2025

PHYSICS — MDC

Paper : CC-2

(Basic Physics - II)

Full Marks : 75

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

প্রান্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

১। *যে-কোনো পাঁচটি* প্রশ্নের উত্তর দাও ঃ ৩×৫

(ক) বৈদ্যুতিক বিভবের সংজ্ঞা দাও এবং এর S.I. একক উল্লেখ করো।

(খ) বৈদ্যুতিক ফ্লাক্স (Flux) কী? একটি গাউসীয় পৃষ্ঠ দ্বারা আবদ্ধ মোট আধানের সাথে এর সম্পর্ক কী?

(গ) মৌলিক মাত্রার (M, L, T এবং I) পরিপ্রেক্ষিতে চৌম্বক আবেশ (B) এবং চৌম্বক ফ্লাক্স (Flux) (ϕ) প্রকাশ করো।

(ঘ) লরেঞ্জ বল কী?

(ঙ) আণুবীক্ষণিক (microscopic) এবং স্থূল (macroscopic) অবস্থার চলরাশিগুলির (state variables) মধ্যে পার্থক্য করো।

(চ) অভ্যন্তরীণ শক্তির (internal energy) সংজ্ঞা দাও এবং একটি আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে এর নির্ভরতা উল্লেখ করো।

(ছ) এনট্রপি বৃদ্ধি নীতির (principle of increase of entropy) তাৎপর্য কী?

(জ) তাপগতিবিদ্যার তৃতীয় সূত্র (Third Law of Thermodynamics) বিবৃত করো।

প্রতিটি বিভাগ থেকে অন্তত ***একটি*** প্রশ্ন নিয়ে ***পাঁচটি*** প্রশ্নের উত্তর দাও।

বিভাগ - ক

২। (ক) কুলম্বের সূত্র (Coulomb's Law) বিবৃত করো। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের উপরিপাতন নীতি (superposition principle) আলোচনা করো।

(খ) গাউসের সূত্র (Gauss's Law) ব্যবহার করে একটি সুষমভাবে আহিত অসীম সমতল পাটির (infinite plane sheet) বাইরে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র প্রাবল্যের (electric field intensity) রাশিমালা (expression) নির্ণয় করো।

(গ) $p = 4\times10^{-9}$ Cm দ্বিমেরু ভ্রামক সহ একটি বৈদ্যুতিক দ্বিমেরু (electric dipole) $E = 5\times10^{4}$ N/C-এর একটি সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের সাথে 30° কোণে সারিবদ্ধ আছে। এই ক্ষেত্রে দ্বিমেরুর উপর ক্রিয়াকারী টর্ক (torque) এবং এর স্থিতিশক্তি (potential energy) গণনা করো। ৪+৪+৪

৩। (ক) একটি তড়িদাহত কণা লম্বভাবে একটি সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রে প্রবেশ করে; এর গতিপথ (trajectory) কী হবে?

(খ) একটি প্রোটন 3×10^5 m/s বেগে এমন একটি অঞ্চলে চলে যেখানে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র ($E = 2\times10^4$ N/C, উল্লম্বভাবে উপরের দিকে) এবং চৌম্বক ক্ষেত্র ($B = 0.5T$ অনুভূমিক) উভয়ই উপস্থিত এবং পরস্পর লম্ব। প্রোটনের উপর মোট বলের মান এবং দিক (magnitude and direction of the net force) গণনা করো।

(গ) বায়ো-স্যাভার্টের সূত্রটি কী? এই সূত্রের সাহায্যে একটি লম্বা, সোজা তড়িৎ পরিবহনকারী তারের থেকে 'r' দূরত্বে চুম্বকক্ষেত্র নির্ণয় করো। ৩+৪+৫

৪। (ক) অ্যাম্পিয়ারের বর্তনী সূত্রের সমাকল রূপটি লেখো। এর থেকে এই সূত্রের অবকল রূপটি নির্ণয় করো।

