

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**Term-End Examination****December, 2021****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 calculators. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.

1. Answer any **five** parts : 5×4=20

- (a) A current of one ampere is passing through a copper wire 10 m in length and 0.08 mm in diameter. If the resistivity of copper is 1.65×10^{-8} ohm meter, calculate the resistance of copper wire and the potential difference between the ends of the wire. 4

- (b) Two point charges Q_1 and Q_2 are 3 m apart and their combined charge is $50 \mu\text{C}$. If one repels the other with a force of 0.6 N , what are the magnitudes of the two charges? 4
- (c) Derive the expression for the work done in moving a charge from point A to point B in an electric field. Is it path dependent? 3+1
- (d) An electron with a velocity of 10^7 ms^{-1} enters a magnetic field of strength $7.5 \times 10^{-3} \text{ Wb m}^{-2}$ at an angle of 30° with it. Calculate the radius of helical path and the time taken by the electron for one revolution. Take $e/m = 17.6 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$. 4
- (e) Discuss the polarisation of dielectric material in electric field. 4
- (f) Show that in the absence of any free surface charge at the interface of two dielectric materials in contact, the normal component of \vec{D} is continuous at the surface. 4

(g) A proton moving with a velocity 2×10^6 m/s enters a magnetic field of intensity 300 Wb/m^2 at right angles to it. Calculate the magnitude of the force acting on the proton. 4

(h) The pole faces of cyclotron magnet are 120 cm in diameter and the field between the pole faces is 0.80 T. Calculate the kinetic energy in eV of a proton as it emerges from the cyclotron. 4

2. Answer any **one** part : $1 \times 10 = 10$

(a) (i) State and explain Gauss' law. Use it to determine the electric field due to an infinite plane sheet of charge. 6

(ii) A flat sheet of area 50 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 1.8×10^{-12} N, directed away from the sheet. Calculate the total charge on the sheet. 4

- (b) (i) Obtain the expression for capacitance of a parallel plate capacitor with dielectric. 5
- (ii) What potential would be necessary between the parallel plates of a capacitor separated by a distance of 0.4 cm in order that the gravitational force on a proton would be balanced by the electric field ? 5

3. Answer any **one** part : $1 \times 10 = 10$

- (a) (i) State and prove Biot and Savart law in vector form. 5
- (ii) Using Biot and Savart law, compute magnetic field at a distance r from a long straight wire carrying current. 5
- (b) (i) With the help of a diagram, explain the working of a cyclotron. 5
- (ii) Obtain the expression for the electric field due to a dipole at a point P on the perpendicular bisector of its axis. 5

4. Answer any **one** part :

$1 \times 10 = 10$

(a) Deduce the wave equation for electric field from Maxwell's equations in vacuum. 10

(b) (i) A 1 m long and 20 cm diameter solenoid contains 20,000 turns of wire. A current of 3 A flowing in it is reduced to zero in 1 ms. What is the magnitude of back emf of the inductor while the current is being switched off ? Take $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$. 5

(ii) Consider an electromagnetic wave in empty space whose electric field is given by :

$$E = 50 \hat{x} \exp[-i(10^8 t + \beta z)].$$

Determine the direction of propagation, the wave number, the frequency and the magnetic field of the wave. 5

Physical Constants :

$$\text{Mass of Proton} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

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

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

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

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

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2021

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 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 के उत्तर दीजिए :

5×4=20

(क) 0.08 mm व्यास और 10 m लंबे ताँबे के तार में 1 A धारा प्रवाहित होती है । यदि ताँबे की प्रतिरोधकता $1.65 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ हो, तो ताँबे के तार का प्रतिरोध तथा तार के दोनों सिरों के बीच विभवांतर का मान परिकलित कीजिए ।

