

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2010

PHE-7 : 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 log tables or calculators. Symbols have their usual meaning. Values of physical constants are given at the end.

1. Attempt *any five* parts : 3x5=15
- (a) A positive charge $q_1 = 2 \text{ C}$ is placed at a distance of 1.0 m from another positive charge $q_2 = 8 \text{ C}$. At what point on the line joining the two charges is the electric field zero ?
- (b) The electric field in a given region of space is given by $\vec{E} = 3x\hat{i} + 7y\hat{j} + 8z\hat{k}$. Determine the volume charge density.
- (c) Point charges of $4 \times 10^{-8} \text{ C}$ each are located at the two vertices of an equilateral triangle of side 0.2 m. Calculate the work required to be done in order to bring a test charge of $1 \times 10^{-8} \text{ C}$ to the third corner of the triangle from an infinite distance away.

- (d) A circular wire loop of radius 8.0 cm consists of 20 turns of wire. A current of 2.5 A flows through the loop. Calculate the magnitude of the magnetic moment of the loop.
- (e) In the Bohr's model of hydrogen atom, the electron circulates around the nucleus on a path of radius 0.6 Å at a frequency of 5×10^{14} Hz. Calculate the magnitude of magnetic field at the centre of the atom.
- (f) Show that the normal component of \vec{D} is continuous across a dielectric boundary.
- (g) Explain the working of a variable air capacitor.
- (h) Define the local field and give its relation with polarisation.

2. Attempt *any five* parts : 5x5=25

- (a) Write the charge conservation principle in differential form. Using this determine the characteristic time for the decay of charge inside a conductor, assuming the initial charge density to be ρ_0 .

- (b) The electric field of an electromagnetic wave in vacuum is given by :

$$E_x = 0, E_y = 10 \sin \left(10^8 \pi t - \frac{\pi}{3} x \right) \text{Vm}^{-1}, E_z = 0$$

Determine the frequency ν , wavelength λ , direction of wave propagation and the magnitude and direction of the magnetic field **B**.

- (c) The capacitance of a parallel-plate capacitor filled with a material of dielectric constant 6.0 is 300 PF (picofarad). The plates of the capacitor are separated by a distance of 3 mm and a potential difference of 150 V is applied across them. Calculate
- the magnitude of the charge on each plate,
 - the electric displacement \vec{D} , and
 - the polarisation \vec{P} .
- (d) What is displacement current ? Show by taking the example of a parallel-plate capacitor that the concept of displacement current is necessary to preserve the notion of continuity of current in the capacitor circuit.
- (e) The pole faces of a cyclotron, which is being used to accelerate the protons, have radius of 50 cm. The magnetic field between the pole faces is 1.5 T. Calculate the kinetic energy in eV and the speed of the proton as it emerges from the cyclotron.
- (f) A toroid of mean circumference 1.0 m has 500 turns of wire, each carrying a steady current of 0.5 A. The core of the toroid is filled with iron of relative permeability 5000. Determine (i) \vec{H} , (ii) \vec{B} , and (iii) \vec{M} .

- (g) Show that the relative permittivity ϵ_r for a gaseous medium is given by

$$\epsilon_r = 1 + \frac{nq^2}{\epsilon_0 m \omega_0^2}$$

3. What is Poynting vector ? Starting with the generalised form of Maxwell's equations obtain the expression for Poynting's theorem. 2, 8

OR

- (a) State Gauss' law in electrostatics and express it in differential form. 2, 2
- (b) Using Gauss' law derive an expression for the electric field due to an infinite plane sheet of charge having uniform surface charge density σ , at a point lying in the vicinity of the sheet. 6

Physical Constants :

$$e = 1.67 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$$

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2010

पी.एच.ई.-7 : वैद्युत और चुंबकीय परिघटनाएँ

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप लॉग सारणी या कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतिकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. कोई पाँच भाग करें : 3x5=15
- (a) एक धनात्मक आवेश $q_1 = 2 \text{ C}$ को एक दूसरे धनात्मक आवेश $q_2 = 8 \text{ C}$ से 1.0 m की दूरी पर रखा जाता है। इन दोनों आवेशों को जोड़ने वाली रेखा के किस बिंदु पर विद्युत क्षेत्र शून्य होगा ?
- (b) समष्टि के एक क्षेत्र में निम्नलिखित विद्युत् क्षेत्र उपस्थित है :
 $\vec{E} = 3x\hat{i} + 7y\hat{j} + 8z\hat{k}$ आयतन आवेश घनत्व ज्ञात करें।
- (c) भुजा 0.2 m वाले एक समबाहु त्रिभुज के दो शीर्षों पर दो बिंदु आवेश रखे जाते हैं जिनमें से प्रत्येक पर $4 \times 10^{-8} \text{ C}$ आवेश है। अनंत से एक परीक्षण आवेश $1 \times 10^{-8} \text{ C}$ को त्रिभुज के तीसरे शीर्ष तक लाने में किए गए कार्य की गणना करें।

