

## BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

## Term-End Examination

June, 2011

PHE-7 : ELECTRIC AND MAGNETIC  
PHENOMENA

01483

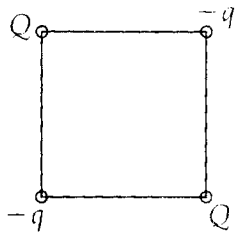
Time : 2 hours

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) Point charges are placed at the vertices of a square of side  $a$  as shown. Calculate the magnitude of ratio  $\left| \frac{q}{Q} \right|$  so that net force on each  $Q$  is zero.



- (b) Calculate the effective capacitance of three capacitors arranged in such a way that two of them,  $C_1$  and  $C_2$ , are in series and the third  $C_3$  is in parallel with this series combination.

- (c) Two metallic plates of radius  $r$  are placed at a distance  $d$  apart and have capacitance  $C$ . If another plate of radius  $\frac{r}{2}$  and thickness  $d$  with dielectric constant  $\epsilon$  is placed between the plates, find the capacitance of the system.
- (d) An electric dipole of length 2 cm is placed with its axis making an angle of  $60^\circ$  with a uniform electric field of  $10^5 \text{ NC}^{-1}$ . If it experiences a torque of  $8\sqrt{3} \text{ N.m}$ , calculate the magnitude of charge on the dipole.
- (e) Explain the principle of superposition as applicable to electric force.
- (f) A metal ring placed on top of a vertically placed solenoid jumps when current through the solenoid is switched on. Explain why ?
- (g) Define electric dipole and obtain the value of electric field at a point  $P$  on the perpendicular bisector of the dipole axis.

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

- (a) A copper wire has a square cross-section of 6 mm on a side. The wire is 10 m long and carries a current of 3.6 A. The number density of free electrons is  $8.5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ . Find the magnitude of (i) current density in the wire and (ii) electric field in the wire. How much time is required by an electron to travel the length of the wire ?  
 ( $\rho$  -electrical resistivity =  $1.72 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ )

- (b) A beam of electron passes undeflected through two mutually perpendicular electric and magnetic fields. 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 1.14 cm. Determine the ratio of the electronic charge to mass if  $E = 81 \text{ Vm}^{-1}$  and  $B = 2 \times 10^{-3} \text{ T}$ .
- (c) (i) State Biot-Savart's Law. 1  
(ii) A current of 5 A is passed through a straight wire of length 6 cm. Calculate the magnetic induction at a point P located on the perpendicular bisector of the wire such that its distance is 5 cm from each end of the wire. 4
- (d) The amplitude of electric field in an electromagnetic wave is  $E_0 = 120 \text{ Vm}^{-1}$  and its frequency is  $\nu = 50 \text{ MHz}$ . Determine  $B_0$ ,  $\omega$ ,  $k$  and  $\lambda$ . Also write the expression for  $\vec{E}$  and  $\vec{B}$ . If the wave is travelling in the  $+x$  direction and  $\vec{E}$  is along the  $+y$  axis.
- (e) (i) What is the dielectric constant of the medium in which the plane electromagnetic wave given by  $E = 100 \cos (6 \times 10^8 t + 4x) \text{ Vm}^{-1}$  propagates ? 3  
(ii) Calculate the average energy density of an electromagnetic wave given by  $E = (50 \text{ Vm}^{-1}) \sin (\omega t - kx)$ . 2
- (f) Discuss the behaviour of a dielectric in an electric field and explain the concept of atomic polarisability. 2+3

3. (a) State Gauss's Law for electric flux. Write it in its differential form. 2+1
- (b) Obtain the expressions for electric field due to a uniformly charged sphere of radius  $R$  at the points (i)  $r > R$ , (ii)  $r = R$  and (iii)  $r < R$ . How would these expressions modify if the sphere is a conductor? 5+2

OR

- (a) Show that the magnitude of  $\vec{B}$  falls off inversely with the distance from an infinitely long wire carrying a current  $I$ . 5
- (b) An electric generator consists of a 10 turn square wire loop of side 50 cm. The loop is turned at 50 revolutions per second to produce the standard 50 Hz ac. How strong must the magnetic field be for the peak output voltage of the generator to be 400 V? 5

