

Total number of printed pages-15

1 (Sem-2) PHY

2024

**PHYSICS**

Paper : PHY0200104

**(Mathematical Physics & Electricity  
and Magnetism)**

Full Marks : 45

Time : 2 hours

**The figures in the margin indicate  
full marks for the questions.**

**Answer either in English or in Assamese.**

1. Answer the following questions : 1×5=5

তলৰ প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ দিয়া :

(a) What are the order and degree of the following differential equation ?

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{dy}{dx} + xy = 0$$

Contd.

তলত দিয়া অৱকল সমীকৰণটোৰ মাত্ৰা (order) আৰু  
ঘাত (degree) কিমান ?

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{dy}{dx} + xy = 0$$

(b) Give an example of an anti-Hermitian matrix.

এটা প্ৰতি-হাৰমিছিয়ান মেট্ৰিক্সৰ উদাহৰণ দিয়া।

(c) What is the dimension of capacitance in terms of the fundamental quantities (M, L, T, I) ?

মৌলিক ৰাশি (M, L, T, I) ৰ আধাৰত ধাৰকত্বৰ মাত্ৰা  
নিৰ্ণয় কৰা।

(d) What is the SI unit of magnetic dipole moment ?

চৌম্বিক দ্বিমৰু ভ্ৰামকৰ SI একক কি?

(e) What is meant by dielectric polarisation ?

পৰাবৈদ্যুতিক মেৰুকৰণ মানে কি বুজা?

2. Answer **any five** of the following questions :

2×5=10

তলত দিয়া প্ৰশ্নবোৰৰ যিকোনো পাঁচটাৰ উত্তৰ দিয়া :

(a) The equation for radioactive decay of an element is given by,

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t)$$

where  $N(t)$  is the number the element  
at time  $t$  and  $\lambda$  is a constant. Given

$N(0) = N_0$ . Find  $N(t)$ .

এটা তেজস্ক্রিয় মৌলৰ অৱক্ষয়ৰ সমীকৰণটো হ'ল,

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t)$$

য'ত  $N(t)$  হৈছে  $t$  সময়ত থকা মৌলটোৰ সংখ্যা আৰু  $\lambda$  এটা ধ্ৰুৱক ৰাশি। তেতিয়া  $N(t)$  নিৰ্ণয় কৰা। প্ৰদত্ত যে  $N(0) = N_0$ ।

(b) What is the difference between an ordinary differential equation and a partial differential equation?

এটা সাধাৰণ অৱকল সমীকৰণ আৰু এটা আংশিক অৱকল সমীকৰণৰ মাজত পাৰ্থক্য কি?

(c) If  $A$  is an  $n \times n$  matrix, show that

$$\det(-A) = (-1)^n \det(A)$$

যদিহে  $A$  এটা  $n \times n$  মেট্ৰিক্স হয়, দেখুওৱা যে

$$\det(-A) = (-1)^n \det(A)$$

(d) Starting from the equation

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

show that

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

where the symbols have their usual meaning.

$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$  সমীকৰণটোৰ পৰা দেখুওৱা যে

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

য'ত চিহ্নবোৰে সাধাৰণতে জনা অৰ্থ বহন কৰে।

(e) A voltage of sinusoidal waveform is applied across a resistance. Show that the voltage and current in the resistance are in the same phase.

এডাল ৰোধকত ছিনুছয়ডেল তৰংগ ৰূপৰ বিভৱ প্ৰয়োগ কৰা হৈছে। দেখুওৱা যে বিভৱ আৰু বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ একেটা দশাতে থাকে।

(f) An electric dipole of moment  $5 \times 10^{-8}$  coulomb meter has been placed in a uniform electric field of  $2 \times 10^5$  Newton/coulomb. Calculate the maximum torque that the field exerts on the dipole.

$2 \times 10^5$  এখন নিউটন/কুলম্ব মানৰ সুসম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত  $5 \times 10^{-8}$  কুলম্ব মিটাৰ ভ্ৰামকৰ এটা বৈদ্যুতিক দ্বিমেরু স্থাপন কৰা হৈছে। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনে দ্বিমেরুটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা সৰ্বোচ্চ টৰ্ক নিৰ্ণয় কৰা।

(g) Show that

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$$

where  $V$  is potential,  $\rho$  is charge density and  $\epsilon_0$  is permittivity of free space.

