

2025

PHYSICS — MINOR

Paper : MN-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) দুটি তড়িৎ বলরেখা কখনো একে অপরকে ছেদ করে না — ব্যাখ্যা করো।
- (খ) একটি আধানযুক্ত কণা ($q = 1.4 \mu\text{C}$) 10 ভোল্ট বিভবের সমবিভব তল বরাবর 0.4 মিটার গমন করলে, এই গতির সময় ক্ষেত্র দ্বারা কত কাজ সম্পন্ন হয়? এই সমবিভব তলের জন্য বলরেখাগুলি অঙ্কন করো।
- (গ) 10 cm ব্যাসার্ধ-বিশিষ্ট একটি বৃত্তাকার কুণ্ডলীর মধ্যে দিয়ে 1.0 A তড়িৎ প্রবাহিত হলে কেন্দ্রে উৎপন্ন চুম্বক ক্ষেত্র নির্ণয় করো।
- (ঘ) লরেঞ্জ বল সমীকরণ ব্যবহার করে, চৌম্বক ক্ষেত্র \vec{B} -এর মাত্রা নির্ণয় করো।
- (ঙ) মাইক্রোস্টেট এবং ম্যাক্রোস্টেট-এর সংজ্ঞা দাও। উদাহরণ দাও।
- (চ) ব্যাপক ও সংকীর্ণ চল কী? প্রত্যেকটির একটি করে উদাহরণ দাও।
- (ছ) প্রত্যাবর্তক এবং অপ্রত্যাবর্তক প্রক্রিয়ার পার্থক্যগুলি লেখো।
- (জ) এনট্রপির সংজ্ঞা দাও। এর ভৌত তাৎপর্য কী?

প্রত্যেক বিভাগ থেকে একটি করে প্রশ্ন নিয়ে মোট পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

বিভাগ - ক

২। (ক) গাউসের তত্ত্ব ব্যবহার করে স্থির তড়িৎ-এর ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্রটি নির্ণয় করো।

(খ) দেখাও নীচের তড়িৎক্ষেত্র সংরক্ষী :

$$\vec{E} = \hat{i}x + \hat{j}y + \hat{k}z.$$

অতঃপর উপযুক্ত তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো।

(গ) স্থির তড়িৎ-এর গাউসের তত্ত্ব ব্যবহার করে, একটি সুসমভাবে আহিত লম্বা ঋজু তারের থেকে 'r' দূরত্বে, তড়িৎক্ষেত্রের মান নির্ণয় করো।

৩+(২+৩)+৪

Please Turn Over

(3432)

- ৩। (ক) তড়িৎ দ্বিমেরু বলতে কী বোঝো? এর ভ্রামক নির্ণয় করো।
 (খ) তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক \vec{p} -এর জন্য কোনো বিন্দুতে বিভব নির্ণয় করো।
 (গ) একটি সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব নির্ণয় করো। ওই ধারকে সঞ্চিত শক্তির মান নির্ণয় করো।

(১+১)+৪+(৩+৩)

- ৪। (ক) দেখাও যে, চৌম্বক বল কোনো কাজ করে না।
 (খ) বায়ো-সার্ভার্ট সূত্রটি বিবৃত করো। এই সূত্রটি ব্যবহার করে, একটি সসীম ঋজু তড়িৎবাহী তারের কাছাকাছি বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্র নির্ণয় করো। অসীম দৈর্ঘ্যের ঋজু পরিবাহী তারের ক্ষেত্রে এর মান কত হবে?
 (গ) অ্যাম্পিয়ারের পরিক্রমণ সূত্রের সমাকল রূপটি লেখো। অতঃপর এর অবকল রূপটি নির্ণয় করো।

২+(১+৪+১)+(১+৩)

