No. of Printed Pages : 8

PHE-07

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2012

01481

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 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) The electric potential at any point is given by : $\phi = y(x^2 - 6xy)$

Calculate the electric field $\vec{E}$ at that point.

(b) Why is the electric field zero inside a conductor ? Invoking this concept in conjunction with Gauss' law, show that the charge resides only on the surface of a charged conductor.

(c) State Biot - Savart law. Plot the magnetic field due to a straight current carrying conductor at a point outside the conductor.

(d) Write the expressions for the incident, reflected and transmitted electromagnetic waves at the interface of two dielectrics.

(e) Show that the tangential component of $\vec{E}$ is continuous across a dielectric boundary.

(f) The electric field associated with an electromagnetic wave propagating in free space is given (in Vm^{-1}) by

$$\vec{E} = 20\,\hat{i}\ exp\ [-i\ (10^6 t + \beta z)\ ]$$

Determine its direction of propagation, wave number and frequency.

(g) A beam of electrons passes undeflected through two mutually perpendicular electric and magnetic fields of strengths 8 kVm^{-1} and 2×10^{-3} T, respectively. While maintaining the same magnetic field, the electric field is cut off. The electrons then move in the magnetic field in a circular path of radius 1.15 cm. Determine the ratio of change to mass of the electron.

(h) Explain in brief the working of an electrolytic capacitor. What are the important specifications for these capacitors ?

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

(a) State Ampere's Circuital law. Use this law to calculate the magnetic field inside a toroid.

(b) An electron circulates around the nucleus in a path of radius 5.1×10^{-11} m at a frequency of 6.8×10^{15} revolutions per second. Calculate the magnetic field ($\vec{B}$) at the centre of the nucleus and the resulting magnetic dipole moment.

(c) Derive the expression for the electric field at a point along the axis of an electric dipole.

(d) What is meant by atomic/molecular polarizability ? What are its units ? Derive the relation between polarizability and relative permittivity.

(e) What do you understand by self inductance of a coil ? A solenoid 1.5 m long and 20 cm in diameter contains 1500 turns of insulated copper wire. A current of 3.0 A flowing through it is reduced to zero in 1.5 ms calculate the magnitude of the back e.m.f induced in the solenoid while the current is being switched off.

(f) What considerations led Maxwell to introduce the concept of displacement current ? Discuss the physical significance of displacement current.

(g) The capacitance of a parallel-plate capacitor, whose plates are separated by a distance of 3 m, is 300 pF (picofarad). What will be the energy of the capacitor when it is charged to a potential of 1000 V. For the same charge on the capacitor plates, calculate the potential difference, if the plate separation is doubled.

3. Determine the self-inductance of a toroidal coil of rectangular cross-section, having N_1 turns, inner radius a, outer radius b and height h. Suppose a coil of N_2 turns is wound over the toroidal coil. Show that the mutual inductance of this arrangement is : $M = \frac{\mu_0}{2\pi} N_1 N_2 h \ ln \left(\frac{b}{a}\right)$ **5+5=10**

OR

Write Guass' law in both integral and differential forms. Using Gauss' law obtain an expression for the electric field due to a spherical charge distribution at a point lying : **2+3+3+2=10**

(a) outside,

(b) inside ; and

(c) on the surface of the charge distribution.

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

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

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Tm A^{-1}

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

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2012

पी.एच.ई.-07 : 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 सारणियों अथवा कैलकुलेटर का उपयोग 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) किसी बिन्दु पर विद्युत विभव, ϕ का मान निम्नलिखित है : $\phi = y\,(x^2 - 6xy)$

   उस बिन्दु पर विद्युत् क्षेत्र, $\vec{E}$ का मान परिकलित करें।

   (b) किसी चालक पदार्थ के अंदर विद्युत् क्षेत्र का मान शून्य क्यों होता है? इस अवधारणा तथा गाऊस नियम का उपयोग कर सिद्ध करें कि किसी आवेशित चालक पर आवेश केवल उसके सतह पर ही रह सकता है।

   (c) बायो-सावर्ट नियम बताएं। किसी सीधे चालक, जिसमें धारा प्रवाहित हो रही है के बाहर के किसी बिन्दु पर चुंबकीय क्षेत्र आलेखित करें।

(d) दो परावैद्युत पदार्थों के अंतरापृष्ठ पर आपतित, परावर्तित तथा पारगमित विद्युत्-चुंबकीय तरंगों के लिए व्यंजक लिखें।

(e) सिद्ध करें कि एक परावैद्युत की सीमा पर $\vec{E}$ का स्पर्शरेखीय घटक संतत होता है।

