No. of Printed Pages : 8 **PHE-07**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2023

PHE-07 : ELECTRIC AND MAGNETIC PHENOMENA

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

Note : *All questions are compulsory. Marks for each question are indicated against it. You may use a calculator. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.*

---

1. Attempt any ***five*** parts :

(a) Define electric flux. Calculate the electric flux linked with a plane surface of area 200 units in the yz-plane of the electric field given by : 1+4

$$\vec{E} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}$$

(b) A charge q is kept at the centre of line joining two equal positive charges Q. Calculate the value of q for the system of these charges to be in equilibrium. 5

(c) Under what condition is it possible to associate an electric potential with an electric field ? The electric potential in xy-plane in a region of space is expressed as :

$$V(x, y) = c\left(6x^2y - 2y^3\right)$$

where c is a constant. Determine the magnitude of y-component of electric field E_y at $(-1, 2)$. 1+4

(d) Write Ampere's law in its differential form. Can Ampere's law be applied to time-varying currents ? A flat circular coil of 100 turns of wire has diameter 10 cm and carries a current of 4 A. Determine the magnetic field at the centre of the coil.

1+1+3

(e) A parallel plate capacitor is made up of two rectangular plates of area 6.45×10^{-4} m^2, separated by a distance of 2.0×10^{-3} m. A voltage of 200 V is applied across the plates. If a dielectric material of dielectric constant 6.0 is introduced between the plates of the capacitor, calculate the (i) capacitance of the capacitor, and (ii) charge stored on each plate of the capacitor. 3+2

(f) A 2.0 long solenoid having 10000 turns is 0.2 m in diameter. Calculate the energy stored in the field of this coil if a current of 100 A flows in it. 5

(g) An air core solenoid has 50 turns per cm and carries a current of 0.2 A. Calculate $\vec{H}$ and $\vec{B}$ at the center of the solenoid. If an iron core of permeability 6×10^{-3} Hm^{-1} is inserted in the solenoid, what are the values of $\vec{H}$ and $\vec{B}$? 5

(h) A proton of kinetic energy 1880 MeV is moving in a circular orbit in a plane perpendicular to a uniform magnetic field of 5.0 T. Calculate the radius of the orbit. 5

2. Attempt any *five* parts :

(a) Apply Gauss' law to obtain the electric field due to a spherically symmetric charge distribution at a point situated outside the charge distribution. 5

(b) Derive the electric potential at some point P on the axis of a uniformly charged circular disc of radius a. 5

(c) Write the expression of the torque experienced by an electric dipole kept in a uniform electric field. Derive the expression of the potential energy of the

dipole. When will the potential energy of the dipole be (i) maximum and (ii) minimum ? 1+3+1

(d) Derive an expression for the capacitance per unit length of a cylindrical capacitor. 5

(e) Obtain an expression for current density in terms of drift velocity. 5

(f) Explain the underlying principle of a CRO. 5

(g) Derive the electromagnetic wave equation from Maxwell's equations in vacuum. 5

(h) State Lenz's law. Explain why a metal ring placed on top of a solenoid jumps when current through the solenoid is switched on : 2+3

Physical constants :

$e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \text{Fm}^{-1}$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\text{Wb A}^{-1}\,\text{m}^{-1} = 1.26 \times 10^{-6}$ Hm^{-1}

Mass of proton = 1.6×10^{-27} kg

PHE-07

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2023

पी.एच.ई.-07 : वैद्युत और चुम्बकीय परिघटनाएँ

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : *सभी प्रश्न **अनिवार्य** हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप कैलकुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिये गये हैं।*

1. कोई ***पाँच*** भाग हल कीजिए :

(क) वैद्युत अभिवाह की परिभाषा दीजिए। निम्नलिखित विद्युत क्षेत्र के लिए yz−तल में स्थित 200 एकक क्षेत्रफल वाले समतल पृष्ठ से संबंद्ध वैद्यत अभिवाह की गणना कीजिए : 1+4

$$\vec{E} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}$$

(ख) एक आवेश q को दो समान धानात्मक आवेशों Q को जोड़ने वाली रेखा के केन्द्रबिन्दु पर रखा जाता है। आवेश q का वह मान परिकलित कीजिए जिसके लिए आवेशों का यह निकाय साम्यावस्था में हो। 5

