

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2016

03337

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 :

5×4=20

- (a) A small object carrying a charge of -5×10^{-9} C experiences a force of 20×10^{-6} N in the negative x-direction when placed at a point in an electric field. What is 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) Hydrogen atom consists of an electron and a proton separated by an average distance of 5.3×10^{-11} m. Calculate the electrical force between the electron and the proton and compare it with the gravitational force acting between them.
- (c) Using Gauss's law, obtain an expression for electric field at a point inside a uniformly charged straight wire.
- (d) Explain the polarisation of dielectrics placed in an electric field and hence define electrical susceptibility.
- (e) Draw a labelled hysteresis curve for a ferromagnet. Explain the terms remanence and coercivity.
- (f) The magnetic field at the centre of a solenoid of length 2.2 m and diameter 0.9 m is 0.4 tesla. Calculate the energy stored in the field of the coil.
- (g) Consider an electromagnetic wave in empty space whose electric field is given by

$$E = 40 \hat{x} \exp [-i (10^8 t + \beta z)]$$

Determine the direction of propagation, wave number, frequency and the magnetic field of the wave.

- (h) Explain the working of electrolytic capacitors.

2. Attempt any **one** part :

10

- (a) Derive an expression for electric field due to a dipole at (i) a point along its axis; and (ii) a point on the perpendicular bisector of the dipole axis.

4+6

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

3+3+4

3. Attempt any **one** part :

10

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

- (ii) A solenoid has 2.0×10^3 turns per meter. If we wish to obtain a magnetic field of 8.0×10^{-4} tesla, what should be the value of current in the solenoid ?

6+4

- (b) Show that the line integral of the electric field over a closed path is equal to zero.

10

4. Attempt any **one** part :

10

- (a) (i) Explain the working of a velocity selector.

- (ii) The diameter of a cyclotron is 0.5 m and the magnitude of the magnetic field at its centre is 1.4 tesla. If this cyclotron is used for accelerating deuterons ($q = e$ and $m = 3.3 \times 10^{-27}$ kg), calculate the cyclotron frequency and the kinetic energy of deuterons as it emerges from the cyclotron. 4+3+3

- (b) Show that the electromagnetic field described by

$$\vec{E} = E_0 \hat{x} \cos kx \cos ky \cos \omega t$$

$$\vec{B} = B_0 (\hat{x} \cos kx \sin ky - \hat{y} \sin kx \cos ky) \sin \omega t$$

will satisfy Maxwell's equations in charge-free and current-free empty space if

$$E_0 = \sqrt{2} c B_0 \text{ and } \omega = \sqrt{2} ck. \quad 10$$

Physical Constants :

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

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

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

$$G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

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

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 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 कैल्कुलेटोर्स 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 -5×10^{-9} C आवेश स्थित है, ऋणात्मक x-दिशा में 20×10^{-6} N बल अनुभव करता है। इस बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र का मान क्या है ? यदि इस बिन्दु पर एक प्रोटॉन रखा जाए, तो उस पर लगने वाले बल का परिमाण तथा उसकी दिशा क्या होगी ?

- (ख) हाइड्रोजन परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन तथा एक प्रोटॉन होते हैं और उनके बीच की औसत दूरी $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ होती है। इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन के बीच वैद्युत बल परिकलित कीजिए तथा इसकी तुलना, इनके बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल से कीजिए।
- (ग) गाउस के नियम का उपयोग कर, किसी एकसमान आवेशित सीधे तार के अंदर स्थित एक बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।
- (घ) विद्युत्-क्षेत्र में स्थित डाइइलेक्ट्रिक में ध्रुवण प्रक्रिया को समझाइए तथा उसके आधार पर वैद्युत प्रवृत्ति परिभाषित कीजिए।
- (ङ) लोह-चुंबकीय पदार्थ के लिए शैथिल्य वक्र आरेखित कीजिए। चुंबकत्वाशेष तथा निग्राहिता पदों को समझाइए।
- (च) 2.2 m लंबी तथा 0.9 m व्यास वाली एक परिनालिका के केन्द्र पर चुंबकीय क्षेत्र का मान 0.4 tesla है। कुंडली के क्षेत्र में संग्रहित ऊर्जा का मान परिकलित कीजिए।
- (छ) मुक्त आकाश में विद्युत्-चुंबकीय तरंग के संगत विद्युत्-क्षेत्र का व्यंजक निम्नवत है :
- $$E = 40 \hat{x} \exp[-i(10^8 t + \beta z)]$$
- तरंग की संचरण दिशा, तरंग संख्या, आवृत्ति तथा चुंबकीय क्षेत्र निर्धारित कीजिए।
- (ज) विद्युत्-अपघटनी संधारित्रों की कार्यप्रणाली समझाइए।

