No. of Printed Pages : 12 **PHE-07**

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

December, 2018

04812

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) An infinitely long cylindrical conductor of radius 15 cm has a linear charge density (charge per unit length) of 3×10^{-9} Cm^{-1}. Determine the electric field due to the conductor at a point at a distance 30 cm perpendicular to its axis.

(b) What is an equipotential surface ? Consider a point charge $q = 1{\cdot}5 \times 10^{-8}$ C situated at the origin of the coordinate system. What is the shape of its equipotential surface ? If this surface is at a potential of 30 V, calculate its radius. *1+1+2*

(c) Explain the concept of self-inductance. An air-core solenoid of 60 cm length has 1200 turns and its circular cross-section has diameter of 2 cm. Calculate the self-inductance of the solenoid. *1+3*

(d) Determine the magnetic force on an electron with velocity components :

$$v_x = 4 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}, v_y = 3 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$$
$$\text{and } v_z = 0$$

at a point where the magnetic field has components :

$$B_x = 0, B_y = 0 \text{ and } B_z = 12 \text{ mT}.$$

(e) Four electric charges $q_1 = 2 \times 10^{-8}$ C, $q_2 = -4 \times 10^{-8}$ C, $q_3 = 3 \times 10^{-8}$ C and $q_4 = 4 \times 10^{-8}$ C are placed at the four corners of a square of side 1·0 m. Calculate the electric potential at the centre of the square.

(f) A uniform plane electromagnetic wave has a wavelength of 6 cm in free space and 4 cm in a dielectric for which $\mu = 4 \cdot 7 \times 10^{-7}$ NA^{-2}. Determine the dielectric constant of the dielectric.

(g) A current of 0·2 A flows through a metallic wire of 10^{-4} cm^2 cross-sectional area and 60 cm length. The potential difference across the wire is 3 V. Calculate the electric field strength in the wire and the current density.

(h) Show that in the absence of any free surface charge at the boundary of a dielectric, the normal component of $\vec{D}$ is continuous across the boundary.

2. Attempt any ***four*** parts : *4×5=20*

(a) An inductor and a resistance are connected in series with a battery. The time constant of the circuit is $3 \cdot 5 \times 10^{-3}$ s. When a resistance of 6 Ω is added in series, the new time constant of the circuit is $1 \cdot 5 \times 10^{-3}$ s. Calculate the values of the inductance and the initial resistance in the circuit.

(b) The plates of a parallel plate capacitor have area 100 cm^2 and are 1·0 cm apart. A potential difference of 100 V is applied when no dielectric is present. Then a dielectric slab of dielectric constant 5·0 is filled between the plates. Calculate the capacitance of the capacitor and the energy stored in it before and after the introduction of the dielectric.

(c) The magnetic field of an electromagnetic wave in free space is given by

$$\vec{B} = \hat{z}\, 4 \times 10^{-6} \cos (10^7 \pi t - k_0 y)\ T$$

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

(d) A toroid of mean circumference 1 m has 500 turns of wire, carrying a steady current of 0·5 A. The core of the toroid is filled with iron of relative permeability 5000. Determine (i) $\vec{H}$, (ii) $\vec{B}$ and (iii) $\vec{M}$.

(e) Derive the modified form of Gauss's law in electrostatics for a dielectric medium.

(f) Write the expressions for the reflection and transmission coefficients for normal incidence in terms of the refractive indices of the media. Explain why most of the light is transmitted when it passes from air ($n_1 = 1$) to glass ($n_2 = 1{\cdot}5$). *2+3*

3. Attempt any ***one*** part, (a) or (b) : *1×10=10*

(a) Using Gauss's law, derive an expression for the electric field due to a uniformly charged infinite cylinder of radius R at the points (i) $r > R$, (ii) $r = R$ and (iii) $r < R$. *10*

(b) (i) Using Biot-Savart law, obtain an expression for the magnetic field along the axis of a current loop. *5*

(ii) A cyclotron is used for accelerating protons. The diameter of the pole faces in the cyclotron is 200 cm and the magnetic field between them is 0·60 T. Calculate the kinetic energy of the protons, in MeV, as they exit the cyclotron. *5*

Physical Constants :

$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

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

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

$\varepsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$

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

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 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 कैल्कुलेटरों 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) त्रिज्या 15 cm वाले एक अनंत लंबाई के बेलनाकार चालक पर रैखिक आवेश घनत्व (प्रति एकक लंबाई आवेश) का मान 3×10^{-9} Cm^{-1} है । चालक के कारण अक्ष के लंबवत् उससे दूरी 30 cm पर स्थित बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र ज्ञात कीजिए ।

(ख) समविभव पृष्ठ क्या होता है ? निर्देशांक तंत्र के मूल-बिंदु पर एक बिंदु आवेश $q = 1 \cdot 5 \times 10^{-8}$ C रखा है । उसके समविभव पृष्ठ का आकार क्या है ? यदि यह पृष्ठ 30 V के विभव पर हो, तो उसकी त्रिज्या परिकलित कीजिए । *1+1+2*

(ग) स्व-प्रेरकत्व की अवधारणा समझाइए । वायु क्रोड वाले एक सोलेनॉइड की लंबाई 60 cm है और उसमें 1200 फेरे हैं तथा उसके वृत्ताकार परिच्छेद का व्यास 2 cm है । सोलेनॉइड के स्व-प्रेरकत्व की गणना कीजिए । *1+3*

(घ) एक इलेक्ट्रॉन के वेग के घटक हैं :

$$v_x = 4 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}, v_y = 3 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$$

और $v_z = 0$

इलेक्ट्रॉन पर उस बिंदु पर लग रहे चुम्बकीय बल की गणना कीजिए जिस पर मौजूद चुम्बकीय क्षेत्र के घटक हों :

$B_x = 0, B_y = 0$ और $B_z = 12$ mT.

