = JQ$ কিন্তু কোনো সিস্টেমে তাপ সরবরাহ করা হলে এর সবটাই কাজে রূপান্তরিত হয় না, এর কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে ব্যয় হয়। এ সম্পর্কে রুসিয়াসের বিবৃতি অনুযায়ী, $Q = \Delta U + W$; এখানে $\Delta U =$ অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন।

অর্থাৎ সিস্টেমের উপর সরবরাহকৃত কাজের একটি অংশ কাজে রূপান্তরিত হয় এবং আর একটি অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি পরিবর্তনে ব্যয় হয়, কোনো তাপ ধ্বংস হয় না।

অতএব, বলা যায় যে, তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র মূলত শক্তির নিত্যতা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ।

গ. ৯(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 45.83%

ঘ. প্রথম ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{500 \text{ J}}{1200 \text{ K}} = 0.417 \text{ JK}^{-1}$

দ্বিতীয় ও চতুর্থ ধাপে বৃদ্ধিতাপীয় হওয়ায় এন্ট্রপির পরিবর্তন শূন্য।

তৃতীয় ধাপে বর্জিত তাপ Q_2 হলে, $Q_2 = \frac{T_2}{T_1} Q_1 = \frac{650 \text{ K}}{1200 \text{ K}} \times 500 \text{ J}$

$$= 270.83 \text{ J}$$

$$\therefore \text{তৃতীয় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S_3 = -\frac{Q_2}{T_2} = -\frac{270.83\text{J}}{650\text{K}} = -0.417\text{ JK}^{-1}$$

এখানে, ১ম ধাপে সমোষ্ণ প্রসারণ ঘটে এবং এনট্রপি বৃদ্ধি পায়। আবার তৃতীয় ধাপে সমোষ্ণ সংকোচন ঘটে তাই এনট্রপি হ্রাস পায়। দেখা যাচ্ছে ১ম ধাপে যে পরিমাণ এনট্রপি বৃদ্ধি পায়, তৃতীয় ধাপে ঠিক একই পরিমাণ এনট্রপি হ্রাস পায়। একারণে সম্পূর্ণ চক্রে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = 0.417 + 0 - 0.417 = 0$

অর্থাৎ সম্পূর্ণ চক্রে এনট্রপি ধ্রুব থাকে এবং শূন্য।

প্রশ্ন ১৯ একটি কার্নো ইঞ্জিন ৫১০ক তাপমাত্রায় তাপ উৎস হতে ১৪০০জ তাপ গ্রহণ করে এবং তাপ গ্রাহকে ৮০০জ তাপ বর্জন করে।

(মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল)

- তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র কী? ১
- জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝায়? ২
- ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩
- কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে ইঞ্জিনটির দক্ষতা ৫৪% হবে—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

৯ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর স্টম্বে।

প্রশ্ন ২০ একটি ডিজেল ইঞ্জিনের সিলিন্ডারের ভেতর ১ বায়ুচাপ এবং ২০°C তাপমাত্রায় ৮০০cm³ পরিমাণ বায়ু ছিল। পরে চাপের দ্বারা তা ৬০cm³ আয়তনে সংকুচিত করা হলো। এখানে বাতাসকে আদর্শ গ্যাস হিসেবে ধরে নাও ($\gamma = 1.40$) এবং সংকোচন প্রক্রিয়াটি হলো বৃন্দতাপীয় ($n = 1$ মোল, $R = 8.31\text{ JK}^{-1}\text{ mol}^{-1}$)

(রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ)

- প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কী? ১
- তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২
- বায়ুর চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
- উপরোক্ত গ্যাস দ্বারা সম্পন্ন কাজের পরিমাণ কত হবে? একে কক্ষ তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সম্পন্ন কাজের সাথে তুলনার উদ্দেশ্যে গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সমুখবর্তী ও পশ্চাত্বর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে চাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রে তাপকে কাজে রূপান্তরের সম্ভাব্যতা সম্পর্কে বলা হয়েছে। তাপকে কখনোই সম্পূর্ণরূপে কাজে রূপান্তর করা সম্ভব নয় এবং তাপ কখনোই স্বতঃস্ফূর্তভাবে শীতলতর বস্তু হতে উষ্ণতর বস্তুতে সঞ্চারিত হয় না।

T_1 তাপমাত্রার কোনো উষ্ণতর বস্তু হতে dQ পরিমাণ তাপ T_2 তাপমাত্রার কোনো শীতল বস্তুতে প্রবাহিত হলে এনট্রপির পরিবর্তন:

$$dS = -\frac{dQ}{T_1} + \frac{dQ}{T_2} = \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) dQ$$

$$T_1 > T_2 \text{ হলে, } \frac{1}{T_2} > \frac{1}{T_1}$$

$\therefore dS > 0$ । অতএব, তাপের সর্বদা স্বতঃস্ফূর্ত প্রবাহ সর্বদা উষ্ণতর বস্তু থেকে শীতলতর বস্তুতে।

আবার, T_2 তাপমাত্রার শীতল বস্তু থেকে dQ_2 পরিমাণ তাপ নিয়ে T_1 তাপমাত্রার উষ্ণ বস্তুতে dQ_1 তাপ দিলে এনট্রপির পরিবর্তন:

$$dS = -\frac{dQ_2}{T_2} + \frac{dQ_1}{T_1}$$

$dQ_1 = dQ_2$ হলে, $dS < 0$; যা অসম্ভব।

$\therefore dQ_1 > dQ_2$, অর্থাৎ কোনো ইঞ্জিন স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে শীতলতর বস্তু থেকে তাপ উষ্ণ বস্তুতে ছড়তে পারে না যদি না ইঞ্জিনের উপর বাইরে থেকে কাজে সম্পন্ন না হয়। এটাই এ সূত্রের মূল প্রতিপাদ্য।

গ চূড়ান্ত তাপমাত্রা T_2 হলে,

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

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

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

$$= 293 \left(\frac{800}{60}\right)^{1.4-1}$$

$$= 825.74\text{K}$$

$$= 552.74^\circ\text{C (Ans.)}$$

এখানে,

আদি তাপমাত্রা,

$$T_1 = 20^\circ\text{C} = 20 + 273 = 293\text{K}$$

আদি আয়তন, $V_1 = 800\text{cm}^3$

শেষ আয়তন, $V_2 = 60\text{cm}^3$

$$\gamma = 1.4$$

ঘ উপরিউক্ত গ্যাস দ্বারা বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ W_1 হলে,

$$W_1 = \frac{nR}{1-\gamma} \Delta T$$

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

$$= \frac{1 \times 8.314}{1-1.4} (825.74 - 293)$$

$$= -11.07\text{kJ}$$

এখানে,

মোলসংখ্যা, $n = 1\text{ mol}$

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

'গ' হতে চূড়ান্ত তাপমাত্রা,

$$T_2 = 825.74\text{K}$$

কক্ষ তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসটি দ্বারা কৃতকাজ, W_2 হলে,

$$W_2 = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$$= 1 \times 8.314 \times 298 \times \ln\left(\frac{60}{800}\right)$$

$$= -6.417\text{kJ}$$

এখানে,

তাপমাত্রা, $T = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$

আদি আয়তন, $V_i = 800\text{cm}^3$

চূড়ান্ত আয়তন, $V_f = 60\text{cm}^3$

অর্থাৎ, বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের উপর কৃতকাজের মান কক্ষ তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ২১ একটি সিলিন্ডারে ২৭°C তাপমাত্রায় এবং ৭৬cmHg চাপে একটি গ্যাস রাখা আছে। সমোষ্ণ এবং বৃন্দতাপীয় উভয় প্রক্রিয়াতেই গ্যাসটির আয়তন প্রারম্ভিক আয়তনের অর্ধেক করা হল। ($\gamma = 1.4$)

(গাবনা ক্যাডেট কলেজ, গাবনা)

- সমোষ্ণ প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
- একটি সিস্টেমে তাপ দেয়া হলে, গ্যাসের কী কী পরিবর্তন সম্ভব? ২
- বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসটির শেষ চাপ কত হবে? ৩
- সমোষ্ণ ও বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় শেষ তাপমাত্রার অনুপাত কত ১:২ - উত্তরটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ধ্রুব থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে।

খ একটি সিস্টেমে তাপ দেয়া হলে, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুযায়ী মূলত দুটি ঘটনা ঘটে—

— কিছু তাপশক্তি সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে।

— অবশিষ্ট তাপশক্তি পরিবেশের উপর বাহ্যিক কাজ করে।

উল্লেখ্য যে, যদি তাপ খুব ধীরে ধীরে অর্থাৎ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় দেয়া হয়, তবে অভ্যন্তরীণ শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না। সম্পূর্ণ শক্তিই বায়িত হয় বাহ্যিক কাজ করতে। বাহ্যিক কাজ করা বলতে বোঝায় সিস্টেমের আয়তনের পরিবর্তন করতে কৃতকাজকে।

গ γ হ্রাসের তাপগতীয় প্রক্রিয়াটি হলো বৃন্দতাপীয়।

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

আদিচাপ, $P_1 = 76\text{cm HgP}$

মোলার আপেক্ষিক তাপের অনুপাত, $\gamma = 1.4$

বের করতে হবে, চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = ?$

আমরা জানি,

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

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

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

২২. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায়,

আদি তাপমাত্রা, T_1 এবং শেষ তাপমাত্রা, T_2

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

আবার, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, আদি ও শেষ তাপমাত্রা T_1 ও T_2 এবং আদি ও শেষ আয়তন V_1 ও V_2 হলে,

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

উদ্দীপক অনুযায়ী,

$$V_2 = \frac{V_1}{2} \Rightarrow V_1 = 2V_2$$

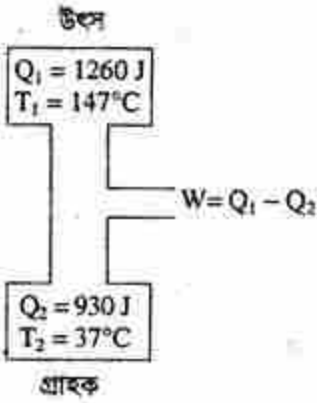
$$\therefore T_1^{\gamma-1} V_1^{\gamma-1} = T_2^{\gamma-1} V_2^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow T_2 = T_1^{\frac{\gamma-1}{\gamma-1}} = 300 \times 2^{1.4-1} = 395.8 \text{ K}$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{395.8} = 0.76 \neq \frac{1}{2}$$

অতএব, প্রদত্ত উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ২২



ক. লরেঞ্জ বল কি?

খ. বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে কোনো সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় - ব্যাখ্যা করো?

গ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় করো।

ঘ. তোমার মতামতসহ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর যে, ইঞ্জিনটি প্রত্যাবর্তী না অপ্রত্যাবর্তী?

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোন স্থানে একই সময়ে একটি তড়িৎক্ষেত্র ও একটি চৌম্বকক্ষেত্র বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল আধান যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

খ. আমরা জানি,

$$dQ = dU + pdV$$

$$= dU + dW$$

বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$$dQ = 0$$

$$\therefore dU = -dW \text{ বা } dW = -dU$$

তাহলে দেখা যাচ্ছে, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কাজ সম্পন্ন করার জন্য অভ্যন্তরীণ শক্তি হ্রাস পায়।

সুতরাং, 'বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে কোনো সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়' - উক্তিটি যথার্থ নয়।

গ. ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. ৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ২৩. 25°C তাপমাত্রা এবং 1 atm চাপবিশিষ্ট শুষ্ক বায়ুকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে আয়তন অর্ধেক করা হলো। ($\gamma = 1.4$)

[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

ক. এনট্রপি কী?

খ. কার্নো ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 60% বলতে কী বোঝায়?

গ. চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করো।

ঘ. উপরের প্রক্রিয়াটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় করা হলে, বৃদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের সাথে চূড়ান্ত চাপের তুলনা করো।

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৃদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ. কার্নো ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 60% বলতে বোঝায় এটি প্রতি চক্রে যে পরিমাণ তাপ উৎস হতে গ্রহণ করে তার 60 শতাংশ তাপ কার্যকর শক্তিতে পরিণত করবে এবং বাকি 40 শতাংশ তাপ গ্রাহকে ছেড়ে দেয়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } T_1 = 25^\circ\text{C} = (25 + 273) \text{ K} = 298 \text{ K}$$

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

স্থির চাপে ও স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপের অনুপাত $\gamma = 1.4$ বের করতে হবে, চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

আমরা জানি,

$$\text{বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, } T_2 V_2^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$$

$$\therefore T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 298 \text{ K} \times \frac{V_1}{V_2}$$

$$= 393.2 \text{ K}$$

$$= 120.2^\circ\text{C}$$

ঘ. সমোষ্ণ ও বৃদ্ধতাপীয় - উভয় প্রক্রিয়ায় আদি আয়তন ও চূড়ান্ত আয়তনের অনুপাত, $V_1 : V_2 = 2 : 1$

এবং আদি চাপ, $P_1 = 1 \text{ atm}$

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, $P_1 V_1 = P_2 V_2$

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

বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

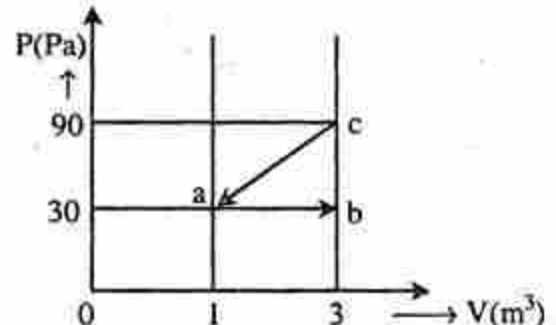
$$\text{বা, } P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 1 \text{ atm} \times 2^{1.4} = 2.64 \text{ atm}$$

বৃদ্ধতাপীয় ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত চাপের অনুপাত

$$= \frac{2.64 \text{ atm}}{2 \text{ atm}} = 1.32$$

বৃদ্ধতাপীয় ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত চাপের অনুপাত = 1.32 : 1

প্রশ্ন ২৪



চিত্রে একটি বস্তু a বিন্দু থেকে কাজ শুরু b হয়ে c বিন্দুতে পৌঁছায়। তারপর আবার a বিন্দুতে ফিরে আসে। যদি $U_a = 0 \text{ J}$, $U_b = 30 \text{ J}$ হয় এবং b থেকে c বিন্দুতে যেতে 50J তাপ শোষিত হয়।

[কেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ, কেনী]

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কি?

খ. বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাস সংকুচিত হলে অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়? ব্যাখ্যা করো।

গ. c বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি বের করো?

