

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**Term-End Examination****December, 2014****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 :

5×4=20

- (a) Two point charges $+4e$ and $+e$ are separated by a distance of 2 m. Determine the resultant force on a charge $+e$ placed at the mid-point of the line joining them.
- (b) $V = x(y^2 - 4x^2)$ is the electric potential at any point. Determine the magnitude and direction of the electric field at that point.

- (c) A dielectric slab of thickness t is inserted between the plates of a parallel plate capacitor. Show that the capacitance of the capacitor is given by

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{\left[(d - t) + \frac{t}{\epsilon_0} \right]}$$

where d is the separation of the capacitor plates and A , their area.

- (d) Show that Gauss's law for a dielectric medium is modified to

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

- (e) The energy of a capacitor is $3.0 \mu\text{J}$ when it is charged by a 1.5 V battery. Calculate its energy when it is charged by a 3.0 V battery.
- (f) An electron is moving with velocity $2\hat{i} + 3\hat{j} \text{ ms}^{-1}$ in an electric field $(3\hat{i} + 6\hat{j} + 2\hat{k}) \text{ Vm}^{-1}$ and a magnetic field of $2\hat{j} + 3\hat{k}$ (in tesla). Determine the magnitude of the Lorentz force acting on the electron.
- (g) In the Bohr model, the electron of a hydrogen atom moves in a circular orbit of radius $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ with a speed of $2.2 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$. Determine its frequency and current in the orbit.

- (h) What is self-inductance ? Derive the expression for self-inductance of a solenoid of length l and area of cross-section A having N turns.

2. Attempt any **one** part : 10

- (a) Derive the expression for the electric field due to an electric dipole at a point on the perpendicular bisector of the dipole at a distance r from the centre of the dipole. Draw the appropriate diagram. 7+3
- (b) Derive the expressions for the electric potential at points outside and inside a uniformly charged non-conducting sphere. 2+8

3. Attempt any **one** part : 10

- (a) State Biot – Savart law. Using this law, derive an expression for the magnetic field due to a long straight wire carrying current at a point on a line perpendicular to the wire. Calculate the magnetic field if the point is at a distance of 0.5 m given that the current in the wire is 5 mA. 2+6+2
- (b) Distinguish between diamagnetism, paramagnetism and ferromagnetism. Draw the B-H curve for a ferromagnetic material. Explain how it is obtained and discuss its importance. 3+3+4

4. Attempt any **one** part :

10

(a) Write Maxwell's equations for a linear dielectric medium and hence derive the wave equation. Also obtain the expression for the refractive index of the medium. 2+6+2

(b) A uniform electromagnetic plane wave of 100 MHz travelling in free space strikes a block of a material having $\epsilon = 5 \epsilon_0$, $\mu = 5 \mu_0$ and $\sigma = 0$ normal to the surface. If the incident magnetic field is given by

$$\vec{B} = 1 \times 10^{-6} \cos(\omega t - \beta y) \hat{z} \text{ tesla}$$

write the complete expressions for the reflected and transmitted electric and magnetic fields. 10

Physical constants :

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

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

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

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

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

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

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2014

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 कैल्कुलेटर्स का उपयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक स्थिरांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए :

5×4=20

(क) दो बिन्दु आवेश $+4e$ तथा $+e$ एक-दूसरे से 2 m दूरी पर स्थित हैं। इन आवेशों को मिलाने वाली रेखा के मध्य बिन्दु पर स्थित $+e$ आवेश पर परिणामी बल परिकलित कीजिए।

(ख) किसी बिन्दु पर विद्युत् विभव, $V = x(y^2 - 4x^2)$ है। इस बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र का परिमाण तथा उसकी दिशा निर्धारित कीजिए।

- (ग) मोटाई t वाला एक डाइइलेक्ट्रिक स्लैब समान्तर प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच रखा जाता है। सिद्ध कीजिए कि संधारित्र की धारिता का मान निम्नवत होगा :

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{\left[(d - t) + \frac{t}{\epsilon_0} \right]}$$

