No. of Printed Pages : 8

PHE-07

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

03161

June, 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 : *4×5=20*

   (a) State Coulomb's law. Calculate the forces acting between two positive point charges 4×10^{-6} C and 5×10^{-6} C separated by a distance of 1 m in air. Show properly labelled forces in a diagram. *1+2+1*

   (b) Show that the electrostatic force is conservative. *4*

   (c) Determine the effective capacitance of two capacitors connected in series in an electrical circuit. *4*

   (d) Distinguish between polar and non-polar molecules. Give one example in each case. *4*

(e) The dielectric constant of methane at 0°C and 1 atm pressure is 1·00088. Calculate its molecular polarisability given that there are $2{\cdot}8 \times 10^{28}$ molecules in 1 m^3 volume in units of ε_0. *4*

(f) A cyclotron is being used to accelerate protons to a kinetic energy of 5·0 MeV. If the magnetic field in the cyclotron is 2·0 T, what must be the radius of the cyclotron and the frequency at which the Dee voltage is alternated ? *2+2*

(g) Four very long straight wires are bound together to form a cable. The wires carry currents

$I_1 = 20$ A, $I_2 = -10$ A, $I_3 = 12$ A, $I_4 = -2$ A.

Obtain the magnetic field at a distance of 1·0 m from the cable. *4*

(h) A time-varying electric field in free space has the components $E_x = E_y = 0$ and

$E_z = E_0 \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \cos \omega t$. Determine the associated magnetic field and the direction of propagation of the electromagnetic field. *3+1*

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

(a) Determine the electric potential due to a uniformly charged disc of radius R at a point along its axis at a distance r >> R. *10*

(b) State Gauss's law. Using Gauss's law, determine the electric field of a uniformly charged sphere at a point (i) inside the sphere and (ii) outside the sphere. *4+6*

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

(a) State Ampere's law. Using Ampere's law, determine the magnetic field due to a very long solenoid. Calculate the magnetic field due to a solenoid having 10 turns per cm for 1 mA current in the solenoid. *2+6+2*

(b) Explain Larmor precession with the help of a diagram. Derive the expression for the Larmor frequency $\omega_p = g\frac{e}{2m}B$. In the magnetic field of 2·0 Wb m^{-2}, protons have the precession frequency of 84 MHz. Calculate the g-factor of the proton. *3+5+2*

4. Attempt any ***one*** part :

(a) Write Maxwell's equations in free space. From these equations, derive the wave equation of electromagnetic waves propagating in free space with no source charges or currents. Show that these waves propagate at the speed of light in vacuum.

2+6+2

(b) A uniform electromagnetic plane wave of 100 MHz travelling in free space strikes a block of material having $\varepsilon = 4\,\varepsilon_0$, $\mu = 9\,\mu_0$ and $\sigma = 0$, normal to the surface. The incident electric field is given by

$$\vec{E} = 3000 \cos(\omega t - \beta y)\,\hat{z}\ \text{Vm}^{-1}$$

Obtain the complete expressions for the reflected and transmitted electric fields. *10*

Physical constants :

$e = 1{\cdot}67 \times 10^{-19}$ C

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}67 \times 10^{-27}$ kg

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

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

$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ Js

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9{\cdot}0 \times 10^{9}\ \text{N m}^2\ \text{C}^{-2}$$

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2014

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-07 : वैद्युत् 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 । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं । भौतिक स्थिरांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।*

---

1. किन्हीं ***पाँच*** भागों के उत्तर लिखें : *4×5=20*

(क) कूलॉम नियम बताएँ । वायु में एक-दूसरे से 1 m दूरी पर स्थित दो बिन्दु धन आवेशों 4×10^{-6} C तथा 5×10^{-6} C के बीच लगने वाले बलों को परिकलित करें । एक आरेख में इन बलों को उचित रूप से नामांकित करके दिखाएँ । *1+2+1*

(ख) सिद्ध करें कि स्थिर-वैद्युत् बल संरक्षी होता है । *4*

(ग) किसी विद्युत् परिपथ में श्रेणीक्रम में जुड़े दो संधारित्रों की प्रभावी धारिता निर्धारित करें । *4*

(घ) ध्रुवीय तथा अध्रुवीय अणुओं में अंतर स्पष्ट कीजिए । प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए । *4*

(ङ) 0°C तथा 1 atm दाब पर मेथैन का डाइइलेक्ट्रिक स्थिरांक 1·00088 है । यदि 1 m^3 आयतन में अणुओं की संख्या $2{\cdot}8 \times 10^{28}$ है तो ε_0 की इकाई में पदार्थ की आण्विक ध्रुवणता परिकलित करें । *4*

