No. of Printed Pages : 10 **PHE–07**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

December, 2023

PHE-07 : ELECTRIC AND MAGNETIC PHENOMENA

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

Note : *All questions are compulsory. Marks for each question are indicated against it. You may use a calculator. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.*

1. Attempt any ***five*** parts :

(a) The hydrogen atom consists of an electron and a proton separated by a distance of 5.3×10^{-11} m. Calculate the electrostatic force between the electron and the proton and compare it with the gravitational force between them. 3+2

(b) A parallel plate capacitor is made up of two rectangular plates of area 5.50×10^{-4} m^2, separated by a distance of 1.5×10^{-3} m. A voltage of 200 V is applied across the plates. If a dielectric material of dielectric constant 5.0 is introduced between the plates of the capacitor, calculate the (i) capacitance, and (ii) charge stored on each plate of the capacitor. 3+2

(c) Three point charges q, $2q$ and $8q$ are to be placed on a 9.0 cm long straight line. Determine the positions where the charges should be placed on the line such that the potential energy of the system is minimum. 5

(d) A flat sheet of area 100 cm^2 carries a uniform surface charge density σ. An electron 1.5 cm from a point near the centre of the sheet experiences a force of 1.6×10^{-12} N directed away from the sheet. Determine the total charge on the sheet. 5

(e) The magnetic field inside a current carrying solenoid is B. Determine the magnetic field when both its radius and the current in it are doubled. What will the magnetic field for a toroid be under the same conditions ? 3+2

(f) Two parallel wires A and B placed at a separation of 6 cm carry electric currents 5A and 2A in opposite directions, respectively. Determine the location at which the net magnetic field due to these two wires is zero. 5

(g) The electric field associated with an electromagnetic wave travelling in vacuum is given by :

$$\vec{E} = j\,(300\ \text{Vm}^{-1})\cos\left(\pi \times 10^{8} t - \frac{\pi}{3} x\right)$$

Determine the frequency, wavelength, direction of propagation of the wave. Determine the magnitude and direction of the associated magnetic field. 1+1+1+1+1

(h) A uniform plane wave has a wavelength of 6 cm in free space and 4 cm in a dielectric for which $\mu = 3.78 \times 10^{-7}$ NA^{-2}. Determine the dielectric constant and refractive index of the dielectric. 4+1

2. Attempt any *five* parts :

(a) Apply Gauss' law to obtain the electric field due to an infinite line charge at a distance r from it. 5

(b) Define an equipotential surface. Draw the equipotential surfaces for (i) positive point charge and (ii) uniform infinite line charge. 1+2+2

(c) State Biot-Savart's law. Use it to determine magnetic field B due to a long straight wire carrying a current. 5

(d) Derive the expression for the magnetic field along the axis of a circular coil carrying current. 5

(e) Explain the polarisation of a non-polar dielectric kept in a uniform electric field. Define electric susceptibility χ in terms of the polarisation vector. What is the dimension of χ ? 3+2

(f) Using Ampere's law, determine the magnetic field inside a solenoid. 5

(g) Write the Maxwell's equations for an isotropic, linear dielectric medium in differential form. Derive the wave equation for the electric field associated with the electromagnetic wave propagating in the medium. 2+3

(h) Explain the underlying principle and working of a transformer. 5

Physical constants :

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

$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ Fm^{-1}

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb A^{-1} m^{-1} $= 1.26 \times 10^{-6}$ Hm^{-1}

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

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

G $= 6.7 \times 10^{-11}$ m^3 kg^{-1} s^{-2}

PHE–07

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2023

पी.एच.ई.-07 : वैद्युत और चुम्बकीय परिघटनाएँ

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : *सभी प्रश्न* ***अनिवार्य*** *हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप कैलकुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिये गये हैं।*

1. कोई ***पाँच*** भाग हल कीजिए :

(क) हाइड्रोजन परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन और एक प्रोटॉन होते हैं जिनके बीच की दूरी 5.3×10^{-11} m है। इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन के बीच स्थिरवैद्युत बल की गणना कीजिए और उसकी तुलना उनके बीच लग रहे गुरुत्वाकर्षण बल से कीजिए। 3+2

(ख) एक समांतर प्लेट संधारित्र दो आयताकार प्लेटों से बना है जिनका क्षेत्रफल 5.50×10^{-4} m^2 है और जिनके बीच की दूरी 1.5×10^{-3} m है। प्लेटों के आर–पार 200 V की वोल्टता आरोपित की जाती है। यदि संधारित्र की प्लेटों के बीच डाइलेक्ट्रिक नियतांक 5.0 वाला एक डाइलेक्ट्रिक पदार्थ रखा जाता है, तो संधारित्र को (i) धारिता, एवं (ii) प्रत्येक प्लेट पर भंडारित आवेश परिकलित कीजिए। 3+2