(ङ) चार विद्युत् आवेश $q_1 = 2 \times 10^{-8}$ C, $q_2 = -4 \times 10^{-8}$ C, $q_3 = 3 \times 10^{-8}$ C और $q_4 = 4 \times 10^{-8}$ C, एक वर्ग के चार कोनों पर रखे हैं । वर्ग की भुजा 1·0 m है । वर्ग के केंद्र पर विद्युत् विभव की गणना कीजिए ।

(च) एक एकसमान समतल विद्युत्-चुम्बकीय तरंग की मुक्त आकाश में तरंगदैर्घ्य 6 cm है और डाइइलेक्ट्रिक माध्यम में 4 cm है । डाइइलेक्ट्रिक के लिए $\mu = 4{\cdot}7 \times 10^{-7}$ NA^{-2} । डाइइलेक्ट्रिक का डाइइलेक्ट्रिक नियतांक ज्ञात कीजिए ।

(छ) अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल 10^{-4} cm^2 और लंबाई 60 cm वाले धातु के एक तार में 0·2 A की धारा बहती है । तार के आरपार विभवांतर 3 V है । तार में विद्युत्-क्षेत्र की प्रबलता और धारा घनत्व की गणना कीजिए ।

(ज) सिद्ध कीजिए कि डाइइलेक्ट्रिक की परिसीमा पर मुक्त पृष्ठीय आवेश न होने पर, परिसीमा पर $\vec{D}$ का अभिलंब घटक सतत होता है ।

2. किन्हीं ***चार*** भागों को हल कीजिए : *4×5=20*

(क) एक प्रेरक और एक प्रतिरोध, एक बैटरी से श्रेणी क्रम में जुड़े हैं । इस परिपथ का समय स्थिरांक $3{\cdot}5 \times 10^{-3}$ s है । जब परिपथ में श्रेणी क्रम में एक और 6 Ω प्रतिरोध जोड़ दिया जाता है, तो परिपथ का नया समय स्थिरांक $1{\cdot}5 \times 10^{-3}$ s होता है । परिपथ में प्रेरकत्व और आरंभिक प्रतिरोध के मान परिकलित कीजिए ।

(ख) एक समांतर प्लेट संधारित्र की प्लेटों का क्षेत्रफल 100 cm^2 है और वे एक-दूसरे से 1·0 cm की दूरी पर हैं। जब प्लेटों के बीच डाइइलेक्ट्रिक नहीं होता है तो उन पर 100 V का विभवांतर आरोपित किया जाता है। फिर प्लेटों के बीच डाइइलेक्ट्रिक नियतांक 5·0 वाला डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ भरा जाता है। संधारित्र में डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ भरने से पहले और बाद, संधारित्र की धारिता और उसमें संचित ऊर्जा की गणना कीजिए।

(ग) मुक्त आकाश में एक विद्युत्-चुम्बकीय तरंग का चुम्बकीय क्षेत्र है :

$$\vec{B} = \hat{z}\, 4 \times 10^{-6} \cos(10^7 \pi t - k_0 y)\ \text{T}$$

तरंग के संचरण की दिशा, तरंग संख्या, आवृत्ति और विद्युत्-क्षेत्र ज्ञात कीजिए।

(घ) माध्य परिधि 1 m वाले टोरॉइड में तार के 500 फेरे हैं और इसमें 0·5 A की स्थायी धारा प्रवाहित होती है। टोरॉइड के क्रोड में आपेक्षिक चुम्बकशीलता 5000 वाली लौह धातु भरी है। (i) $\vec{H}$, (ii) $\vec{B}$ और (iii) $\vec{M}$ के मान ज्ञात कीजिए।

(ङ) डाइइलेक्ट्रिक माध्यम के लिए स्थिर-विद्युतिकी के गाउस नियम का संशोधित रूप व्युत्पन्न कीजिए।

(च) अभिलंब आपतन के लिए, माध्यमों के अपवर्तनांकों के पदों में परावर्तन और संचरण गुणांकों के व्यंजक लिखिए। समझाइए कि जब प्रकाश वायु ($n_1 = 1$) से काँच ($n_2 = 1{\cdot}5$) में जाता है तो उसका अधिकांश भाग संचरित क्यों होता है। *2+3*

3. कोई *एक* भाग (क) या (ख) को हल कीजिए : *1×10=10*

(क) गाउस के नियम का प्रयोग कर, एकसमान रूप से आवेशित, त्रिज्या R वाले अनंत बेलन का बिंदुओं (i) $r > R$, (ii) $r = R$ तथा (iii) $r < R$ पर विद्युत्-क्षेत्र का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। *10*

(ख) (i) बायो-सावर्ट नियम का प्रयोग कर, एक धारा लूप के अक्ष के अनुदिश चुम्बकीय क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त कीजिए। *5*

(ii) एक साइक्लोट्रॉन का उपयोग प्रोटोनों को त्वरित करने के लिए किया जाता है। साइक्लोट्रॉन के ध्रुव फलकों का व्यास 200 cm है और उनके बीच स्थित चुम्बकीय क्षेत्र का मान 0·60 T है। साइक्लोट्रॉन से निकल रहे प्रोटॉनों की गतिज ऊर्जा, MeV में, ज्ञात कीजिए। *5*

भौतिक नियतांक :

$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

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

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

$\varepsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$

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

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

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