দেখুওৱা যে

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$$

য'ত  $V$ ,  $\rho$  আৰু  $\epsilon_0$  ক্ৰমান্বয়ে বিভৱ, আধান ঘনত্ব আৰু বায়ুশূন্য স্থানৰ বৈদ্যুতিক প্ৰৱেশ্যতা।

(h) Two parallel long straight wires at a distance  $1m$  apart placed in air carry equal currents  $10A$  in the same direction. Find the force per unit length of the wires. (Given permeability of air,  $\mu = 4\pi \times 10^{-7} H/m$ )

বায়ু মাধ্যমত  $1$  মিঃ ব্যৱধানত ৰখা দুডাল পোন দীঘল তাঁৰৰ প্ৰত্যেকৰ মাজেৰে একে দিশত  $10$  এম্পিয়াৰ বিদ্যুত চালিত হৈ আছে। তাঁৰ দুডালৰ প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত প্ৰয়োগ হোৱা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। প্ৰদত্ত যে বায়ুৰ প্ৰৱেশ্যতা,  $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$  হেনৰি/মিঃ।

(i) Show that the capacitance of an isolated metallic sphere of radius  $R$  is  $4\pi \epsilon_0 R$ , where  $\epsilon_0$  is permittivity of free space.

দেখুওৱা যে পৃথকীকৃত ধাতৱীয় গোলক এটাৰ ধাৰকত্ব হৈছে  $4\pi \epsilon_0 R$ , য'ত  $\epsilon_0$  হৈছে বায়ুশূন্য স্থানৰ বৈদ্যুতিক প্ৰৱেশ্যতা।

(j) What is wattless current in an L-C-R circuit ?

এটা L-C-R বর্তনীত বাটহীন প্রবাহ মানে কি বুজা ?

3. Answer **any four** of the following questions :

5×4=20

তলত দিয়া প্রশ্নবোৰৰ যিকোনো চাৰিটাৰ উত্তৰ দিয়া :

(a) Show that the following matrix is orthogonal.

$$\begin{pmatrix} 1/3 & 2/3 & 2/3 \\ 2/3 & 1/3 & -2/3 \\ 2/3 & -2/3 & 1/3 \end{pmatrix}$$

তলৰ মেট্ৰিক্সটো লাঞ্চিক বুলি দেখুওৱা।

$$\begin{pmatrix} 1/3 & 2/3 & 2/3 \\ 2/3 & 1/3 & -2/3 \\ 2/3 & -2/3 & 1/3 \end{pmatrix}$$

(b) Find the eigenvalues and eigenvectors of the following matrix.

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{pmatrix}$$

তলৰ মেট্ৰিক্সটোৰ আইগেনমান আৰু আইগেনভেক্টৰ বোৰ উলিওৱা।

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{pmatrix}$$

(c) Obtain the Gauss's law in a dielectric medium.

পৰাবৈদ্যুতিক মাধ্যমত গাউছৰ সূত্ৰটো উলিওৱা।

(d) A spherical shell of radius  $R$  has been kept at a constant potential  $V_0$ . Find an expression for the potential outside the shell at a distance  $r$  from the centre of the spherical shell using Laplace's equation.

$R$  ব্যাসার্ধৰ গোলাকাৰ খোল এটা  $V_0$  স্থিৰ বিভৱত ৰখা হৈছে। লাপলাছৰ সমীকৰণটো ব্যৱহাৰ কৰি খোলটোৰ বাহিৰত ইয়াৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা  $r$  দূৰত্বত অৱস্থিত এটা বিন্দুত বিভৱৰ প্ৰকাশ ৰাশি উলিওৱা।

(e) A 1m long wire of cross-sectional area  $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$  carries a current of 10A. Find the voltage drop in the wire.

Given : conductivity of the wire =  $5.8 \times 10^7 \text{ ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$ .

1 মিঃ দৈর্ঘ্য আৰু  $5 \times 10^{-4}$  ছেঃমিঃ<sup>2</sup> প্ৰস্থচ্ছেদীয় কালিৰ তাঁৰ এডালত 10 এম্পিয়াৰ বিদ্যুত প্ৰবাহ চলিত হৈ আছে। তাঁৰ ডালত হোৱা বিভৱ পতনৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। প্ৰদত্ত যে তাঁৰ ডালৰ বৈদ্যুতিক পৰিবাহিতা হ'ল  $5.8 \times 10^7 \text{ অ'ম}^{-1} \text{ মিঃ}^{-1}$ ।

(f) A capacitor is formed using two metallic plates each of surface area  $100 \text{ mm}^2$  separated by a distance of 2mm. Suppose the space between the plates is filled with a material of dielectric constant 2. If a voltage of 10V is applied across the capacitor, calculate the energy stored in the capacitor.

Given : permittivity of free space is  $8.85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ .

প্ৰত্যেকৰে 100 মিঃমিঃ<sup>2</sup> পৃষ্ঠ কালি বিশিষ্ট আৰু 2 মিঃমিঃ ব্যৱধানত ৰখা ধাতৱীয় ফলি ব্যৱহাৰ কৰি এখন ধাৰক বনোৱা হৈছে। ফলি দুখনৰ মাজভাগ 2 পৰা বৈদ্যুতিক ধ্ৰুৱকবিশিষ্ট এটা পদাৰ্থৰে পূৰ্ণ কৰা হৈছে। ধাৰকখনত 10V বিভৱ প্ৰয়োগ কৰিলে ইয়াত নিহিত শক্তিৰ মান কিমান? প্ৰদত্ত যে বায়ুশূন্য স্থানত বৈদ্যুতিক প্ৰৱেশ্যতাৰ মান  $8.85 \times 10^{-12}$  ফেৰাড/মিটাৰ।

(g) Give a brief discussion on the effect of an external magnetic field on a ferromagnetic material.