ঘ. c থেকে a বিন্দুতে যেতে বস্তুটি কত তাপ গ্রহণ বা বর্জন করবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক বস্তুর মধ্যে একটা সহজাত শক্তি নিহিত থাকে, যা কাজ সম্পাদন করতে পারে যা অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হতে পারে। বস্তুর অভ্যন্তরস্থ অণু, পরমাণু ও মৌলিক কণাসমূহের রৈখিক গতি, স্পন্দন গতি ও আবর্তন গতি এবং তাদের মধ্যকার পারস্পরিক বলের কারণে উদ্ভূত এই শক্তিকেই অন্তস্থ শক্তি বলে।

খ যেকোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ায়, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$
বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,
 $0 = \Delta U + \Delta W$
 $\therefore \Delta U = -\Delta W$

সংকোচনের ক্ষেত্রে সিস্টেমের উপর কাজ করা হয়। সিস্টেমের উপর কাজ করা হলে ΔW ঋণাত্মক হয়। সুতরাং বৃদ্ধতাপীয় সংকোচনে অন্তস্থ শক্তির পরিবর্তন ΔU ধনাত্মক হয়। অন্তস্থ শক্তি তাপমাত্রার সমানুপাতিক। একারণেই বৃদ্ধতাপীয় সংকোচনে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে,

a বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_a = 0 \text{ J}$

b বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_b = 30 \text{ J}$

b থেকে c বিন্দুতে যেতে শোষিত তাপ, $Q_{bc} = 50 \text{ J}$

c বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_c = ?$

b থেকে c বিন্দুতে যেতে প্রয়োজনীয় অভ্যন্তরীণ শক্তি, U_{bc} হলে আমরা জানি,

$$Q_{bc} = U_{bc} + P \cdot \Delta V$$

$$\text{বা } 50 \text{ J} = U_{bc} + P \times 0$$

$$\therefore U_{bc} = 50 \text{ J}$$

আবার, $U_c = U_a + U_b + U_{bc}$

$$\therefore U_c = (0 + 30 + 50) \text{ J} = 80 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

c বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_c = 80 \text{ J}$ [গ থেকে প্রাপ্ত]

a বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_a = 0 \text{ J}$

c থেকে a বিন্দুতে যেতে বস্তুটি তাপ বর্জন করার ফলে a বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি 0 J হবে।

হ্রাসকৃত অভ্যন্তরীণ শক্তি,

$$U_{ca} = U_c - U_a = (80 - 0) \text{ J} = 80 \text{ J}$$

c বিন্দু থেকে a বিন্দুতে যেতে কাজের পরিবর্তন, $W = ca$ রেখা ও আয়তন অক্ষ দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রফলের সমান।

$$\text{বা, } dW = \frac{1}{2} (30 + 90) \times 2$$

$$= 120 \text{ J}$$

সুতরাং c থেকে a বিন্দুতে গেলে মোট বর্জিত তাপশক্তি,

$$Q = U_{ca} + W = (80 + 120) \text{ J}$$

$$= 200 \text{ J}$$

প্রশ্ন ২৫ তাপ ইঞ্জিনের একটি অংশ 600K-এর তাপ উৎস থেকে 1200J তাপ শোষণ করে। এটি 300K তাপমাত্রার একটি সিংকে 600J তাপ প্রদান করে।

[কৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ]

ক. মোলার তাপধারণ ক্ষমতা কি? ১

খ. $C_p > C_v$ কেন হয়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা বের করো। ৩

ঘ. তাপ ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী অপ্রত্যাগামী? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থির চাপে বা স্থির আয়তনে এক মোল গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে প্রয়োজনীয় তাপ হলো স্থির চাপে বা স্থির আয়তনে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা।

খ C_p এবং C_v হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_p = C_v + x$; x হলো স্থিরচাপ P তে dV আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ, $X = PdV$
 $\therefore C_p > C_v$

গ ৫ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৫ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ২৬ তাহমিদ এবং রাফি দুটি তাপ ইঞ্জিনে তৈরি করলো। তাপ উৎসের তাপমাত্রা ছিলো যথাক্রমে 600K ও 500K। তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 500K ও 400K। তাহমিদ বললো, “আমার ইঞ্জিন বেশি দক্ষ”।

[কিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]

ক. এনট্রপি কী? ১

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে অর্ধপরিবাহীর রোধ কমে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রাফির ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তাহমিদের বক্তব্যের যথার্থতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেকট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙ্গে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন প্রয়োজনীয় শক্তি অর্জন করে যোজন ব্যান্ড হতে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায়। ফলে পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

গ ৫ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 20%

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

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 500\text{K}$

$$\text{তাহমিদের ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta' = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{500\text{K}}{600\text{K}} = 16.67\%$$

সুতরাং তাহমিদের ইঞ্জিনের দক্ষতা 16.67% এবং ‘গ’ হতে রাফির তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা দেখা গেল 20%। দেখা যাচ্ছে তাহমিদ ও রাফি উভয়ের ইঞ্জিনের তাপমাত্রার ব্যবধান সমান হলেও দক্ষতা সমান নয়।

তাহমিদের ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta' <$ রাফির ইঞ্জিনের দক্ষতা, η ।

সুতরাং তাহমিদের দাবি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ২৭ রহিম 250 gm ভরের এবং 0°C তাপমাত্রার একটি বরফ খণ্ড একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে ফেলে দিল। মাটিতে পড়ার পর শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতির জন্যে বরফ খণ্ডটি 10% গলে গেল। এখানে বরফ গলনের সুপ্ততাপ এবং পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 3360 kJ/kg এবং $4.2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}^{-1}$ ।

[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]

- ক. মিয়ার প্রজেক্ট কি? ১
খ. গ্যাসীয় পদার্থের দুটি আপেক্ষিক তাপ রয়েছে সংক্ষেপে কারণগুলো ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রহিম কত উচ্চতা থেকে বরফ খণ্ডটি ফেলেছিল? ৩
ঘ. আমরা একটি বরফ খণ্ডকে যদি 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে চাই তবে সেখানে এনট্রপির পরিবর্তন হবে -উপযুক্ত গাণিতিক প্রমাণসহ তোমার মতামত দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. উদ্দীপিত লেজারের মাধ্যমে আইসোটোপ পৃথকীকরণ।

খ. কোনো পদার্থের এক মোলের উষ্ণতা 1 কেলভিন বাড়াতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ পদার্থের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য পদার্থের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। কঠিন ও তরল পদার্থের বেলায় এই পরিবর্তন নগন্য বলে উপেক্ষা করা যায়। কিন্তু গ্যাসের জন্য এই পরিবর্তন অনেক বেশি হয়। গ্যাসের আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা দেওয়ার সময় চাপ ও আয়তনের শর্ত নির্দিষ্ট করে দেওয়া প্রয়োজন। তাই গ্যাসীয় পদার্থের দুইটি আপেক্ষিক তাপ রয়েছে- (i) স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ ও (ii) স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ।

গ. এখানে,

বরফের ভর, $m = 250 \text{ g} = 0.25 \text{ kg}$

বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_f = 3360 \times 10^3 \text{ J/kg}$

পানির আ. তাপ = $4.2 \times 10^3 \text{ J/kg.K}$

উচ্চতা, $h = ?$

10% বরফ গলাতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$H = \frac{10}{100} \times m L_f$$

$$\text{বা, } H = (0.1 \times 0.25 \times 3.36 \times 10^5) \text{ J}$$

$$\therefore H = 8400 \text{ J}$$

$$\text{এখন, } W = H$$

$$\Rightarrow mgh = 8400$$

$$\therefore h = \frac{8400}{0.25 \times 9.8}$$

$$= 3428.57 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ. এখানে, বরফের ভর, $m = 250 \text{ gm} = 0.25 \text{ kg}$

বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_f = 3.36 \times 10^5 \text{ J/kg.K}$

পানির আপেক্ষিক তাপ $S = 4200 \text{ J/kg.K}$

পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ, $L_v = 2.26 \times 10^6 \text{ J/kg.K}$

0°C তাপমাত্রার বরফ খণ্ডকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে

এনট্রপির পরিবর্তন, $S_1 = \frac{m L_f}{T_1}$

$$\text{বা, } S_1 = \frac{0.25 \times 3.36 \times 10^5}{273}$$

$$\therefore S_1 = 307.7 \text{ JK}^{-1}$$

0°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে

এনট্রপির পরিবর্তন, $S_2 = mS \ln \frac{T_2}{T_1}$

$$\text{বা, } S_2 = 0.25 \times 4200 \times \ln \frac{373}{273}$$

$$\therefore S_2 = 327.71 \text{ JK}^{-1}$$

100°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে

এনট্রপির পরিবর্তন, $S_3 = \frac{m L_v}{T_1}$

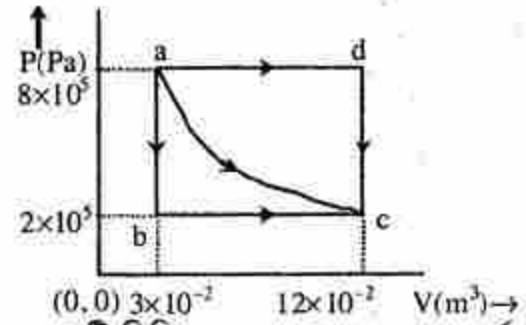
$$\text{বা, } S_3 = \frac{0.25 \times 2.26 \times 10^6}{373}$$

$$\therefore S_3 = 1514.74 \text{ JK}^{-1}$$

$$\therefore \text{মোট এনট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S = S_1 + S_2 + S_3 = 2150.16 \text{ JK}^{-1}$$

গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে বলা যায় যে, বরফ খণ্ডকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে মোট এনট্রপির পরিবর্তন 2150.16 JK^{-1} ।

প্রশ্ন ২৮



ঘূর্ণন পিস্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারের মধ্যে 10 mole আদর্শ গ্যাস নিয়ে সিস্টেমটিকে a অবস্থা হতে c অবস্থায় চিত্রের ন্যায় বৃপান্তর করা হলে অন্তঃস্থশক্তির পরিবর্তন হয় 18000 J। (নটর ডেম কলেজ, ঢাকা)

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কার্নো চক্রের তৃতীয় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। ২

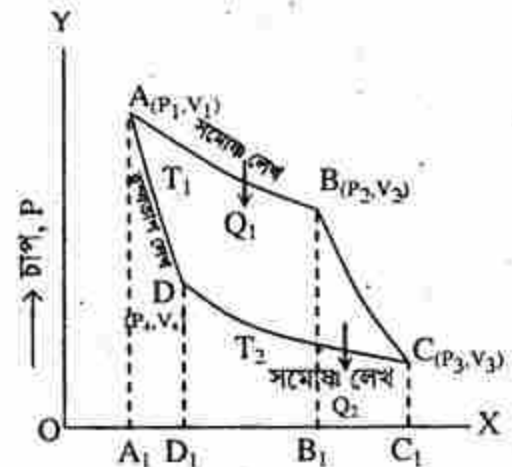
গ. adc ও abc পথে প্রয়োজনীয় তাপশক্তির অনুপাত নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ac পথে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব হবে কি? তাপগতিবিদ্যার আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণ দেখাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে সব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে চাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ. কার্নোর তৃতীয় চক্রে ইঞ্জিন Q_2 পরিমাণ তাপ বর্জন করে এবং আয়তন V_3 থেকে সঙ্কুচিত হয়ে V_4 হয়। এক্ষেত্রে ৩য় চক্রে স্থির তাপমাত্রা T_2 হলে ইঞ্জিনের এনট্রপির হ্রাস $\Delta S = \frac{Q_2}{T_2}$ ।



কার্নোচক্র

গ. আমরা জানি,

$$\text{তাপশক্তি, } Q = U + P\Delta V$$

adc পথে,

$$Q_{adc} = 18000 + 8 \times 10^5 \times (12 - 3) \times 10^{-2} = 8.18 \times 10^5 \text{ J}$$

abc পথে,

$$Q_{abc} = 18000 + 2 \times 10^5 (12 - 3) \times 10^{-2} = 2.18 \times 10^5$$

$$\therefore \text{adc ও abc পথে তাপশক্তির অনুপাত} = \frac{Q_{adc}}{Q_{abc}}$$

$$= \frac{8.18 \times 10^5}{2.18 \times 10^5} = 3.75 \text{ (Ans.)}$$

উদ্দীপক অনুসারে, a ও c বিন্দুর মধ্যে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন, $\Delta U = 18000 \text{ J}$ ।

a বিন্দুতে, $P_a = 8 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $V_a = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^3$
 $n = 10 \text{ mole}$;

$$\therefore P_a V_a = nRT_a$$

$$\text{বা, } T_a = \frac{P_a V_a}{nR}$$

$$= \frac{8 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-2}}{10 \times 8.314} \text{ K}$$

$$= 288.67 \text{ K}$$

c বিন্দুতে, $P_c = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$V_c = 12 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$P_c V_c = nRT_c$$

$$\text{বা, } T_c = \frac{P_c V_c}{nR}$$

$$= \frac{2 \times 10^5 \times 12 \times 10^{-2}}{10 \times 8.314} \text{ K}$$

$$= 288.67 \text{ K}$$

$\therefore T_a = T_c$, অতএব, ac পথে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন শূন্য। অর্থাৎ এটি সমোষ্ণ রেখা। অতএব, উদ্দীপকে বর্ণিত অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন যুক্তিসঙ্গত নয়।

d বিন্দুতে, $P_d = 8 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$V_d = 12 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$n = 10 \text{ mole}$$

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

$$\text{আমরা জানি, } P_d V_d = nRT_d$$

$$\text{বা, } T_d = \frac{P_d V_d}{nR} = \frac{8 \times 10^5 \times 12 \times 10^{-2}}{10 \times 8.31}$$

$$= 1155.23 \text{ K}$$

b বিন্দুতে, $P_b = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$V_b = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\text{আমরা জানি, } P_b V_b = nRT_b$$

$$\text{বা, } T_b = \frac{P_b V_b}{nR} = \frac{2 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-2}}{10 \times 8.31}$$

$$= 72.20 \text{ K}$$

মনে করি, গ্যাসটি দ্বিপারমাণবিক

$$\text{সূত্রাং, } \gamma = 1.4$$

$$\text{সূত্রাং, } C_v = \frac{5}{2} R = 20.775$$

$$\text{এবং, } C_p = \frac{7}{2} R = 29.085$$

$$\text{adc পথে তাপশক্তি} = \text{ad পথে তাপশক্তি} + \text{dc পথে তাপশক্তি}$$

$$= Q_{ad} + Q_{dc}$$

$$= nC_p (T_d - T_a) + nC_v (T_d - T_c)$$

$$= 4.32 \times 10^5 \text{ J}$$

$$\text{abc পথে তাপশক্তি} = Q_{ab} + Q_{bc}$$

$$= nC_v (T_a - T_b) + nC_p (T_c - T_b)$$

$$= 1.079 \times 10^5 \text{ J}$$

$$\text{তাপশক্তির অনুপাত, } \frac{Q_{adc}}{Q_{abc}} = \frac{4.32 \times 10^5}{1.079 \times 10^5} = 4$$

যেহেতু উদ্দীপকের a ও c বিন্দুর তাপমাত্রা একই। সূত্রাং এটি একটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া।

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজের সূত্রানুসারে আমরা জানি,

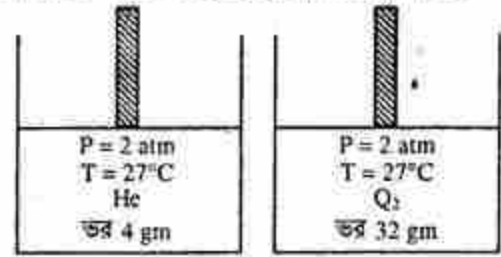
$$W = nRT \ln \frac{V_c}{V_a} \quad [\text{'গ' থেকে প্রাপ্ত তথ্য অনুসারে}]$$

$$\text{বা, } W = 10 \times 8.31 \times 288.67 \times \ln \frac{12 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-2}}$$

$$\therefore W = 33.255 \text{ kJ}$$

অতএব, ac পথে কৃতকাজ নির্ণয় সম্ভব এবং এই কাজের মান 33.255 kJ।

প্রশ্ন ২৯ উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



A সিলিন্ডার তাপ পরিবাহী ও B সিলিন্ডার তাপ অপরিবাহী। উভয় গ্যাসের আয়তন প্রসারিত করায় চাপ। বায়ুমণ্ডলীয় চাপ এর সমান হয়। হিলিয়াম ও অক্সিজেনের আণবিক ভর যথাক্রমে 4gm ও 32gm।

[আইডিয়াল গ্যাস এত অনেক মডেলিং, ঢাকা]

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. উদ্দীপকে উল্লিখিত B সিলিন্ডারের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত গ্যাসদ্বয় পরিবেশের উপর কাজ সম্পন্ন করবে কিনা-গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়াকে সম-এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বলে।

খ. দুটি বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণে একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

গ.

বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

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

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

$$\therefore T_2 = 246.1 \text{ K (Ans)}$$

দেওয়া আছে,

$$\text{আদি চাপ, } P_1 = 2 \text{ atm}$$

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

$$\text{শেষ চাপ, } P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$\text{শেষ তাপমাত্রা, } T_2 = ?$$

$$\gamma = 1.4$$

ঘ. এখানে,

$$\text{উভয় গ্যাসের আদি চাপ, } P_0 = 2 \text{ atm}$$

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } T_0 = 27^\circ \text{C}$$

$$= 300 \text{ K}$$

$$\text{He এর মোল সংখ্যা, } n_A = \frac{4 \text{ gm}}{4 \text{ gm/mol}}$$

$$= 1 \text{ mol.}$$

$$\text{O}_2 \text{ এর মোল সংখ্যা, } n_B = \frac{32 \text{ gm}}{32 \text{ gm/mol}}$$

$$= 1 \text{ mol}$$

উভয় গ্যাসের শেষ চাপ, $p = 1 \text{ atm}$

A সিলিন্ডারে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ঘটে তাই শেষ তাপমাত্রা $= T_0 = 300 \text{ K}$

B সিলিন্ডারে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া ঘটে তাই শেষ তাপমাত্রা, $T = 246.1 \text{ K}$

$$\therefore \text{A গ্যাস কর্তৃক সম্পন্ন কাজ, } W_A = n_A R T_0 \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)$$

$$= n_A R T_0 \ln \left(\frac{P_0}{P} \right) [\because PV = \text{ধ্রুবক}]$$

$$= 1 \times 8.314 \times 300 \ln \left(\frac{2}{1} \right)$$

$$= 1728.85 \text{ J}$$

$$\text{B গ্যাস কর্তৃক সম্পন্ন কাজ, } W_B = -n_B C_v (T_2 - T_1)$$

$$= n_B C_v (T_1 - T_2)$$

$$= n_B \frac{5}{2} R (T_1 - T_2)$$

$$= \frac{5}{2} \times 1 \times 8.314 \times (300 - 246.1)$$

$$= 1120.3115 \text{ J}$$

অতএব, উল্লিখিত গ্যাসদ্বয় পরিবেশের উপর কার্য সম্পাদন করবে এবং

A গ্যাসের গ্যাস কর্তৃক সম্পন্ন কাজ বৃহত্তর হবে।

প্রশ্ন ৩০ ০°C তাপমাত্রায় 200gm বরফের সাথে 80°C তাপমাত্রার 0.5kg পানি মিশানো হলো।

(রাজকটক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা)

- জগতের তাপীয় মৃত্যু কী? ১
- বৃদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখা থেকে খাড়া কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- পানির বাষ্পীভবনের ক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩
- উদ্দীপকের আলোকে কীভাবে মিশ্রণের এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. জগতে এনট্রপি যখন সর্বোচ্চ অবস্থায় পৌঁছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে।

খ. সমোষ্ণ ও বৃদ্ধতাপীয় রেখার মধ্যে বৃদ্ধতাপীয় রেখা বেশি খাড়া। কোন একটি গ্যাসকে একটি নির্দিষ্ট অবস্থান (P, V) থেকে অন্য একটি অবস্থানে নিয়ে যেতে কৃতকাজ দুই ক্ষেত্রে এক রকম নয়। সমোষ্ণ সম্প্রসারণে গ্যাসের বাইরে থেকে শক্তি প্রয়োগ করা হয় এবং সিস্টেমের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। তাপমাত্রা হলো গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিমাণ। অর্থাৎ সমোষ্ণ প্রসারণে গ্যাসের শক্তির পরিবর্তন হয় না, কেবল আয়তন বৃদ্ধি পায়। তাই একক আয়তনে শক্তির পরিমাণ কিছুটা কমে। কিন্তু বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে গ্যাস কোনো বহিঃস্থ শক্তি গ্রহণ করে না, বরং গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তিই পরিবেশের উপর কাজ করে। তাই গ্যাসের তাপমাত্রা তথা অভ্যন্তরীণ শক্তি কমে যায়। তাই একক আয়তনের শক্তি হ্রাস তুলনামূলকভাবে বেশি হয়। যেহেতু $dE = pdV$ বা, $\frac{dE}{dV} = P$, তাই বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে চাপের হ্রাস দ্রুততর হয়। তাই বৃদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখার তুলনায় বেশি খাড়া।

গ.

