No. of Printed Pages : **11**

PHE–7

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

December, 2010

PHE–7 : ELECTRIC AND MAGNETIC PHENOMENA

01919

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 : **5x3=15**

(a) Two positive point charges $q_1 = 2.0 \times 10^{-7}$ C and $q_2 = 8.0 \times 10^{-7}$ C are placed at a distance of 0.12 m from each other. Calculate the electric field due to each charge at the site of the other.

(b) An infinitely long cylindrical conductor of radius 0.15 m has a linear charge density (charge per unit length) of 3×10^{-9} C m^{-1}. Obtain the electric field due to the conductor at a point distant 0.3 m from it.

(c) The electric potential at any point is given by $\phi = 2x^2y - 6xz + 3y^2z$. Determine the value of electric field at that point.

(d) Two plane metal sheets and a sheet of mica of thickness 0.004 cm have been provided to you. Calculate the area of the metal sheet required to construct a capacitor of capacitance 0.03 μF. Take the relative permittivity of the mica sheet to be 6.

(e) An air-cored toroidal coil has 600 turns and a mean diameter of 40 cm with a cross-sectional area of 4 cm^2, calculate the self inductance of the coil.

(f) Show that for an electron revolving in an atom, its magnetic moment is given by $\vec{\mu} = \frac{-e}{2m}\vec{L}$ where e is the charge on the electron and m its mass and $\vec{L}$ is the angular momentum of the electron.

(g) Explain why the electric field inside a dielectric is different from the externally applied electric field.

(h) Obtain an expression for the work done in building a current from zero value to a value Io in a conductor of self-inductance L.

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

(a) Use Gauss' law to obtain an expression for the electric field at a point inside a uniformly charged sphere of radius R.

(b) Determine the electric potential at a point, at distance r from the centre of a dipole.

(c) The magnetic field of an electromagnetic wave in free space is given by

$$\vec{H} = \hat{z}\, 4 \times 10^{-6} \cos\left(10^7 \pi t - k_0 y\right) \text{T}$$

Determine the direction of propagation, wave number, frequency and the magnitude and direction of electric field.

(d) A uniform electric field of magnitude 6×10^5 V m^{-1} is directed along the x-axis and a uniform magnetic field of magnitude 0.08 T is along the y-axis. What must be the speed of an electron that can be projected along the z-axis and pass through these crossed fields without getting deflected ? If the electric field is cut off, the electron, under the action of the magnetic field, will move in a circular path. Calculate the radius of the path.

(e) A toroid of mean circumference 1.5 m has 600 turns of wire, each carrying a steady current of 0.6 A. The core of the toroid is filled with iron of relative permeability 5000.

Determine (i) $\vec{H}$, (ii) $\vec{B}$ and (iii) $\vec{M}$.

01919

(f) Three charges $2q$, $4q$ and $2q$ are to be placed on a 20 m long straight wire. Determine the positions where the charges should be placed so that the potential energy of the system is a minimum.

(g) Two parallel plates of area of cross-section 300 cm^2 are given equal and opposite charge of 4.0×10^{-7} C. The intervening space between the plates is filled with a dielectric material, and the electric field within the dielectric is 4.3×10^6 V m^{-1}. What is the dielectric constant of the dielectric and the surface charge density on the plates ?

3. Attempt *any one* part :

(a) An electromagnetic wave is incident at an interface of two dielectrics at oblique incidence. Applying the boundary conditions at the interface show that the wave undergoing either reflection or transmission does not suffer any frequency change. Also, derive the laws of reflection and refraction. **4, 6**

(b) (i) Derive Ampere's law for steady currents. Write the generalised forms of Ampere's law in both differential and integral forms as applicable to time-varying fields. **3, 2**

(ii) Use Ampere's law for steady currents to derive the magnetic field due to a solenoid. **5**

Physical Constants :

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

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

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

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

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

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

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 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 : 5x3=15

   (a) दो घनात्मक आवेश $q_1 = 2.0 \times 10^{-7}$ C और $q_2 = 8.0 \times 10^{-7}$ C एक दूसरे से दूरी 0.12 m पर रखे हैं। प्रत्येक आवेश की दूसरे आवेश की स्थिति पर विद्युत् क्षेत्र की गणना करें।

   (b) त्रिज्या 0.15 m और अनंत लंबाई वाले बेलनाकार चालक का रैखिक आवेश घनत्व (प्रती एक लंबाई घनत्व) 3×10^{-9} C m^{-1} है। चालक से 0.3 m की दूरी पर स्थित बिंदु पर उसका विद्युत क्षेत्र ज्ञात करें।

   (c) एक बिंदु पर निम्नलिखित वैद्युत् विभव है $\phi = 2x^2y - 6xz + 3y^2z$। उस बिंदु पर विद्युत क्षेत्र ज्ञात करें।

(d) आपको दो समतल धात्विक शीट और 0.004 cm मोटाई वाली एक माइका की शीट दी गई है। धारिता 0.03 μF वाला संधारित्र बनाने के लिए आवश्यक धात्विक शीट का क्षेत्रफल ज्ञात करें। माइका शीट का आपेक्षिक परावैद्युतांक 6 लें।