(f) मुक्त आकाश में संचारित विद्युत्-चुंबकीय तरंग के संगत विद्युत् क्षेत्र का व्यंजक (Vm^{-1} इकाई में) निम्न है :

$$\vec{E} = 20\,\hat{i}\ exp\ [-i\ (10^6 t + \beta z)\ ]$$

इस तरंग की संचरण दिशा, तरंग संख्या तथा आवृत्ति परिकलित करें।

(g) एक इलेक्ट्रॉन किरणपुंज दो परस्पर लंबवत् विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्रों, जिनके परिमाण क्रमशः $8\ kVm^{-1}$ तथा 2×10^{-3} T हैं से अविचलित गुजरता है। चुंबकीय क्षेत्र का मान अपरिवर्तित रखते हुए विद्यत् क्षेत्र का मान शून्य कर दिया जाता है। ऐसी स्थिति में इलेक्ट्रॉन चुंबकीय क्षेत्र में 1.15 cm त्रिज्या वाले एक वृत्तीय पथ पर गमन करता है। इलेक्ट्रॉन के आवेश और द्रव्यमान का अनुपात परिकलित करें।

(h) विद्युत्-अपघटनी संधारित्र की कार्यप्रणाली संक्षेप में समझाएं। इन संधारित्रों के महत्वपूर्ण अभिलक्षण क्या हैं?

2. *कोई **पाँच** भाग करें :* 5x5=25

(a) एम्पियर परिक्रमी नियम बताएं। इस नियम का अनुप्रयोग कर एक टोरॉइड के अंदर चुंबकीय क्षेत्र परिकलित करें।

(b) एक इलेक्ट्रॉन किसी नाभिक के चारों ओर 5.1×10^{-11} m त्रिज्या वाले एक वृत्तीय पथ के अनुदिश परिक्रमण करता है और इस वृत्तीय गति की आवृत्ति 6.8×10^{15} परिक्रमण प्रति सेकंड है। नाभिक के केन्द्र पर चुंबकीय क्षेत्र ($\vec{B}$) तथा परिणामी चुंबकीय द्विध्रुव आघुर्ण परिकलित करें।

(c) एक विद्युत् द्विध्रुव के अक्ष के अनुदिश किसी बिन्दु पर विद्युत् क्षेत्र का व्यंजक व्युत्पन्न करें।

(d) परमाण्वीय/अण्वीय ध्रुवणीयता से आप क्या समझते हैं? इसकी इकाई क्या होती है? ध्रुवणीयता तथा आपेक्षिक परावैद्युतांक में संबंध की व्युत्पत्ति करें।

(e) किसी कुंडली के स्वप्रेरकत्व से आप क्या समझते हैं? 1.5 m लंबे तथा 20 cm व्यास वाली एक परिनालिका में विद्युत्-रोधी ताँबे के तार के 1500 घुमाव हैं। इसमें प्रवाहित 3.0 A धारा को 1.5 ms में घटाकर शून्य कर दिया जाता है। इस अवधि में परिनालिका में प्रेरित विरोधी विद्युत वाहक बल परिकलित करें।

(f) किन कारणों से मैक्सवेल को विस्थापन धारा की परिकल्पना प्रस्तावित करनी पड़ी? विस्थापन धारा की भौतिक सार्थकता की विवेचना करें।

(g) एक समांतर-प्लेट संधारित्र, जिसकी प्लेटों के बीच की दूरी 3 m है, की धारिता का मान 300 pF है। यदि इस संधारित्र को 1000 V विभव तक आवेशित किया जाए तो इसकी ऊर्जा का मान क्या होगा? आवेश के इसी मान के लिए संधारित्र की प्लेटों के बीच विभवांतर का मान परिकलित करें यदि इनके बीच की दूरी को दोगुना कर दिया जाए।

3. आयताकार अनुप्रस्थ-परिच्छेद वाली एक टोरॉयड रूपी कुंडली का स्वप्रेरकत्व निर्धारित करें यदि इसमें घुमावों की संख्या N_1 है तथा इसकी आंतरिक त्रिज्या a है, बाह्य त्रिज्या b है तथा ऊँचाई h है। कल्पना करें कि इस टोरॉयड रूपी कुंडली पर N_2 घुमावों वाली एक अन्य कुंडली लपेटी जाती है। सिद्ध करें कि इस व्यवस्था के अन्योन्य प्रेरकत्व का व्यंजक निम्न है : **5+5=10**

$$M = \frac{\mu_0}{2\pi} N_1 N_2 \; h \; ln \left(\frac{b}{a}\right)$$

अथवा

समाकल तथा अवकल दोनों रुपों में गाऊस नियम लिखें। गाऊस नियम का अनुप्रयोग कर एक गोलीय आवेश वितरण के कारण निम्न बिन्दुओं पर विद्युत्-क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न करें :

(a) एक बिन्दु जो आवेश वितरण के बाहर स्थित है;

(b) एक बिन्दु जो आवेश वितरण के अंदर स्थित है; तथा

(c) एक बिन्दु जो आवेश वितरण की सतह पर स्थित है।

2+3+3+2=10

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

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

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Tm A^{-1}

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

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

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