

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

December, 2022

**PHE-07 : ELECTRIC AND MAGNETIC
PHENOMENA**

Time : 2 Hours

Maximum Marks : 50

Note : *All questions are compulsory. Marks allotted 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 : 5×4=20
- (a) Two charges q_1 and q_2 are placed 3.0 m apart and their combined charge is $18 \mu\text{C}$.
If the magnitude of the electrostatic force

of repulsion between them is 0.080 N, obtain the values of the charges. 1+3

- (b) A charge of $10 \mu\text{C}$ is placed on a hollow metal sphere of radius 0.50 m. What is the electric field at its centre ? Calculate its electric potential at a point 0.90 m from its centre.
- (c) A point charge of 10 C is located at the centre of a cube of side 0.05 m. Calculate the electric flux through each of the cube's faces.
- (d) Determine the electric potential due to a point charge of magnitude $80 e$ (where e is the electron's charge) of a distance of 9.0×10^{-12} m from it.
- (e) A dielectric block is polarised such that :

$$\vec{P} = 3.0 \times 10^{-7} (3x\hat{i} + 2\hat{j} + 4\hat{k}) \text{ Cm}^{-2}$$

Determine the bound volume charge density for the block.

- (f) Draw the labelled B-H curve for a ferromagnetic material. Define remanence and indicate remanence it on the B-H curve.
- (g) The magnitude of the force between two parallel conductors, each of length 50 m and separated by 0.20 m is 1.0 N. Determine the currents in the conductors if the magnitude of the current in one conductor is twice that of the current in the other conductor.
- (h) The electric field of an electromagnetic wave in vacuum is given by :

$$E_x = 100 \sin \left(2\pi \times 10^8 t - \frac{\pi}{3} y \right),$$

$$E_y = 0, E_z = 0$$

where E is in Vm^{-1} , t in s and x in m. Determine the frequency and wavelength of the wave, direction of its propagation

and the direction of the associated magnetic field.

2. Answer any *two* parts :

(a) Using Gauss' law, obtain the electric field due to a uniformly charged sphere at a point outside it. 5

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

(c) Explain the polarisation of polar and non-polar dielectrics in the presence of an external electric field. Express the polarisation vector in terms of the electric field, naming all symbols. 2+2+1

3. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) A current of 1.0 A flows in a copper wire of 2.0 mm² cross-section. Calculate the magnitude of the drift velocity of electrons in the wire. How long does it take (in s) for an electron to travel 0.10 m in this wire ? It is given that the number of conduction electrons per cubic metre is 8.43×10^{28} . 3+2

- (b) Using Biot-Savart's law, determine the magnetic field along the axis of a circular loop of radius R , carrying current I . 5
- (c) A circular loop of radius 0.05 m consisting of 100 turns of wire carries a current of 2.0 A. Calculate the magnitude of the loop's magnetic moment. Suppose that initially the magnetic moment is aligned with a uniform magnetic field of 0.10 T. What is the magnitude of the torque required to hold the loop at 30° from its original orientation? 2+3

4. Answer any *two* parts :

- (a) A dielectric slab of thickness t and dielectric constant k is kept equidistant from both plates of a parallel plate capacitor. If the area of each plate is A and their separation is d , such that $d > t$, obtain the expression for the capacitance of the capacitor. 5

- (b) Using Maxwell's equations, derive the electromagnetic wave equation in vacuum for the \vec{B} field. 5
- (c) The electric field of a uniform plane electromagnetic wave is given by :

$$\vec{E}_I = 200 \cos(\omega t - 8\pi x) \hat{z} \text{ Vm}^{-1}$$

The wave is incident from a medium having $\epsilon_1 = 4\epsilon_0, \mu_1 = \mu_0$ normal to the plane surface of a material having $\epsilon_2 = 5\epsilon_0, \mu_2 = 5\mu_0$. Determine the complete expression for the reflected electric field. 5

Physical Constants :

$$\text{Mass of electron} = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{Mass of proton} = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{Charge of electron} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\frac{1}{4\pi \epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$$

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

PHE-07

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2022

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 कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिये गये हैं।

1. कोई पाँच भाग हल कीजिए : 5×4=20

(क) दो आवेश q_1 और q_2 एक-दूसरे से 3.0 m की दूरी पर रखे हैं और उनका कुल आवेश $18\mu\text{C}$ है। यदि उनके बीच स्थिरवैद्युत प्रतिकर्षण बल का परिमाण 0.080 N हो, तो आवेशों के मान ज्ञात कीजिए।

- (ख) परिमाण $10 \mu\text{C}$ का आवेश त्रिज्या 0.50 m वाले खोखले धात्विक गोले की सतह पर रखा जाता है। उसके केंद्र पर विद्युत क्षेत्र क्या है ? उसके केंद्र से 0.90 m की दूरी पर स्थित बिन्दु पर उसका विद्युत् विभव परिकलित कीजिए।
- (ग) 10 C का एक बिन्दु आवेश भुजा 0.05 m वाले एक घन के केंद्र पर रखा है। घन के प्रत्येक फलक से होकर जाने वाले वैद्युत अभिवाह की गणना कीजिए।
- (घ) आवेश $80 e$ (जहाँ e इलेक्ट्रॉन का आवेश है) वाले बिन्दु आवेश से $9.0 \times 10^{-12} \text{ m}$ की दूरी पर उसके कारण विद्युत् विभव परिकलित कीजिए।
- (च) डाइलेक्ट्रिक के खण्ड को इस तरह ध्रुवित किया जाता है कि :

$$\vec{P} = 3.0 \times 10^{-7} (3x\hat{i} + 2\hat{j} + 4\hat{k}) \text{ Cm}^{-2}$$