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{m l_v}{T}$$

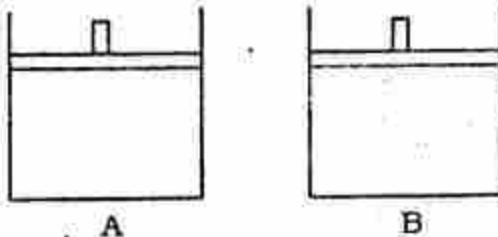
$$\text{বা, } \Delta S = \frac{0.5 \times 2268000}{353}$$

$$\therefore \Delta S = 3040.21 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে,
পানির ভর, $m = 0.5 \text{ kg}$
পানির বাষ্পভবনের আপেক্ষিক
সুপ্ততাপ, $l_v = 2268000 \text{ JK}^{-1}$
স্ফুটনাংক $T = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$
এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = ?$

ঘ. ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 54.23 JK^{-1}

প্রশ্ন ৩১



A এবং B দুইটা সিলিন্ডারে 10 litre আয়তনের একই গ্যাস আছে। প্রতি সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ 3atm এবং তাপমাত্রা 300 K.

(ডিকায়ুননিসা নুন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা)

- তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র বিবৃত করো। ১
- সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কত? ২
- যদি প্রথম A সিলিন্ডারের গ্যাসের চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করা হয় তখন এর তাপমাত্রা কত হবে? ৩
- দ্বিতীয় সিলিন্ডারে চাপ খুবই ধীরে ধীরে পরিবর্তন করে আয়তন দ্বিগুণ করলে কাজ কত হবে? ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তরিত করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক।

খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকে। আমরা জানি, কোন গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি তার তাপমাত্রার সমানুপাতিক। তাই গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তিত না হওয়ার কারণে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তিও পরিবর্তিত হয় না।

গ. চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করলে এটি বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।

এখন, শুরুতে আয়তন, $V_1 = 10 \text{ L}$

তাপমাত্রা, $T_1 = 300 \text{ K}$

চাপ বৃদ্ধির পর আয়তন ও তাপমাত্রা যথাক্রমে V_2 ও T_2 হলে,

$$\text{এক্ষেত্রে, } P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$\therefore V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$= 10 \text{ L} \times (0.5)^{\frac{1}{1.4}} = 6.11. (\text{Ans.})$$

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

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 300 \text{ K} \times \left(\frac{10 \text{ L}}{6.11} \right)^{1.4-1} = 3657 \text{ K} (\text{Ans.})$$

ঘ.

কৃতকাজ,

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

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

$$= P_1 V_1 \ln \frac{2V}{V}$$

$$= 3 \times 101325 \times 10 \times 10^{-3} \times \ln 2$$

$$= 2106.99 \text{ J. (Ans.)}$$

দেয়া আছে,

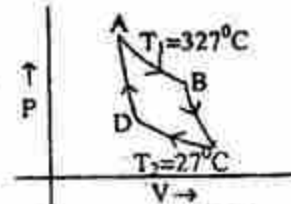
আদি আয়তন, $V_1 = V = 10 \text{ litre}$

শেষ আয়তন, $V_2 = 2V$

তাপমাত্রা, $T = 300 \text{ K}$

আদি চাপ, $P_1 = 3 \text{ atm}$

প্রশ্ন ৩২



উদ্দীপকে প্রদর্শিত কার্ণের চক্রে কার্যনিবাহক বস্তু হিসাবে 5 মোল দ্বিপরমাণবিক আদর্শ গ্যাস ব্যবহার করা হলো। প্রতি ধাপে প্রসারণ বা সংকোচনের অনুপাত 1:6।

(ঢাকা রেজিস্ট্রেশন মডেল কলেজ, ঢাকা)

- এনট্রপি কী? ১
- বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য কেন- ব্যাখ্যা কর। ২
- কার্ণের ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর। ৩
- AB ধাপে কৃতকাজ এবং BC ধাপে কৃতকাজ সমান হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৃদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে এবং ইহা সিস্টেমের বিশৃঙ্খলতার পরিমাপক।

খ. আমরা জানি,

$$\text{কোনো সিস্টেমের এনট্রপির পরিবর্তন, } dS = \frac{dQ}{T}$$

লক্ষণীয়, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, সিস্টেমের সাথে পরিপার্শ্বের কোনো তাপীয় বিনিময় হয় না।

$$\text{অর্থাৎ, } dQ = 0$$

$$\text{সুতরাং, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, } dS = \frac{0}{T} = 0$$

অর্থাৎ, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপি শূন্য থাকে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 50%।

ঘ AB ধাপটি হলো সমোষ্ণ প্রসারণ। এ ধাপে গ্যাস দ্বারা কৃতকাজ W_{AB} হলো,

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

এখানে,
মোলসংখ্যা, $n = 5 \text{ mole}$
তাপমাত্রা, $T = 327 + 273 = 600 \text{ K}$
প্রসারণের অনুপাত, $\frac{V_1}{V_2} = 6$

$$= 5 \times 8.314 \times 600 \times \ln(6)$$

$$= 44.7 \text{ kJ}$$

BC ধাপটি হলো বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণ।

এধাপে গ্যাস দ্বারা কৃতকাজ, W_{BC} হলো,

$$W_{BC} = nC_v \Delta T$$

$$= \frac{nR}{\gamma - 1} \Delta T \quad \left[\because \frac{R}{\gamma - 1} = \frac{R}{\frac{C_p}{C_v} - 1} = \frac{R}{\frac{C_p - C_v}{C_v}} = \frac{R}{C_v} \times C_v = C_v \right]$$

এখানে,
 $\gamma = 1.4$
মোলসংখ্যা, $n = 5 \text{ mole}$
তাপমাত্রার পার্থক্য, $\Delta T = (327^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) = 300 \text{ K}$

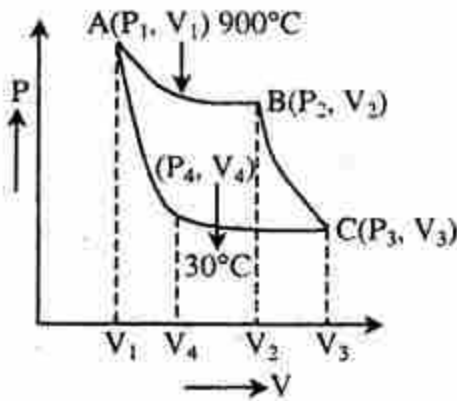
$$= \frac{5 \times 8.314}{1.4 - 1} \times 300$$

$$= 31.18 \text{ kJ}$$

অতএব, $W_{AB} \neq W_{BC}$

অতএব, AB ও BC ধাপে কৃতকাজ সমান হবে না।

প্রশ্ন ৩৩



চাক্ষুঃ কলেজ, ঢাকা

- ক. মোলার আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে? ১
- খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝ? ২
- গ. উদ্ভীপকের কার্ণো ইঞ্জিনের তাপীয় দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. ইঞ্জিনটির তাপীয় দক্ষতা 100% হতে হলে কী কী ব্যবস্থা নিতে হবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোন গ্যাসের 1 mole পরিমাণের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন তাকে মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

খ. প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়, সাম্যাবস্থায় পৌঁছলে সিস্টেম থেকে আর কাজই পাওয়া যায় না। সিস্টেমের এই শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাই হচ্ছে এন্ট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় তাদের এন্ট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এন্ট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চায়, তাই বলা যায় জগতে এন্ট্রপি ক্রমাগত বাড়ছে। জগতে এন্ট্রপি যখন সর্বোচ্চে পৌঁছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তথাকথিত তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করা হয়েছে।

গ ১০ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১০ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৩৪ 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস সিলিন্ডারে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 100 kgm^{-3} ঘনত্বের O_2 গ্যাস আছে। সিলিন্ডারটিতে গ্যাসের চাপ 2 বায়ুমণ্ডলীয় করা হলে সিলিন্ডারটি হঠাৎ ফেটে যায়। $[\gamma = 1.40]$

হসি কলেজ, ঢাকা

- ক. অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
- খ. বৃদ্ধতাপীয় লেখ সমোষ্ণ লেখ অপেক্ষা অধিক খাড়া— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. গ্যাস সিলিন্ডারটি ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল? ৩
- ঘ. উক্ত সিস্টেমে সিলিন্ডারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রার গ্যাসের ঘনত্বের কেমন পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না অর্থাৎ সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতিস্থলে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীতমুখী হয় না তাকে অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ. বৃদ্ধতাপীয় রেখা ও সমোষ্ণ রেখার মধ্যে বৃদ্ধতাপীয় 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 Y অক্ষের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার ট্যানজেন্ট অর্থাৎ $\frac{dP}{dV}$ দ্বারা।

বৃদ্ধতাপীয় রেখার $\frac{dP}{dV}$ এর মান সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি তাই বৃদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি খাড়া।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 365.7K

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 1.64 গুণ

প্রশ্ন ৩৫ পাবনার বুপপুরে স্থাপিত হচ্ছে বাংলাদেশের প্রথম পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র। উক্ত বিদ্যুৎ কেন্দ্রে পদ্মা নদী থেকে প্রতি মিনিটে $1.72 \times 10^6 \text{ kg}$ পানি ব্যবহৃত হবে যার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে 14°C । শীত ও গ্রীষ্মকালে নদীর পানির স্বাভাবিক তাপমাত্রা যথাক্রমে 25°C ও 28°C ।

মাইনস্টোন কলেজ, ঢাকা

- ক. বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
- খ. $C_p > C_v$ কেন ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উক্ত পানি কর্তৃক শোষিত তাপ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. কোন ঋতুতে চুল্লীটির বেশী ব্যবহার অধিকতর যৌক্তিক তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ. C_p এবং C_v হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_p \Delta T = C_v \Delta T + W$; W হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ।

$\therefore C_p > C_v$

গ

এখন পানি কর্তৃক শোষিত তাপ

Q হলে,

$$Q = ms\Delta\theta$$

$$= 1.72 \times 10^6 \times 4200 \times 14$$

$$= 1.0114 \times 10^{11} \text{ J (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{পানির ভর, } m = 1.72 \times 10^6 \text{ kg}$$

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = 14^\circ\text{C}$$

$$= 14\text{K}$$

পানির আপেক্ষিক

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

ঘ শীতকালে চুল্লীটির ব্যবহার দক্ষতা,

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

$$\text{এখানে, তাপমাত্রার পার্থক্য, } T_1 - T_2 = 14^\circ = 14\text{K}$$

$$\text{তাপমাত্রা, } T_1 = 25^\circ\text{C} = 273 + 25$$

$$= 298\text{K}$$

$$\therefore \eta = \frac{14}{298} \times 100\%$$

$$= 4.7\%$$

$$\text{একইভাবে গ্রীষ্মকালের জন্য, } T_1 = 28^\circ\text{C} = 301\text{K}$$

$$\therefore \eta_2 = \frac{14}{301} \times 100\%$$

$$= 4.65\%$$

অর্থাৎ শীতকালে ব্যবহার উপযোগীতা বেশি।

প্রশ্ন ৩৬ ফজলে রাব্বি সকল দোষত্রুটি মুক্ত একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করলেন যা কার্নো ইঞ্জিনের সাথে তুলনীয়। ইঞ্জিন তাপ উৎস হতে 440.6°F তাপমাত্রায় 200J তাপ গ্রহণ করে; 100J তাপ বর্জন করে।

(মতিবিন মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা)

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে?

১

খ. ধারকত্ব কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

২

গ. উৎসের তাপমাত্রা পরম স্কেলে বের কর।

৩

ঘ. উৎসের তাপমাত্রার কোন রূপ পরিবর্তন না করে যন্ত্রের দক্ষতা 60% করা সম্ভব কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো।

৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ ধারকত্ব তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে যথা:

i. পারিবাহীর পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল

ii. চারপাশস্থ মাধ্যমের ভেদন যোগ্যতা

iii. অন্য পারিবাহীর উপস্থিতি

গ দেওয়া আছে,

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

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

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

$$\text{বা, } K - 273 = \frac{5}{9} (F - 32)$$

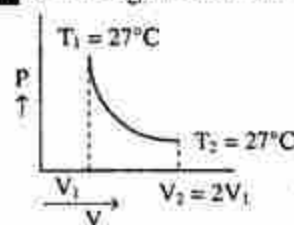
$$= \frac{5}{9} (440.6 - 32) = 227$$

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

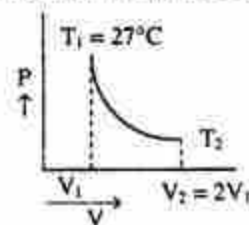
ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 200K করলে যন্ত্রের দক্ষতা 60% হবে।

প্রশ্ন ৩৭ চিত্রে 20gm অক্সিজেন গ্যাসের জন্য লেখচিত্র দেখানো হল :



চিত্র-১



বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়া

চিত্র-২

(আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা)

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে?

১

খ. সমবিভব তলে একটি চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ শূন্য —কেনো?

