

স্নাতক পাঠক্রম শিক্ষাবর্ষান্ত পরীক্ষা

(BDP Term End Examination)

ডিসেম্বর, ২০১৭ ও জুন, ২০১৮ (December-2017 & June-2018)

ঐচ্ছিক পাঠক্রম (Elective Course)

পদার্থবিদ্যা (Physics)

পঞ্চম পত্র (5th Paper)

Heat and Thermodynamics : EPH-5

সময় : দুই ঘণ্টা (Time : 2 Hours)

পূর্ণমান : ৫০ (Full Marks : 50)

মানের গুরুত্ব : ৭০% (Weightage of Marks : 70%)

পরিমিত ও যথাযথ উত্তরের জন্য বিশেষ মূল্য দেওয়া হবে।

অশুদ্ধ বানান, অপরিচ্ছন্নতা এবং অপরিষ্কার হস্তাক্ষরের ক্ষেত্রে নম্বর

কেটে নেওয়া হবে। উপান্তে প্রশ্নের মূল্যমান সূচিত আছে।

Special credit will be given for precise and correct answer. Marks will be deducted for spelling mistakes, untidiness and illegible handwriting. The figures in the margin indicate full marks.

১। যে-কোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দিন : $10 \times 2 = 20$

ক) i) বাস্তব গ্যাসের জন্য অবস্থার সমীকরণে দ্বিতীয় ভিরিয়াল গুণক পর্যন্ত ধরে নিয়ে স্থির আয়তনের গ্যাস থার্মোমিটারের ক্ষেত্রে উষ্ণতার সংশোধনের জন্য একটি রাশিমালা নির্ণয় করুন। অনুমানগুলি স্পষ্টভাবে বিবৃত করতে হবে। ৫

ii) দেখান যে

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_P = -1$$

যেখানে চিহ্নগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে। ৫

খ) i) দেখান যে বিকিরণের চাপ $p = \frac{u}{3}$, যখন u হল

বিকিরণের ঘনত্ব। ৫

ii) কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণের ক্ষেত্রে স্টিফান-বোলৎজমান

সূত্র প্রমাণ করুন। ৫

গ) i) আদর্শ গ্যাসের গভীর তত্ত্বের চারটি গুরুত্বপূর্ণ মৌলিক অঙ্গীকার বিবৃত করুন। ২

ii) আদর্শ গ্যাসের জন্য ম্যাক্সওয়েলের আণবিক বেগ বন্টনের সূত্র নির্ণয় করুন। ৮

ঘ) i) n -সংখ্যক অভিন্ন বোসনকে কত উপায়ে m শক্তি স্তরে রাখা যাবে নির্ণয় করুন। ৩

ii) তাপগতিক সাম্যাবস্থায় বোসনদের ক্ষেত্রে কোয়ান্টাম বন্টন সূত্র নির্ণয় করুন। কোন্ ক্ষেত্রে তা সনাতন পরিসংখ্যানের বন্টন সূত্রের ন্যায় হবে দেখান। ৫ + ২

২। যে-কোনো তিনটি প্রশ্নের উত্তর দিন : $৬ \times ৩ = ১৮$

ক) একটি স্থির বিন্দু সমেত উষ্ণতা মাপক স্কেলের ক্ষেত্রে কোন্ বিন্দুটিকে স্থির বিন্দু ধরে নেওয়া হয় ? এই বিন্দুর উষ্ণতা 500 ডিগ্রি ধরলে বস্তুর উষ্ণতা $T(X)$ -এর মান x -এর সাপেক্ষে নির্ণয় করুন। দেওয়া আছে x -এর মান বস্তুর উষ্ণতার সমানুপাতিক হারে পরিবর্তিত হয়। এই স্কেলে জলের হিমাঙ্ক ও গলনাঙ্কের মান কত ?

