

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

December, 2016

00604

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 non-programmable calculators. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.

1. Attempt any **five** parts :

$5 \times 4 = 20$

- (a) Two point charges Q_1 and Q_2 are 3 m apart and their combined charge is $20 \mu\text{C}$. If one point charge repels the other with a force of 0.075 N , what are the magnitudes of the two charges ?
- (b) The surface charge density of a flat sheet of area 50 cm^2 is σ . An electron situated at a distance of 1.5 cm from the centre of the sheet experiences a force of $1.8 \times 10^{-12} \text{ N}$ directed away from the sheet. Calculate the total charge on the sheet.

- (c) Show that when a dielectric material is filled between the plates of a parallel plate capacitor, the value of capacitance increases by a factor K , the dielectric constant of the material.
- (d) In a cyclotron, the diameter of the pole faces is 100 cm and the magnetic field between the pole faces is 0.60 tesla. The cyclotron is used for accelerating protons. Calculate the kinetic energy of protons in eV.
- (e) In the Bohr model, the electron of a hydrogen atom moves in a circular orbit of radius 5.3×10^{-11} m with a speed of 2.2×10^6 ms⁻¹. Determine its frequency and current in the orbit.
- (f) An electron of mass m moving around a nucleus in a circular path of radius r constitutes an atomic magnet. Obtain the relation between its magnetic moment and the angular momentum of the electron.
- (g) Define self-inductance and obtain the expression for self-inductance of a solenoid.
- (h) The electric field of an electromagnetic wave in vacuum is given by

$$E_x = 0, E_y = 30 \cos \left(2\pi \times 10^8 t - \left(\frac{2}{3} \right) \pi x \right), E_z = 0$$

where E is in volts per metre, t is in seconds and x is in metres.

Determine the frequency, the wavelength, the direction of propagation and the direction of the magnetic field associated with the wave.

2. Attempt any *one* part :

- (a) ABCD is a square of side 0.02 m. Charges of 16×10^{-9} C, -16×10^{-9} C and 32×10^{-9} C are placed at points A, B and C, respectively. Determine the magnitude and direction of electric field at the point D. 10
- (b) Discuss the effect of electric field on a dielectric. Deduce Gauss's law for a dielectric medium. 4+6

3. Attempt any *one* part :

- (a) State Biot-Savart's law. Using this law, derive an expression for magnetic field along the axis of a current loop. Write one analogy and one difference between Coulomb's law and Biot-Savart's law. 2+6+2
- (b) (i) A long straight wire of radius 5.0 mm carries a current of 20 A. Calculate the magnetic field at the surface of the wire. Calculate the perpendicular distance from the axis of the wire at which the magnitude of the magnetic field will be half of its value at the wire surface. 3+3
- (ii) The value of the magnetic field at the centre of an air core solenoid is 0.40 mT. If the current flowing in the solenoid is 0.4 A, calculate the number of turns per cm. 4

4. Attempt any *one* part :

- (a) Define Lorentz force. A beam of electron passes undeflected through two mutually perpendicular electric and magnetic fields. If the electric field is cut off and the same magnetic field is maintained, the electrons move in the magnetic field in a circular path of radius 2.2 cm. Determine the ratio of the electronic charge to mass if the magnitude of electric field is 15 kVm^{-1} and the magnitude of magnetic field is $2 \times 10^{-3} \text{ T}$. 3+7
- (b) Write Maxwell's equations in differential form for vacuum with no source of charges or currents and deduce the wave equation. Also calculate the speed of electromagnetic waves. 4+6

Physical Constants :

$$\text{Mass of electron} = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{Mass of proton} = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{Charge of electron} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

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

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$$

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2016

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 अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों का उपयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों को हल कीजिए :

5×4=20

(क) दो बिन्दु आवेश Q_1 तथा Q_2 एक-दूसरे से 3 m की दूरी पर स्थित हैं तथा इन आवेशों का कुल योग $20 \mu\text{C}$ है।

यदि एक बिन्दु आवेश दूसरे को 0.075 N बल से प्रतिकर्षित करता है, तो इन दो आवेशों का परिमाण क्या है ?