২

গ. চিত্র ২ অনুযায়ী T2 এর মান বের কর।

৩

ঘ. কোন চিত্র অনুযায়ী কৃতকাজের পরিমাণ বেশি হবে —গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও।

৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃদ্ধিতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ সমবিভব তলের যে কোনো দুটি বিন্দুর বিভব সমান। সুতরাং ঐ বিন্দু দুটির বিভব পার্থক্য শূন্য। বিভব পার্থক্যের সংজ্ঞানুযায়ী এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধন চার্জকে সরালে কৃতকাজ উক্ত বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্যের সমান। সুতরাং একটি সমবিভব তলের একবিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক চার্জ সরালে বিভব পার্থক্য শূন্য হওয়ায় কৃতকাজের পরিমাণ শূন্য হবে।

গ চিত্র ২-এ বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

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

$$\text{আদি আয়তন } V_1 \text{ ও চূড়ান্ত আয়তন, } V_2 \text{ হলে, } V_2 = 2V_1$$

$$\text{অক্সিজেন দ্বিপরিমাণুক গ্যাস বিধায়, } \gamma = 1.4$$

$$\text{বের করতে হবে, চূড়ান্ত তাপমাত্রা, } T_2 = ?$$

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

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

$$= 300\text{K} \times \left(\frac{V_1}{2V_1} \right)^{1.4-1} = 227.4\text{K}$$

$$= (227.4 - 273)^\circ\text{C} = -45.6^\circ\text{C (Ans.)}$$

ঘ চিত্র-১ এ সমোষ্ণ প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

$$\text{এ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, } W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\eta = \text{মোলসংখ্যা} = \frac{20\text{gm}}{32\text{gm}} = 0.625$$

$$\therefore W = 0.625 \times 8.314 \text{ J mole}^{-1} \text{K}^{-1} \times 300\text{K} \times \ln \left(\frac{2V_1}{V_1} \right) = +1080.5\text{J}$$

$$\text{বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, } W' = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - \gamma} = \frac{nR [T_2 - T_1]}{1 - \gamma}$$

$$= \frac{0.625 \times 8.314 \text{ J mole}^{-1} \text{K}^{-1}}{1 - 1.4} [227.4\text{K} - 300\text{K}]$$

$$= +943.1\text{J}$$

$$\text{যেহেতু } 1080.5\text{J} > 943.1\text{J}$$

$$\text{বা, } W > W'$$

সুতরাং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় অর্থাৎ উদ্ভীপকের চিত্র-১ কৃতকাজের পরিমাণ বেশি।

প্রশ্ন ৩৮ একটি কার্নো ইঞ্জিন 327°C এবং 27°C পরিসরে কাজ করে তাপ উৎস থেকে 6000J তাপ গ্রহণ করে কিছু তাপ কাজে রূপান্তর করে এবং অবশিষ্ট তাপগ্রাহকে বর্জন করে। *[আবুল কাদির মোমা সিটি কলেজ]*

- এনট্রপি কী? ১
- একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ বের কর। ৩
- উদ্দীপকের ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কি না-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ দুটি বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণে একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৩৯ বিজ্ঞান বিভাগের একজন ছাত্র স্বাভাবিক উষ্ণতা ও চাপে একই ধরনের দুটি পিস্টনযুক্ত সিলিন্ডারের প্রতিটিতে 44.8 লিটার করে গ্যাস নিয়ে 1m টিতে পিস্টন আটকিয়ে 207.75J তাপ প্রদান করায় গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি 5°C দেখতে পেলো। 2m টিতে স্থিরচাপে গ্যাসের তাপমাত্রা একই পরিমাণ বৃদ্ধি করার জন্য তাকে 290.85J তাপ প্রদান করতে হলো। *[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]*

- বন্ধ সিস্টেম কাকে বলে? ১
- অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি বৃদ্ধি পায়—ব্যাখ্যা করো। ২
- উদ্দীপকে 2m সিলিন্ডারে গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের মান নির্ণয় করো। ৩
- উদ্দীপকের গ্যাসটি কত পারমাণবিক? ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে শুধুমাত্র শক্তি বিনিময় করতে পারে কিন্তু ভর বিনিময় করতে পারে না তাকে বন্ধ সিস্টেম বলে।

খ মনে করি, কোনো অপ্রত্যাগামী ইঞ্জিন T_1 তাপমাত্রায় Q_1 তাপ গ্রহণ 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 এনট্রপি হারায় এবং তাপ গ্রাহক $\frac{Q_2}{T_2}$ পরিমাণ এনট্রপি লাভ করে। সমগ্র প্রক্রিয়াতে এনট্রপির মোট লাভ $(\frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1})$ যা ধনাত্মক।

অতএব, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে, দ্বিতীয় সিলিন্ডারের চাপ, $P = 1.01 \times 10^5 \text{Nm}^{-2}$

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 273\text{K}$

শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 273\text{K} + 5\text{K}$
 $= 278\text{K}$

আদি আয়তন, $V_1 = 44.8\text{L}$
 $= 44.8 \times 10^{-3} \text{m}^3$

সম্পাদিত কাজ, $W = ?$

দ্বিতীয় সিলিন্ডারের শেষ আয়তন V_2 হলে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

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

$$\therefore V_2 = \frac{278\text{K}}{273\text{K}} \times 44.8 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

$$= 45.621 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

\therefore সম্পাদিত কাজ,

$$W = P\Delta V$$

$$= P(V_2 - V_1)$$

$$= 1.01 \times 10^5 \times (45.621 \times 10^{-3} - 44.8 \times 10^{-3})$$

$$= 82.872\text{J (Ans)}$$

ঘ এখানে, প্রথম সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে, তাপ, $\Delta Q_1 = 207.75\text{J}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta_1 = 5^\circ\text{C} = 5\text{K}$

দ্বিতীয় সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে, তাপ, $\Delta Q_2 = 290.85\text{J}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta_2 = 5\text{K}$

ধরি, সিলিন্ডার দুটিতে m মোল পরিমাণ গ্যাস আছে।

প্রথম সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে, $\Delta Q_1 = nC_v \Delta\theta_1$(i)

দ্বিতীয় সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে, $\Delta Q_2 = nC_p \Delta\theta_2$(ii)

(ii) কে (i) নং দ্বারা ভাগ করে পাই,

$$\frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$$

$$\text{বা, } \frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \gamma \cdot \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$$

$$\text{বা, } \gamma = \frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} \cdot \frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_2}$$

$$= \frac{290.85}{207.75} \times \frac{5}{5}$$

$$\therefore \gamma = 1.4$$

\therefore গ্যাসটি দ্বি-পারমাণবিক।

প্রশ্ন ৪০ 500 gm ভরের বরফ 50°C তাপমাত্রার 10 kg পানিতে ছেড়ে দেওয়া হলো। এতে মিশ্রণের সর্বশেষ তাপমাত্রা পাওয়া গেল 43°C । *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, মোমেনশাহী, মায়মনসিংহ]*

- সমোষ্ণ প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
- বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপি স্থির থাকে—ব্যাখ্যা করো। ২
- পানির এনট্রপি কতটুকু হ্রাস পায় নির্ণয় করো। ৩
- সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটিতে এনট্রপি বৃদ্ধি পায় না কি হ্রাস পায়? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ধ্রুব থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে।

খ. আমরা জানি,

$$\text{এনট্রপির পরিবর্তন, } dS = \frac{dQ}{T}$$

লক্ষণীয়, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, সিস্টেমের সাথে পরিপার্শ্বের কোনো তাপীয় বিনিময় হয় না।

অর্থাৎ, $dQ = 0$

$$\text{সুতরাং, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, } dS = \frac{0}{T} = 0$$

অর্থাৎ, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপি স্থির থাকে।

গ.

পানির এনট্রপির পরিবর্তন

$$\Delta S_w = m_w S_w \ln \left(\frac{T_m}{T_w} \right)$$

$$= 10 \times 4200 \times \ln$$

$$\left(\frac{316}{323} \right)$$

$$= -920.22 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে,

পানির ভর, $m_w = 10 \text{ kg}$

আদি তাপমাত্রা, $\theta_w = 50^\circ \text{C}$

মিশ্রণের তাপমাত্রা, $\theta_m = 43^\circ \text{C}$

$$\therefore T_w = (50 + 273) \text{ K} = 323 \text{ K}$$

$$T_m = (43 + 273) \text{ K} = 316 \text{ K}$$

পানির আপেক্ষিক তাপ,

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

ঘ. এখানে,

বরফের ভর, $m_i = 500 \text{ gm}$

$$= 0.5 \text{ kg}$$

বরফের আপেক্ষিক তাপ, $S_i = 2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

বরফ গলনের আপেক্ষিক সূপ্ততাপ, $L_f = 3.36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

বরফের আদি তাপমাত্রা = θ_i

পানির ভর, $m_w = 10 \text{ kg}$

পানির আদি তাপমাত্রা, $\theta_w = 50^\circ \text{C}$; $T_w = 323 \text{ K}$

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

মিশ্রণের তাপমাত্রা, $\theta_m = 43^\circ \text{C}$; $T_m = 316 \text{ K}$

ত্রৈধবিন্দু, $T_0 = 273 \text{ K}$

ক্যালরিমিতির মূলনীতি অনুসারে,

$$m_i S_i (0 - \theta_i) + m_i L_f + m_i S_w (\theta_m - 0) = m_w S_w (\theta_w - \theta_m)$$

$$\text{বা, } m_i S_i \theta_i = m_i \{L_f + S_w \theta_m\} - m_w S_w (\theta_w - \theta_m)$$

$$\text{বা, } \theta_i = \frac{1}{S_i} \{L_f + S_w \theta_m\} - \frac{m_w S_w}{m_i S_i} (\theta_w - \theta_m)$$

$$\text{বা, } \theta_i = \frac{1}{2100} (3.36 \times 10^5 + 4200 \times 43) - \frac{10}{0.5} \times \frac{4200}{2100} (50 - 43)$$

$$\therefore \theta_i = -34^\circ \text{C}$$

$$\therefore T_i = (\theta_i + 273) \text{ K} = 239 \text{ K}$$

\therefore বরফের এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_i = m_i S_i \ln \left(\frac{T_0}{T_i} \right) + \frac{m_i L_f}{T_0} + m_i S_w \ln \left(\frac{T_m}{T_0} \right)$$

$$\text{বা, } \Delta S_i = 0.5 \times 2100 \times \ln \left(\frac{273}{239} \right) + \frac{0.5 \times 3.36 \times 10^5}{273} + 0.5 \times 4200 \times \ln \left(\frac{316}{273} \right)$$

$$\therefore \Delta S_i = 1062.211 \text{ JK}^{-1}$$

$$\text{'গ' থেকে পাই, } \Delta S_w = -920.22 \text{ JK}^{-1}$$

$$\therefore \text{সিস্টেমের এনট্রপির মোট পরিবর্তন, } \Delta S = \Delta S_i + \Delta S_w = (1062.211 - 920.22) \text{ JK}^{-1} = 141.98 \text{ JK}^{-1} = 142 \text{ JK}^{-1}$$

অতএব, সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটিতে এনট্রপির বৃদ্ধি ঘটেছে।

প্রশ্ন ৪১ 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস চেম্বারে। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 100 kg m^{-3} ঘনত্বের CO_2 গ্যাস আছে। চেম্বারটিতে গ্যাসের চাপ দ্বিগুণ করা হলে চেম্বারটি হঠাৎ ফেটে যায়। $\gamma = 1.33$

[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি বিবৃত করো।

১

খ. গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ $20.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ বলতে কী বুঝায়?

২

গ. ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল?

৩

ঘ. চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্ব বৃদ্ধি পাবে না হ্রাস পাবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

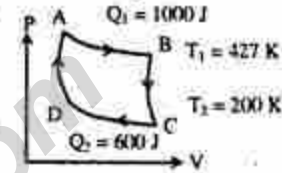
ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি ও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে। একে তাপগতি বিদ্যার শূন্যতম সূত্র বলা হয়।

খ গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ $20.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ বলতে বুঝায়, চাপ অথবা আয়তন স্থির রেখে উক্ত গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে 20.8 J তাপের প্রয়োজন।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৪২ একটি কার্নো চক্র নিম্নরূপ:



[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. এনট্রপি কী?

১

খ. দেখাও যে, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান।

২

গ. উদ্দীপক থেকে একটি পূর্ণ চক্রে কৃতকাজ ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো।

৩

ঘ. চিত্রে প্রদর্শিত কার্নো চক্রে এনট্রপির কী পরিবর্তন সাধিত হবে?

৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃদ্ধতাপীয় প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেমের যে তাপগতীয় ধর্ম বা চলরাশি ধ্রুব থাকে তাকে এনট্রপি বলে।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ $\Delta U = 0$ । সুতরাং, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে—

$$\Delta Q = \Delta W$$

সুতরাং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেম দ্বারা সম্পাদিত কাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপ শক্তির সমান।

গ দেওয়া আছে,

শোষিত তাপশক্তি, $Q_1 = 1000 \text{ J}$

বর্জিত তাপশক্তি, $Q_2 = 600 \text{ J}$

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 427 \text{ K}$

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

কৃতকাজ, $W = ?$

দক্ষতা, $\eta = ?$

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

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

$$= \left(1 - \frac{600}{1000} \right) \times 100$$

$$= 40\%$$

\therefore কৃতকাজ = 400 J এবং দক্ষতা = 40% (Ans.)

য দেওয়া আছে,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 427 \text{ K}$
গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 200 \text{ K}$
শোষিত তাপশক্তি, $Q_1 = 1000 \text{ J}$
বর্জিত তাপশক্তি, $Q_2 = 600 \text{ J}$

এখানে, ১ম ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1}$
 $= \frac{1000}{427} \text{ JK}^{-1}$
 $= 2.34 \text{ JK}^{-1}$

২য় ও ৪র্থ ধাপ বৃদ্ধতাপীয় হওয়ায়, এ দুই ধাপে এনট্রপির কোন পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ $\Delta S_2 = \Delta S_4 = 0$

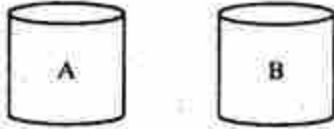
৩য় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_3 = -\frac{Q_2}{T_2} = -\frac{600 \text{ J}}{200 \text{ K}} = -3 \text{ JK}^{-1}$

দেখা যায়, সম্মুখমুখী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি যে পরিমাণ বৃদ্ধি পায় বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি তার থেকে বেশি হ্রাস পায়। উদ্দীপকের চক্রে নিট পরিবর্তন—

$\therefore \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$
 $= (+2.34 + 0 - 3 + 0) \text{ JK}^{-1}$
 $= -0.66 \text{ JK}^{-1} \neq 0$

সুতরাং চিত্রে প্রদর্শিত কার্নো চক্রে এনট্রপির পরিবর্তন সাধিত হবে। কিন্তু আদর্শ কার্নো চক্রে এনট্রপির নিট পরিবর্তন ঘটে না অতএব উদ্দীপকের ইঞ্জিনটি আদর্শ নয়। আবার, উদ্দীপকে বর্ণিত কার্নোর চক্রে এনট্রপি হ্রাস পায় যা তাপগতি বিদ্যার দ্বিতীয় সূত্র তথা পদার্থবিজ্ঞানের সাধারণ নিয়মের পরিপন্থী। অতএব, বলা যায় যে, এই চক্রটি নিছক কল্পনাপ্রসূত অবাস্তব প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন ৪৩ A ও B পাত্রে যথাক্রমে 100°C ও 0°C তাপমাত্রার 1 kg করে পানি আছে।



[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পাশ্চাত্য]

- অন্তঃস্থ শক্তি কী? ১
- বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া দ্রুত প্রক্রিয়া কেনো— ব্যাখ্যা করো। ২
- A ও B কে ব্যবহার করে ইঞ্জিন তৈরি করা হলে সর্বাধিক দক্ষতা কত হবে নির্ণয় করো। ৩
- A ও B পাত্রে পানি একত্রে মিশ্রিত করলে এনট্রপির কীরূপ পরিবর্তন হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সিস্টেমের বিভব শক্তি ও গতি শক্তি ব্যতীত শক্তির আরো একটি অংশ আছে যার বিনিময়ে সিস্টেম বাহ্যিক শক্তি সরবরাহ ছাড়া কাজ করতে পারে, তাকে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বলে।

খ বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকোচন বা প্রসারণে গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদান হয় না। পাত্রে দেয়াল যতই কুপরিবাহী হোক না কেন কিছু তাপের আদান প্রদান হবেই। তাই বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া দ্রুত ঘটানো হয় যাতে পরিবেশের সাথে তাপ আদান প্রদানের কোনো সুযোগ না পায়। সুতরাং বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি দ্রুত প্রক্রিয়া।

গ A ও B কে ব্যবহার করে ইঞ্জিন তৈরি করা হলে

উৎসের তাপমাত্রা $T_A = A$ পাত্রে তাপমাত্রা $= 100^\circ\text{C} = (100 + 273)\text{K}$
 $= 373\text{K}$

গ্রাহকের তাপমাত্রা $T_B = B$ পাত্রে তাপমাত্রা $= 0^\circ\text{C} = (0 + 273)\text{K}$
 $= 273\text{K}$

ইঞ্জিনের সর্বাধিক দক্ষতা $\eta = ?$

আমরা জানি,

$$\eta = \left(\frac{T_A - T_B}{T_A} \right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{T_B}{T_A} \right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{273}{373} \right) \times 100\%$$

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

$$= 26.81\% \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

পানির ভর, $m = 1 \text{ kg}$

A পাত্রে তাপমাত্রা, $T_A = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$

B " " " $T_B = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

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

A ও B পাত্রে পানি মিশ্রিত করলে মিশ্রিত চূড়ান্ত তাপমাত্রা $= \theta^\circ\text{C}$

A এর ক্ষেত্রে,

100°C তাপমাত্রার পানিকে $\theta^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় আনতে নির্গত তাপ

$$Q_1 = mS\Delta\theta$$

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

$$= 4200 (100 - \theta)$$

আবার B এর ক্ষেত্রে,

0°C তাপমাত্রার পানিকে $\theta^\circ\text{C}$ 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

$$\text{বা, } 4200 \theta = 4200 (100 - \theta)$$

$$\text{বা, } 4200 \theta = 4200 \times 100 - 4200 \times \theta$$

$$\text{বা, } 4200 \theta + 4200 \theta = 4200 \times 100$$

$$\text{বা, } 8400 \theta = 4200 \times 100$$

$$\text{বা, } \theta = \frac{4200 \times 100}{8400} = 50^\circ\text{C}$$

অতএব, মিশ্রণের তাপমাত্রা 50°C বা, 323 K

এখন,

T_1 তাপমাত্রার পানিকে T_2 তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে এনট্রপির 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°C তাপমাত্রার পানিকে 50° তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_1 = 1 \times 4200 (\ln 323 - \ln 373)$$

$$= -604.49 \text{ JK}^{-1}; \text{ এক্ষেত্রে এনট্রপির হ্রাস হয়।}$$

আবার, 0° তাপমাত্রার পানিকে 50° তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = 1 \times 4200 (\ln 323 - \ln 273)$$

$$= 706.36 \text{ JK}^{-1}; \text{ এক্ষেত্রে এনট্রপি বৃদ্ধি পায়}$$

সুতরাং এনট্রপির মোট পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2$

$$= -604.49 + 706.36$$

$$= 101.87 \text{ JK}^{-1}$$

অর্থাৎ A ও B পাত্রে পানি একত্রে মিশ্রিত করলে এনট্রপির পরিবর্তন ধনাত্মক হবে এবং তা 101.87 JK^{-1} বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ৮৪ একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 420 K। এই তাপমাত্রায় ইঞ্জিনটি উৎস হতে 860 J তাপ শোষণ করে এবং গ্রাহকে 430 J তাপ বর্জন করে।

