No. of Printed Pages : 8

PHE-07

00319

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2013

PHYSICS

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. Log tables or calculators may be **used**. Symbols have their **usual** meaning. Values of physical constants are given at the end.*

1. Attempt *any five* parts : **5x3=15**

(a) Two point charges are 5 m apart and their combined charge is 100 μC. If one repels the other with a force of 0.9 N. Calculate their values.

(b) The electric potential at any point is given by

$\phi = xy(z^2 - 3xy)$

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

(c) Using Gauss' law in electrostatics, prove that the charge resides only on the surface of a conductor.

(d) The electric field in a certain region is given by $\vec{E} = 100\,\hat{k}$. How much flux passes through an area A if it is a portion of (i) the xy plane, (ii) the xz plane, (iii) the yz plane ?

(e) Show that the frequency of an electromagnetic wave undergoing reflection and transmission at an interface of two dielectrics remains invariant.

(f) A parallel-plate capacitor has plates with area of cross-section 100 cm^2 and separated by 1.0 cm. A potential difference of 100 V is applied when no dielectric is present. A dielectric slab of relative permittivity 5 and thickness 0.5 cm is introduced between the plates. Calculate the free charge on the capacitor plates.

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

(h) What are electrolytic capacitors ? Mention its different types.

2. Attempt *any five* parts :

(a) Obtain an expression for the drift velocity of electrons in a metallic conductor. **5**

(b) Define the inductive time constant of an LR circuit. An inductance coil L, a resistor R and a battery are connected in series. The time constant of the circuit is 3.5×10^{-3} s. When a resistance of 6 Ω is added in series, a new time constant of 1.5×10^{-3} s is obtained. Calculate the inductance of the coil and the resistance of the resistor. **1+4**

(c) A uniform plane wave has a wavelength of 6 cm in vacuum and 2 cm in a non-magnetic dielectric having permeability of free space. Calculate the dielectric constant of the dielectric and the phase velocity of propagation of the wave through it. 5

(d) A beam of electrons passes undeflected through mutually perpendicular electric and magnetic fields of magnitudes 6 kV m^{-1} and 10^{-3} T, respectively. By maintaining the same magnetic field when the electric field is cut off, the electrons move in the magnetic field in a circular path. Calculate the speed of electrons and the radius of the circular path. 2+3

(e) Discuss briefly the behaviour of a dielectric in an electric field and explain the concept of polarisation. 2+3

(f) The electric field of a plane electromagnetic wave is given by 5

$$E_x = 0, \qquad E_y = 100 \cos\left(4\pi \times 10^8 \, t - \frac{\pi x}{3}\right),$$

$E_z = 0$ where E is in Vm^{-1}, t is in seconds and x is in meters. Determine ν, k, λ, direction of propagation of the wave and the direction of the magnetic field.

3. Attempt *any one* part :

(a) Use Ampere's law for steady currents to derive the magnetic field due to a solenoid. Four very long straight wires are closely bound together to form a small cable. Currents carried by the wires are : $I_1 = 15A$, $I_2 = -10A$, $I_3 = 20A$ and $I_4 = -5A$. Determine $\vec{B}$ at a distance of 5 cm from the cable. **5+5**

(b) Derive an expression for the electric field at a point : **4+6**

(i) along the axis of a dipole, and

(ii) on the perpendicular bisector of the dipole axis

Physical constants :

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

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

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

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$

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

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2013

भौतिक विज्ञान

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 सारणी या कैलकुलेटर का* ***उपयोग*** *कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने* ***सामान्य*** *अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।*

1. ***कोई पाँच*** भाग करें : **5x3=15**

(a) दो बिन्दु आवेश जिन पर स्थित आवेशों का कुल योग 100 μC है, एक दूसरे से 5 m दूरी पर स्थित हैं। यदि एक बिन्दु आवेश दूसरे को 0.9 N के बल से विकर्षित करता है तो इन पर स्थित आवेशों का मान परिकलित करें।

(b) किसी बिन्दु पर विद्युत विभव का मान निम्न है :
$\phi = xy(z^2 - 3xy)$
इस बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ का मान परिकलित करें।

(c) स्थिरवैद्युत के लिए गाउस नियम का उपयोग करके सिद्ध करें कि आवेश चालक के सतह पर ही रह सकते हैं।

(d) किसी परिवेश में विद्युत क्षेत्र का मान है $\vec{E} = 100\,\hat{k}$ किसी क्षेत्रफल A को प्रतिच्छेद करने वाले अभिवाह का मान क्या होगा यदि यह (i) xy-समतल, (ii) xz-समतल, (iii) yz-समतल का एक भाग हो?