১ + ৩ + ২

খ) তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রের ক্ষেত্রে কেলভিন-প্লাঙ্ক ও রুসিয়াসের বিবৃতি লিখুন। দেখান যে বিবৃতি দুটি সমতুল্য। $৩ + ৩$

গ) i) তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র থেকে দেখান

$$C_p - C_v = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T + P \right] \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P$$

যেখানে চিহ্নগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে।

ii) ভ্যান ডার ওয়ালস গ্যাসের মোলার আন্তরশক্তি

$$u(T, V) = \frac{3}{2} RT - \frac{a}{v},$$

যেখানে a ধ্রুবক। এটি ব্যবহার করে

$C_p - C_v$ -র মান নির্ণয় করুন। $৩ + ৩$

ঘ) নিম্নের তাপগতিবিদ্যার সম্পর্কগুলি প্রমাণ করুন :

$$i) S = - \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V$$

$$ii) \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$$

$$iii) U = - T^2 \left[\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{F}{T} \right) \right]_V$$

যেখানে F হেলমহোলৎজের মুক্ত শক্তি অপেক্ষক এবং S এনট্রপি। ৬

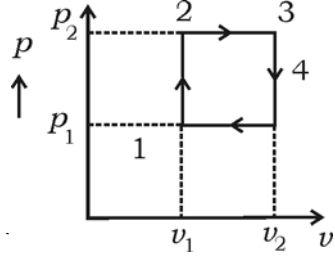
ঙ) একটি আদর্শ গ্যাসের জন্য $P = \frac{1}{3} \rho \overline{c^2}$ প্রমাণ করুন। এখানে P চাপ, ρ গ্যাসের ঘনত্ব এবং $\overline{c^2}$ হল মূল গড় বর্গ বেগ। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের 1 লিটারের ওজন 0.18 g হলে গ্যাসের অণুর মূল গড় বর্গ বেগ কত ? $৪ + ২$

চ) i) চরম শূন্য তাপমাত্রায় ইলেকট্রনের ফের্মি শক্তি ও ফের্মি ভরবেগের রাশিমালা নির্ণয় করুন।

ii) $T_1 > T_2 = 0$ এই দুই তাপমাত্রায় ফের্মি-ডিরাক বন্টনের ছবি আঁকুন।

৩। যে-কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দিন : $৩ \times ৪ = ১২$

ক) নিম্নের চিত্রে প্রতি সাইকেলে কৃতকার্যের পরিমাণ কত ? ৩



খ) ক্লাসিয়াসের উপপাদ্য থেকে দেখান যে বিচ্ছিন্ন তন্ত্রের এনট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পায় । ৩

গ) একটি পেট্রল ইঞ্জিনের সংকোচনের মাত্রার অনুপাত 1 : 7 । গ্যাসের পৌঁয়াস ধ্রুবক 1.38 হলে ইঞ্জিনের সর্বোচ্চ কার্যদক্ষতা নির্ণয় করুন । ৩

ঘ) দেখান যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় গিবস মুক্ত অপেক্ষকের মান দুই দশার ক্ষেত্রে সমান । ৩

ঙ) ত্রৈধ বিন্দু কাকে বলে ? জলের P-T চিত্র এঁকে বিভিন্ন দশা ও ত্রৈধ বিন্দু দেখান । ১ + ২

চ) নিচের গ্যাসের ক্ষেত্রে স্বাধীনতার মাত্রা কত ?

i) He

ii) H₂

iii) CO₂ (রৈখিক অণু)

ব্যাখ্যা করুন । ৩

ছ) কত উপায়ে 3টি ইলেকট্রনকে 6টি শক্তিস্তরে বিন্যস্ত করা যায় ? সূত্রটি নির্ণয় করতে হবে । ৩

জ) ক্যানোনিকাল সমাবেশের জন্য দেখান যে সর্বোচ্চ সম্ভাবনাময় বন্টনের জন্য

$$P = \frac{e^{-\beta E_r}}{\sum_r e^{-\beta E_r}}$$

৩

(English Version)