[কার্নো ইঞ্জিনের পারদর্শিতা ও কর্মদক্ষতা, রংপুর]

- তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি কী? ১
- ক্রিনিক্যাল থার্মোমিটারে 0°F থেকে দাগ কাটা থাকে না কেন— ব্যাখ্যা করো। ২
- ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় করো। ৩
- ইঞ্জিনটির দক্ষতা 20% বৃদ্ধি করতে হলে উৎসের তাপমাত্রায় কী পরিবর্তন করতে হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে। একে তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র বলা হয়।

খ পানির হিমাঙ্ক 32°F। মানবদেহের 70% পানি বলে 32°F বা তার নিচে মানবদেহ জমে বরফ হয়ে যাবে, ফলে স্বাভাবিক মানুষের তাপমাত্রা 0°F এ যাওয়া সম্ভব নয়। উপরন্তু মানব দেহের তাপমাত্রা 95°F অপেক্ষা কম হয় না। এ জন্য ক্রিনিক্যাল থার্মোমিটার 0°F থেকে শুরু না করে 95°F থেকে শুরু করা হয়।

গ ৯ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 50%

ঘ ৯ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 280K বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ৮৫ একটি কার্নো ইঞ্জিনে কার্যনির্বাহী বস্তু হিসাবে 3 mole নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহার করা হয়। 30°C তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রসারণের মাধ্যমে এর আয়তন দ্বিগুণ করা হয়। এরপর বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণে বস্তুটির আয়তন দ্বিগুণ করা হয়। নাইট্রোজেনের $\gamma = 1.41$ ।

[মোহম্মদপুর প্রিপারেটরি স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- এনট্রপি কী? ১
- টায়ার ফাটলে ঠাণ্ডা বাতাস বের হয় কেন? ২
- উদ্দীপকে বর্ণিত সমোষ্ণ প্রসারণে কৃত কাজ নির্ণয় করো। ৩
- উদ্দীপকে বর্ণিত ইঞ্জিনের দক্ষতা 30% এর চেয়ে বেশি হওয়া সম্ভব কি-না— গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

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

গ দেওয়া আছে, তাপমাত্রা, $T = 30^\circ\text{C} = (273 + 30) \text{ K} = 303 \text{ K}$

প্রথমিক আয়তন, $V_1 = V$

চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = 2V$

মোল সংখ্যা, $n = 3 \text{ mole}$

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

কৃতকাজ, $W = ?$

আমরা জানি,

সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ,

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

$$= 3 \text{ mole} \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 303 \text{ K} \times \ln \left(\frac{2V}{V} \right)$$

$$= 5238.4085 \text{ J (Ans)}$$

ঘ বৃদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে, আমরা জানি,

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

এখানে, প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 30^\circ\text{C} = (30 + 273) \text{ K} = 303 \text{ K}$

প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = V$

চূড়ান্ত আয়তন $V_2 = 2V$

এবং $\gamma = 1.41$

$$\begin{aligned} \therefore T_2 &= T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \\ &= 303 \text{ K} \times \left(\frac{V}{2V} \right)^{1.41-1} \\ &= 303 \text{ K} \times \left(\frac{1}{2} \right)^{0.41} \\ &= 228.0449 \text{ K} \end{aligned}$$

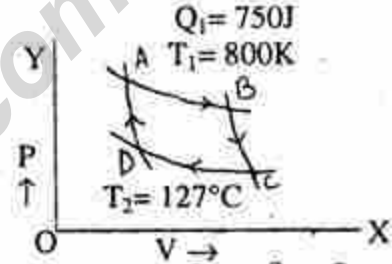
আমরা জানি, কর্মদক্ষতা $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$

$$\begin{aligned} &= \frac{303 - 228.0449}{303} \times 100\% \\ &= 24.74\% \end{aligned}$$

উদ্দীপকে বর্ণিত ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 24.74%।

সুতরাং, ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 30% এর বেশি হওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ৮৬ একটি কার্নো ইঞ্জিনকে নিম্নের চিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা হলো।



[হিম্মাহাণী পারদর্শিতা স্কুল এন্ড কলেজ, কুমিল্লা]

- পানির ত্রৈধবিন্দু কাকে বলে? ১
- $C_p > C_v$ কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- AB অংশে এনট্রপির পরিবর্তন কত? ৩
- ইঞ্জিনটি দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট চাপে বিশুদ্ধ বরফ, বিশুদ্ধ পানি এবং সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প তাপীয় সাম্যাবস্থায় সহাবস্থান করে তাকে পানির ত্রৈধবিন্দু বলে।

খ C_p এবং C_v হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_p \Delta T = C_v \Delta T + W$; W হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ।

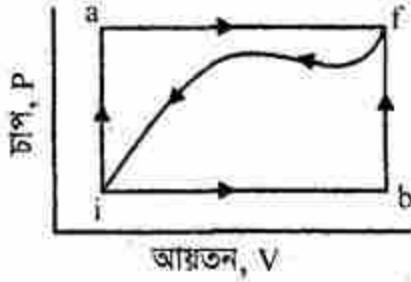
$$\therefore C_p > C_v$$

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $937.5 \times 10^{-3} \text{ JK}^{-1}$

ঘ ১৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ হলে $\eta = 100\%$ হবে। কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% করা সম্ভব নয়।



নিওয়ার ফরজুরেসা সরকারি কলেজ, দাকসাম, কুমিল্লা।

উপরিউক্ত চিত্রে কোন একটি সিস্টেমকে i অবস্থানে হতে iaf পথে f অবস্থানে নিয়া যাওয়া হল। এতে $\Delta Q = 50 \text{ Cal}$ এবং

$\Delta W = 20 \text{ Cal}$ হল। আবার ibf পথে i হতে f অবস্থানে নেবার জন্য $\Delta Q = 36 \text{ Cal}$ পাওয়া গেল। সিস্টেমটিকে fi পথে ফিরিয়ে আনার জন্য $\Delta W = -13 \text{ Cal}$ পাওয়া গেল। i বিন্দুতে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি $U_{int.i} = 10 \text{ Cal}$ পাওয়া গেল।

- ক. সিস্টেম কাকে বলে? ১
- খ. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিত্যতা সূত্রকে সমর্থন করে কী? ২
- গ. ibf পথে যাবার জন্য ΔW এর মান কত হবে? ৩
- ঘ. iaf, ibf ও fi পথের জন্য শক্তির সংরক্ষণশীল নীতি বজায় থাকে কি-না সে সম্পর্কে তোমার মতামত ব্যক্ত কর। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরীক্ষা-নিরীক্ষার সময় আমরা জড় জগতের যে নির্দিষ্ট অংশ বিবেচনা করি তাকে সিস্টেম বলে।

খ তাপ ও কাজের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনের উদ্দেশ্যে জুলের বিবৃতি অনুযায়ী তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হচ্ছে, যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তর করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক। কোন সিস্টেমের উপর Q পরিমাণ তাপ সরবরাহ করায় যদি W পরিমাণ কাজ হয় তবে, $W = JQ$

কিন্তু কোনো সিস্টেমে তাপ সরবরাহ করা হলে এর সবটাই কাজে রূপান্তরিত হয় না, এর কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে ব্যয় হয়। এ সম্পর্কে ক্লসিয়াসের বিবৃতি অনুযায়ী, $Q = \Delta U + W$; এখানে $\Delta U =$ অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন।

অর্থাৎ সিস্টেমের উপর সরবরাহকৃত কাজের একটি অংশ কাজে রূপান্তরিত হয় এবং আর একটি অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি পরিবর্তনে ব্যয় হয়, কোনো তাপ ধ্বংস হয় না।

অতএব, বলা যায় যে, তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র মূলত শক্তির নিত্যতা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ।

ক i ও f বিন্দুর অন্তঃস্থ শক্তির পার্থক্য dU হলে,

$$dQ_i = dU + dW_i$$

$$\text{বা, } dU = dQ_i - dW_i$$

$$= 50 - 20$$

$$= 30 \text{ Cal}$$

$$\text{আবার, ibf পথে,}$$

$$dQ = dU + dW$$

$$\therefore 36 = 30 + dW$$

$$\therefore dW = 6 \text{ Cal (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

iaf পথে,

$$dW_i = 20 \text{ cal}$$

$$dQ_i = 50 \text{ cal}$$

ibf পথে,

$$dQ = 36 \text{ cal}$$

ঘ এখানে, iaf পথে $\Delta W_{iaf} = 50 \text{ cal}$

$$\text{iaf পথে } \Delta W_{iaf} = 20 \text{ Cal}$$

$$\Delta U_{if} = 30 \text{ Cal}$$

$$\Delta U_{iaf} = \Delta W_{iaf} + \Delta U_{if}$$

$$= (20 + 30) \text{ Cal}$$

$$= 50 \text{ Cal}$$

$$\text{ibf পথে } \Delta Q_{ibf} = 36 \text{ Cal}$$

$$\text{ibf পথে } \Delta W_{ibf} = \Delta Q_{ibf} - U_{if}$$

$$= (36 - 30) \text{ cal}$$

$$= 6 \text{ Cal}$$

if পথে কৃতকাজ, $\Delta W_{if} = 13 \text{ Cal}$

$$\therefore \text{ibfi পথে মোট কাজ, } \Delta W_{ibfi} = \Delta W_{ibf} + \Delta W_{fi}$$

$$= (6 - 13) \text{ Cal}$$

$$= -7 \text{ Cal}$$

অর্থাৎ সকল ক্ষেত্রেই শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি বজায় থাকে।

প্রশ্ন ৪৮ 2m^3 আয়তন বিশিষ্ট পিস্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারে কিছু গ্যাস আবদ্ধ আছে। গ্যাসের চাপ 500 প্যাস্কেলে স্থির রেখে সিস্টেমে 200J তাপশক্তি খুব ধীরে ধীরে সরবরাহ করে পিস্টনটিকে বাইরের দিকে সরিয়ে বাহ্যিক বলের সাহায্যে সাম্যাবস্থানে রাখা হলো। বাহ্যিক বল সরিয়ে নেয়া হলে সিলিন্ডারের গ্যাস 2.5m^3 আয়তন দখল করে।

[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]

- ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র কী? ১
- খ. জগতের তথাকথিত 'তাপীয় মৃত্যু' ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের স্থিরচাপে গ্যাস দ্বারা কৃতকাজের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি ও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে। একে তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র বলা হয়।

খ প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়, সাম্যাবস্থায় পৌঁছেলে সিস্টেম থেকে আর কাজই পাওয়া যায় না। সিস্টেমের এই শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাই হচ্ছে এন্ট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থায় দিকে এগিয়ে যায় তাদের এন্ট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এন্ট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে যায়, তাই বলা যায় জগতে এন্ট্রপি ক্রমাগত বাড়ছে। জগতে এন্ট্রপি যখন সর্বোচ্চে পৌঁছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তথাকথিত "তাপীয় মৃত্যু" নামে অভিহিত করা হয়েছে।

গ

$$dQ = dU + dW$$

$$\Rightarrow dQ = dU + PdV$$

$$\Rightarrow dU = dQ - PdV$$

$$= 200 - 500 \times 0.5$$

$$= -50J$$

দেওয়া আছে,

$$\text{চাপ, } P = 500 \text{ Pa}$$

$$\text{তাপশক্তি, } dQ = 200J$$

$$\text{আদি আয়তন, } V_1 = 2\text{m}^3$$

$$\text{শেষ আয়তন, } V_2 = 2.5\text{m}^3$$

$$\therefore \text{আয়তনের পার্থক্য, } dV = V_2 - V_1$$

$$= 0.5 \text{ m}^3$$

\therefore অন্তঃস্থ শক্তি 50J কমে যাবে। (Ans.)

ঘ

$$\text{কৃতকাজ, } dW = PdV$$

$$= 500 \times 0.5$$

$$= +250 J$$

দেওয়া আছে,

$$\text{চাপ, } P = 500 \text{ Pa}$$

(গ) হতে, আয়তনের পরিবর্তন,

$$dV = +0.5 \text{ m}^3$$

যেহেতু কৃতকাজ ধনাত্মক, তাই গ্যাস পরিবেশের উপর কাজ করে এবং এর মান 250J. (Ans.)

প্রশ্ন ৪৯ একটি ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে 700K তাপমাত্রায় 1200J তাপ গ্রহণ করে 90K তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে 400J তাপ বর্জন করে। তাপ উৎস ও গ্রাহকের তাপমাত্রা বাড়ানো কমানোর ব্যবস্থা আছে।

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. আলোক বর্ষ বলতে কী বোঝ? ১
- খ. $C_p > C_v$ কেন? ২
- গ. এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাগামী করতে তুমি কি পদক্ষেপ গ্রহণ করবে? ৪

ক. আলো এক বছরে যে পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে সেই দূরত্বকে আলোক বর্ষ বলে।

খ. C_p এবং C_v হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে। mole গ্যাসের তাপমাত্রা। K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা $\frac{1}{\gamma}$ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়।

অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা $1 K$ বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_p = C_v + x$; x হলো স্থির চাপ, P তে dV আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ, $X = PdV$

$\therefore C_p > C_v$

গ. তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 700 K$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 90 K$

তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1200 J$

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 400 J$

সিস্টেমের এন্ট্রপির পরিবর্তন, $dS = \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1}$
 $= \frac{400}{90} - \frac{1200}{700}$
 $= 2.73 J/K$ (Ans.)

ঘ. আমরা জানি, একটি ইঞ্জিন প্রত্যাগামী হওয়ার শর্ত হলো—

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

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

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

$$= \frac{1200}{400}$$

$$= 3$$

$\therefore T_1 = 3T_2$

অর্থাৎ, তাপ উৎসের তাপমাত্রা তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রার 3 গুণ হলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

সুতরাং, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা $90 K$ এ স্থির রেখে উৎসের তাপমাত্রা $90 \times 3 = 270 K$ করলে অথবা উৎসের তাপমাত্রা $700 K$ এ স্থির রেখে গ্রাহকের তাপমাত্রা $\frac{700}{3} = 233.3 K$ করলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

প্রশ্ন ৫০ একদল বিজ্ঞানী একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করলেন; যা কর্নোটি ইঞ্জিনের সাথে তুলনীয়। ইঞ্জিনটি $2000^\circ C$ তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে $600 J$ তাপ গ্রহণ করে এবং তাপ গ্রাহকে $150 J$ তাপ বর্জন করে।

(সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট)

- অভ্যন্তরীণ শক্তি কী? ১
- তাপ গতিবিদ্যার কোন সূত্রকে কাজে লাগিয়ে রেফ্রিজারেটর তৈরি করা হয়? ব্যাখ্যা কর। ২
- তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
- ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি না তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস কোন প্রক্রিয়াটি অধিক পরিবেশ বান্ধব? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

ক. প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সূত্র অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

খ. তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রকে কাজে লাগিয়ে 'রেফ্রিজারেটর' তৈরি করা হয়।

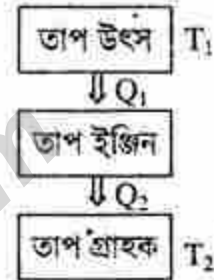
তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রকে ক্লসিয়াসের বিবৃতি হলো-বাইরে থেকে কাজ না করলে কোনো যন্ত্রের পক্ষেই শীতল বস্তু হতে উষ্ণ বস্তুতে তাপ চালনা সম্ভব নয়।

রেফ্রিজারেটরে তাই বাইরে থেকে কাজ করে রেফ্রিজারেটরের শীতল বস্তু হতে তাপ উষ্ণতর পরিবেশে বের করে দিয়ে রেফ্রিজারেটরের অভ্যন্তর শীতল রাখা হয়।

গ. ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $500 K$

ঘ.



