

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2018

00705

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 meanings. The values of physical constants are given at the end.

1. Attempt any **five** parts :

5×4=20

- (a) A small object carrying a charge of -4×10^{-9} C experiences a force of 15×10^{-6} N in the negative x-direction when placed at a point in an electric field. Calculate the electric field at this point. What would the magnitude and direction of the force acting on a proton placed at this point be ?
- (b) Two point charges $+4e$ and $+e$ are fixed at a distance 'a'. A third charge q is placed on a straight line joining these two charges so that q is in equilibrium. Determine the position of q .

- (c) Explain the mechanism of polarisation in dielectrics made up of non-polar molecules and dielectrics made up of polar molecules.
- (d) Two parallel plates which have a cross-sectional area of 100 cm^2 , carry an 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 $2.3 \times 10^5 \text{ Vm}^{-1}$. If the electric field across the plates without the dielectric is given by $E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$, σ being the surface charge density of the plates, calculate the dielectric constant of the dielectric.
- (e) The magnetic field at the centre of a solenoid of length 2.5 m and diameter 0.8 m is 0.5 tesla . Calculate the energy stored in the field of the solenoid.
- (f) 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 the current in the orbit.
- (g) What is the basic difference in the nature of the electric fields produced by static charges and those induced by changing magnetic fields ?
- (h) A current of 2.5 A flowing in a solenoid having self-inductance 3.8 H is reduced steadily to zero in 1.0 ms . Calculate the magnitude of the back emf of the solenoid while the current is being switched off.

2. Attempt any **one** part : 1×10=10

(a) Using Gauss's law, obtain expressions for electric field at a point (i) outside, and (ii) inside a spherical charge distribution. 5+5

(b) A parallel plate capacitor having rectangular plates of area of cross-section $6.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ each is kept in free space. The separation between the plates is $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ and a voltage of 15 V is applied across these plates. Calculate the capacitance of the capacitor. If a material of dielectric constant 6.0 is introduced in the region between the two plates, calculate the capacitance and the electric displacement \vec{D} . 3+3+4

3. Attempt any **one** part : 1×10=10

(a) (i) Obtain an expression for the potential at a point near an infinitely long charged wire. 6

(ii) Explain the working of a velocity selector. 4

(b) Using Ampere's law, obtain the expression for the magnetic field due to a solenoid. 10

4. Attempt any **one** part : 1×10=10

(a) (i) The pole faces of a cyclotron magnet are 100 cm in diameter and the magnetic field between the pole faces is 0.60 tesla. The cyclotron is used to accelerate protons. Calculate the kinetic energy, in eV, and the speed of the protons as they emerge from the cyclotron. 3+3

(ii) A plane electromagnetic wave propagates from one dielectric to another at normal incidence. Calculate the ratio of the indices of refraction of the two dielectrics for which the reflection and transmission coefficients are both equal to 0.5.

4

(b) Under what conditions do the following time-varying electric and magnetic fields satisfy Maxwell's equations in vacuum with no source charges or currents ?

$$\vec{E} = \hat{k} E_0 \sin(y - vt)$$

$$\vec{B} = \hat{i} B_0 \sin(y - vt)$$

where E_0 and B_0 are constants.

10

Physical Constants :

Mass of electron = 9.1×10^{-31} kg

Charge of electron = 1.6×10^{-19} C

Mass of proton = 1.7×10^{-27} kg

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

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2018

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 नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।

1. किन्हीं पाँच भागों को हल कीजिए : 5×4=20

(क) विद्युत्-क्षेत्र में एक बिन्दु पर रखा एक लघु पिंड, जिस पर -4×10^{-9} C आवेश स्थित है, ऋणात्मक x-दिशा में 15×10^{-6} N का बल अनुभव करता है । इस बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र का मान परिकलित कीजिए । यदि इस बिन्दु पर एक प्रोटॉन रखा जाए, तो उस पर लगने वाले बल का परिमाण तथा उसकी दिशा क्या होगी ?

(ख) दो बिन्दु आवेश $+4e$ तथा $+e$, दूरी 'a' पर रखे हुए हैं । एक तीसरा आवेश q इन दो आवेशों की मिलाने वाली सरल रेखा पर इस प्रकार रखा गया है जिससे कि q साम्यावस्था में रहे । q की स्थिति ज्ञात कीजिए ।