(খ) একটি স্থিরতড়িৎ ক্ষেত্রে শক্তি ঘনত্ব (Energy density) শব্দটির অর্থ কী? একটি সমান্তরাল প্লেট ধারক (parallel plate capacitor) প্লেটের ক্ষেত্রফল 100 cm^2 এবং তাদের মধ্যে দূরত্ব 2 mm। যদি দুটি প্লেটের মধ্যে 100 V ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়, তবে প্রতিটি প্লেটে সঞ্চিত তড়িৎ আধান (charge stored) এবং ধারকে সঞ্চিত শক্তি (energy stored) গণনা করো। (প্রদত্ত ঃ $\epsilon_0 = 8.85\times10^{-12}$F/m)।

(গ) একটি চোঙাকৃতি ধারকের ধারকত্ব নির্ণয় করো। (১+২)+(২+৪)+৩

বিভাগ - খ

৫। (ক) একটি আদর্শ গ্যাসের অণুগুলির জন্য ম্যাক্সওয়েলের দ্রুতি বন্টন সূত্রটি লেখো এবং T_1 ও T_2 দুটি উষ্ণতার জন্য এর লেখচিত্র অঙ্কন করো ($T_1 > T_2$)।

(খ) গ্যাসের অণুগুলির গড় দ্রুতি ও মূল গড় বর্গ দ্রুতি বলতে কী বোঝো?

(গ) এক মোল আদর্শ গ্যাস 300 K তাপমাত্রায় 10 atm-এর প্রাথমিক চাপ থেকে 1 atm-এর চূড়ান্ত চাপে সমতাপীয়ভাবে (isothermally) প্রসারিত হয়। গ্যাস দ্বারা কৃত কাজ (work done by the gas) গণনা করো।
(প্রদত্ত ঃ $R = 0.0821$ L atm mol^{-1} K^{-1})। (২+২)+৪+৪

৬। (ক) অবস্থার ফাংশন (state function) কী? তাপগতিবিদ্যা থেকে দুটি উদাহরণ দাও।

(খ) দেখাও যে, একটি রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় (adiabatic process) PV^{γ} = ধ্রুবক (যেখানে $\gamma = C_p/C_v$)।

(গ) প্রমাণ করো যে, একটি P-V চিত্রে একই বিন্দুতে একটি রুদ্ধতাপীয় বক্ররেখার ঢাল (slope) একটি সমতাপীয় বক্ররেখার ঢালের γ গুণ। এই দুই প্রক্রিয়ার একই PV চিত্রে একটি পরিকল্পিত চিত্রাঙ্কন (schematic diagram) করো। ৩+৪+(৩+২)

৭। (ক) তাপগতিবিদ্যাগত ভারসাম্যের (thermodynamic equilibrium) ধারণাটি ব্যাখ্যা করো।

(খ) নিবিড় (intensive) এবং ব্যাপক (extensive) তাপগতিবিদ্যাগত চলরাশিগুলির (thermodynamic variables) মধ্যে পার্থক্য করো এবং প্রতিটির দুটি করে উদাহরণ দাও।

(গ) তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র (First Law of Thermodynamics) বিবৃত করো এবং এর অবকল রূপ (differential form) লেখো।

(ঘ) কোয়াসিস্ট্যাটিক (Quasistatic) পদ্ধতি কী? একটি গ্যাসের মুক্ত প্রসারণের (Free expansion) উদাহরণ দাও। ২+৪+২+(২+২)

৮। (ক) তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রের (Second Law of Thermodynamics) কেলভিন-প্ল্যাঙ্ক (Kelvin-Planck) এবং ক্লাউসিয়াস (Clausius) বিবৃতিগুলি বিবৃত করো।

(খ) মুক্ত সম্প্রসারণে একটি আদর্শ গ্যাসের এনট্রপির পরিবর্তনের রাশিমালা নির্ণয় করো।

(গ) 0°C তাপমাত্রায় 50 গ্রাম বরফ গলে 0°C তাপমাত্রার জলে পরিণত হলে এনট্রপির পরিবর্তন (change in entropy) গণনা করো। (প্রদত্ত ঃ বরফ গলনের লীনতাপ =334 J/g)। ৪+৪+৪

৯। (ক) ক্লসিয়াসের উপপাদ্যটি লেখো। এই উপপাদ্য থেকে এনট্রপির উদ্ভব কীভাবে হয়?