এটা লৌহচুম্বকীয় পদাৰ্থৰ ওপৰত এখন বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱৰ বিষয়ে চমুকৈ আলোচনা কৰা।

(h) Obtain the expression for the electric field due to a uniformly charged solid sphere of radius  $R$  at a point outside the sphere using Gauss's theorem of electrostatics.

গাউছৰ সূত্ৰটো ব্যৱহাৰ কৰি  $R$  ব্যাসাৰ্ধৰ সুষমভাৱে আধানযুক্ত গোটা গোলক এটাৰ বাহিৰৰ এটা বিন্দুত বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ প্ৰাৱল্যৰ প্ৰকাশৰাশি উলিওৱা।

4. Answer **any one** of the following questions :  
10×1=10

তলত দিয়া প্রশ্নবোৰৰ যিকোনো এটাৰ উত্তৰ দিয়া :

- (a) The equation of motion of a simple harmonic oscillator of mass  $m$  and natural frequency  $\omega_0$  is given by,

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \omega_0^2 x(t) = f \cos \omega t$$

where  $x(t)$  is its position at time  $t$  and  $f$  is a constant. Given : at  $t=0$ ,  $x=0$  and

$$\frac{dx}{dt} = 0. \text{ Find } x(t).$$

$m$  ভৰৰ আৰু  $\omega_0$  প্রাকৃতিক কম্পনাংক বিশিষ্ট এটা সৰল পৰ্যাবৃত দোলকৰ গতিৰ সমীকৰণটো তলত দিয়া ধৰণৰ।

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \omega_0^2 x(t) = f \cos \omega t$$

য'ত  $x(t)$  ইয়াৰ  $t$  সময়ৰ অৱস্থান আৰু  $f$  এটা ধ্ৰুৱক  
ৰাশি। দিয়া আছে :  $t=0$  ত  $x=0$  আৰু  $\frac{dx}{dt} = 0$ ।

তেতিয়া  $x(t)$  নিৰ্ণয় কৰা।

- (b) A sinusoidal e.m.f. of amplitude  $V_0$  and angular frequency  $\omega$  is applied to a series inductor-capacitor-resistor (L-C-R) circuit. Find an expression for the impedance of the circuit. At what condition does the circuit become purely resistive ?

$$8+2=10$$

$V_0$  শীৰ্ষমান আৰু  $\omega$  কৌণিক কম্পনাংকবিশিষ্ট  
ছিনুছয়েডেল e.m.f. টো এটা শ্ৰেণীবদ্ধ আৱেশক কুণ্ডলী-  
ধাৰক-ৰোধক (L-C-R) বৰ্তনীৰ প্ৰয়োগ কৰা হৈছে।  
বৰ্তনীটোৰ প্ৰতিবাধাৰ প্ৰকাশ ৰাশি উলিওৱা। কি চৰ্ত  
সাপেক্ষে ই এটা বিশুদ্ধ ৰোধকীয় বৰ্তনী হৈ পাৰে?

- (c) State the Biot-Savart's law. Derive an expression for magnetic field at a point on the axis of a circular current loop.

2+8=10

বায়ট-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰটো কি? বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ চালিত বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটাৰ অক্ষত অৱস্থিত কোনো এটা বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশ ৰাশি উলিওৱা।

- (d) For an electric dipole, establish the following relation :

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^3} \left[ \frac{3(\vec{p} \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^2} - \vec{p} \right]$$

where  $\vec{E}$  is the electric field,  $\vec{p}$  is the dipole moment,  $\epsilon_0$  is the permittivity of free space and  $r$  is the distance from the centre of the line joining the two charges of the dipole to the electric field.

এটা বৈদ্যুতিক দ্বিমৰুৰ বাবে তলৰ সম্পৰ্কটো প্ৰতিস্থা কৰা।

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^3} \left[ \frac{3(\vec{p} \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^2} - \vec{p} \right]$$

য'ত  $\vec{E}$  বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ,  $\vec{p}$  দ্বিমৰু ভ্ৰামক,  $\epsilon_0$  বায়ুশূন্য স্থানৰ বৈদ্যুতিক প্ৰৱেশ্যতা আৰু  $r$  হৈছে দ্বিমৰুটোৰ আধান দুটাক সংযোজিত ৰেখাডালৰ মধ্যবৰ্তী বিন্দুৰ পৰা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনলৈ দূৰত্ব।