তাপ ইঞ্জিন T_1 তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে Q_1 তাপ গ্রহণ করে এবং চক্র শেষে T_2 তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে Q_2 তাপ বর্জন করে।

ফলে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1}$

তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
 $= \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

ফলে ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধির জন্য হয় T_1 এর মান বৃদ্ধি করতে হবে অথবা T_2 কে হ্রাস করতে হবে।

ΔS এর সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে, T_2 এর মান হ্রাস করলে ΔS এর মান আগের তুলনায় বাড়বে কিন্তু T_1 কে বৃদ্ধি করলে ΔS এর মান আগের তুলনায় কম বাড়বে।

ফলে, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস করলে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধির চাইতে এন্ট্রপি বেশি বৃদ্ধি পায়, তাই, বলা যায় ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি কল্পে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করাটা অধিক পরিবেশ বান্ধব।

প্রশ্ন ৫১ ল্যাবরেটরিতে কাজ করছিল একাদশ শ্রেণির ছাত্র তুষার। সে $0^\circ C$ তাপমাত্রার $800 gm$ বরফকে তাপ দিয়ে $100^\circ C$ তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করল। (এম.সি. একাডেমী (মডেল স্কুল ও কলেজ), গোলাপগঞ্জ, সিলেট)

- তাপের যান্ত্রিক সমতা কাকে বলে? ১
- প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর। ২
- সম্পূর্ণ বরফকে বাষ্পে পরিণত করতে কত তাপের প্রয়োজন নির্ণয় করো। ৩
- উদ্বীপকের বরফকে $100^\circ C$ তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করার ক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

ক. যে পরিমাণ যান্ত্রিক শক্তি ব্যয়ে একক মানের তাপ উৎপন্ন হয় তাকে তাপের যান্ত্রিক সমতা বলে।

ক. প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য :

প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া	অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া
i. এ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সমুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীতমুখী হয়।	i. এ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না।
ii. এ প্রক্রিয়ায় কার্যনির্বাহী বস্তু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসতে পারে।	ii. এ প্রক্রিয়ায় কার্যনির্বাহী বস্তু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসতে পারে না।
iii. এ প্রক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত নয়।	iii. এ প্রক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত।
iv. এ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপগতীয় সাম্যাবস্থা বজায় থাকে।	iv. এ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপগতীয় সাম্যাবস্থা বজায় থাকে না।

গ. দেওয়া আছে,

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

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

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

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

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

এং পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_v = 2268000 \text{ Jkg}^{-1}$

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

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

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

0.8 kg ভরের বরফ গলা পানির তাপমাত্রা 0°C হতে বাড়িয়ে 100°C -এ আনতে প্রয়োজনীয় তাপ, $Q_2 = mS\Delta\theta = 0.8 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 100\text{K} = 336000 \text{ J}$

100°C তাপমাত্রায় 0.8 kg ভরের পানিকে বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ, $Q_3 = mL_v = 0.8 \text{ kg} \times 2268000 \text{ Jkg}^{-1} = 1814400 \text{ J}$

$$\therefore \text{নির্ণেয় মোট প্রয়োজনীয় তাপ, } Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

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

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

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

$$\text{গলাতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি, } \Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{268800 \text{ J}}{273 \text{ K}} = 984.6 \text{ JK}^{-1}$$

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

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

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

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

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

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

$$= 2033.3 \text{ JK}^{-1} \approx 0 \text{ JK}^{-1}$$

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

প্রশ্ন ৫২. 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস ১ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 100 kgm^{-3} ঘনত্বের CO_2 গ্যাস আছে। চেম্বারটিতে গ্যাসের চাপ ২ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ করা হলে চেম্বারটি হঠাৎ ফেটে যায়। ($\gamma = 1.33$)

(বিশ্বনাথ কলকাতা, সিগেট)

ক. ধুবচাপ প্রক্রিয়া কাকে বলে?

খ. একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. চেম্বারটি ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল?

ঘ. দেখাও যে, ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চেম্বারটির গ্যাসের ঘনত্ব বৃদ্ধি পাবে।

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রক্রিয়ার চাপ ধ্রুব রাখা হয় তাকে ধুবচাপ প্রক্রিয়া বলে।

খ. দুটি বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণে একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

গ. ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫৩. 27°C তাপমাত্রায় 20 gm ভরের একটি দ্বিপরমাণুক গ্যাসকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকোচন করে তাপমাত্রা 25°C এ উন্নীত করা হলো। প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের চাপ ছিল $1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ এবং আণবিক ভর 44 gm ।

(সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল)

ক. রেফ্রিজারেটরের কার্যকৃত সহগ কাকে বলে?

খ. সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন অপ্রত্যাপ্যমী, ব্যাখ্যা কর।

গ. গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ বের কর।

ঘ. উক্ত পরিবর্তনে গ্যাসটির আয়তনের পরিবর্তন কেমন হবে?

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ এবং রেফ্রিজারেটরের বাইরের এজেন্ট কর্তৃক কৃতকাজের অনুপাতকে কার্যকৃত সহগ বলে।

খ. প্রকৃতিতে যে সমস্ত পরিবর্তন বা রূপান্তর আপনাআপনি ঘটে সেগুলোকে বলা হয় স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন। স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনগুলোতে দেখা যায়, এগুলো সর্বদাই একটা নির্দিষ্ট দিকে পরিচালিত হয়। যেমন- তাপ উচ্চতর তাপমাত্রা থেকে নিম্নতর তাপমাত্রার বস্তুতে পরিচালিত হয় কিন্তু নিম্নতর তাপমাত্রা থেকে উচ্চতর তাপমাত্রায় পরিচালিত হয় না। আবার, একটি বস্তুকে উপর থেকে ছেড়ে দিলে তা নিচে পড়তে থাকে অর্থাৎ বিভবশক্তি শ্রাস পায়। কিন্তু বাহ্যিক বল না প্রয়োগ করলে তা আর পূর্বের অবস্থানে ফিরে না। সুতরাং সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনই একমুখী এবং অপ্রত্যাপ্যমী।

গ. বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকুচিত গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ P_2 হলে,

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

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

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

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

এখানে,

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

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } T_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$= (27 + 273)\text{K}$$

$$= 300\text{K}$$

$$\text{শেষ তাপমাত্রা, } T_2 = (27 + 25)^\circ\text{C}$$

$$= (52 + 273)\text{K}$$

$$= 325\text{K}$$

দ্বিপরমাণুক গ্যাসের জন্য $\gamma = 1.41$

$$= 1 \times 10^5 \times \left(\frac{300}{325} \right)^{\frac{1.41}{1-1.41}}$$

$$= 1 \times 10^5 \left(\frac{300}{325} \right)^{-0.41}$$

$$= 1.32 \times 10^5 \text{ Pa (Ans.)}$$

য 'গ' থেকে পাই চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 1.31 \times 10^5 \text{ Pa}$
 গ্যাসটির আদি ও শেষ আয়তন যথাক্রমে V_1 ও V_2 হলে,

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

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

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

$$\text{বা, } \frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{1.32 \times 10^5}{1 \times 10^5} \right)^{\frac{1}{1.41}}$$

$$\text{বা, } \frac{V_1}{V_2} = 1.22$$

$$\text{বা, } \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{1.22} = 0.82$$

$$\text{বা, } \frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{0.82 - 1}{1}$$

$$\text{বা, } \frac{V_2 - V_1}{V_1} = 0.18$$

$$\therefore \frac{\Delta V}{V_1} = 0.18$$

$$\therefore \text{আয়তনের পরিবর্তন} = 0.18 \times 100\% = 18\% \text{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ৫৪ হাসপাতালে ডাক্তারের পরামর্শে নার্স এক রোগীর দেহের তাপমাত্রা 107°F পর্যবেক্ষণ করলেন যা ডাক্তারের কাছে অবিশ্বাস্য মনে হলো।

(খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ, খাগড়াছড়ি)

ক. ক্রান্তি তাপমাত্রা কাকে বলে? ১

খ. সার্বজনীন ধ্রুবক R এর মান ধনাত্মক হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. নার্স কর্তৃক পর্যবেক্ষিত তাপমাত্রাকে কেলভিন স্কেলে প্রকাশ কর। ৩

ঘ. ডাক্তার সাহেব গবেষণাগারে স্থাপিত একটি আদর্শ ডাক্তারী থার্মোমিটারের নিম্ন ও উর্ধ্ব স্থিরবিন্দুর চেয়ে উদ্দীপকের থার্মোমিটারের নিম্ন ও উর্ধ্বস্থির বিন্দু যথাক্রমে 2°F বেশি এবং 3.5°F কম পর্যবেক্ষণ করলেন। এই তথ্যের আলোকে রোগীর দেহের প্রকৃত তাপমাত্রা কত হবে? ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে তাপমাত্রা বা তার নিচে কোন গ্যাসকে শুধু চাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করা সম্ভব তাকে ক্রান্তি তাপমাত্রা বলে।

খ. সংজ্ঞানুযায়ী, স্থির চাপে 1 mol কোন গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাই সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক (R)।

$$\text{গাণিতিকভাবে, } C_p dT = C_v dT + R dT;$$

কারণ স্থির চাপে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে কেবল গ্যাস কর্তৃক কাজই সম্পন্ন হয় না, এর অভ্যন্তরীণ শক্তিও বৃদ্ধি পায়। তাই $C_p dT$ সর্বদা $C_v dT$ অপেক্ষা বড় হয়। অর্থাৎ $R = C_p - C_v$ এর মান সর্বদা ধনাত্মক হয়।

গ

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

$$= \frac{107-32}{9}$$

$$\therefore K = \frac{107-32}{9} \times 5 + 273$$

$$= 314.67 \text{ K (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

ফারেনহাইট এককে তাপমাত্রা,
 $F = 107^\circ\text{F}$

ঘ এখন,

$$\frac{F - F_1}{F_2 - F_1} = \frac{F' - F'_1}{F'_2 - F'_1}$$

$$\text{বা, } \frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{107 - 34}{208.5 - 34}$$

$$\therefore F = 107.3^\circ\text{F (Ans.)}$$

আমরা জানি,

ফারেনহাইট স্কেলে,

আদর্শ থার্মোমিটারের,

নিম্ন স্থির বিন্দু তাপমাত্রা, $F_1 = 32^\circ\text{F}$

উর্ধ্ব স্থির বিন্দু তাপমাত্রা, $F_2 = 212^\circ\text{F}$
 দেওয়া আছে,

রোগীর দেহের তাপমাত্রা, $F' = 107^\circ\text{F}$

ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারের,

নিম্ন স্থির বিন্দু তাপমাত্রা, $F'_1 = 34^\circ\text{F}$

উর্ধ্ব স্থির বিন্দু তাপমাত্রা, $F'_2 = 208.5^\circ\text{F}$

রোগীর দেহের সঠিক তাপমাত্রা, $F = ?$

প্রশ্ন ৫৫ 32°C তাপমাত্রা এবং 73cm পারদ চাপে 40g আণবিক ভরের কোন আদর্শ গ্যাসের আয়তন 0.05m^3 । আয়তন 0.08m^3 বৃদ্ধি না হওয়া পর্যন্ত ধ্রুব চাপে গ্যাসটিকে উত্তপ্ত করা হল। গ্যাসটির ভর 40g এবং ধ্রুব আয়তনে গ্রাম আণবিক আপেক্ষিক তাপ $12.5\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

(খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ, খাগড়াছড়ি)

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১

খ. গ্যাসের বায়বীয় অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় আনা হলে কীরূপ ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হয়? ২

গ. গ্যাসটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ৩

ঘ. গ্যাস কর্তৃক শোষিত তাপ কী পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে -ব্যাখ্যা কর। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৃদ্ধিতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ. কোনো গ্যাসকে বায়বীয় অবস্থা হতে তরল অবস্থায় আনতে হলে প্রথমে গ্যাসটিকে ক্রান্তি তাপমাত্রা হতে নিচে আনতে হবে। পরবর্তীতে তাপমাত্রা কমিয়ে অথবা চাপ বাড়িয়ে গ্যাসটিকে তরলে পরিণত করতে হবে।

গ. চার্লসের সূত্রানুসারে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

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

$$= \frac{0.13}{0.05} \times 305 \text{ K}$$

$$= 793 \text{ K}$$

$$= 520^\circ\text{C (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{আদি আয়তন, } V_1 = 0.05 \text{ m}^3$$

$$\text{শেষ আয়তন, } V_2 = (0.05 + 0.08) \text{ m}^3 = 0.13 \text{ m}^3$$

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } T_1 = 32^\circ\text{C}$$

$$= (32 + 273) \text{ K}$$

$$= 305 \text{ K}$$

$$\therefore \text{শেষ তাপমাত্রা, } T_2 = ?$$

ঘ. স্থির চাপে শোষিত তাপ,

$$\Delta Q = C_p \Delta T$$

$$= (C_v + R) \Delta T$$

$$= (C_v + R) (T_2 - T_1)$$

$$= (12.5 + 8.314) (793 - 305) \text{ J}$$

$$= 13157.13 \text{ J}$$

$$= 10.16 \times 10^3 \text{ J}$$

দেওয়া আছে,

$$\text{গ্যাসের ভর, } m = 40 \text{ gm}$$

$$\text{আণবিক ভর, } M = 40 \text{ g/mol}$$

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } T_1 = 32^\circ\text{C}$$

$$= 305 \text{ K}$$

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা, } T_2 = 793 \text{ K}$$

$$C_v = 12.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

অতএব, গ্যাস কর্তৃক শোষিত তাপের পরিমাণ $10.16 \times 10^3 \text{ J}$ বা 4.3 kJ ।

প্রশ্ন ৫৬ একটি কার্নোর চক্রে তাপ উৎস হতে 427 K তাপমাত্রায় 1000 J তাপগ্রহণ করে এবং নিম্ন তাপমাত্রা আধারে 200 K তাপমাত্রায় 600 J তাপ বর্জন করে।

(যাদবপুর সরকারি কলেজ, যাদবপুর)

ক. বৃদ্ধিতাপীয় প্রক্রিয়া কি? ১

খ. কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হওয়া সম্ভব নয় -ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক থেকে একটি পূর্ণ চক্রে কৃতকাজ ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ক্ষেত্রে ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কিনা -গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ ইঞ্জিন হতে আনবরত কাজ পেতে চলে সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটি চক্রাকারে চলতে হয়। কোন ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহী গ্যাসকে কয়েকটি ধাপে তাপ গ্রহণ-বর্জন পর আবার পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসতে হবে। তাপ গতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুযায়ী কোন সিস্টেমের গ্যাসে dQ পরিমাণ তাপ দিলে, $dQ = du + w$.

এখানে প্রাপ্ত কাজ W এবং অভ্যন্তরীণ শক্তি du , এখন এই প্রক্রিয়াটি সচল রাখতে হলে গ্যাসকে আবার পূর্বের অবস্থায় ফেরতে আসতে হবে। এজন্য du এর সমতুল্য পরিমাণ তাপ বর্জন করতে হবে। কার্ণো ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে দক্ষতা $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100\%$

এখন 100% দক্ষতার জন্য $T_2 = 0K$ হতে হবে। কিন্তু বাস্তবে $0K$ তাপমাত্রা অর্জন করা সম্ভব নয় এবং এতো নিম্নতাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন প্রায় শূন্য হয়ে যায়। যেহেতু $T_2 > 0K$, তাই $T_1 - T_2 < T_1$ অতএব, $\eta < 100\%$

গ কৃতকাজ নির্ণয় : ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 400J

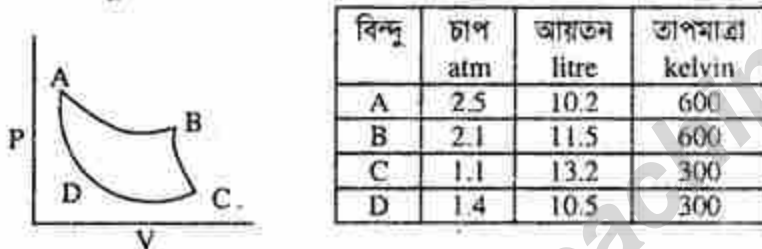
ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় : ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 40%

ঘ ১৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : সম্ভব।

প্রশ্ন ৫৭ রাশেদ একটি ইঞ্জিন তৈরী করলো তার ইঞ্জিনটিতে 10g N_2 গ্যাস ব্যবহার করা হয়েছে। AB সমোষ্ণ ও BC বৃদ্ধতাপীয় রেখা। বিভিন্ন বিন্দুতে চাপ ও আয়তন ছকে প্রদর্শিত হলো।



[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

- বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
- কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হওয়া সম্ভব নয় কেন ব্যাখ্যা করো? ২
- ইঞ্জিনটিতে DA রেখায় কৃত কাজ নির্ণয় করো। ৩
- রাশেদের ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী, তা গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতার সূত্র থেকে আমরা জানি, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ যেখানে η হচ্ছে কর্মদক্ষতা ও T_1 ও T_2 যথাক্রমে তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা। যেহেতু $T_1 > (T_1 - T_2)$ কাজেই ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনোই 100% হতে পারে না। তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের মধ্যবর্তী তাপমাত্রার পার্থক্য যত বেশি হবে ইঞ্জিনের দক্ষতাও তত বেশি হবে তবে তা 100% এর কম থাকবে।

গ ইঞ্জিনটির DA রেখাটি বৃদ্ধতাপীয় রেখা কারণ BC ২য় ধাপ যা বৃদ্ধতাপীয় এবং DA চতুর্থ ধাপ।

এ ধাপের শুরুতে তাপমাত্রা, $T_1 = 300 K$

এবং শেষে তাপমাত্রা, $T_2 = 600 K$

কার্যনির্বাহক পদার্থের মোল সংখ্যা, $\eta = \frac{10g}{28g} = 0.357$

জানা আছে, আদর্শ গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314 Jmole^{-1}K^{-1}$