जहाँ d संधारित्र की प्लेटों के बीच की दूरी है तथा A उनका क्षेत्रफल।

- (घ) सिद्ध कीजिए कि डाइइलेक्ट्रिक माध्यम के लिए गाउस नियम निम्नवत रूपान्तरित हो जाता है :

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

- (ङ) 1.5 V बैटरी से आवेशित करने पर किसी संधारित्र की ऊर्जा का मान $3.0 \mu\text{J}$ है। जब इसे 3.0 V बैटरी द्वारा आवेशित किया जाता है, तो इसकी ऊर्जा का मान परिकलित कीजिए।

- (च) विद्युत्-क्षेत्र $(3\hat{i} + 6\hat{j} + 2\hat{k}) \text{Vm}^{-1}$ में तथा चुम्बकीय क्षेत्र $2\hat{j} + 3\hat{k}$ टेसला (tesla) में एक इलेक्ट्रॉन $2\hat{i} + 3\hat{j} \text{ms}^{-1}$ वेग से गमन करता है। इलेक्ट्रॉन पर लगने वाला लॉरेन्ट्ज़ बल का परिमाण परिकलित कीजिए।

- (छ) बोर मॉडल के अनुसार, हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन एक वृत्ताकार कक्षा में गमन करता है जिसकी त्रिज्या $5.3 \times 10^{-11} \text{m}$ है तथा इलेक्ट्रॉन की चाल $2.2 \times 10^6 \text{ms}^{-1}$ है। इस गति की आवृत्ति तथा कक्षा में धारा का मान परिकलित कीजिए।

(ज) स्व-प्रेरकत्व क्या होता है ? लम्बाई l तथा अनुप्रस्थ-परिच्छेद क्षेत्रफल A तथा N घुमावों वाले सोलेनॉइड के लिए स्व-प्रेरकत्व का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

2. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : 10

(क) किसी विद्युत् द्विध्रुव के कारण इसके लम्ब-अर्धक पर द्विध्रुव के मध्य-बिन्दु से r दूरी पर स्थित बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । उपयुक्त आरेख भी आरेखित कीजिए । 7+3

(ख) एकसमान आवेशित अचालक गोले के बाहर और अन्दर स्थित बिन्दुओं पर विद्युत् विभव के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । 2+8

3. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : 10

(क) बायो – सावर्ट नियम बताइए । इस नियम का उपयोग कर, एक लंबी सीधी तार, जिसमें धारा प्रवाहित हो रही है, के कारण इस तार के लम्बवत् दिशा में किसी बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । यदि यह बिन्दु तार से 0.5 m दूरी पर है तथा तार में प्रवाहित धारा का मान 5 mA है, तो चुम्बकीय क्षेत्र का मान परिकलित कीजिए । 2+6+2

(ख) प्रतिचुम्बकत्व, अनुचुम्बकत्व तथा लौह-चुम्बकत्व में अन्तर बताइए । किसी लौह-चुम्बकीय पदार्थ के लिए $B-H$ वक्र आरेखित कीजिए । समझाइए कि इसे किस प्रकार प्राप्त किया जाता है तथा इसके महत्त्व की चर्चा कीजिए । 3+3+4

4. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

10

(क) रैखिक परावैद्युत माध्यम के लिए मैक्सवेल समीकरणों लिखिए तथा उनसे तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। साथ ही, माध्यम के अपवर्तनांक के लिए भी व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

2+6+2

(ख) मुक्त आकाश में गतिमान 100 MHz वाली एकसमान समतल विद्युत्-चुंबकीय तरंग एक बड़े ब्लॉक के पृष्ठ (पदार्थ) पर अभिलंबवत आपतित होती है। ब्लॉक के पदार्थ के लिए $\epsilon = 5 \epsilon_0$, $\mu = 5 \mu_0$ तथा $\sigma = 0$ है। यदि आपतित चुंबकीय क्षेत्र का व्यंजक निम्नवत है :

$$\vec{B} = 1 \times 10^{-6} \cos(\omega t - \beta y) \hat{z} \text{ tesla,}$$

तो परावर्तित तथा पारगमित विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्रों के संपूर्ण व्यंजक लिखिए।

10

भौतिक स्थिरांक :

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

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

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

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

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

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

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

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