বিভাগ - খ

- ৫। (ক) প্রতিটি পদ উল্লেখ করে ম্যাক্সওয়েলের গতিবেগ বন্টন সূত্রটি লেখো। দুটি ভিন্ন তাপমাত্রা T_1 ও T_2 ($T_1 > T_2$)-এর জন্য বেগ বন্টন ফাংশনের লেখচিত্রটি অঙ্কন করো।
 (খ) এই সূত্রটি ব্যবহার করে, গ্যাসের অণুগুলির সর্বোচ্চ সম্ভাব্য বেগের মান নির্ণয় করো।
 (গ) কোনো আদর্শ গ্যাসের অণুগুলির r.m.s. দ্রুতির রাশিমালাটি লেখো। চাপ ধ্রুবক থাকলে, কোন তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন অণুর r.m.s. গতিবেগ, NTP-তে r.m.s. গতিবেগের দ্বিগুণ হবে?

(২+২)+৩+(২+৩)

- ৬। (ক) প্রমাণ করো, $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V = -1$, যেখানে P, V, T হল তাপগতীয় চলরাশি।

(খ) সমোষ্ণ ও রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়া বলতে কী বোঝো?

- (গ) কিছু পরিমাণ এক পরমাণুক $\left(\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}\right)$ গ্যাসকে সংনমিত করে তার প্রাথমিক আয়তনের অর্ধেক করা হল। রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় সংনমন করলে, চাপের কত গুণ পরিবর্তন হবে?

(ঘ) আবর্ত প্রক্রিয়া কাকে বলে? PV সূচক চিত্রে একটি আবর্ত প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রফল কী সূচিত করে? ৪+২+৩+(১+২)

- ৭। (ক) গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ C_P এবং C_V -এর সংজ্ঞা দাও। C_V অপেক্ষা C_P বড়ো হয় কেন, ব্যাখ্যা করো।
 (খ) তাপীয় ইঞ্জিন কী? এর কর্মদক্ষতার সংজ্ঞা দাও। 100% কর্মদক্ষতাসম্পন্ন কোনো তাপীয় ইঞ্জিন তৈরি করা সম্ভব কি না, ব্যাখ্যা করো।
 (গ) রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় একটি আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $P \propto T^3$; γ -র মান নির্ণয় করো।
 (সঙ্কেতগুলি প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত)

(২+২)+(১+২+২)+৩

- ৮। (ক) ক্লসিয়াসের অসমতা উপপাদ্যটি বিবৃত করো।
- (খ) একটি তাপীয় ইঞ্জিন 1000 K উষ্ণতার উৎস থেকে 100 kcal তাপ গ্রহণ করে। পরিপার্শ্বে 50 kcal, 75 kcal এবং 25 kcal তাপ বর্জন করে, যখন পরিপার্শ্বের তাপমাত্রা 500 K। প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে ক্লসিয়াস-এর অসমতার ধারণা প্রয়োগ করে পরিবর্তনের ধরন বিশ্লেষণ করো।
- (গ) নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলির মোট এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো :
- (অ) 1 মোল আদর্শ গ্যাসকে 0°C তাপমাত্রায় পূর্বাবস্থার দ্বিগুণ আয়তনে প্রত্যাবর্তক ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সম্প্রসারিত করা হয়েছে।
- (আ) 1 মোল আদর্শ গ্যাসকে পূর্বাবস্থার দ্বিগুণ আয়তনে প্রত্যাবর্তক ও রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় সম্প্রসারিত করা হয়েছে।
- ২+(২+২+২)+(২+২)
- ৯। (ক) কার্নোচক্রের পর্যায়গুলি সূচক চিত্রসহ বর্ণনা করো।
- (খ) কার্যকরী বস্তুরূপে এক মোল আদর্শ গ্যাস ব্যবহার করে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো।
- (গ) দুটি কার্নো ইঞ্জিন A এবং B উৎসের তাপমাত্রা যথাক্রমে 400 K এবং 300 K এবং সিন্কে তাপমাত্রা যথাক্রমে 300 K এবং 250 K। কোন ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা বেশি?
- 8+8+8

[English Version]

The figures in the margin indicate full marks.