এবং N_2 এর মতো দ্বিপারমাণুক গ্যাসের জন্য, $\gamma = 1.4$

\therefore DA বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়াটিতে কৃতকাজ, $W = \frac{nR [T_2 - T_1]}{1 - \gamma}$

$$= \frac{0.357 \times 8.314 J mole^{-1} K^{-1} [600K - 300K]}{1 - 1.4}$$

$$= -2226J (Ans.)$$

$$\begin{aligned} \text{য AB পথে এন্ট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S_1 &= nRT_1 \ln \left(\frac{V_B}{V_A} \right) \\ &= 0.357 \times 8.314 \times 600 \\ &\quad \times \ln \left(\frac{11.5}{10.2} \right) JK^{-1} \\ &= 213.63 JK^{-1} \end{aligned}$$

BC পথে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_2 = 0$

CD পথে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_3 = nRT_2 \ln \left(\frac{V_D}{V_C} \right)$

$$= 0.357 \times 8.314 \times 300 \times \ln \left(\frac{10.5}{13.2} \right) JK^{-1}$$

$$= -203.76 JK^{-1}$$

DA পথে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_4 = 0$

$$\begin{aligned} \text{সম্পূর্ণ চক্রে এন্ট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S &= \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 \\ &= (213.63 - 203.76) JK^{-1} \\ &= 9.87 JK^{-1} \neq 0 \end{aligned}$$

অতএব, প্রক্রিয়াটি অপ্রত্যাগামী।

প্রশ্ন ৫৮ একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা 400K এবং প্রতি চক্রে সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত 1 : 3। ইঞ্জিনটিতে কার্যকর বস্তু হিসেবে 2 মোল হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহার করা হলো। ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধির জন্য বৃহৎ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে এবং সপ্লি তাপগ্রাহকের একই পরিমাণ তাপমাত্রা হ্রাসের মত দিলেন।

[সিটি, গভ জিও কলেজ, রাজশাহী]

- আভ্যন্তরীণ শক্তি কাকে বলে? ১
- রেফ্রিজারেটরের কার্যকৃত সহগ 4 বলতে কী বুঝায়-ব্যাখ্যা করো। ২
- ইঞ্জিনটির প্রথম ধাপে সম্পন্ন কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
- উদ্দীপকের বৃহৎ এবং সপ্লির মতামতের মধ্যে কোনটি অধিক গ্রহণযোগ্য— গণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে-ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন সিস্টেমের সবগুলো অণুর মোট শক্তি অর্থাৎ রৈখিক গতিশক্তি, কৌণিক গতিশক্তি এবং কম্পনগতিশক্তির মোট যোগফলকে ঐ সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে। এই শক্তি ব্যবহার করে সিস্টেমটি শক্তিকে অন্য শক্তি উৎপন্ন অথবা রূপান্তর করতে পারে।

খ রেফ্রিজারেটরের কার্যকৃত সহগ 4 বলতে বুঝায় রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ এবং রেফ্রিজারেটরের বাইরের এজেন্ট কর্তৃক কৃতকাজের অনুপাত হলো 4।

গ দেওয়া আছে,

কার্য নির্বাহক বস্তুর মোলসংখ্যা, $n = 2$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T = 400K$

প্রথম ধাপটি হলো সমোষ্ণ প্রসারণ, এ সময়কালে তাপমাত্রা 400K-এ

$$\text{স্থির থাকবে তাই, } \frac{V_2}{V_1} = \frac{3}{1}$$

জানা আছে, মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314 Jmole^{-1}K^{-1}$

বের করতে হবে, ১ম ধাপে সম্পন্ন কাজের পরিমাণ, $W = ?$

$$\text{আমরা জানি, } W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = 2 \times 8.314 \times 400 \ln \left(\frac{3}{1} \right) \\ = 7307 \text{ J (Ans.)}$$

২য় ধাপটি হলো বুদ্ধতাপীয় প্রসারণ, এ ধাপ শেষে তাপমাত্রা T_2 হলে এবং শুরুতে তাপমাত্রা $T_1 = 400 \text{ K}$ হলে, $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$
 $\therefore T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 400 \text{ K} \times \left(\frac{1}{3} \right)^{1.4-1}$ [হাইড্রোজেন দ্বিপরিমাণিক গ্যাস, তাই $\gamma = 1.4$]
 $= 257.75 \text{ K}$

$$\therefore \text{কর্মদক্ষতা, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{257.75 \text{ K}}{400 \text{ K}} = 0.3556 = 35.56\%$$

উৎসের তাপমাত্রা 50 K বৃদ্ধি করা হলে,
 $\eta' = 1 - \frac{T_2}{T_1 + 50 \text{ K}} = 1 - \frac{257.75 \text{ K}}{400 \text{ K} + 50 \text{ K}} = 42.72\%$

গ্রাহকের তাপমাত্রা 50 K কমানো হলে,
 $\eta'' = 1 - \frac{T_2 - 50 \text{ K}}{T_1} = 1 - \frac{257.75 \text{ K} - 50 \text{ K}}{400 \text{ K}} = 48.06\%$

দেখা যাচ্ছে $\eta'' > \eta'$

সুতরাং স্রঞ্জিলের মতামত অধিক গ্রহণযোগ্য। উৎসের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধির চেয়ে গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট পরিমাণ হ্রাস করা অধিকতর সমীচীন।

প্রশ্ন ৫৯ 0°C তাপমাত্রার 0.05 kg বরফকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে ফেলে দেয়া হলো। এতে বৃপান্তরিত শক্তির 60% তাপে বৃপান্তরিত হয়ে সমস্ত বরফকে গলিয়ে দিল। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুগু তাপ $3,36,000 \text{ J kg}^{-1}$ ।

[রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ]

- বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কী? ১
- প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে কেন? ২
- বরফ খন্ডটিকে কত উচ্চতা থেকে ফেলে দেয়া হয়েছিল বর্ণনা করো। ৩
- যদি উদ্দীপকের বৃপান্তরিত শক্তির সবটুকু তাপে বৃপান্তরিত হয় তবে এন্ট্রপির কিরূপ পরিবর্তন হবে নির্ণয় করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় কোনো একটি সিস্টেম বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে। কোনো সিস্টেম A থেকে B তে যাওয়ার সময় এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS_1 = \frac{dQ}{T_1}$ হলে, B থেকে A থেকে ফেরার সময় এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS_2 = -\frac{dQ}{T_1}$ হবে। অর্থাৎ এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2 = 0$
 অর্থাৎ প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির পরিবর্তন হয় না বা এন্ট্রপি স্থির থাকে।

গ

প্রদত্ত শর্তানুসারে,
 $ml_f = mgh \times 60\%$
 বা, $ml_f = 0.6 mgh$
 বা, $l_f = 0.6gh$

এখানে,
 বরফের ভর,
 $m = 0.05 \text{ kg}$
 বরফ গলনের আপেক্ষিক
 সুগুতাপ, $l_f = 336000 \text{ J kg}^{-1}$

$$\therefore h = \frac{336000}{0.6 \times 9.8} \\ = 57142.9 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, বরফ যেই উচ্চতা থেকে ফেলা হয়েছিল,
 $h = 57142.9 \text{ m}$
 পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

60% তাপে সম্পূর্ণ বরফ গলে যায় অর্থাৎ 40% তাপশক্তি সেই তাপমাত্রা বৃদ্ধি করবে।

$$\therefore mS(T_2 - T_1) = 0.4 \times mgh$$

$$\text{বা, } T_2 - T_1 = \frac{0.4 \times 9.8 \times 57142.9}{4200}$$

$$\text{বা, } T_2 = 53.33 + 273 \\ = 326.33$$

\therefore এন্ট্রপির পরিবর্তন $= 0^\circ \text{C}$ বরফ থেকে 0°C পানি + 0°C পানি থেকে 53.33°C পানি

$$= \frac{ml_f}{T_1} + ms \ln(T_2/T_1)$$

$$= \frac{0.05 \times 336000}{273} + 0.05 \times 4200 \times \ln \left(\frac{326.33}{273} \right)$$

$$= 99.01 \text{ JK}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ৬০ P এবং Q দুটি তাপ ইঞ্জিন। P এর দক্ষতা $\frac{1}{6}$ এবং Q এর দক্ষতা $\frac{1}{3}$ । উভয় ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা সমান। Q-এর তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা P অপেক্ষা 60 K কম।

[মধুপুর শহীদ স্মৃতি উচ্চ বিদ্যালয় ও কলেজ, টাঙ্গাইল]

- তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি কী? ১
- বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২
- তাপ উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
- Q ইঞ্জিনের গ্রাহকের তাপমাত্রা 30 K বৃদ্ধি করলে দক্ষতার কী পরিবর্তন হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চারিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে বৃপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ

তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা

$$\eta_p = \frac{1}{6} = 1 - \frac{T_{2p}}{T_{1p}}$$

$$\text{বা, } \frac{T_{2p}}{T_{1p}} = 1 - \frac{1}{6} \dots \dots \dots (i)$$

এখানে,

$$P \text{ ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta_p = \frac{1}{6}$$

$$Q \text{ ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta_Q = \frac{1}{3}$$

$$\text{উৎসের তাপমাত্রা, } T_{1p} = T_{1Q}$$

$$\text{গ্রাহকের তাপমাত্রা,}$$

$$T_{2Q} = T_{2p} - 60$$

একইভাবে,

$$\frac{T_{2Q}}{T_{1Q}} = 1 - \frac{1}{3} \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{T_{2p}}{T_{1p}} \times \frac{T_{1Q}}{T_{2Q}} = \frac{5}{6} \times \frac{3}{2}$$

$$\text{বা, } \frac{T_{2p}}{T_{2p} - 60} = \frac{5}{4} = 1.25$$

$$\text{বা, } T_{2p} = 300 \text{ K}$$

$$\therefore \eta_p = 1 - \frac{T_{2p}}{T_{1p}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{6} = 1 - \frac{300}{T_{1p}}$$

$$\therefore T_{1p} = 360 \text{ K (Ans.)}$$

ঘ

Q এর গ্রাহকের তাপমাত্রা 30K

বাড়ালে

$$T_{2Q} = T_{2P} - 60 + 30 \\ = 300 - 60 + 30 \\ = 270$$

$$\therefore \eta_Q = 1 - \frac{T_{2Q}}{T_{2P}} \\ = 1 - \frac{270}{360} \\ = \frac{1}{4}$$

$$\text{দক্ষতার পরিবর্তন হলো} = \frac{\frac{1}{3} - \frac{1}{4}}{\frac{1}{3}} \times 100\% \\ = \left(1 - \frac{3}{4}\right) \times 100\% = 25\%$$

অতএব, গ্রাহকের তাপমাত্রা 30K বাড়ালে দক্ষতা 25% হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ৬১ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

ইসমাইল সাহেব মাথা উচু করে নায়াগ্রা জলপ্রপাত অবলোকন করতে গিয়ে পরিমাপ করলেন যে, জল প্রপাতের তলদেশে ও শীর্ষদেশের তাপমাত্রার পার্থক্য 0.5K।

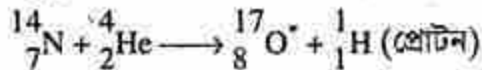
(মহীপুর হাজী মহসিন সরকারি কলেজ)

- ক. ডোপিং কার্কে বলে? ১
খ. কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা কিভাবে তৈরি করা হয়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. জল প্রপাতের উচ্চতা কত? ৩
ঘ. জলপ্রপাতের তাপমাত্রা পাদদেশে বেশি না শীর্ষদেশে বেশি তার পক্ষে তোমার মতামত তুলে ধর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্থোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পজ্জয়োজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ কোন অস্থিতিশীল পরমাণুর নিউক্লিয়াস হতে প্রাকৃতিক ভাবে α , β , γ রশ্মি নির্গমনকে তেজস্ক্রিয়তা বলে। কৃত্রিম উপায়ে কোন পরমাণুকে গতিশক্তি সম্পন্ন নিউক্লিয়ন দ্বারা আঘাত (Bombarding) করে নতুন অস্থিতিশীল পরমাণু তৈরি করা হয়। পরবর্তিতে এই নতুন পরমাণু হতে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত হয়। রাদার ফোর্ড সর্বপ্রথম α -কণা দ্বারা ^{14}N এর নিউক্লিয়াসকে আঘাত করে তেজস্ক্রিয় $^{14}\text{O}^*$ পরমাণু তৈরি করতে সমর্থ হন।



গ জলপ্রপাতের উপর হতে নিচে পরা পানির বিভব শক্তি, E_p ভূমিতে পরার পূর্বমূহর্তে পুরোপুরি গতিশক্তি, E_k তে পরিণত হয়।

অনুমান করি, ভূমিতে পতিত হওয়ার পর এ গতিশক্তি, E_k পুরোপুরি তাপশক্তি, Q তে পরিণত হলে,

$$Q = E_k = E_p \\ \text{বা, } mS \Delta\theta = mgh \\ \text{বা, } h = \frac{S\Delta\theta}{g} \\ = \frac{4200 \times 0.5}{9.8} \\ = 214.29\text{m (Ans.)}$$

এখানে,
পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
তাপমাত্রার পার্থক্য, $\Delta\theta = 0.5 \text{ K}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

ঘ জলপ্রপাতের শীর্ষদেশে পানির বিভব শক্তি নিচে পতিত হওয়ার সময় গতিশক্তিতে পরিণত হয়।

ফলে তলদেশে পতিত হওয়ার সময় পানির তলদেশকে আঘাত করার ফলে এর গতিশক্তির কিছু অংশ তাপশক্তি ও কিছু অংশ শব্দশক্তিতে পরিণত হয়। এ তাপ গ্রহণ করে জলপ্রপাতের তলদেশের পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

একারণে জলপ্রপাতের উপরের চাইতে নিচে তাপমাত্রা বেশি হয়।

প্রশ্ন ৬২ দুটি তাপ ইঞ্জিনের তথ্য নিম্নরূপ :

ইঞ্জিন	উৎসের তাপমাত্রা	গ্রাহকের তাপমাত্রা	ব্যবহৃত জ্বালানী পরিমাণ	ব্যবহৃত জ্বালানীর আপেক্ষিক তাপ
P	300°C	-30°C	0.8 kg	1980 Jkg ⁻¹ K ⁻¹
Q	900 K	400 K	1.2 kg	1230 Jkg ⁻¹ K ⁻¹

(সিরাজগঞ্জ সরকারি কলেজ)

- ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র বিবৃত কর। ১
খ. টায়ার ফেটে গেলে ঠান্ডা বাতাস বের হয় কেন? ২
গ. P ইঞ্জিনের দক্ষতা ১৫% বৃদ্ধি করতে গ্রাহকের তাপমাত্রার কী পরিবর্তন করতে হবে? ৩
ঘ. P ও Q ইঞ্জিনদ্বয়ের মধ্যে কোনটি পরিবেশবান্ধব -গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যুক্তি দাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ টায়ার ফাটলে হঠাৎ চাপ হ্রাস পায় তাই এর অভ্যন্তরীণ গ্যাসের খুব দ্রুত সম্প্রসারণ ঘটে। এ কারণে উক্ত গ্যাস পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদান করার জন্য যথেষ্ট সময় পায় না। তাই এ প্রক্রিয়াটি হল বৃন্দতাপীয়। হঠাৎ আয়তন অনেক বেড়ে গেলে আয়তন সম্প্রসারণজনিত কাজ সম্পন্ন হয়। এজন্য যে শক্তির প্রয়োজন হয় তা গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি হতে শোষিত হয়। এ কারণে টায়ার ফাটলে ঠান্ডা বাতাস বের হয়।

গ এখানে P ইঞ্জিনের,

$$\text{উৎসের তাপমাত্রা, } T_1 = 300^\circ\text{C} = (300 + 273) \text{ K} = 573 \text{ K}$$

$$\text{গ্রাহকের তাপমাত্রা, } T_2 = -30^\circ\text{C} = (-30 + 273) \text{ K} \\ = 243 \text{ K}$$

ইঞ্জিনের দক্ষতা η হলে,
আমরা জানি,

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{243}{573}$$

$$\therefore \eta = 0.58$$

দক্ষতা ১৫% বৃদ্ধি করলে দক্ষতা, $\eta' = \eta + 0.15\eta$

$$\text{বা, } \eta' = (1.15)\eta$$

$$\text{বা, } \eta' = 1.15 \times 0.58$$

$$\therefore \eta' = 0.66$$

মনে করি, গ্রাহকের নতুন তাপমাত্রা T_2'

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

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{573} = 1 - 0.66$$

$$\therefore T_2' = 193.5 \text{ K}$$

$$\text{গ্রাহকের তাপমাত্রার পরিবর্তন, } \Delta T_2 = (T_2 - T_2') = (243 - 193.5) \text{ K} \\ = 49.5 \text{ K}$$

সুতরাং, 49.5 K তাপমাত্রা কমাতে হবে।

ঘ এখানে P ইঞ্জিনের,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 573 \text{ K}$