Physical Constants :

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

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

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

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

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

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

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

## विज्ञान स्नातक ( बी.एस.सी. )

सत्रांत परीक्षा

जून, 2011

## पी.एच.ई.-7 : वैद्युत और चुंबकीय परिघटनाएँ

समय : 2 घण्टे

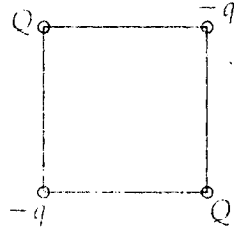
अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप ब्लॉग टेबल या कैल्कुलेटर 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 :

5x3=15

- (a) भुजा  $a$  वाले एक वर्ग के शीर्षों पर बिन्दु आवेश रखे गए हैं जैसाकि निम्न चित्र में दिखाया गया है :



अनुपात  $\left| \frac{q}{Q} \right|$  का वह मान परिकल्पित करें जिसके लिए प्रत्येक  $Q$  पर लगने वाले नेट बल का मान शून्य हो।

- (b) तीन संधारित्र  $C_1$ ,  $C_2$  तथा  $C_3$  इस प्रकार व्यवस्थित हैं कि इनमें से दो,  $C_1$  तथा  $C_2$  एक दूसरे से श्रेणी में जुड़े हैं तथा तीसरा,  $C_3$  इस श्रेणी क्रम के साथ समान्तर में जुड़ा है। इस निकाय की प्रभावी धारिता परिकल्पित करें।

- (c) दो धात्विक प्लेटें, जिनमें से प्रत्येक की त्रिज्या  $r$  है, एक दूसरे से  $d$  दूरी पर रखी हैं तथा इस निकाय की धारिता  $C$  है। यदि मोटाई  $d$  वाली एक प्लेट को जिसकी त्रिज्या  $r/2$  है तथा जिसका परावैद्युतांक  $6$  है, इन प्लेटों के बीच रख दिया जाए तो निकाय की धारिता परिकलित करें।
- (d)  $2 \text{ cm}$  लंबाई वाला एक विद्युत् द्विध्रुव  $10^5 \text{ NC}^{-1}$  परीमाण वाले एकसमान विद्युत क्षेत्र में इस प्रकार रखा है कि इसका अक्ष, विद्युत क्षेत्र दिशा के साथ  $60^\circ$  का कोण बनाता है। यदि द्विध्रुव द्वारा अनुभूत बलआघूर्ण का मान  $8\sqrt{3} \text{ N.m}$  है तो द्विध्रुव पर स्थित आवेश परिकलित करें।
- (e) विद्युत बल पर लागू होने वाले अध्यारोपण सिद्धांत को समझाएं।
- (f) किसी ऊर्ध्वाधर स्थित परिनालिका के उपर एक धात्विक वलय रखा है। जब परिनालिका में विद्युत् धारा प्रवाहित की जाती है तो यह वलय उपर की ओर उछलता है। समझाएं कि ऐसा क्यों होता है।
- (g) विद्युत् द्विध्रुव को परिभाषित करें तथा इसके अक्ष के लंब-द्विभाजक पर स्थित किसी बिन्दु  $P$  पर विद्युत् क्षेत्र का मान परिकलित करें।

2. कोई पाँच भाग करें :

5x5=25

- (a) एक तांबे के तार का अनुप्रस्थ परिच्छेद वर्गाकार है जिसकी एक भुजा की लंबाई  $6 \text{ mm}$  है। इस तार की लंबाई  $10 \text{ m}$  है तथा इसमें  $3.6 \text{ A}$  धारा प्रवाहित हो रही है। मुक्त इलेक्ट्रॉनों का संख्या घनत्व  $8.5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$  है। इस तार में (i) धारा घनत्व तथा (ii) विद्युत क्षेत्र परिकलित करें। एक इलेक्ट्रॉन को इस तार के एक छोर से दूसरे छोर तक जाने में कितना समय लगेगा ?  
( $\rho$  - वैद्युत प्रतिरोधकता =  $1.72 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ ).