1. Answer **any five** questions : 3×5
- (a) Two electric field lines never intersect to each other– explain.
- (b) A charged particle ($q = 1.4 \mu\text{c}$) moves 0.4 m along an equipotential surface of 10 volts. How much work is done by the field during this motion? Draw the field lines of this equipotential surface.
- (c) Find the magnetic field at the centre of circular loop of radius 10 cm carrying a current of 1.0 A.
- (d) Using Lorentz force equation, find out the dimension of magnetic field \vec{B} .
- (e) Define microstate and macrostate. Give example.
- (f) What are extensive and intensive variables? Give one example of each.
- (g) Write down the differences between reversible and irreversible process.
- (h) Define entropy. What is its physical significance?

Please Turn Over

(3432)

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

Group - A

2. (a) Derive Coulomb's law from Gauss' theorem of electrostatics.
 (b) Show that the following electric field is conservative in nature :

$$\vec{E} = \hat{i}x + \hat{j}y + \hat{k}z.$$

Hence find the corresponding electric potential.

- (c) Using Gauss' law of electrostatics, find out the electric field of a long straight uniformly charged wire at a distance 'r' from the wire. 3+(2+3)+4

3. (a) What is electric dipole? Find its moment.

- (b) Find an expression of potential at an arbitrary point for an electric dipole with moment \vec{p} .

- (c) Find the capacitance of a parallel plate capacitor. Also find the energy stored in it.

(1+1)+4+(3+3)

4. (a) Show that magnetic forces do not perform any work.

- (b) State Biot-Savart law. Using this law, determine an expression for the magnetic field at a point near a straight current carrying wire of finite length. What will be its value for an infinitely long straight conductor?

- (c) Write down the integral form of Ampere's circuital law. Hence determine the differential form of it.

2+(1+4+1)+(1+3)

Group - B

5. (a) Write down the Maxwell's velocity distribution law, by mentioning each term. Plot the velocity distribution function for a certain gas for two different temperatures T_1 and T_2 ($T_1 > T_2$).

- (b) Using this distribution formula, determine the most probable speed of gas molecule.

- (c) Write down the expression for the r.m.s. speed of molecules of an ideal gas. At what temperature, r.m.s. speed of nitrogen molecule will be double its r.m.s. value at NTP, pressure remaining constant?

(2+2)+3+(2+3)

6. (a) Show that $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V = -1$, where P , V , T are the thermodynamic variables.

- (b) What do you mean by isothermal and adiabatic changes?

- (c) A certain amount of monatomic gas $\left(\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}\right)$ is compressed to half of its initial volume. By what factor does the pressure change when compression is done adiabatically?

- (d) What is a cyclic process? What does the area enclosed in the PV diagram indicate in a cyclic process? 4+2+3+(1+2)

7. (a) Define specific heat C_P and C_V of a gas. Explain why C_P is greater than C_V .
(b) What is heat engine? Define its efficiency. Is it possible to construct a heat engine with 100% efficiency?– Explain.
(c) In an adiabatic process of an ideal gas $P \propto T^3$. Find out the value of γ (where notations have their usual meanings). (2+2)+(1+2+2)+3
8. (a) Define Clausius inequality theorem.
(b) A heat engine receives 100 kcal of heat from a source at 1000 K. It rejects 50 kcal, 75 kcal and 25 kcal of heat to the surroundings at 500 K. Investigate the nature of change in each case by applying the idea of inequality of Clausius.
(c) Calculate the total entropy change of the following processes :
(i) 1 mole of an ideal gas at 0°C is expanded reversibly and isothermally to twice its initial volume.
(ii) 1 mole of an ideal gas is expanded reversibly and adiabatically to twice its initial volume. 2+(2+2+2)+(2+2)
9. (a) Explain the processes of Carnot cycle with indicator diagram.
(b) Find the efficiency of a Carnot engine using one mole of ideal gas as working substance.
(c) Two Carnot engine A and B have source temperature 400 K and 300 K and sink temperature 300 K and 250 K respectively. Which engine is more efficient? 4+4+4
-