- (d) एक वर्तुलाकार वलय, जिसकी त्रिज्या 8.0 cm है, में तार के 20 घुमाव हैं। वलय में 2.5 A की धारा बहती है। वलय के चुंबकीय आघूर्ण का परिमाण परिकलित करें।
- (e) हाइड्रोजन परमाणु के बोर मॉडल में, इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर 0.6 Å त्रिज्या वाले वृत्त में 5×10^{14} Hz की आवृत्ति से घूमता है। परमाणु के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र के परिमाण की गणना करें।
- (f) सिद्ध करें कि एक डाइलेक्ट्रिक की सीमा पर \vec{D} का लॉंबिक घटक संतत होता है।
- (g) एक परिवर्तनशील वायु संधारित्र की कार्य प्रणाली समझाएं।
- (h) स्थानीय क्षेत्र की परिभाषा दें और ध्रुवणता से इसका संबंध लिखें।

2. कोई पांच भाग करें :

5x5=25

- (a) आवेश संरक्षण नियम को उसके अवकल रूप में लिखें। इस नियम का प्रयोग कर, एक चालक के भीतर आवेश के क्षय का अभिलक्षणिक समय ज्ञात कीजिए। मान लें कि आरंभिक आवेश घनत्व ρ_0 है।
- (b) निर्वात में एक विद्युत् चुंबकीय तरंग का विद्युत् क्षेत्र निम्नलिखित है।

$$E_x = 0, E_y = 10 \sin \left(10^8 \pi t - \frac{\pi}{3} x \right) \text{Vm}^{-1}, E_z = 0$$

आवृत्ति ν , तरंगदैर्घ्य λ , तरंग संचरण की दिशा तथा चुंबकीय क्षेत्र \mathbf{B} के परिमाण एवं दिशा ज्ञात करें।

- (c) एक समांतर प्लेट संधारित्र, जिसकी प्लेटों के बीच डाइलेक्ट्रिक स्थिरांक 6.0 वाला पदार्थ भरा है, की धारिता 300 PF (picofarad) है। संधारित्र की प्लेटों के बीच की दूरी 3 mm है और उन पर 150 V का विभवांतर स्थापित किया जाता है। (i) प्रत्येक प्लेट पर आवेश के परिमाण, (ii) वैद्युत् विस्थापन \vec{D} , और ध्रुवणता \vec{P} की गणना कीजिए।
- (d) विस्थापन धारा क्या होती है? एक समांतर प्लेट संधारित्र का उदाहरण देते हुए सिद्ध करें कि संधारित्र युक्त परिपथ में धारा के संतत प्रवाह की धारणा बनाए रखने के लिए विस्थापन धारा की संकल्पना आवश्यक है।
- (e) एक साइक्लोट्रॉन, जिससे प्रोटॉनों को त्वरित किया जाता है, के ध्रुव फलकों की त्रिज्या 50 cm है। ध्रुव फलकों के बीच चुंबकीय क्षेत्र का मान 1.5 T है। साइक्लोट्रॉन से निकल रहे प्रोटॉनों की गतिज ऊर्जा eV में तथा उनकी चाल परिकलित करें।
- (f) माध्य परिधि 1.0 m वाले एक टोरोइड में तार के 500 घुमाव हैं जिनमें से प्रत्येक में 0.5 A की स्थायी धारा प्रवाहित होती है। टोरोइड के क्रोड में लौह धातु भरी है जिसकी आपेक्षिक चुंबकशीलता 5000 है।
- (i) \vec{H} , (ii) \vec{B} , और (iii) \vec{M} ज्ञात करें।
- (g) सिद्ध करें कि गैसीय माध्यम के लिए सापेक्ष परावैद्युतांक ϵ_r का व्यंजक निम्नलिखित होता है :

$$\epsilon_r = 1 + \frac{nq^2}{\epsilon_0 m \omega_0^2}$$

3. ज्वॉइन्टिंग सदिश क्या है? मैक्सवेल समीकरणों के व्यापक रूप 2, 8 से प्रारंभ कर, ज्वॉइन्टिंग प्रमेय की व्युत्पत्ति दें।

या

- (a) स्थिरविद्युतिकी में गाउस नियम का कथन दें और उसे 2, 2 अवकल रूप में लिखें।
- (b) गाउस नियम का प्रयोग कर, एक समान पृष्ठ आवेश 6 घनत्व σ , वाली एक अनंत आवेशित समतल शीट के निकट स्थित बिंदु पर विद्युत क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

भौतिक नियतांक :

$$e = 1.67 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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