No. of Printed Pages : 8

PHE-07

00750

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination
December, 2012

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. 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) Two point charges are 6.0 m apart and their combined charge is 90 μC. If one repels the other with a force of 0.50 N, calculate the charges.

(b) Using Gauss's law, show that the electric field near the surface of a charged conductor is perpendicular to its surface and has a magnitude $E=\sigma/\epsilon_0$, where σ is the surface charge density.

(c) Protons are accelerated to a kinetic energy of 6.0 MeV with the help of a cyclotron. Calculate the radius of the cyclotron needed to confine the stream of these energetic protons if the magnetic field in the cyclotron is 3.0 T.

(d) Show that the normal component of $\vec{D}$ is continuous across the interface of dielectric media.

(e) An air-cored solenoid having 1500 turns per metre carries a current of 0.15 A. Calculate $\vec{H}$ and $\vec{B}$ at the centre of the solenoid.

How would the values of $\vec{H}$ and $\vec{B}$ change if an iron core of absolute permeability 5×10^{-3} H m^{-1} were inserted in the solenoid ?

(f) What are ceramic capacitors ? List the materials that are used in these capacitors and state their applications.

(g) The electric field of an electromagnetic wave propagating in free space is given by

$$\vec{E} = 30\ \hat{j}\ \sin\left(10^6 \pi t - \frac{\pi}{6} x\right) \text{Vm}^{-1}.$$

Determine its direction of propagation, wavelength and frequency.

(h) Derive Snell's law of refraction for an electromagnetic wave propagating from one medium to another given that

$$\hat{n} \times \vec{k}_I = \hat{n} \times \vec{k}_R = \hat{n} \times \vec{k}_T .$$

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

(a) Derive Faraday's law of electromagnetic induction in differential form. How is the electric field appearing in the expression different from the electric field produced by static charges ?

(b) Derive the expression of Larmor frequency.

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

(d) Define local field. Show that the local field experienced by an atom in a spherical hole is given by $\hat{E}_{loc} = \vec{E} + \frac{\vec{P}}{3\epsilon_0}$ where the symbols have their usual meaning.

(e) A dielectric slab of thickness 0.5 cm and dielectric constant 7.0 is placed between the plates of a parallel - plate capacitor of plate area 100 cm^2 and separation 1.0 cm. A potential difference of 100 V is applied between the capacitor plates with the help of a battery. Calculate the capacitance of the capacitor and the energy stored in it. If the dielectric slab were to fully occupy the space between the capacitor plates by what factor would the capacitance increase ?

(f) State Ampere's circuital law. Express it in differential form. Use this law to obtain the magnetic field due to a long straight current carrying wire.

(g) A beam of electrons passes undeflected through mutually perpendicular electric and magnetic fields of magnitudes 6 kV m^{-1} and 10^{-3} T respectively. While maintaining the same magnetic field the electric field is cut off. The electrons then start moving in the magnetic field in a circular path. Calculate the speed of the electrons and the radius of the circular path traversed by them.

3. Write Maxwell's equations in free space. Hence derive the wave equation in vacuum. **4+6**

OR

Write Gauss' law in both integral and differential forms. Using Gauss' law obtain an expression for the electric field at a point lying inside an infinite uniformly charged wire. What will the electric field at this point be if the charge lies on the surface of the wire ? **2+6+2**

Physical constants	$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F m^{-1}
$e = 1.67 \times 10^{-19}$ C	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T mA^{-1}
$m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg	$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
$m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg	$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js

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

विज्ञान स्नातक (बी.एससी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2012

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 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) दो बिन्दु आवेश एक दूसरे से 6.0 m की दूरी पर स्थित हैं तथा उन पर स्थित आवेशों का कुल योग 90 μC है। यदि एक बिन्दु आवेश दूसरे को 0.50 N के बल से विकर्षित करता है तो इन पर स्थित आवेश परिकलित करें।

(b) गाऊस नियम का अनुप्रयोग कर सिद्ध करें कि किसी आवेशित चालक की सतह के नजदीक विद्युत् क्षेत्र इसकी सतह पर लंबवत् होता है तथा इसका परिमाण, $E = \sigma / \epsilon_0$ है जहाँ σ सतह आवेश घनत्व है।

(c) एक साइक्लोट्रॉन की सहायता से एक प्रोटॉन को त्वरित किया जाता है जिसके फलस्वरुप इसकी गतिज ऊर्जा का मान 6.0 MeV हो जाता है। इस साइक्लोट्रॉन, जिसमें चुंबकीय क्षेत्र का मान 3.0 T है, की त्रिज्या परिकलित करें जो इन त्वरित प्रोटॉनों के किरणपुंज को अपने अंदर रख सके।

(d) सिद्ध करें कि एक परावैद्युत की सीमा पर $\vec{D}$ का लांबिक घटक संतत होता है।

(e) वायु क्रोड वाली एक परिनालिका में प्रति मीटर 1500 घुमाव हैं तथा इसमें 0.15 A धारा प्रवाहित होती है। परिनालिका के केन्द्र पर $\vec{H}$ तथा $\vec{B}$ का मान परिकलित करें। यदि परिनालिका में $5 \times 10^{-3}\ H\ m^{-1}$ निरपेक्ष चुंबकशीलता वाले लोहे का क्रोड डाल दिया जाए तो $\vec{H}$ तथा $\vec{B}$ के मान किस प्रकार परिवर्तित होंगे?