2. किसी एक भाग को हल कीजिए : 10
- (क) विद्युत् द्विध्रुव के कारण (i) इसके अक्ष के अनुदिश किसी बिन्दु पर; तथा (ii) द्विध्रुव अक्ष के लंबवत् समद्विभाजक पर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । 4+6
- (ख) दो आयताकार प्लेटें जिनमें प्रत्येक का अनुप्रस्थ-परिच्छेद क्षेत्रफल $6.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ है, मुक्त आकाश में एक-दूसरे के समांतर रखी हैं । इन प्लेटों की बीच की दूरी $2 \times 10^{-3} \text{ m}$ है तथा इनके बीच 10 V का विभव आरोपित किया गया है । इस निकाय की धारिता परिकलित कीजिए । यदि इन दो प्लेटों के बीच के स्थान में डाइइलेक्ट्रिक नियतांक 6.0 वाला डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ रखा जाए, तो निकाय की धारिता तथा विद्युत् विस्थापन D परिकलित कीजिए । 3+3+4
3. किसी एक भाग को हल कीजिए : 10
- (क) (i) ऐम्पियर नियम का उपयोग कर, एक परिनालिका के द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए ।
- (ii) एक परिनालिका में प्रति मीटर 2.0×10^3 फेरे हैं । यदि हम इस परिनालिका का उपयोग कर $8.0 \times 10^{-4} \text{ tesla}$ चुंबकीय क्षेत्र प्राप्त करना चाहते हैं, तो इसमें कितनी विद्युत् धारा प्रवाहित करनी पड़ेगी ? 6+4
- (ख) सिद्ध कीजिए कि किसी संवृत पथ के अनुदिश विद्युत्-क्षेत्र के रेखा समाकल का मान शून्य होता है । 10
4. किसी एक भाग को हल कीजिए : 10
- (क) (i) वेग वरणकारी की कार्यप्रणाली समझाइए ।

- (ii) एक साइक्लोट्रॉन का व्यास 0.5 m है और इसके केन्द्र पर चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण 1.4 tesla है। यदि इस साइक्लोट्रॉन का उपयोग ड्यूटरॉन ($q = e$ तथा $m = 3.3 \times 10^{-27} \text{ kg}$) को त्वरित करने के लिए किया जाता है, तो साइक्लोट्रॉन आवृत्ति तथा साइक्लोट्रॉन से निर्गत ड्यूटरॉनों की गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए।

4+3+3

- (ख) सिद्ध कीजिए कि निम्नलिखित व्यंजकों द्वारा वर्णित विद्युत्-चुंबकीय क्षेत्र

$$\vec{E} = E_0 \hat{x} \cos kx \cos ky \cos \omega t$$

$$\vec{B} = B_0 (\hat{x} \cos kx \sin ky - \hat{y} \sin kx \cos ky) \sin \omega t$$

आवेश-मुक्त तथा धारा-मुक्त प्रदेशों में मैक्सवेल समीकरणों को संतुष्ट करेंगे यदि $E_0 = \sqrt{2} c B_0$ तथा $\omega = \sqrt{2} ck$ हो।

10

भौतिक नियतांक :

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

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

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

$$G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

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

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

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