Hiralal Mazumdar Memorial College for Women
LIBRARY
★ Dakshineswar, Kolkata - 700 035

WEST BENGAL STATE UNIVERSITY

B.Sc. Honours/Programme 3rd Semester Examination, 2020, held in 2021

PHSHGEC03T/PHSGCOR03T-PHYSICS (GE3/DSC3)

THERMAL PHYSICS AND STATISTICAL MECHANICS

Time Allotted: 2 Hours | Full Marks: 40

The figures in the margin indicate full marks. Candidates should answer in their own words and adhere to the word limit as practicable.

প্রান্তিক সীমার মধ্যস্থ সংখ্যাটি পূর্ণমান নির্দেশ করে। পরীক্ষার্থীরা নিজের ভাষায় যথা সম্ভব শব্দসীমার মধ্যে উত্তর করিবে।

Answer Question No. 1 is compulsory and answer any *two* from the rest

১ নং প্রশ্ন আবশ্যিক এবং বাকী প্রশ্নগুলি থেকে যে-কোনো *দুটি* প্রশ্নের উত্তর দাও

1. Answer any ***ten*** questions from the following: $2\times10 = 20$

নিম্নলিখিত যে-কোনো ***দশটি*** প্রশ্নের উত্তর দাওঃ

(a) Three distinguishable identical particles are distributed in two states of different energies. If more than one particle can be in a state, find the number of macrostates and the total number of microstates for the distribution.

তিনটি প্রভেদযোগ্য সদৃশ কণাকে দুটি ভিন্ন শক্তিস্তরে বিন্যস্ত করা হল। একটি স্তরে একাধিক কণা থাকতে পারে। এক্ষেত্রে, বন্টনটির ম্যাক্রো-অবস্থার সংখ্যা ও মাইক্রো-অবস্থার মোট সংখ্যা নির্ণয় করো।

(b) State the significance of the first law of Thermodynamics.

তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটির তাৎপর্য বলো।

(c) Differentiate between reversible and irreversible processes.

প্রত্যাবর্তক (reversible) ও অপ্রত্যাবর্তক (irreversible) প্রক্রিয়ার পার্থক্য করো।

(d) Show that in a P-V diagram, the adiabatic curve is steeper than the isothermal curve at any given point.

দেখাও যে, P-V লেখচিত্রে যে-কোনো প্রদত্ত বিন্দুতে রুদ্ধতাপ রেখা সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি খাড়া।

(e) Draw indicator diagrams for (i) an isobaric and (ii) an isochoric process.

(i) সমচাপী (isobaric) প্রক্রিয়া এবং (ii) সমায়তনী (isochoric) প্রক্রিয়ার সূচক চিত্র অঙ্কন করো।

(f) Define entropy. State its physical interpretation.

এনট্রপির সংজ্ঞা দাও। এর ভৌত ব্যাখ্যা দাও।

(g) The temperature of 500 g of air is raised by 2°C at constant volume. Calculate the change in its internal energy. Given $C_P = 1000\ \text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ and $\gamma = 1.4$ for air.

স্থির আয়তনে 500 g বায়ুর তাপমাত্রা 2°C বৃদ্ধি করা হল। এক্ষেত্রে আভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন গণনা করো। প্রদত্ত, বায়ুর জন্য $C_P = 1000\ \text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ এবং $\gamma = 1.4$।

Hiralal Mazumdar Memorial College for Women
LIBRARY
Dakshineswar, Kolkata – 700 035

(h) Assuming entropy to be a function of temperature and volume show that

$$T\,dS = C_V\,dT + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV$$

এনট্রপিকে তাপমাত্রা ও আয়তনের অপেক্ষক ধরে দেখাও যে,

$$T\,dS = C_V\,dT + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV$$

(i) What is Gibbs free energy?
গিবস মুক্ত শক্তি কী ?

(j) Write down Clausius-Clapeyron equation, explaining all the terms.
সমস্ত পদগুলির ব্যাখ্যাসহ ক্লসিয়াস-ক্ল্যাপেরন সমীকরণটি লেখো।

(k) What is the relation between thermal conductivity and thermal diffusivity?
তাপ পরিবাহিতাঙ্ক এবং তাপ ব্যাপনতার মধ্যে সম্পর্ক কী ?

(l) State the principle of equipartition of energy.
শক্তির সমবিভাজন নীতি বিবৃত করো।

(m) Plot Maxwell’s speed distribution function for two temperatures T_1 and T_2 ($T_2 > T_1$) on the same graph.
দুটি তাপমাত্রা T_1 এবং T_2 ($T_2 > T_1$)-এর জন্য ম্যাক্সওয়েল-এর গতিবেগ বণ্টন অপেক্ষক একই লেখচিত্রে আঁকো।

2. (a) Show that the work done by an ideal gas in an isothermal process is — 3

$$W = nRT\ln(P_1/P_2)$$

P_1 and P_2 are respectively the initial pressure and final pressure of the gas.
দেখাও যে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় আদর্শ গ্যাস কর্তৃক কৃতকার্য

$$W = nRT\ln(P_1/P_2)$$

P_1 ও P_2 হল যথাক্রমে গ্যাসের প্রাথমিক ও অন্তিম চাপ।

(b) Whenever the pressure inside a car tyre reaches three times the atmospheric pressure, it bursts. Assuming the tyre-burst to be an adiabatic process, find the ratio of the final temperature to the initial temperature. Given, γ=1.4. — 3
কোনো গাড়ির চাকার ভিতরের বায়ুচাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের তিনগুণ হওয়ামাত্র চাকাটি ফেটে যায়। চাকা ফাটার ঘটনাটিকে একটি রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়া হিসাবে বিবেচনা করে অন্তিম এবং প্রাথমিক উষ্ণতার অনুপাত নির্ণয় করো। প্রদত্ত, γ=1.4।

