2021

PHYSICS — GENERAL

Paper : GE/CC-3

(Thermal Physics and Statistical Mechanics)

Full Marks : 50

Candidates are required to give their answers in their own words as far as practicable.

প্রান্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

১নং প্রশ্ন এবং আরো ***যে-কোনো চারটি*** প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। ***যে-কোনো পাঁচটি*** প্রশ্নের উত্তর দাও ঃ ২×৫

(ক) কার্নোর উপপাদ্য বিবৃত করো।

(খ) কোনো তন্ত্রের (system) এনথ্যালপি কী?

(গ) কৃষ্ণবস্তু বিকিরণের ক্ষেত্রে স্টিফেনের সূত্রটি লেখো।

(ঘ) তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি বিবৃত করো।

(ঙ) জুল-থমসন প্রক্রিয়া কী?

(চ) গ্যাস অণুগুলির গড় মুক্তপথ বলতে কী বোঝো?

(ছ) মাইক্রো অবস্থা এবং ম্যাক্রো অবস্থা বলতে কী বোঝো?

২। (ক) $1.0\times10^{6}\ \mathrm{Nm}^{-2}$ চাপ ও 27°C তাপমাত্রায় একটি চোঙে রাখা দুই মোল আদর্শ এক পরমাণুক গ্যাসকে তার আয়তন দ্বিগুণ হওয়া পর্যন্ত প্রসারিত করা হল। প্রসারণ যদি (অ) রুদ্ধতাপ, (আ) সমোষ্ণ হয়, তাহলে উভয়ক্ষেত্রে কৃতকার্যের পরিমাণ নির্ণয় করো।

(খ) উক্ত প্রক্রিয়াগুলিকে P-V লেখচিত্রের সাহায্যে দেখাও।

(গ) উক্ত কোন্ প্রক্রিয়ায় তাপ স্থানান্তর অধিকতর হয়?

(ঘ) উক্ত কোন্ প্রক্রিয়ায় অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন অধিকতর হয়? (২১/২+২১/২)+(১১/২+১১/২)+১+১

৩। (ক) দেখাও যে, অপ্রত্যাবর্তক প্রক্রিয়ায় এনট্রপি সর্বদা বেড়ে যায়।

(খ) 291K তাপমাত্রার 1kg জলকে 300K তাপমাত্রার 2 কেজি জলের সঙ্গে মিশ্রিত করা হলে, এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো। জলের আপেক্ষিক তাপ $1\mathrm{cal}\ \mathrm{g}^{-1}\mathrm{K}^{-1}$।

(গ) একটি কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 50%। উৎসের তাপমাত্রা 600K হলে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা কত হওয়া উচিত? ৩+৫+২

৪। (ক) মোলার আপেক্ষিক তাপ C_p এবং C_v-এর মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করো।

(খ) 1 মোল আদর্শ গ্যাসের রুদ্ধতাপ পদ্ধতিতে কৃতকর্মের পরিমাণ নির্ণয় করো।

(গ) এক মোল আদর্শ গ্যাসকে সমোষ্ণ পদ্ধতিতে প্রসারিত হতে দেওয়া হল যতক্ষণ না ওর আয়তন দ্বিগুণ হয়। এরপর গ্যাসকে আবার রুদ্ধতাপ পদ্ধতিতে সংকুচিত করে আগের আয়তনে ফিরিয়ে আনা হল। উভয় পদ্ধতিতে কৃতকার্য কত হল নির্ণয় করো।
৩+৩+৪

৫। (ক) ম্যাক্সওয়েলের তাপগতীয় সূত্র $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ প্রমাণ করো। চিহ্নগুলো প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত।

(খ) নীচের জুল-থমসন গুণাঙ্কের রাশিটি প্রমাণ করো ঃ

$$\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = \frac{1}{C_P}\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$$

দেওয়া আছে এক মোল ভ্যান ডার ওয়ালস গ্যাস নেওয়া হয়েছে।

(গ) নীচের সম্পর্ক প্রমাণ করো ঃ

$$Tds = C_V dT - T\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dV$$
৩+৪+৩

৬। (ক) প্ল্যাঙ্কের সূত্র থেকে ভীনের সরণ সূত্রটি প্রতিষ্ঠা করো।

(খ) T_1 এবং T_2- তাপমাত্রায় একটি কৃষ্ণবস্তুর শক্তিবণ্টনের লেখচিত্র অঙ্কন করো, যেখানে $T_1 > T_2$।

(গ) 3cm ব্যাসার্ধের একটি ধাতব বলকে 5000°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হল। বলটির বিকিরণ ক্ষমতা 0.5 হলে, সেটি কী হারে শক্তি বিকিরণ করে? (স্টিফান-বোলজম্যান ধ্রুবক $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\ Wm^{-2}\ K^{-4}$)
৫+২+৩

৭। (ক) দশাস্থান বলতে কী বোঝো?