(च) एक साइक्लोट्रॉन का उपयोग प्रोटॉनों को त्वरित करने के लिए किया जाता है जिससे प्रोटॉनों की गतिज ऊर्जा 5·0 MeV हो जाती है । यदि साइक्लोट्रॉन में चुंबकीय क्षेत्र का मान 2·0 T है, तो इसकी त्रिज्या का मान परिकलित करें । साथ ही, डी के परितः आरोपित प्रत्यावर्ती विभव की आवृत्ति परिकलित करें । *2+2*

(छ) एक केबल में चार अत्यधिक लंबी, सीधी तारें हैं । तारों में धाराओं के मान निम्नवत हैं :

$I_1 = 20$ A, $I_2 = -10$ A, $I_3 = 12$ A, $I_4 = -2$ A.

केबल से 1·0 m दूरी पर चुंबकीय क्षेत्र का मान परिकलित करें । *4*

(ज) मुक्त आकाश में समय के साथ परिवर्तित होने वाले एक विद्युत्-क्षेत्र के घटकों के मान निम्नवत हैं :

$E_x = E_y = 0$ तथा $E_z = E_0 \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \cos \omega t.$

संगत चुंबकीय क्षेत्र निर्धारित करें तथा विद्युत्-चुंबकीय क्षेत्र के संचरण की दिशा बताएँ । *3+1*

2. किसी ***एक*** भाग का उत्तर लिखें :

(क) त्रिज्या R वाले एकसमान आवेशित डिस्क के अक्ष के अनुदिश किसी बिन्दु, जिसकी दूरी $r >> R$ है, पर विद्युत् विभव निर्धारित करें । *10*

(ख) गाउस नियम बताएँ । गाउस नियम का उपयोग कर एकसमान आवेशित गोले के विद्युत्-क्षेत्र का व्यंजक (i) गोले के अंदर तथा (ii) गोले के बाहर किसी बिन्दु पर निर्धारित करें । *4+6*

3. किसी ***एक*** भाग का उत्तर लिखें :

(क) ऐम्पियर नियम बताएँ । ऐम्पियर नियम का उपयोग कर एक अत्यधिक लंबी परिनालिका के कारण चुंबकीय क्षेत्र का व्यंजक व्युत्पन्न करें । 10 फेरे प्रति cm वाली एक परिनालिका, जिसमें 1 mA धारा प्रवाहित होती है, के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र परिकलित करें । *2+6+2*

(ख) एक आरेख की सहायता से लारमोर पुरस्सरण समझाएँ । लारमोर आवृत्ति का निम्नलिखित व्यंजक व्युत्पन्न करें :

$$\omega_p = g \frac{e}{2m} B$$

$2{\cdot}0 \text{ Wb m}^{-2}$ चुंबकीय क्षेत्र में किसी प्रोटॉन की पुरस्सरण आवृत्ति का मान 84 MHz है । प्रोटॉन के लिए g-गुणक परिकलित करें । *3+5+2*

4. किसी ***एक*** भाग का उत्तर लिखें :

(क) मुक्त आकाश के लिए मैक्सवेल समीकरणें लिखें । इन समीकरणों का उपयोग कर स्रोत आवेश-विहीन या धारा-विहीन मुक्त आकाश में संचरित विद्युत्-चुंबकीय तरंगों के लिए तरंग समीकरण व्युत्पन्न करें । सिद्ध करें कि ये तरंगें, निर्वात में प्रकाश की चाल के बराबर चाल से गमन करती हैं । *2+6+2*

(ख) मुक्त आकाश में गतिमान 100 MHz वाली एकसमान समतल विद्युत्-चुंबकीय तरंग एक बड़े ब्लॉक के पृष्ठ पर अभिलंबतः आपतित होती है जहाँ $\varepsilon = 4\,\varepsilon_0$, $\mu = 9\,\mu_0$ तथा $\sigma = 0$ है । आपतित विद्युत्-क्षेत्र निम्नवत है :

$$\vec{E} = 3000 \cos(\omega t - \beta y)\hat{z}\ \text{Vm}^{-1}$$

परावर्तित तथा पारगमित विद्युत्-क्षेत्रों के संपूर्ण व्यंजक प्राप्त करें । *10*

भौतिक स्थिरांक :

$e = 1{\cdot}67 \times 10^{-19}$ C

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}67 \times 10^{-27}$ kg

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

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

$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ Js

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9{\cdot}0 \times 10^{9}$ N m^2 C^{-2}