(ख) 50 cm^2 क्षेत्रफल वाली एक समतल शीट का पृष्ठीय

आवेश घनत्व σ है। इस शीट के केन्द्र से 1.5 cm की

दूरी पर स्थित एक इलेक्ट्रॉन पर $1.8 \times 10^{-12} \text{ N}$ का

बल लगता है जिसकी दिशा शीट से बाहर की ओर है।

शीट पर स्थित कुल आवेश का मान परिकलित

कीजिए।

- (ग) सिद्ध कीजिए कि जब किसी समांतर प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच एक डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ भर दिया जाता है, तो संधारित्र की धारिता का मान K गुना बढ़ जाता है, जहाँ K , डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ का डाइइलेक्ट्रिक स्थिरांक है।
- (घ) किसी साइक्लोट्रॉन के ध्रुव फलकों का व्यास 100 cm है तथा ध्रुव फलकों के बीच चुंबकीय क्षेत्र का मान 0.60 tesla है। इस साइक्लोट्रॉन का उपयोग प्रोटॉनों को त्वरित करने के लिए किया जाता है। प्रोटॉनों की गतिज ऊर्जा eV में परिकलित कीजिए।
- (ङ) बोर मॉडल में, हाइड्रोजन परमाणु का इलेक्ट्रॉन 5.3×10^{-11} m त्रिज्या वाली एक वृत्तीय कक्षा में 2.2×10^6 ms⁻¹ की चाल से घूमता है। कक्षा में इसकी आवृत्ति और धारा का मान निर्धारित कीजिए।
- (च) एक नाभिक के परितः त्रिज्या r वाली वृत्तीय कक्षा (पथ) में द्रव्यमान m वाले एक इलेक्ट्रॉन के गमन करने के फलस्वरूप एक परमाण्विक चुंबक उत्पन्न/निर्मित होता है। इस चुंबक के चुंबकीय आघूर्ण तथा इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग के बीच संबंध प्राप्त कीजिए।
- (छ) स्व-प्रेरकत्व को परिभाषित कीजिए तथा किसी परिनालिका के लिए स्व-प्रेरकत्व का व्यंजक प्राप्त कीजिए।
- (ज) निर्वात में किसी विद्युत्-चुंबकीय तरंग के संगत विद्युत्-क्षेत्र निम्नवत है:

$$E_x = 0, E_y = 30 \cos \left(2\pi \times 10^8 t - \left(\frac{2}{3} \right) \pi x \right), E_z = 0$$

जहाँ E वोल्ट प्रति मीटर में, t सेकण्ड में तथा x मीटर में है।

तरंग की आवृत्ति, तरंगदैर्घ्य, संचरण दिशा तथा इसके संगत चुंबकीय क्षेत्र की दिशा निर्धारित कीजिए।

2. किसी एक भाग को हल कीजिए :

(क) ABCD एक वर्ग है जिसकी भुजा का मान 0.02 m है । बिन्दुओं A, B तथा C पर क्रमशः $16 \times 10^{-9} \text{ C}$, $-16 \times 10^{-9} \text{ C}$ तथा $32 \times 10^{-9} \text{ C}$ आवेश रखे जाते हैं । बिन्दु D पर विद्युत्-क्षेत्र का परिमाण तथा इसकी दिशा निर्धारित कीजिए ।

10

(ख) किसी डाइइलेक्ट्रिक पर विद्युत्-क्षेत्र के प्रभाव की चर्चा कीजिए । डाइइलेक्ट्रिक माध्यम के लिए गाउस नियम व्युत्पन्न कीजिए ।

4+6

3. किसी एक भाग को हल कीजिए :

(क) बायो-सावर्ट नियम बताइए । इस नियम का अनुप्रयोग कर एक धारा लूप के अक्ष के अनुदिश चुंबकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । कूलॉम नियम तथा बायो-सावर्ट नियम में एक समानता तथा एक अंतर बताइए ।

2+6+2

(ख) (i) 5.0 mm त्रिज्या वाले एक लंबे, सीधे तार में 20 A धारा प्रवाहित हो रही है । तार की सतह पर चुंबकीय क्षेत्र का मान परिकलित कीजिए । तार के अक्ष से लंबवत् दिशा में वह दूरी भी परिकलित कीजिए जहाँ पर चुंबकीय क्षेत्र का मान, तार की सतह पर उसके मान का आधा हो जाता है ।

3+3

(ii) वायु क्रोड वाली एक परिनालिका के केन्द्र में चुंबकीय क्षेत्र का मान 0.40 mT है । यदि परिनालिका में प्रवाहित धारा का मान 0.4 A है, तो इसमें प्रति cm फेरों की संख्या परिकलित कीजिए ।

4

4. किसी एक भाग को हल कीजिए :

(क) लोरेन्ट्ज़ बल परिभाषित कीजिए । दो परस्पर लंबवत् विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्रों से एक इलेक्ट्रॉन किरणपुंज अविचलित निर्गत होता है । यदि विद्युत्-क्षेत्र को बंद कर दिया जाए, तो उसी चुंबकीय क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन 2.2 cm त्रिज्या वाले वृत्ताकार पथ में घूमता है । इलेक्ट्रॉन के आवेश तथा द्रव्यमान का अनुपात परिकलित कीजिए यदि विद्युत्-क्षेत्र का परिमाण 15 kVm^{-1} तथा चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण $2 \times 10^{-3} \text{ T}$ है ।

3+7

(ख) आवेश तथा धारा मुक्त प्रदेशों (निर्वात) के लिए मैक्सवेल समीकरणों को अवकल रूप में लिखिए । इनके आधार पर तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । विद्युत्-चुंबकीय तरंगों की चाल भी परिकलित कीजिए ।

4+6

भौतिक नियतांक :

$$\text{इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान} = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{प्रोटॉन का द्रव्यमान} = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{इलेक्ट्रॉन का आवेश} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

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

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$$

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