(খ) কার্নোচক্রের T - S চিত্র অঙ্কন করো।

(গ) এই চিত্র থেকে কার্নোচক্রের কর্মদক্ষতা নির্ণয় করো। (২+৩)+৩+৪

[English Version]

The figures in the margin indicate full marks.

1. Answer ***any five*** questions : 3×5

(a) Define electric potential and state its S.I. unit.

(b) What is electric flux? How is it related to the net charge enclosed by a Gaussian surface?

(c) Express the magnetic field induction (B) and magnetic flux (ϕ) in terms of the fundamental dimensions (M, L, T and I).

(d) What is Lorentz force?

(e) Distinguish between microscopic and macroscopic state variables.

(f) Define internal energy and state its dependence for an ideal gas.

(g) What is the significance of the principle of increase of entropy?

(h) State the Third Law of Thermodynamics.

Answer ***five*** questions, taking at least ***one*** question from ***each Group***.

Group - A

2. (a) State Coulomb's Law. Discuss the superposition principle for electric fields.

(b) Using Gauss's Law, derive an expression for the electric field intensity outside a uniformly charged infinite plane sheet.

(c) An electric dipole with dipole moment $p = 4\times10^{-9}$ Cm is aligned at 30° with a uniform electric field of $E = 5\times10^{4}$ N/C. Calculate the torque acting on the dipole and its potential energy in this field. 4+4+4

3. (a) A charged particle enters a uniform magnetic field perpendicularly. What will be the trajectory?

(b) A proton moves with a velocity of 3×10^5 m/s in a region where both electric field (E = 2×10^4 N/C, perpendicular to the plane of the paper) and magnetic field (B = 0.5T, horizontal to the plane of the paper) are present and mutually perpendicular. Calculate the magnitude and direction of the net force on the proton.

(c) What is Bio-Savart's Law? Use it to obtain the magnetic field at a distance 'r' from a long straight current carrying wire. 3+4+5

4. (a) Write the integral form of Ampere's circuital law. Hence obtain its differential form.

(b) What do you mean by the term Energy density in an electrostatic field? A parallel plate capacitor has plates of area 100 cm^2 separated by a distance of 2 mm. If a voltage of 100 V is applied across it, calculate the charge stored on each plate and the energy stored in the capacitor.

(Given : $\epsilon_0 = 8.85\times10^{-12}$F/m).

(c) Find the expression of capacitance of a cylindrical capacitor. (1+2)+(2+4)+3

Group - B

5. (a) Write the Maxwell-Boltzmann distribution law of speeds for the molecules of an ideal gas and plot it for two different temperatures T_1 and T_2 ($T_1 > T_2$).

(b) What do you mean by average speed and r.m.s. speed of gas molecules?

(c) One mole of an ideal gas expands isothermally at 300 K from an initial pressure of 10 atm to a final pressure of 1 atm. Calculate the work done by the gas.

(Given : R = 0.0821 L atm mol^{-1} K^{-1}). (2+2)+4+4

6. (a) What are state functions? Give two examples from thermodynamics.

(b) Show that in an adiabatic process PV^{γ} = Constant (where $\gamma = C_P/C_v$).

(c) Prove that the slope of an adiabatic curve is γ times the slope of an isothermal curve at the same point on a P-V diagram. Give a schematic plot of the two processes in the same PV diagram. 3+4+(3+2)

7. (a) Explain the concept of thermodynamic equilibrium.

(b) Differentiate between intensive and extensive thermodynamic variables with two examples for each.

(c) State the First Law of Thermodynamics and write its differential form.

(d) What is a quasistatic process? Give an example of a free expansion of a gas. 2+4+2+(2+2)

8. (a) State the Kelvin-Planck and Clausius statements of the Second Law of Thermodynamics.

(b) Obtain an expression for the change in entropy of an ideal gas in free expansion.

(c) Calculate the change in entropy when 50g of ice at 0°C melts to water at 0°C. (Given : Latent heat of fusion of ice = 334 J/g). 4+4+4

9. (a) Write Clausius' theorem. How does the concept of entropy evolve from this theorem?

(b) Draw the T-S diagram of a Carnot cycle.

(c) Calculate the efficiency of the Carnot cycle from its T-S diagram. (2+3)+3+4