खण्ड के लिए बद्ध आयतन आवेश की गणना कीजिए।

- (छ) एक लौहचुंबकीय पदार्थ के लिए लेबलित B-H वक्र खींचिए। चुम्बकत्वावशेष की परिभाषा दीजिए और उसे B-H वक्र पर दिखाइए।
- (ज) समान लम्बाई 50 m के दो समांतर चालकों के बीच की दूरी 0.20 m है और उनके बीच लग रहे बल का परिमाण 1.0 N है। यदि एक चालक में बह रही धारा का परिमाण दूसरे चालक में बह रही धारा का दोगुना हो, तो चालकों में बह रही धाराओं के मान प्राप्त कीजिए।
- (झ) निर्वात में विद्युत् चुम्बकीय तरंग से संबद्ध विद्युत् क्षेत्र है :

$$E_x = 100 \sin \left(2\pi \times 10^8 t - \frac{\pi}{3} y \right),$$

$$E_y = 0, E_z = 0$$

जहाँ E, Vm^{-1} में, t, s में और x, m में हैं। तरंग की आवृत्ति और तरंगदैर्घ्य, उसके संचरण की दिशा और संबद्ध चुंबकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात कीजिए।

2. कोई दो भाग कीजिए :

(क) गाउस के नियम का उपयोग कर, एक एकसमानतः आवेशित गोले के कारण उससे बाहर स्थित बिंदु पर विद्युत् क्षेत्र ज्ञात कीजिए। 5

(ख) एक बेलनाकार संधारित्र के लिए प्रति एकक लंबाई धारिता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ग) बाह्य विद्युत् क्षेत्र की उपस्थिति में ध्रुवी और अध्रुवी डाइलेक्ट्रिक पदार्थों के ध्रुवण की व्याख्या कीजिए। सभी प्रतीकों के नाम लिखते हुए ध्रुवण सदिश को विद्युत् क्षेत्र के पदों में व्यक्त कीजिए।

2+2+1

3. कोई दो भाग कीजिए :

(क) परिच्छेद क्षेत्रफल 2.0 mm^2 वाले ताँबे के तार में 1.0 A की धारा बहती है। तार में मौजूद इलेक्ट्रॉनों के अपवाह वेग का परिमाण परिकलित कीजिए। इस तार में 0.10 m दूरी तय करने में एक इलेक्ट्रॉन को कितना समय (s में) लगेगा ? दिया है कि प्रति घन मीटर चालक इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8.43×10^{28} है। 3+2

- (ख) बायो-सेवर्ट के नियम का उपयोग कर, त्रिज्या R वाले वृत्ताकार लूप, जिसमें धारा I बह रही है, के अक्ष के अनुदिश चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए। 5
- (ग) त्रिज्या 0.05 m वाले एक वृत्ताकार लूप में, जिसमें तार के 100 फेरे हैं; 2.0 A की धारा बह रही है। लूप के चुंबकीय आघूर्ण का परिमाण परिकलित कीजिए। मान लें कि आरम्भ में चुंबकीय आघूर्ण, 0.10 T के एकसमान चुंबकीय क्षेत्र से सरैखित है। अपने मूल विन्यास से 30° के कोण पर लूप को बनाए रखने के लिए आवश्यक बल-आघूर्ण का परिमाण क्या होगा ?

2+3

4. कोई दो भाग कीजिए :

- (क) एक डाइलेक्ट्रिक खण्ड को, जिसकी मोटाई t और डाइलेक्ट्रिक नियतांक k है, एक समांतर प्लेट संधारित्र के भीतर दोनों प्लेटों से समान दूरी पर रखा जाता है। यदि प्रत्येक प्लेट का क्षेत्रफल A हो और उनके बीच की दूरी d (जहाँ $d > t$), तो संधारित्र की धारिता का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

- (ख) मैक्सवेल समीकरणों का उपयोग कर \vec{B} क्षेत्र के लिए निर्वात में विद्युत् चुंबकीय तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 5
- (ग) एक एकसमान समतल विद्युत् चुंबकीय तरंग का विद्युत् क्षेत्र है :

$$\vec{E}_1 = 200 \cos(\omega t - 8\pi x) \hat{z} \text{ Vm}^{-1}$$

यह तरंग $\epsilon_1 = 4\epsilon_0, \mu_1 = \mu_0$ वाले माध्यम से एक पदार्थ की सतह पर अभिलंबतः आपतित होती है। पदार्थ के लिए $\epsilon_2 = 5\epsilon_0, \mu_2 = 5\mu_0$ है। परावर्तित विद्युत् क्षेत्र का सम्पूर्ण व्यंजक ज्ञात कीजिए। 5

भौतिक नियतांक :

$$\text{इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान} = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{प्रोटॉन का द्रव्यमान} = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{इलेक्ट्रॉन का आवेश} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\frac{1}{4\pi \epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$$

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