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 243 \text{ K}$

জ্বালানির ভর, $m_p = 0.8 \text{ kg}$

জুলীয় আপেক্ষিক তাপ, $S_p = 1980 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

এবং Q ইঞ্জিনের,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1' = 900 \text{ K}$

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

জ্বালানির ভর, $m_Q = 1.2 \text{ kg}$

ব্যবহৃত জ্বালানির আপেক্ষিক তাপ, $S_Q = 1230 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

P ইঞ্জিন কর্তৃক গৃহিত তাপ = $m_p S_p T_1$

এবং বর্জিত তাপ = $m_p S_p T_2$

মনে করি, P ও Q ইঞ্জিন কর্তৃক কাজে রূপান্তরিত তাপ যথাক্রমে q_p ও q_Q ।

সুতরাং, $q_p = m_p S_p \Delta T = m_p S_p (T_1 - T_2)$

বা, $q_Q = 0.8 \times 1980 \times (573 - 243)$

$\therefore q_p = 522.72 \text{ kJ}$

আবার, $q_Q = m_Q S_Q \Delta T = m_Q S_Q (T_1' - T_2')$

বা, $q_Q = 1.2 \times 1230 \times (900 - 400)$

$\therefore q_Q = 738 \text{ kJ}$

P ইঞ্জিনের প্রতি কেজি জ্বালানির ব্যয়ে প্রাপ্ত কাজ বা তাপ,

$$= \frac{q_p}{0.8} = \frac{522.72}{0.8} = 653.4 \text{ Jkg}^{-1}$$

এবং Q ইঞ্জিনের প্রতি কেজি জ্বালানীর ব্যয়ে প্রাপ্ত কাজ বা তাপ,

$$= \frac{q_Q}{1.2} = \frac{738}{1.2} = 615 \text{ Jkg}^{-1}$$

যেহেতু P ইঞ্জিনটি প্রতি কেজিতে বেশি কাজ প্রদান করে অর্থাৎ এখান থেকে ভাল ফলাফল পাওয়া যাবে সুতরাং এটি বেশি পরিবেশবান্ধব।

প্রশ্ন ৬৩ একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 427°C এবং গ্রাহকের তাপমাত্রা 217°C ।

(এম সি কলেজ, সিলেট)

ক. ধারক কী? ১

খ. তাপাধারের তাপমাত্রা যত কম হবে ইঞ্জিনের দক্ষতা তত বেশী-
ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. “উদ্দীপকের ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে ইঞ্জিনটির দক্ষতাও দ্বিগুণ হবে”। উক্তিটি যথার্থ কিনা উত্তর দাও। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধারক হচ্ছে এমন একটি ব্যবস্থা যে ব্যবস্থার সাহায্যে চার্জ সংরক্ষণ করে রাখা যায়।

খ কার্নো ইঞ্জিন দ্বারা কাজে রূপান্তরিত তাপশক্তি ও ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তির অনুপাতকে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে। কার্নো ইঞ্জিনের

দক্ষতা, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ সমীকরণে, T_1 হলো উৎসের তাপমাত্রা

এবং T_2 গ্রাহকের তাপমাত্রা। উক্ত সমীকরণ অনুসারে, T_2 এর মান যত হ্রাস পাবে, $(T_1 - T_2)$ এর মান তত বৃদ্ধি পাবে। $T_1 - T_2$ এর মান যত বাড়বে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা তত বাড়বে। এ কারণে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।

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

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 217^\circ\text{C} = (217 + 273)\text{K}$
 $= 490 \text{ K}$

দক্ষতা, $\eta = ?$

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

$$\text{বা, } \eta = 1 - \frac{490}{700} = 0.3$$

$$\therefore \eta = 30\% \text{ (Ans.)}$$

ঘ ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে,

$$T_1 = 2 \times 427^\circ\text{C}$$

$$= 850^\circ\text{C}$$

$$= (854 + 273) \text{ K}$$

$$= 1127 \text{ K}$$

$$T_2 = 490 \text{ K}$$

$$\text{এখন, নতুন দক্ষতা } \eta' = 1 - \frac{490}{1127} \left[\because \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \right]$$

$$= 0.57$$

‘ন’ থেকে পাই, $\eta = 0.3$

$$\text{এখন, } \frac{\eta'}{\eta} = \frac{0.57}{0.3} = 2$$

\therefore উদ্দীপকের ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে ইঞ্জিনটির দক্ষতাও প্রায় দ্বিগুণ হবে।

প্রশ্ন ৬৪ একটি তাপ ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহক বস্তু 800 K তাপমাত্রার উৎস থেকে 12000 J তাপ শক্তি শোষণ করে। গ্রাহকের তাপমাত্রা 300 K ।

(ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর)

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১

খ. $C_p > C_v$ ব্যাখ্যা করো? ২

গ. ইঞ্জিনটির গ্রাহকে বর্জিত তাপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা 70% করতে গ্রাহকের তাপমাত্রা কীভাবে পরিবর্তন করতে হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃদ্ধিতাপ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ C_p এবং C_v হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_p \Delta T = C_v \Delta T + W$; W হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ।

$$\therefore C_p > C_v$$

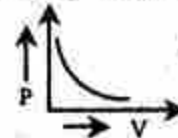
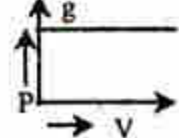

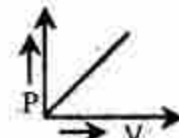
গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 4500J

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 60°C কমাতে হবে।

প্রথম অধ্যায়: তাপগতিবিদ্যা

- এক ক্যালরি তাপকে কাজে রূপান্তর করতে কত জুল কাজ করতে হবে? [কালিকাপুর আবদুল মতিন খসরু ডিগ্রি কলেজ, কুমিল্লা] (জ্ঞান)
ক) 1J গ) 2.4J
খ) 4.2J ঘ) 14.2J
- একটি ছোট ও একটি বড় তামার গোলকে সমপরিমাণ তাপ দিলে নিচের কোনটি ঘটবে? (অনুধাবন)
ক) বড় গোলকের তাপমাত্রা বেশি হবে
খ) ছোট গোলকের তাপমাত্রা বেশি হবে
গ) উভয়ের তাপমাত্রা সমান হবে
ঘ) ছোট গোলকের তাপ বেশি হবে
- গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি নির্ভর করে কোন রাশির ওপর? [হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক) চাপ খ) তাপমাত্রা
গ) আয়তন ঘ) এনট্রপি
- একটি নির্দিষ্ট রোধ থার্মিস্টারে বরফ বিন্দু ও স্টিম বিন্দুতে রোধ যথাক্রমে 40Ω ও 51.6Ω । কোনো তরলের স্ফুটনাংকে এর রোধ 55.3Ω হলে তরলের উষ্ণতা কত? (প্রয়োগ)
ক) 131.9°C খ) 132°C
গ) 140°C ঘ) 160°C
- একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মিস্টারে বরফবিন্দু 5°C এবং স্টিম বিন্দু 115°C কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 60°C হলে ঐ থার্মিস্টারের পাঠ কত হবে? (প্রয়োগ)
ক) 65°C খ) 71°C
গ) 86°C ঘ) 67°C
- কোন তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ, পানি ও জলীয়বাষ্প একই তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকতে পারে? (জ্ঞান)
ক) 0°K খ) 273°C
গ) 273.16K ঘ) 32K
- ফারেনহাইট স্কেলে কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 50°F হলে কেলভিন স্কেলে উক্ত বস্তুর তাপমাত্রা কত? (প্রয়োগ)
ক) 273K খ) 293K
গ) 283K ঘ) 98°K
- কোন তাপমাত্রায় ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেল একই পাঠ দেয়? (প্রয়োগ)
ক) 574.25°K খ) 5.74°K
গ) 5742°K ঘ) 57.42°K
- তাপগতিবিদ্যার 1ম সূত্র সর্বপ্রথম কে আবিষ্কার করেন? [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]
ক) নিউটন খ) জুল
গ) রামফোর্ড ঘ) ফ্যারাডে
- কোন প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ শূন্য হয়? (জ্ঞান)
ক) সমচাপ প্রক্রিয়া খ) সমআয়তন প্রক্রিয়া
গ) সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ঘ) বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়া
- সমোষ্ণ রেখা কোনটি?
ক)  খ) 
গ)  ঘ) 

- দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের জন্য γ এর মান কত? [খুলনা পাবলিক কলেজ, খুলনা] (জ্ঞান)
ক) 1.66 খ) 1.33
গ) 1.25 ঘ) 1.4
- C_p , C_v ও R এর সম্পর্ক কোনটি? (জ্ঞান)
ক) $C_p + C_v = R$ খ) $C_p - C_v = R$
গ) $C_p / C_v = R$ ঘ) $C_p \cdot C_v = R$
- কোনো ত্রিপরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রে বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা দ্বিগুণ হলে চাপের কী হবে? (প্রয়োগ)
ক) 4 গুণ হবে খ) 8 গুণ হবে
গ) 16 গুণ হবে ঘ) 32 গুণ হবে
- $1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ স্থির চাপে কোনো আদর্শ গ্যাসের আয়তন 0.04 m^3 থেকে 0.03 m^3 করা হলো। বহিঃস্থ কাজের পরিমাণ কত? (প্রয়োগ)
ক) 1J খ) 10J
গ) 100J ঘ) 1000J
- একটি কার্নো ইঞ্জিনের পানির হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক-এর মধ্যে কার্যকর দক্ষতা কত? [এসও এস হারম্যান মেইনর কলেজ, ঢাকা]
ক) 100% খ) 26.8%
গ) 20.6% ঘ) 0%
- সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন কোন ধরনের প্রক্রিয়া? [কুষ্টিয়া সরকারি কলেজ, কুষ্টিয়া] (জ্ঞান)
ক) সমোষ্ণ খ) বৃন্দতাপীয়
গ) প্রত্যাবর্তী ঘ) অপ্রত্যাবর্তী
- একটি তাপীয় ইঞ্জিন 200°C থেকে 500°C তাপমাত্রার মধ্যে কাজ করলে, কর্মদক্ষতা কত? (প্রয়োগ)
ক) 31.41% খ) 38.8%
গ) 75.00% ঘ) 32.00%
- একটি কার্নো ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 48%। তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 10°C হলে উৎসের তাপমাত্রা কত? (প্রয়োগ)
ক) 271.23°C খ) 272.0°C
গ) 277.5°C ঘ) 273.6°C
- এনট্রপির মাত্রা কী? (অনুধাবন)
ক) $\text{ML}^2\text{T}^{-2}\text{K}^{-1}$ খ) $\text{ML}^2\text{T}^2\text{K}^{-1}$
গ) $\text{AL}^2\text{T}^2\text{K}^{-1}$ ঘ) $\text{AL}^2\text{T}^2\text{K}^{-2}$
- এনট্রপির S.I. একক কী? (জ্ঞান)
ক) Jk^{-1} খ) JK
গ) J^{-1}K ঘ) $\text{J}^{-1}\text{K}^{-1}$
- সর্বপ্রথম এনট্রপির নামকরণ কে করেন? (জ্ঞান)
ক) জুল খ) ডীন
গ) ক্লসিয়াস ঘ) কেলভিন
- এনট্রপি সবচেয়ে কম থাকে কোন অবস্থায়?
ক) তরল খ) প্লাজমা
গ) গ্যাসীয় ঘ) কঠিন
- এনট্রপি সর্বোচ্চ হওয়াকে বিখ্যে তাপীয় মৃত্যু বলে অভিহিত করেছেন কে? (জ্ঞান)
ক) জুল খ) ক্লসিয়াস
গ) কেলভিন ঘ) ডীন
- কোনো পদার্থে তাপ প্রয়োগ করলে— (অনুধাবন)
i. অভ্যন্তরস্থ চাপ কমতে পারে
ii. তাপমাত্রা বাড়তে পারে
iii. অবস্থার পরিবর্তন ঘটতে পারে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক) i ও ii খ) ii ও iii
গ) i ও iii ঘ) i, ii ও iii

২৬. এভের লিস্টেমের—(অনুধাবন)

- একটি নির্দিষ্ট আয়তন থাকে
- অন্তঃস্থ শক্তি থাকে
- নির্দিষ্ট ভর থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) ii ও iii
গ) i ও iii ঘ) i, ii ও iii

২৭. $1 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2}$ স্থির চাপে কোনো আদর্শ গ্যাসের আয়তন 0.02 m^3 বৃদ্ধি পেল। এক্ষেত্রে— (উচ্চতর দক্ষতা)

- কাজের পরিমাণ 2000J
- কাজের পরিমাণ $3 \times 10^4 \text{ J}$
- বায়ুস্রাব দ্বারা কাজ সম্পাদিত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) ii ও iii
গ) i ও iii ঘ) i, ii ও iii

২৮. তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রের সাধারণ রূপ কোনটি? [কম্পিউটারেই পদ্যিক কল ও কলেক্স, মাজি (অনুধাবন)]

- $dQ = dU + dW$
- $dQ = dU + PdV$
- $dW = dQ - PdV$

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) ii ও iii
গ) i ও iii ঘ) i, ii ও iii

২৯. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে—

[খুলনা পাবলিক কলেজ, খুলনা] (অনুধাবন)

- এটি খুব ধীর প্রক্রিয়া
- এটি দ্রুত প্রক্রিয়া
- কার্য পরিবাহক বহু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

৩০. বৃদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের ক্ষেত্রে— [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, মগুরা]

- তাপমাত্রার পরিবর্তন
- একটি দ্রুত প্রক্রিয়া
- গ্যাসের পাত্র স্থানান্তরিত

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

৩১. একটি ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা ৪০%। এর নিম্ন তাপাধারের তাপমাত্রা 7°C হলে উচ্চ তাপাধারের তাপমাত্রা হলো— (প্রয়োগ)

- 193.7°C
- 466.7K
- 380.7°F

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

৩২. কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতার রাশিমালা—

[কুষ্টিয়া সরকারি কলেজ, কুষ্টিয়া]

i. $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

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

iii. $\eta = \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)$

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i খ) i ও ii

৩৩. এনট্রপি—

[সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম] (অনুধাবন)

৩৩. এনট্রপি—

- তাপ প্রবাহের দিক নির্দেশ করে
- তাপ ও তাপমাত্রার অনুপাত
- বিশৃঙ্খলার পরিমাণ

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) ii ও iii
গ) i ও iii ঘ) i, ii ও iii

৩৪. এনট্রপির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—[দিনাজপুর সরকারি কলেজ, দিনাজপুর]

- প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন নেই
- বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় স্থির তাপীয় ধর্মটি হল এনট্রপি
- মহাবিশ্বের এনট্রপি ক্রমাগত বেড়েই চলেছে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) ii ও iii
গ) i ও iii ঘ) i, ii ও iii

উদ্দীপকটি পড়ে এবং ৩৫ ও ৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
পাম্প করার সময় একটি সাইকেলের টায়ার হঠাৎ ফেটে গেল।

৩৫. এ প্রক্রিয়াটি হলো— [আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (অনুধাবন)

- ক) সমোষ্ণ খ) বৃদ্ধতাপীয়
গ) সমআয়তন ঘ) সমচাপ

৩৬. অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন— [আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (অনুধাবন)

- ক) ধনাত্মক খ) ঋণাত্মক
গ) শূন্য ঘ) অসীম

উদ্দীপকটি পড়ে ৩৭ ও ৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
যত্র প্রকৌশলী সাদি 100% দক্ষ এরূপ একটি তাপ ইঞ্জিন নির্মাণ করতে চান। এজন্য তিনি প্রয়োজনীয় নকশা/ডিজাইনের প্রস্তুতি নেন।

৩৭. ওপরোক্ত ইঞ্জিন নির্মাণ সম্ভব হবে কোন ক্ষেত্রে? (প্রয়োগ)

- ক) $Q_1 = 0$ খ) $Q_1 = 1$
গ) $Q_2 = 0$ ঘ) $Q_2 = 1$

৩৮. উক্ত ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে বলা যায়— (উচ্চতর দক্ষতা)

- এরূপ ইঞ্জিন নির্মাণ সম্ভব হলে তা তাপ উৎস থেকে যে তাপ গ্রহণ করবে তার সবটুকুই কাজে পরিণত করবে।
- বাস্তবে এ ধরনের ইঞ্জিন নির্মাণ অসম্ভব
- বিজ্ঞানী কার্নোর প্রস্তাবনা এ ধরনের ইঞ্জিন নির্মাণের সম্ভাবনা নাকচ করে দেয়

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

উদ্দীপকের আলোকে পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও।
একটি তাপ ইঞ্জিন 327°C তাপমাত্রা 500J তাপ গ্রহণ করে এবং 27°C তাপমাত্রায় তাপ বর্জন করে। কিছু সময় পর তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 177°C -এ উন্নীত হয়।

৩৯. ইঞ্জিন কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কত? (প্রয়োগ)

- ক) 1500J খ) 1000J
গ) 500J ঘ) 250J

৪০. দুই অবস্থায় ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতার অনুপাত কত? (প্রয়োগ)

- ক) 3 : 4 খ) 1 : 1
গ) 2 : 3 ঘ) 2 : 1