(ग) किस प्रतिबंध के अधीन किसी विद्युत क्षेत्र से विद्युत विभव को संबद्ध किया जा सकता है ? समष्टि के किसी क्षेत्र में xy-तल में विद्युत विभव का व्यंजक है :

$$V(x, y) = c\left(6x^2y - 2y^3\right)$$

जहाँ c अचर है। बिन्दु $(-1, 2)$ पर विद्युत् क्षेत्र का y-घटक ज्ञात कीजिए। 1+4

(घ) अवकल रूप में एम्पीयर का नियम लिखिए। क्या एम्पीयर के नियम को समय के साथ परिवर्तित होने वाली धाराओं पर लागू किया जा सकता है ? एक चपटी वृत्ताकार कुंडली में, जिसका व्यास 10 cm है और जिसमें 4 A धारा प्रवाहित हो रही है। तार के 100 फेरे हैं। कुंडली के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए। 1+1+3

(ङ) एक समांतर प्लेट संधारित्र क्षेत्रफल $6.45 \times 10^{-4} \text{m}^2$ वाली दो आयताकार प्लेटों से बना है जिनके बीच की दूरी $2.0 \times 10^{-3} \text{m}$ है। प्लेटों पर 200 V की वोल्टता आरोपित की जाती है। यदि डाइलेक्ट्रिक नियतांक 6.0 वाला डाइलेक्ट्रिक पदार्थ प्लेटों के बीच रखा जाता है, तो (i) संधारित्र की धारिता, और (ii) संधारित्र की प्रत्येक प्लेट पर संचित आवेश की गणना कीजिए। 3+2

(च) एक 2.0 m लंबे सोलेनॉइड का, जिसमें 10000 फेरे हैं, व्यास 0.2 m है। यदि सोलेनॉइड में 100 A धारा प्रवाहित होती है, तो इसके क्षेत्र में भंडारित ऊर्जा की गणना कीजिए। 5

(छ) वायु क्रोड वाले सोलेनॉइड में प्रति cm 50 फेरे हैं और उसमें 0.2 A की धारा प्रवाहित हो रही है। सोलेनॉइड के केन्द्र पर $\vec{H}$ और $\vec{B}$ प्राप्त कीजिए। यदि पारगम्यता $6 \times 10^{-3}\text{Hm}^{-1}$ वाला लौह क्रोड, सोलेनॉइड में रखा जाता है, तो $\vec{H}$ और $\vec{B}$ के मान क्या होंगे ? 5

(ज) 5.0 T के एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र के लंबवत् तल में 1880 MeV की गतिज ऊर्जा वाला प्रोटॉन वृत्ताकार कक्षा में गतिमान है। कक्षा की त्रिज्या परिकलित कीजिए। 5

2. कोई **पाँच** भाग कीजिए :

(क) गाउस का नियम लागू कर, एक गोलीय सममिति वाले आवेश वितरण का आवेश वितरण से बाहर स्थित एक बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र प्राप्त कीजिए। 5

(ख) एकसमानतः आवेशित त्रिज्या a वाली वृत्ताकार चकती का उसके अक्ष पर स्थिति किसी बिन्दु P पर विद्युत् विभव व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ग) एकसमान विद्युत् क्षेत्र में रखे वैद्युत द्विध्रुव पर लग रहे बल आघूर्ण का व्यंजक लिखिए। द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा (i) अधिकतम एवं (ii) न्यूनतम कब होगी ? 1+3+1

(घ) बेलनाकार संधारित्र की प्रति एकक लम्बाई धारिता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ङ) अपवाह वेग के पदों में धारा घनत्व का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

(च) CRO का सिद्धान्त समझाइए। 5

(छ) निर्वात में मैक्सवेल समीकरणों से विद्युत् चुम्बकीय तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ज) लेन्ज के नियम का कथन दीजिए। समझाइए कि एक सोलनॉइड के ऊपर रखी एक धातु का वलय, सोलेनॉइड में धारा संचारित होने पर उछल क्यों जाता है। 2+3

भौतिक नियतांक :

$e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\text{Fm}^{-1}$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{Wb A}^{-1}\text{m}^{-1} = 1.26 \times 10^{-6}$ Hm^{-1}

प्रोटॉन द्रव्यमान $= 1.6 \times 10^{-27}\text{kg}$