- (b) परस्पर लंबवत् विद्युत् क्षेत्र तथा चुंबकीय क्षेत्र से होकर एक इलेक्ट्रॉन किरणपुंज अविचलित गुजरता है। यदि विद्युत् क्षेत्र हटा लिया जाए और चुंबकीय क्षेत्र का मान पूर्ववत् रखा जाए तो इलेक्ट्रॉन 1.14 cm त्रिज्या वाले वृत्तीय पथ पर गमन करता है। इलेक्ट्रॉन के आवेश और द्रव्यमान का अनुपात परिकल्पित करें। यदि  $E = 81 \text{ Vm}^{-1}$  और  $B = 2 \times 10^{-3} \text{ T}$  है।
- (c) (i) वायो-सावर्ट नियम बताएं। 1  
(ii) 6 cm लंबे, सीधे तार में 5 A धारा प्रवाहित की जाती है। इस तार के लंब-द्विभाजक के अनुदिश किसी बिन्दु P, जिसकी दूरी तार के प्रत्येक छोर से 5 cm है, पर चुंबकीय प्रेरण परिकल्पित करें। 4
- (d) एक विद्युत-चुंबकीय तरंग के विद्युत् क्षेत्र का आयाम,  $E_0 = 120 \text{ Vm}^{-1}$  है तथा इसकी आवृत्ति,  $\nu = 50 \text{ MHz}$  है। इस तरंग के लिए  $B_0$ ,  $\omega$ ,  $k$  तथा  $\lambda$  निर्धारित करें। साथ ही,  $\vec{E}$  तथा  $\vec{B}$  के लिए व्यंजक लिखें यदि तरंग +x दिशा में संचरण करती है तथा  $\vec{E}$ , +y दिशा के अनुदिश है।
- (e) (i) किसी माध्यम में एक समतल विद्युत-चुंबकीय तरंग संचरण करती है जिसका व्यंजक निम्न है : 3  
 $E = 100 \cos (6 \times 10^8 t + 4x) \text{ Vm}^{-1}$   
माध्यम का परावैद्युतांक परिकल्पित करें।  
(ii) निम्नलिखित व्यंजक द्वारा व्यक्त विद्युत-चुंबकीय तरंग का औसत ऊर्जा घनत्व परिकल्पित करें : 2  
 $E = (50 \text{ Vm}^{-1}) \sin (\omega t - kx)$ .
- (f) विद्युत् क्षेत्र में स्थित किसी परावैद्युत पदार्थ के व्यवहार की चर्चा करें तथा परमाण्वीय ध्रुवणीयता अवधारणा समझाएं। 2+3

3. (a) विद्युत अभिवाह के लिए गाउस नियम बताएं। इस 2+1  
नियम को अवकल रूप में लिखें।
- (b) त्रिज्या  $R$  वाले एकसमान आवेशित गोलक के कारण 5+2  
निम्नलिखित स्थितियों पर विद्युत् क्षेत्र के लिए व्यंजक  
व्युत्पन्न करें :
- (i)  $r > R$ , (ii)  $r = R$  तथा (iii)  $r < R$ .  
यह व्यंजक किस प्रकार परिवर्तित होगा यदि गोलक एक  
सुचालक हो ?

अथवा

- (a) सिद्ध करें कि  $\vec{B}$  का परिमाण, अनंततः लंबी तार, जिसमें 5  
धारा  $I$  प्रवाहित हो रही है, से दूरी के व्युत्क्रम के संगत  
कम होता है।
- (b) किसी वैद्युत जनित्र में 10 फेरों वाला तारों का एक 5  
वर्गाकार पाश है जिसकी एक भुजा की लंबाई 50 cm  
है। मानक 50 Hz ac उत्पन्न करने के लिए इस पाश को  
50 फेरे प्रति सेकेन्ड की दर से घुमाया जाता है। जनित्र  
के निर्गम विभव का शिखर मान 400 V होने के लिए  
चुंबकीय क्षेत्र का मान कितना होना चाहिए ?

**भौतिक नियतांक :**

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

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

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

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

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

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

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