(e) वायु क्रोड वाली एक टोरॉइड कुंडली में 600 घुमाव हैं, उसका माध्य व्यास 40 cm है और उसके अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल 4 cm^2 है। कुंडली का स्वप्रेरकत्व परिकलित करें।

(f) सिद्ध करें कि परमाणु में परिक्रमा कर रहे इलेक्ट्रॉन का चुंबकीय आघूर्ण $\vec{\mu} = \frac{-e}{2m}\vec{L}$ होता है, जहाँ e इलेक्ट्रॉन पर आवेश है, m उसका द्रव्यमान है और $\vec{L}$ उसका कोणीय संवेग है।

(g) समझाएं कि डाइलैक्ट्रिक के भीतर विद्युत् क्षेत्र, बाह्य आरोपित विद्युत क्षेत्र से भिन्न क्यों होता है।

(h) स्व प्रेरकत्व L वाले चालक में प्रवाहित धारा का मान शून्य से बढ़ाकर Io करने में किए गए कार्य का व्यंजक व्युत्पन्न करें।

2. **कोई पाँच** भाग करें : 5x5=25

(a) गाउस नियम का प्रयोग कर, त्रिज्या R वाले एकसमान आवेशित गोले के भीतर स्थित बिंदु पर विद्युत् क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त करें।

(b) एक द्विध्रुव के मध्य बिंदु से दूरी r पर स्थित एक बिंदु पर विद्युत् विभव ज्ञात करें।

(c) मुक्त आकास में विद्युत चुंबकीय तरंग का चुंबकीय क्षेत्र निम्नलिखित है :

$$\vec{H} = \hat{z}\, 4 \times 10^{-6} \cos\left(10^7 \pi t - k_0 y\right) \mathrm{T}$$

तरंग की संचरण दिशा, तरंग संख्या, आवृत्ति और विद्युत् क्षेत्र के परिमाण एवं दिशा ज्ञात करें।

(d) परिमाण $6 \times 10^5\ \mathrm{Vm}^{-1}$ का एक एकसमान विद्युत् क्षेत्र x-अक्ष के अनुदिश है और परिमाण 0.08 T का एक एकसमान चुंबकीय क्षेत्र y-अक्ष के अनुदिश है। एक इलेक्ट्रान, जिसे z-अक्ष के अनुदिश प्रक्षेपित करना है और इन दोनों ही क्षेत्रों से बिना किसी विचलन के गुज़रना है, की चाल क्या होगी? यदि विद्युत् क्षेत्र को शून्य कर दिया जाता है, तो चुंबकिय क्षेत्र के आधिन इलेक्ट्रॉन वृत्ताकार पथ में गति करता है। इस पथ की त्रिज्या ज्ञात करें।

(e) माध्य परिधि 1.5 m वाले टोरॉइड में तार के 600 घुमाव हैं जिनमें से प्रत्येक में 0.6 A की स्थायी धारा प्रवाहित होती है। टोरॉइड के क्रोड में आपेक्षिक चुंबकशीलता 5000 वाला लौह पदार्थ भरा है। (i) $\vec{H}$, (ii) $\vec{B}$ और (iii) $\vec{M}$ परिकलित करें।

(f) एक 20 m लंबे सीधे तार पर तीन आवेशों $2q$, $4q$ और $2q$ को रखा जाता है। तार पर प्रत्येक आवेश की स्थिति ज्ञात करें ताकी निकाय की स्थितिज ऊर्जा न्यूनत्म हो।

(g) परिच्छेद क्षेत्रफल 300 cm^2 वाली दो समांतर प्लेटों पर 4.0×10^{-7} C मान वाले बराबर और विपरीत आवेश रखे जाते हैं। प्लेटों के बीच डाइलेक्ट्रिक पदार्थ भरा जाता है और डाइलेक्ट्रिक के भीतर विद्युत क्षेत्र 4.3×10^{6} V m^{-1} है। डाइलेक्ट्रिक का डाइलेक्ट्रिक स्थिरांक और प्लेटों पर पृष्ठ आवेश घनत्व क्या है?

3. **कोई एक** भाग करें :

(a) दो डाइलैक्टिक माध्यमों के अंतर्फलक पर एक विद्युत चुंबकीय तरंग का तिर्यक आपतन होता है। अंतर्फलक पर परिसीमा प्रतिबंध लागू करके सिद्ध करें कि तरंग के परावर्तन या संचरण होने पर उसकी आवृत्ति में कोई परिवर्तन नहीं होता। साथ ही, परावर्तन और अपवर्तन के नियम व्युत्पन्न करें। 4, 6

(b) (i) स्थायी धाराओं के लिए एम्पीयर नियम व्युत्पन्न करें। समय पर निर्भर क्षेत्रों पर लागू होने वाले एम्पीयर नियम का व्यापक रूप, अवकल और समाकल रूपों में लिखें। 3, 2

(ii) स्थायी धाराओं के लिए एम्पीयर नियम का प्रयोग करके एक सोलेनॉइड का चुंबकीय क्षेत्र व्युत्पन्न करें। 5

भौतिक नियतांक :

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

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

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

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

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

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

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

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