(c) Find the difference between C_P and C_V for an ideal gas. — 3
আদর্শ গ্যাসের জন্য C_P এবং C_V-র অন্তরফল নির্ণয় করো।

(d) State the principle of increase of entropy. — 1
এনট্রপি বৃদ্ধির নীতি বিবৃত করো।

3. (a) State Carnot’s theorem. — 2
কার্নো-র উপপাদ্যটি বিবৃত করো।

(b) Find the efficiency of a Carnot engine working between temperatures 500 K and 300 K. If the source temperature is decreased to 450 K, what is the percentage change in efficiency? — 3
একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের উষ্ণতা 500 K এবং তাপগ্রাহকের উষ্ণতা 300 K । এর কর্মদক্ষতা কত ? উৎসের উষ্ণতা কমে 450 K হলে কর্মদক্ষতার কত শতাংশ পরিবর্তন হবে ?

Hiralal Mazumdar Memorial College for Women
LIBRARY
Dakshineswar, Kolkata – 700035

(c) Calculate the work done in isothermal compression of 2 moles of an ideal gas at 27° to one-fourth of its volume.

27°C উষ্ণতায় সমোষ্ণ সংকোচনের ফলে 2 মোল আদর্শ গ্যাসের আয়তন এক-চতুর্থাংশে পরিণত হ কৃতকার্য কত হবে তা গণনা করো।

(d) Find the ratio of c_{rms}^2 of an ideal gas at 200 K and 800 K, where c_{rms} is the root mean square velocity. 2

কোনো আদর্শ গ্যাসের অণুর গড় বর্গ গতিবেগের বর্গমূল (rms) c_{rms} হলে, 200 K এবং 800 K উষ্ণতায় ওই গ্যাসের c_{rms}^2 -এর অনুপাত কত হবে ?

4. (a) Write down the four Maxwell's relations. 2

ম্যাক্সওয়েল-এর চারটি সম্পর্ক লেখো।

(b) Show that Joule-Thompson coefficient is zero for an ideal gas. 3

দেখাও যে আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে জুল-টমসন (Joule-Thompson) গুণাঙ্ক শূন্য হয়।

(c) Define Helmholtz free energy and find out the change in Helmholtz free energy during an infinitesimal reversible process in a gas. 1+2

হেলমহোৎজ (Helmholtz)-এর মুক্ত শক্তির সংজ্ঞা দাও। কোনো গ্যাসের ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র প্রত্যাবর্তক পরিবর্তনের ক্ষেত্রে হেলমহোৎজ-এর মুক্ত শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করো।

(d) Write down Maxwell-Boltzmann energy distribution law in Statistical Mechanics. 2

পরিসংখ্যান বলবিদ্যা অনুযায়ী ম্যাক্সওয়েল-বোলৎজমান শক্তি-বন্টন সূত্রটি লেখো।

5. (a) Define mean free path of a gas molecule. The number of particles per cubic metre of a gas is 3×10^{26}. If the radius of a gas molecule is 2 Å, find its mean free path. 1+2

একটি গ্যাস অণুর গড় মুক্তপথের সংজ্ঞা দাও। একটি গ্যাসের প্রতি ঘনমিটারে অণুর সংখ্যা 3×10^{26} এবং গ্যাসটির অণুর ব্যাস 2 Å হলে গ্যাসটির অণুগুলির গড় মুক্তপথ নির্ণয় করো।

(b) Derive Rayleigh-Jeans law from Planck's law of blackbody radiation. 3

প্ল্যাঙ্ক-এর কৃষ্ণবস্তু-বিকিরণের সূত্র থেকে র‍্যালে-জিনস-এর সূত্রটি প্রতিষ্ঠা করো।

(c) The wavelength ($\lambda_{\max}$) corresponding to maximum of the spectral distribution of a blackbody kept at temperature 1373°C is 1.78 micron. If an astronomical object (assumed to be a blackbody) has $\lambda_{\max} = 14$ micron, find its temperature. 2

1373°C উষ্ণতায় থাকা একটি কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণ বর্ণালির সর্বোচ্চ (maximum) বিন্দুতে বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda_{\max} = 1.78$ মাইক্রন। যদি কোনো জ্যোতিষ্কের জন্য $\lambda_{\max} = 14$ মাইক্রন হয় তাহলে সেটির উষ্ণতা কত ? (ধরে নাও জ্যোতিষ্কটি একটি কৃষ্ণবস্তু)।

(d) State the law of thermodynamics that establishes the concept of temperature. 2

তাপগতিবিদ্যার যে সূত্রটি উষ্ণতার ধারণা প্রতিষ্ঠা করে, সেটি লেখো।

N.B. : *Students have to complete submission of their Answer Scripts through E-mail / Whatsapp to their own respective colleges on the same day / date of examination within 1 hour after end of exam. University / College authorities will not be held responsible for wrong submission (at in proper address). Students are strongly advised not to submit multiple copies of the same answer script.*

——×——