No. of Printed Pages : 12 **PHE–07**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

December, 2025

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 value of physical constants are given at the end.*

---

1. Attempt any *five* parts : 5×5=25

(a) A small object having charge -6×10^{-9} C kept at a point in an electric field experiences a force of 10×10^{-9} N in the negative x-direction. If we replace the object by a proton, calculate the magnitude and the direction of the force on it. 5

(b) Calculate the gain or loss of electrostatic energy when a droplet of water of radius R carrying a charge Q splits into two droplets of equal volume, each of charge Q/2 and radius R'. Assume that the droplets are repelled to a large distance compared to the radius of smaller droplets due to electrostatic repulsion. 5

(c) A dielectric of dielectric constant 6, is filled in the gap between the plates of a capacitor. Calculate the factor by which the capacitance is increased, if the dielectric is only sufficient to fill up 3/4 of gap. 5

(d) A long cylindrical wire of diameter 5 cm carries a current of 4A. Determine the magnetic field at a distance 10 cm from the wire. 5

(e) The pole faces of a cyclotron magnet are 240 cm in diameter, the field between

the pole faces is 0.40 T. The cyclotron is being used to accelerate protons. Calculate the kinetic energy (in eV) and the speed of a proton as it emerges from the cyclotron. Determine the frequency of the alternating voltage that must be applied to the dees of this accelerator. 5

(f) An air core solenoid with 15 turns per centimetre carries a current of 0.2 A. Calculate H and B at the centre of the solenoid. If an iron core of absolute permeability 6×10^{-3} Hm^{-1} is inserted in the solenoid, calculate the value of H and B. 5

(Given $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Hm^{-1})

(g) A toroid of mean circumference 1.0 m has 1000 turns, each carrying a current of 0.15 A. 5

(i) Calculate H and B if the toroid has an air core.

(ii) Calculate B if the core is filled with iron of relative permeability 5000.

(h) The electric field of an electromagnetic wave travelling in vacuum is given by :

$$\vec{E} = \hat{j}\, 50 \sin \left(2\pi \times 10^8 t - \frac{2}{3}\pi x\right)$$

where $|\vec{E}|$ is in Vm^{-1}, t is in s, and x is in m.

Determine the frequency, wavelength and direction of propagation of the wave. Also, determine the direction of the magnetic field. 5

2. Attempt any *five* parts : 5×5=25

(a) State Gauss' law in electrostatics in its integral form. Determine the electric field due to a uniformly charged sphere at a point outside it. 1+4

(b) What are electrolytic capacitors ? Explain their significance. 5

(c) Establish a relation between the magnetic moment of an atomic magnet and the orbital angular momentum of the associated electron. 5

(d) Derive the expression for electric field at a point P. P along the axis of an electric dipole. The point P is located at a much greater distance from the centre of the dipole, compared to the distance between the charges. 5

(e) Distinguish between self inductance and mutual inductance. Obtain the expression for energy stored in an inductor. 5

(f) With the help of a diagram, explain the principle and working of a velocity selector. 5

(g) Explain paramagnetism in terms of the torque in magnetic dipoles. 5

(h) Using Maxwell's equations in vacuum, derive the electromagnetic wave equation for $\vec{B}$. 5

Physical constants :

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

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ Fm^{-1}

$\frac{1}{4\pi \epsilon_0} = 9 \times 10^9$ 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, 2025

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 अन्त में दिए गए हैं।*

1. कोई **पाँच** भाग हल कीजिए : $5 \times 5 = 25$

(क) विद्युत क्षेत्र में ऋणात्मक x-दिशा में स्थित एक छोटे पिंड जिस पर -6×10^{-9} C आवेश है, उस पर 10×10^{-9} N बल लगता है। यदि इस पिंड की जगह एक प्रोटॉन को रखा जाए, तो प्रोटॉन पर लगने वाला बल और उसकी दिशा परिकलित कीजिए। 5

(ख) Q आवेश और R त्रिज्या वाली बूँद दो बराबर आयतन वाली बूँदों में बँट जाती हैं जिसमें प्रत्येक बूँद पर $(Q/2)$ आवेश है। इस प्रक्रिया में स्थिरवैद्युत ऊर्जा में हुआ लाभ या हानि परिकलित कीजिए। मान लीजिए कि स्थिरवैद्युत प्रतिकर्षण के कारण बूँदें, छोटी बूँदों की त्रिज्या की तुलना में अधिक दूरी तक प्रतिकर्षित हो जाती हैं। 5

(ग) समांतर प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच की जगह में डाइलेक्ट्रिक नियतांक 6 वाला डाइलेक्ट्रिक रखा गया है। यदि डाइलेक्ट्रिक पदार्थ प्लेटों के बीच की जगह के केवल $3/4$ हिस्से में रखा है, तो संधारित्र की धारिता कितनी बढ़ जाएगी ? 5