(e) सिद्ध करें कि दो परावैद्युत पदार्थों के अंतरापृष्ठ पर परावर्तित तथा परागमित होने वाली विद्युत-चुंबकीय तरंग की आवृत्ति का मान अपरिवर्तित रहता है।

(f) एक समानांतर प्लेटों वाले संधारित्र की प्लेट का क्षेत्रफल 100 cm^2 तथा प्लेटों के बीच की दूरी 1.0 cm है। जब प्लेटों के बीच कोई परावैद्युत पदार्थ नहीं है तो उनके बीच 100 V विभवांतर आरोपित किया जाता है। प्लेटों के बीच परावैद्युत पदार्थ का एक स्लैब रखा जाता है जिसकी मोटाई 0.5 cm है तथा पदार्थ का सापेक्ष परावैद्युतांक 5 है। संधारित्र के प्लेटों पर स्थित मुक्त आवेश परिकलित करें।

(g) सिद्ध करें कि डाइलैक्ट्रिक सीमा के आर-पार विद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ के स्पर्श रेखीय घटक सतत होते हैं।

(h) विद्युत अपघटन वाला संधारित्र क्या होता है? इसके विभिन्न प्रकार बताएं।

2. ***कोई पाँच*** भाग करें :

(a) किसी धात्विक चालक में इलेक्ट्रॉनों के अपवाह वेग का व्यंजक व्युत्पन्न करें। **5**

(b) किसी LR परिपथ के लिए प्रेरक समय स्थिरांक परिभाषित करें। एक प्रेरक कुंडली, L, एक प्रतिरोध R तथा एक बैटरी श्रेणीक्रम में जुड़े हैं। परिपथ का समय स्थिरांक 3.5×10^{-3} s है। जब परिपथ में 6 Ω का प्रतिरोध जोड़ा जाता है तो समय स्थिरांक का नया मान 1.5×10^{-3}s है। कुंडली का प्रेरकत्व तथा प्रतिरोधक का प्रतिरोध परिकलित करें। **1+4**

(c) एक समान समतल तरंग का तरंगदैर्ध्य निर्वात में 6 cm है तथा अचुंबकीय परावैद्युत माध्यम जिसकी चुंबकशीलता मुक्त आकाश की चुंबकशीलता के बराबर है, में 2 cm है। परावैद्युत माध्यम का परावैद्युतांक तथा इसमें तरंग संचरण का कला वेग परिकलित करें। 5

(d) इलेक्ट्रॉनों का एक किरण पुंज, परस्पर अभिलंब विद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों, जिनके परिमाण क्रमश: $6\,\mathrm{kV\,m^{-1}}$ तथा 10^{-3} T हैं, से अविचलित संचरण करता है। चुंबकीय क्षेत्र के मान को अपरिवर्तित रखते हुए विद्युत क्षेत्र का मान शून्य करने पर इलेक्ट्रॉन चुंबकीय क्षेत्र में वृत्ताकार पथ पर गमन करता है। इलेक्ट्रान की चाल तथा वृत्ताकार पथ की त्रिज्या परिकलित करें। 2+3

(e) विद्युत क्षेत्र में स्थित किसी परावैद्युत पदार्थ के व्यवहार की संक्षेप में चर्चा करें तथा ध्रुवण की अवधारणा समझाएँ। 2+3

(f) एक समतल विद्युत-चुंबकीय तरंग के विद्युत क्षेत्र का व्यंजक निम्नलिखित है : 5

$$E_x = 0, \qquad E_y = 100\cos\left(4\pi \times 10^8\, t - \frac{\pi x}{3}\right),$$

$E_z = 0$ जहां E, $\mathrm{Vm^{-1}}$ में, t सेकेंड में तथा x मीटर में व्यक्त हैं। तरंग के लिए ν, k, λ, तरंग संचरण की दिशा तथा चुंबकीय क्षेत्र की दिशा निर्धारित करें।

3. ***कोई एक*** भाग करें :

(a) अचर धारा के लिए एम्पीयर नियम का उपयोग करके, परिनालिका के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न करें। चार लंबे और सीधे तारों को एक साथ कसकर बांधकर एक छोटा केबिल (cable) बनाया गया है। इन तारों में प्रवहित हो रही धाराएं इस प्रकार हैं : $I_1 = 15A$, $I_2 = -10A$, $I_3 = 20A$ तथा $I_4 = -5A$. केबिल से 5 cm की दूरी पर $\vec{B}$ का मान परिकलित करें। **5+5**

(b) किसी द्विध्रुव के कारण उसके **4+6**

(i) अक्ष पर स्थित बिन्दु, तथा

(ii) अक्ष की लंब अर्धक रेखा पर स्थित बिन्दु पर

विद्युत-क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न करें।

भौतिक नियतांक :

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

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

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

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}

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

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

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