- (ग) अध्रुवीय अणुओं से बने डाइइलेक्ट्रिकों और ध्रुवीय अणुओं से बने डाइइलेक्ट्रिकों में ध्रुवण प्रक्रिया को समझाइए ।
- (घ) दो समांतर प्लेटों पर, जिनके अनुप्रस्थ-परिच्छेद क्षेत्रफल 100 cm^2 है, परिमाण $1.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ के समान और विपरीत आवेश हैं । प्लेटों के बीच में डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ रखा जाता है और डाइइलेक्ट्रिक के भीतर विद्युत्-क्षेत्र $2.3 \times 10^5 \text{ Vm}^{-1}$ है । यदि प्लेटों के बीच डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ न होने पर विद्युत्-क्षेत्र $E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ है, जहाँ σ प्लेटों पर पृष्ठीय आवेश घनत्व है, तो डाइइलेक्ट्रिक का डाइइलेक्ट्रिक नियतांक परिकलित कीजिए ।
- (ङ) 2.5 m लम्बी तथा 0.8 m व्यास वाली एक परिनालिका के केन्द्र पर चुंबकीय क्षेत्र का मान 0.5 tesla है । परिनालिका के क्षेत्र में संग्रहित ऊर्जा का मान परिकलित कीजिए ।
- (च) बोर मॉडल में, हाइड्रोजन परमाणु का इलेक्ट्रॉन $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ त्रिज्या वाली एक वृत्तीय कक्षा में $2.2 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$ की चाल से घूमता है । कक्षा में इसकी आवृत्ति और धारा निर्धारित कीजिए ।
- (छ) स्थैतिक आवेशों से उत्पन्न विद्युत्-क्षेत्रों की प्रकृति और परिवर्ती चुंबकीय क्षेत्रों से उत्पन्न विद्युत्-क्षेत्रों की प्रकृति में आधारभूत अंतर बताइए ।
- (ज) स्व-प्रेरकत्व 3.8 H वाली एक परिनालिका में 2.5 A की धारा प्रवाहित हो रही है जो 1.0 ms से धीरे-धीरे घटकर शून्य हो जाती है । जब धारा को शून्य किया जाता है, तो परिनालिका में उत्पन्न विरोधी विद्युत्-वाहक बल का परिमाण परिकलित कीजिए ।

2. किसी एक भाग को हल कीजिए : $1 \times 10 = 10$

(क) गाउस नियम का उपयोग कर, किसी गोलीय आवेश वितरण के (i) बाहर, और (ii) अंदर स्थित बिन्दुओं पर विद्युत्-क्षेत्र के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । $5+5$

(ख) एक समांतर प्लेट संधारित्र, जिसके प्रत्येक आयताकार प्लेट का अनुप्रस्थ-परिच्छेद क्षेत्रफल $6.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ है, को मुक्त आकाश में रखा गया है । इन प्लेटों के बीच की दूरी $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ है और इनके बीच 15 V का विभव आरोपित किया गया है । संधारित्र की धारिता परिकलित कीजिए । यदि इन दो प्लेटों के बीच के स्थान में डाइइलेक्ट्रिक नियतांक 6.0 वाला पदार्थ रखा जाए, तो धारिता तथा विद्युत् विस्थापन \vec{D} परिकलित कीजिए । $3+3+4$

3. किसी एक भाग को हल कीजिए : $1 \times 10 = 10$

(क) (i) एक अपरिमित रूप से लंबे आवेशित तार के कारण उसके निकट के किसी बिन्दु पर विभव के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । 6

(ii) वेग वरणकारी की कार्यप्रणाली समझाइए । 4

(ख) ऐम्पियर नियम का उपयोग कर, एक परिनालिका के द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । 10

4. किसी एक भाग को हल कीजिए : $1 \times 10 = 10$

(क) (i) एक साइक्लोट्रॉन चुम्बक के ध्रुव फलकों का व्यास 100 cm है और ध्रुव फलकों के बीच स्थित चुम्बकीय क्षेत्र का मान 0.60 tesla है । साइक्लोट्रॉन का प्रयोग प्रोटॉनों को त्वरित करने में किया जा रहा है । साइक्लोट्रॉन से निर्गत प्रोटॉनों की गतिज ऊर्जा, eV में, और उनकी चाल परिकलित कीजिए । $3+3$

(ii) एक समतल विद्युत्-चुंबकीय तरंग एक परावैद्युत माध्यम से दूसरे परावैद्युत माध्यम पर अभिलंबवत् आपतित होती है। इन दो परावैद्युत माध्यमों, जिनके परावर्तन गुणांक और संचरण गुणांक दोनों ही 0.5 के बराबर हैं, के अपवर्तनांकों का अनुपात परिकलित कीजिए।

4

(ख) किन प्रतिबंधों के अधीन निम्नलिखित परिवर्ती वैद्युत और चुंबकीय क्षेत्र आवेश रहित और धारा रहित निर्वात में मैक्सवेल समीकरणों को संतुष्ट करते हैं ?

$$\vec{E} = \hat{k} E_0 \sin(y - vt)$$

$$\vec{B} = \hat{i} B_0 \sin(y - vt)$$

जहाँ E_0 और B_0 अचर हैं।

10

भौतिक नियतांक :

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

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

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

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

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

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