(খ) তাপগতীয় সম্ভাব্যতা বলতে কী বোঝো? এটির সঙ্গে গাণিতিক সম্ভাব্যতার পার্থক্য কী?

(গ) এনট্রপি ও তাপগতীয় সম্ভাব্যতার সম্পর্কটি লেখো।

(ঘ) আলাদা করে শনাক্ত করা যায় এমন তিনটি কণাকে দুটি কোষে বণ্টন করা হল। সম্ভাব্য ম্যাক্রো অবস্থার সংখ্যা এবং সংশ্লিষ্ট মাইক্রো অবস্থাগুলির সংখ্যা নির্ণয় করো।

(ঙ) আলাদা করে শনাক্ত করা যায় না এমন তিনটি কণাকে দুটি কোষে বণ্টন করা হল। সম্ভাব্য ম্যাক্রো অবস্থার সংখ্যা ও সংশ্লিষ্ট মাইক্রো অবস্থার সংখ্যা নির্ণয় করো।
২+(১+১)+১+৩+২

[English Version]

The figures in the margin indicate full marks.

Answer ***question no.*** **1** and ***any four*** from the rest.

1. Answer ***any five*** questions : 2×5

(a) State Carnot's theorem.

(b) Define enthalpy of a system.

(c) Write Stefan's Law in blackbody radiation.

(d) State Zeroth law of thermodynamics.

(e) What is Joule-Thomson effect?

(f) What is meant by mean free-path of gas molecules?

(g) What is meant by micro-state and macro-state?

2. (a) Two moles of a perfect monatomic gas is initially kept in a cylinder at a pressure 1.0×10^6 Nm^{-2} and temperature 27°C. The gas is allowed to expand until its volume is doubled. How much work is done if the expansion is — (i) adiabatic, (ii) isothermal?

(b) Show each process on a P-V diagram.

(c) Name the process in which heat transfer is greater.

(d) Name the process in which change in internal energy is greater. (2½+2½)+(1½+1½)+1+1

3. (a) Show that for irreversible changes entropy always increase.

(b) Calculate the change in entropy when 1kg of water at 291K is mixed with 2kg of water at 300K. Take specific heat capacity of water as 1cal $g^{-1}K^{-1}$.

(c) The efficiency of a Carnot engine is 50%. What should be the temperature of the sink if the temperature of the source is 600 K? 3+5+2

4. (a) Find the relations between molar specific heats C_p and C_v.

(b) Deduce the expression of work done for one mole of an ideal gas during adiabatic process.

(c) One mole of an ideal gas is allowed to expand isothermally until its volume is doubled. It is then brought to its initial volume adiabatically. Calculate the work done in both cases. 3+3+4

5. (a) Deduce Maxwell's thermodynamic relation $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$, where symbols have their usual meaning.

(b) Deduce the Joule-Thomson coefficient $\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = \frac{1}{C_P}\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$, for one mole van der waal gas.

(c) Prove the relation : $Tds = C_V dT - T\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dV$. 3+4+3

6. (a) Establish Wien's displacement law from Planck's law.

(b) Draw energy distribution curves for a black body at two different temperatures T_1 and T_2 ($T_1 > T_2$).

(c) A metal ball of radius 3cm is heated to 5000°C. If its emissivity is 0.5, at what rate does it radiate the energy? (Stefan-Boltzman constant $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ Wm^{-2} K^{-4}) 5+2+3

7. (a) What do you mean by phase-space?

(b) What do you mean by thermodynamical probability? How does it differ from mathematical probability?

(c) Write down the relation between entropy and thermodynamical probability.

(d) Three distinguishable particles are to be distributed in two cells. Find possible number of macrostates and corresponding number of microstates.

(e) Three indistinguishable particles are to be distributed in two cells. Find possible number of macrostates and corresponding number of microstates. 2+(1+1)+1+3+2