

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

05251

December, 2017

PHYSICS

PHE-07 : ELECTRIC AND MAGNETIC
PHENOMENA

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : All questions are **compulsory**. The marks 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 : 5×3=15

(a) Two point charges Q_1 and Q_2 are 3 m apart and their combined charge is $20 \mu\text{C}$. If one repels the other with a force of 0.075 N , what are the two charges ?

(b) The potential at any point is given by

$$\phi = x(y^2 - 4x^2).$$

Calculate the electric field \vec{E} at that point.

- (c) Calculate the gain or loss of electrostatic energy when a droplet of radius R carrying a charge Q splits into two equal sized droplets of charge $Q/2$ and radius R' . Assume droplets are repelled to a large distance compared to R' because of electrostatic repulsion.
- (d) Two parallel plates which have cross-sectional area of 100 cm^2 , carry equal and opposite charge of $1.0 \times 10^{-7} \text{ C}$. The space between the plates is filled with a dielectric material and the electric field within the dielectric is $3.3 \times 10^5 \text{ Vm}^{-1}$. Determine the dielectric constant of the dielectric.
- (e) A large metal plate of area 1.0 m^2 carries a charge $2.2 \times 10^{-10} \text{ C}$. Calculate the electric field at a point near the plate.
- (f) A toroid with 1000 turns is wound on an iron ring of 360 mm^2 cross-sectional area, 0.75 m mean circumference and of 1500 relative permeability. If the windings carry current of 0.24 A , calculate the magnetizing field H and magnetic induction B .
- (g) A solenoid 1 m long and 20 cm in diameter contains 10,000 turns of wire. A current of 2.5 A flowing in it is reduced steadily to zero in 1.0 ms . What is the magnitude of the back e.m.f. of the inductor while the current is being switched off?
 [Take $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$.]

2. Attempt any *five* parts :

5×5=25

(a) Derive the expression for potential at points inside a uniformly charged spherical shell of negligible thickness.

(b) A dielectric block is polarised such that

$$\vec{P} = 2.5 \times 10^{-7} (2x\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}) \text{ cm}^{-2}.$$

Calculate the bound volume charge density for the block.

(c) A long cylindrical wire of radius R carries a steady current I which is uniformly distributed over its cross-sectional area. Determine the magnetic field at a distance $r (< R)$ from the axis of the wire.

(d) Electric field is given by

$$E = 1000 \hat{x} \exp \left[i \left(\frac{(2y - z) \cdot r}{100} - \omega t \right) \right] \text{Vm}^{-1}$$

for a plane electromagnetic wave in a charge free and current free region. Calculate the associated magnetic field. Calculate the wavelength and frequency of the wave.

(e) Derive the wave equation from Maxwell's equation.

(f) Define magnetic moment. Obtain an expression for magnetic moment in terms of angular momentum L .

3. Attempt any **one** part :

$1 \times 10 = 10$

- (a) State and explain the Biot-Savart law. Use the Biot-Savart law to obtain an expression for magnetic field B due to a long straight wire carrying a current. 4+6
- (b) State Gauss's law. Using Gauss's law, obtain an expression for electric field E due to a spherical charge distribution. 3+7

Physical Constants :

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

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

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

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

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



विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2017

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 कैल्कुलेटर्स 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 कीजिए :

5×3=15

(क) दो बिन्दु आवेश Q_1 तथा Q_2 एक-दूसरे से 3 m दूरी पर हैं और उन पर कुल आवेश का मान $20 \mu\text{C}$ है। यदि ये बिन्दु आवेश एक-दूसरे को 0.075 N बल से विकर्षित करते हैं, तो इन दो आवेशों के मान क्या होंगे ?