(घ) 5 सेमी. व्यास वाले एक लम्बे बेलनाकार तार में अपरिवर्ती धारा $4A$ प्रवाहित होती है। तार से 10 सेमी. दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र का मान परिकलित कीजिए। 5

(ङ) एक साइक्लोट्रान–चुम्बक के, ध्रुव फलकों का व्यास 240 सेमी. है और ध्रुव फलकों के बीच स्थित चुम्बकीय क्षेत्र का मान 0.04 T है। साइक्लोट्रॉन का प्रयोग प्रोटॉनों को त्वरित करने में किया जाता है। साइक्लोट्रॉन से निकल रहे प्रोटॉनों की गतिज ऊर्जा (eV में) और उसकी चाल परिकलित कीजिए। इस त्वरित्र के 'डी' पर प्रयुक्त वोल्टता की आवृत्ति निर्धारित कीजिए। 5

(च) एक वायु क्रोड परिनालिका, जिसमें प्रति सेमी. 15 फेरे हैं, में 0.2 A धारा प्रवाहित हो रही है। परिनालिका के केन्द्र में H और B का मान परिकलित कीजिए। यदि लोहे की एक क्रोड जिसकी निरपेक्ष चुम्बकशीलता $6 \times 10^{-3}\ \text{Hm}^{-1}$ है, को परिनालिका में प्रविष्ट किया जाए तो इस स्थिति में H और B का मान ज्ञात कीजिए।

(दिया है : $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \text{Hm}^{-1}$) 5

(छ) 1.0 m की माध्य परिधि के टोरॉइड में 1000 फेरे हैं और प्रत्येक फेरे में 0·15 A धारा प्रवाहित हो रही है। 5

(i) यदि टोरॉइड में वायु क्रोड हो, तो H और B का मान परिकलित कीजिए।

(ii) यदि क्रोड में 5000 आपेक्षिक चुम्बकशीलता का लोहा भरा हो, तो B का मान परिकलित कीजिए।

(ज) निर्वात् में विद्युत चुम्बकीय तरंग का वैद्युत क्षेत्र है :

$$\vec{E} = \hat{j}\, 50 \sin\left(2\pi \times 10^8 t - \frac{2}{3}\pi x\right)$$

जहाँ $|\vec{E}|$, Vm^{-1} में है, t सेकण्ड में है, और x मीटर में है। तरंग की तरंगदैर्घ्य, आवृत्ति और संचरण दिशा निर्धारित कीजिए। साथ ही, चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा निर्धारित कीजिए। 5

2. कोई **पाँच** भाग हल कीजिए : 5×5=25

(क) स्थिर–वैद्युतिकी के लिए गाउस के नियम को समाकल रूप में लिखिए। एकसमान रूप से आवेशित एक गोले के कारण इसके बाहर के किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 1+4

(ख) विद्युत अपघटनी संधारित्र क्या होता है ? इसका महत्व समझाइए। 5

(ग) परमाण्वीय चुम्बक के चुम्बकीय आघूर्ण और संलग्न इलेक्ट्रॉन के कक्षीय कोणीय संवेग में संबंध स्थापित कीजिए। 5

(घ) किसी विद्युत द्विध्रुव के अक्ष के अनुदिश किसी बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त कीजिए। द्विध्रुव के केन्द्र से बिन्दु P की दूरी, द्विध्रुव के आवेशों के बीच की दूरी की तुलना में बहुत अधिक है। 5

(ङ) स्वप्रेरकत्व और अन्योन्य प्रेरकत्व में अंतर बताइए। किसी प्रेरक में संचित ऊर्जा के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 2+3

(च) उपयुक्त आरेख की सहायता से वेग वरणकारी का कार्य सिद्धान्त और कार्यप्रणाली को समझाइए। 5

(छ) चुम्बकीय द्विध्रुवों पर बल आघूर्ण के पदों में अनुचुम्बकत्व को समझाइए। 5

(ज) निर्वात् में मैक्सवेल के समीकरणों के आधार पर $\vec{B}$ के लिए विद्युतचुम्बकीय तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 5

भौतिक नियतांक :

$$e = 1.6\times10^{-19}\,\text{C}$$

$$\in_0 = 8.85\times10^{-12}\ \text{Fm}^{-1}$$

$$\frac{1}{4\pi\in_0} = 9\times10^{9}\,\text{Nm}^2\,\text{C}^{-2}$$

$$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\,\text{Wb A}^{-1}\,\text{m}^{-1}$$

$$= 1.26\times10^{6}\,\text{Hm}^{-1}$$

$$m_e = 9.1\times10^{-31}\,\text{kg}$$

$$m_p = 1.67\times10^{-27}\,\text{kg}$$

$$\text{G} = 6.7\times10^{-11}\,\text{m}^3\,\text{kg}^{-1}\,\text{s}^{-2}$$

× × × × ×