(f) सिरेमिक संधारित्र क्या होते हैं? इन संधारित्र में प्रयुक्त पदार्थों को सुचीबद्ध करें तथा इनके अनुप्रयोग बताएं।

(g) मुक्त आकाश में संचारित विद्युत्-चुंबकीय तरंग के विद्युत् क्षेत्र का व्यंजक है :

$$\vec{E} = 30\ \hat{j}\ \sin\left(10^6 \pi t - \frac{\pi}{6} x\right)\ Vm^{-1}.$$

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

(h) एक माध्यम से दूसरे माध्यम में संचारित विद्युत् -चुंबकीय तरंग के लिए स्नेल अपवर्तन नियम व्युत्पन्न करें यदि दिया हो कि $\hat{n} \times \vec{k_I} = \hat{n} \times \vec{k_R} = \hat{n} \times \vec{k_T}$.

2. कोई ***पाँच*** भाग करें : **5x5=25**

(a) विद्युत-चुंबकीय प्रेरण के लिए फैराडे नियम अवकल रूप में व्यत्पन्न करें। प्राप्त व्यंजक में स्थित विद्युत् क्षेत्र, स्थिर आवेशों के कारण उत्पन्न विद्युत् क्षेत्र से किस प्रकार भिन्न है?

(b) लारमोर आवृत्ति के लिए व्यंजक व्युत्पन्न करें।

(c) किसी विद्युत् द्विध्रुव के अक्ष की लंबवत् दिशा में द्विध्रुव के द्विभाजक पर किसी बिन्दु पर विद्युत् क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न करें।

(d) स्थानीय क्षेत्र की परिभाषा दें। सिद्ध करें कि एक गोलीय छिद्र में किसी परमाणु द्वारा अनुभूत स्थानीय क्षेत्र का व्यंजक निम्न है : $\hat{E}_{loc} = \vec{E} + \frac{\vec{P}}{3\,\epsilon_0}$ जहाँ प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(e) किसी समांतर-प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच एक परावैद्युत पदार्थ, जिसका परावैद्युतांक 7.0 है, की 0.5 cm मोटी स्लैब रखी जाती है। संधारित्र की प्लेट का क्षेत्रफल 100 cm^2 है और प्लोटों के बीच की दूरी 1.0 cm है। एक बैटरी की सहायता से प्लेटों के बीच 100 V विभवांतर आरोपित किया जाता है। संधारित्र की धारिता तथा इसमें संग्रहित ऊर्जा का मान परिकलित करें। यदि परावैद्युत पदार्थ द्वारा प्लेटों के बीच का स्थान पूर्णतया भर दिया जाए तो संधारित्र की धारिता कितने गुणक से बढ़ जाएगी ?

(f) ऐम्पियर परिक्रमी नियम बताएं। इसे अवकल रूप में लिखें। इस नियम का उपयोग कर एक लंबे, सीधे तार, जिसमें धारा प्रवाहित हो रही है, के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र का व्यंजक व्युत्पन्न करें।

(g) एक इलेक्ट्रॉन किरणपुंज परस्पर लंबवत् विद्युत तथा चुंबकीय क्षेत्रों से होकर गुज़रता है। विद्युत क्षेत्र तथा चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण क्रमश: 6 $kV\,m^{-1}$ तथा 10^{-3} T है। चुंबकीय क्षेत्र को अपरिवर्तित रखते हुए विद्युत क्षेत्र को घटाकर शून्य कर दिया जाता है। इसके फलस्वरूप इलेक्ट्रॉन चुंबकीय क्षेत्र में एक वृत्तीय पथ के अनुदिश गमन करने लगते हैं। इलेक्ट्रॉन की चाल तथा वृत्तीय पथ की त्रिज्या परिकलित करें।

3. मुक्त आकाश के लिए मैक्सवेल समीकरण लिखें। इसके आधार पर निर्वात् के लिए तरंग समीकरण व्युत्पन्न करें। **4+6=10**

अथवा

समाकल तथा अवकल दोनों रूपों में गाऊस नियम लिखें। गाऊस नियम का अनुप्रयोग कर एक अनंत एकसमान आवेशित तार के अंदर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त करें। यदि आवेश तार की सतह पर स्थित हो तो इस बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र का मान क्या होगा ? **2+6+2=10**

भौतिक नियतांक

	$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F m^{-1}
$e = 1.67 \times 10^{-19}$ C	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T mA^{-1}
$m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg	$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
$m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg	$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js

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