(ख) किसी बिन्दु पर विभव का मान निम्नलिखित व्यंजक द्वारा व्यक्त होता है :

$$\phi = x(y^2 - 4x^2).$$

उस बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र \vec{E} परिकलित कीजिए।

- (ग) त्रिज्या R तथा आवेश Q वाला एक बिन्दुक, त्रिज्या R' तथा आवेश $Q/2$ वाले दो समान आकार वाले बिन्दुकों में विभाजित हो जाता है। इस प्रक्रिया में स्थिर-वैद्युत ऊर्जा का लाभ अथवा हानि परिकलित कीजिए। मान लीजिए कि स्थिर-वैद्युत विकर्षण के कारण ये दो बिन्दुक एक-दूसरे से, R' की तुलना में, काफी दूर विकर्षित हो जाते हैं।
- (घ) दो समांतर प्लेटों, जिनका अनुप्रस्थ-परिच्छेद क्षेत्रफल 100 cm^2 है, पर विपरीत किन्तु बराबर परिमाण का आवेश $1.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ स्थित है। प्लेटों के बीच का स्थान डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ से भरा है और प्लेटों के बीच डाइइलेक्ट्रिक माध्यम में विद्युत्-क्षेत्र का मान $3.3 \times 10^5 \text{ Vm}^{-1}$ है। डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ का डाइइलेक्ट्रिक स्थिरांक ज्ञात कीजिए।
- (ङ) 1.0 m^2 क्षेत्रफल वाले एक बृहत् धात्विक प्लेट पर $2.2 \times 10^{-10} \text{ C}$ आवेश स्थित है। प्लेट के निकट किसी बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र का मान परिकलित कीजिए।
- (च) 1000 फेरे वाले एक टोरोइड को लोहे के वलय में लपेटा गया है जिसका अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल 360 mm^2 , माध्य परिधि 0.75 m और आपेक्षिक चुंबकशीलता 1500 है। यदि तार में 0.24 A धारा प्रवाहित हो रही हो, तो चुंबकन क्षेत्र H तथा चुंबकीय प्रेरण B परिकलित कीजिए।
- (छ) 1 m लंबे और 20 cm व्यास वाली एक परिनालिका में तार के 10,000 घुमाव हैं। इसमें प्रवाहित 2.5 A धारा 1.0 ms में धीरे-धीरे शून्य हो जाती है। प्रेरक का विरोधी विद्युत्-वाहक बल का परिमाण क्या होगा जबकि धारा को शून्य किया जाता है ?
[मान लीजिए कि $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$ है।]

2. किन्हीं पाँच भागों को कीजिए : 5×5=25

(क) एकसमान आवेशित नगण्य मोटाई वाले एक गोलीय कोश के कारण उसके अंदर स्थित बिन्दुओं पर विभव के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

(ख) एक डाइइलेक्ट्रिक खंड इस प्रकार ध्रुवित है कि

$$\vec{P} = 2.5 \times 10^{-7} (2x\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}) \text{ cm}^{-2} \text{ है ।}$$

खंड के लिए परिबद्ध आयतन आवेश घनत्व परिकलित कीजिए ।

(ग) त्रिज्या R वाले एक लंबे बेलनाकार तार में एक अपरिवर्ती धारा I प्रवाहित होती है जो कि इसके अनुप्रस्थ-परिच्छेद क्षेत्रफल पर एकसमान रूप से वितरित है । तार के अक्ष से दूरी $r (< R)$ पर चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए ।

(घ) आवेश मुक्त तथा धारा रहित क्षेत्र में एक समतल विद्युत्-चुंबकीय तरंग के लिए विद्युत्-क्षेत्र का व्यंजक है :

$$E = 1000 \hat{x} \exp \left[i \left(\frac{(2y - z) \cdot r}{100} - \omega t \right) \right] \text{Vm}^{-1}$$

संबद्ध चुंबकीय क्षेत्र परिकलित कीजिए । तरंग का तरंगदैर्घ्य तथा आवृत्ति परिकलित कीजिए ।

(ङ) मैक्सवेल समीकरण के आधार पर तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए ।

(च) चुंबकीय आघूर्ण परिभाषित कीजिए । कोणीय संवेग L के पदों में चुंबकीय आघूर्ण का व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

3. किसी एक भाग को कीजिए :

$1 \times 10 = 10$

(क) बायो-सावर्ट नियम समझाइए। बायो-सावर्ट नियम का प्रयोग कर एक लंबे, सीधे तार, जिसमें धारा प्रवाहित हो रही है, के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र B के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

4+6

(ख) गाउस नियम बताइए। गाउस नियम का प्रयोग कर एक गोलीय आवेश वितरण के कारण विद्युत्-क्षेत्र E के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

3+7

भौतिक नियतांक :

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

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

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

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

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