(ग) तीन बिन्दु आवेशों $q, 2q$ और $8q$ को 9.0 cm लंबी रेखा पर रखा जाना है। निर्धारित कीजिए कि इन आवेशों को रेखा पर कहाँ रखा जाए कि निकाय की स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम हो। 5

(घ) क्षेत्रफल 100 cm^2 वाली एक सपाट शीट पर एकसमान पृष्ठ आवेश घनत्व σ वाला आवेश है। शीट के केन्द्र के निकट एक बिन्दु से 1.5 cm की दूरी पर स्थित एक इलेक्ट्रॉन शीट से परे 1.6×10^{-12} N का बल अनुभव करता है। शीट पर कुल आवेश निर्धारित कीजिए। 5

(ङ) धारावाही सोलेनॉइड के भीतर चुंबकीय क्षेत्र B स्थित है। यदि सोलेनॉइड की त्रिज्या और उसमें पवाहित धारा दो गुनी कर दी जाय, तो चुम्बकीय क्षेत्र की गणना कीजिए। इन्हीं प्रतिबंधों के अधीन टोरॉइड के लिए चुम्बकीय क्षेत्र क्या होगा ?

3+2

(च) एक–दूसरे से 6 cm की दूरी पर रखे दो समांतर तारों A और B में क्रमशः 5A और 2A की धाराएँ विपरीत दिशाओं में प्रवाहित हो रही हैं। निर्धारित कीजिए कि इन दोनों तारों के कारण चुम्बकीय क्षेत्र किस स्थिति पर शून्य होगा। 5

(छ) निर्वात् में संचरित विद्युत्चुम्बकीय तरंग से संबद्ध विद्युत् क्षेत्र है :

$$\vec{E} = j\,(300\ \mathrm{Vm^{-1}})\cos\left(\pi \times 10^{8} t - \frac{\pi}{3}x\right)$$

तरंग की आवृत्ति, तरंगदैर्घ्य और संचरण की दिशा निर्धारित कीजिए। उससे सम्बद्ध चुम्बकीय क्षेत्र के परिमाण और दिशा ज्ञात कीजिए। 1+1+1+1+1

(ज) एक एक–समान समतल तरंग की मुक्त आकाश में तरंगदैर्घ्य 6 cm है और एक डाइलेक्ट्रिक में जिसके लिए $\mu = 3.78 \times 10^{-7}\ \mathrm{NA^{-2}}$ है, 4 cm है। डाइलेक्ट्रिक का डाइलेक्ट्रिक नियतांक और अपवर्तनांक ज्ञात कीजिए। 4+1

2. कोई **पाँच** भाग कीजिए :

(क) गाउस का नियम लागू करके एक अनंत रेखा आवेश के कारण उससे दूरी r पर विद्युत् क्षेत्र ज्ञात कीजिए। 5

(ख) समविभव पृष्ठ की परिभाषा दीजिए। (i) धनात्मक बिन्दु आवेश और (ii) एकसमान रेखा आवेश के समविभव पृष्ठ आरेखित कीजिए। 1+2+2

(ग) बायो–सावर्ट के नियम का कथन दीजिए। इसका उपयोग कर धारावाही लंबे सीधे तार के कारण चुम्बकीय क्षेत्र B ज्ञात कीजिए। 5

(घ) धारावाही वृत्ताकार कुंडली के अक्ष के अनुदिश चुम्बकीय क्षेत्र का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ङ) एकसमान विद्युत्–क्षेत्र में रखे अध्रुवीय डाइलेक्ट्रिक पदार्थ के ध्रुवण को समझाइए। ध्रुवण सदिश के पदों में विद्युतीय प्रवणता χ की परिभाषा दीजिए। χ की विमा क्या है ? 3+2

(च) एम्पीयर के नियम का उपयोग कर सोलेनॉइड के भीतर चुम्बकीय क्षेत्र निर्धारित कीजिए। 5

(छ) एक समदैशिक, रैखिक डाइलेक्ट्रिक माध्यम के लिए अवकल रूप में मैक्सवेल समीकरण लिखिये। इस माध्यम में संचरण कर रहो विद्युत् चुम्बकीय तरंग से सम्बद्ध विद्युत्–क्षेत्र के लिए तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 2+3

(ज) ट्रान्सफॉर्मर क सिद्धान्त और कार्यप्रणाली को समझाइए। 5

भौतिक नियतांक :

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

$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \text{Fm}^{-1}$

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9\ \text{Nm}^2\text{C}^{-2}$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{Wb A}^{-1}\ \text{m}^{-1} = 1.26 \times 10^{-6}\ \text{Hm}^{-1}$

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

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

$\text{G} = 6.7 \times 10^{-11}\ \text{m}^3\ \text{kg}^{-1}\ \text{s}^{-2}$