1. Answer any *two* questions : $10 \times 2 = 20$
- a) i) Assuming the equation of state for a real gas up to the second virial coefficient, find out an expression for temperature correction in a fixed volume gas thermometer clearly mentioning the assumptions . 5
- ii) Show that
- $$\left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_P = -1$$
- where the symbols carry their usual meanings. 5
- b) i) Show that radiation pressure is given by $p = \frac{1}{3} u$ where u is the density of radiation. 5
- ii) For radiation from a black body, prove the Stefan-Boltzmann law. 5
- c) i) Write down four important premises of kinetic theory for an ideal gas. 2
- ii) Deduce the Maxwell law for velocity distribution for molecules of an ideal gas. 8

- d) i) Find out in how many ways can n identical bosons be distributed among m levels. 3
- ii) Find out the distribution of particles for bosons in thermodynamic equilibrium following quantum statistics. Show the limit at which it will tend to the results of classical statistics. 5 + 2
2. Answer any *three* questions : $6 \times 3 = 18$
- a) For a scale of temperature with one fixed point, which point is taken to be fixed ? If the fixed point is taken to be 500° , find out the temperature of a body $T (X)$ as a function of x . Given that x varies linearly with temperature. Find out the freezing point and the boiling point of water in this scale. 1 + 3 + 2
- b) Write down the statements of Kelvin-Planck and Clausius for the second law of thermodynamics. Show that they are equivalent. 3 + 3

QP Code:18UT83EPH5

- c) i) Show, from the first law of thermodynamics

$$C_p - C_v = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T + P \right] \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P$$

where the symbols carry their usual meanings.

- ii) In case of van der Waals gas, the molar internal energy is

$$u(T, V) = \frac{3}{2}RT - \frac{a}{v}, \text{ where } a \text{ is a}$$

constant. Using this relation evaluate $C_p - C_v$. 3 + 3

- d) Prove the thermodynamic relations :

i)
$$S = - \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V$$

ii)
$$\left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$$

iii)
$$U = - T^2 \left[\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{F}{T} \right) \right]_V$$

where F is the Helmholtz free energy and S the entropy. 6

QP Code:18UT83EPH5 2

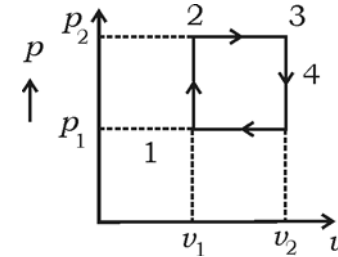
- e) Show that for an ideal gas $P = \frac{1}{3} \rho \overline{c^2}$

where $\overline{c^2}$ is the root mean square velocity, P the pressure and ρ the density. At standard pressure and temperature, one litre of a gas weighs 0.18 gm. What is the root mean square velocity of the gas ? 4 + 2

- f) i) Find out expressions for Fermi energy and Fermi momentum for electrons at absolute zero temperature.
ii) Draw the Fermi-Dirac distribution at two temperatures $T_1 > T_2 = 0$.

3. Answer any four questions : 3 × 4 = 12

- a) What is the work done per cycle ? 3



- b) Show, using Clausius theorem, that the entropy of an isolated system always increases. 3
- c) A petrol engine has the compression ratio 1 : 7. Assuming the Poisson constant for the gas to be 1.38, find out the maximum efficiency of the engine. 3

- d) Show that in a chemical reaction in equilibrium the Gibbs free energy for the two phases are the same. 3
- e) What is triple point ? Draw the P - T diagram for water indicating the different phases and the triple point. 1 + 2
- f) What are the number of degrees of freedom for the following gases ?
- i) He
 - ii) H_2
 - iii) CO_2 (Linear molecules)

Explain. 3

- g) In how many ways can three electrons be distributed among six energy levels ? Deduce any formula you use. 3
- h) Show that for a Canonical ensemble the maximum probable distribution is given by

$$P = \frac{e^{-\beta E_r}}{\sum_r e^{-\beta E_r}}. \quad 3$$