4

- (ख) दो बिन्दु आवेश Q_1 तथा Q_2 एक-दूसरे से 3 m की दूरी पर हैं और उन पर कुल आवेश का मान $50 \mu\text{C}$ है । यदि एक बिन्दु आवेश दूसरे को 0.6 N के बल से विकर्षित करता है, तो इन दो बिन्दु आवेशों का परिमाण क्या होगा ? 4
- (ग) विद्युत्-क्षेत्र में एक आवेश को बिन्दु A से बिन्दु B तक ले जाने में किए गए कार्य के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । क्या यह पथ पर निर्भर करता है ? 3+1
- (घ) 10^7 ms^{-1} वेग से एक इलेक्ट्रॉन $7.5 \times 10^{-3} \text{ Wb m}^{-2}$ परिमाण वाले चुम्बकीय क्षेत्र में चुम्बकीय क्षेत्र से 30° कोण पर प्रवेश करता है । कुंडलिनीय पथ की त्रिज्या तथा इलेक्ट्रॉन को एक परिक्रमण पूरा करने में लगा समय परिकलित कीजिए ।
 $e/m = 17.6 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$ लीजिए । 4
- (ङ) विद्युत्-क्षेत्र में डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ के ध्रुवण की विवेचना कीजिए । 4
- (च) सिद्ध कीजिए कि दो डाइइलेक्ट्रिक पदार्थों के अंतरापृष्ठ पर यदि मुक्त सतह आवेश नहीं हो तो \vec{D} का अभिलंब घटक अंतरापृष्ठ पर संतत होता है । 4

- (छ) 2×10^6 m/s वेग से गतिमान एक प्रोटॉन 300 Wb/m^2 तीव्रता वाले चुम्बकीय क्षेत्र में चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् प्रवेश करता है। प्रोटॉन पर लगने वाले बल का परिमाण परिकलित कीजिए। 4
- (ज) एक साइक्लोट्रॉन चुम्बक के ध्रुव फलकों का व्यास 120 cm है और ध्रुव फलकों के बीच स्थित चुम्बकीय क्षेत्र का मान 0.80 T है। साइक्लोट्रॉन से निकल रहे प्रोटॉन की गतिज ऊर्जा eV में परिकलित कीजिए। 4

2. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : $1 \times 10 = 10$

- (क) (i) गाउस का नियम लिखिए तथा उसे समझाइए। इसका उपयोग कर एक अनंत आवेश की समतल शीट के कारण विद्युत्-क्षेत्र ज्ञात कीजिए। 6
- (ii) 50 cm^2 क्षेत्रफल वाले एक समतल शीट का एकसमान पृष्ठीय आवेश घनत्व σ है। शीट के केन्द्र से 1.5 cm दूरी पर स्थित एक इलेक्ट्रॉन पर $1.8 \times 10^{-12} \text{ N}$ बल लगता है जिसकी दिशा शीट से बाहर की ओर है। शीट पर स्थित कुल आवेश परिकलित कीजिए। 4

- (ख) (i) समांतर प्लेट संधारित्र जिसमें डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ भरा है, की धारिता का व्यंजक प्राप्त कीजिए । 5
- (ii) एक समांतर प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच की दूरी 0.4 cm है । इन प्लेटों के बीच आवश्यक विभव का मान कितना होना चाहिए जिससे कि एक प्रोटॉन पर लगने वाला गुरुत्वीय बल, विद्युत्-क्षेत्र द्वारा संतुलित हो जाए ? 5

3. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : $1 \times 10 = 10$

- (क) (i) सदिश रूप में बायो और सावर्ट नियम लिखिए तथा इसे सिद्ध कीजिए । 5
- (ii) बायो और सावर्ट नियम का उपयोग कर किसी लंबे, सीधे तार, जिसमें धारा प्रवाहित हो रही है, से दूरी r पर चुम्बकीय क्षेत्र परिकलित कीजिए । 5
- (ख) (i) चित्र की सहायता से साइक्लोट्रॉन की कार्यप्रणाली समझाइए । 5
- (ii) एक विद्युत् द्विध्रुव के कारण उसके अक्ष के अभिलंब समद्विभाजक पर किसी बिन्दु P पर विद्युत्-क्षेत्र के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । 5

4. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

$1 \times 10 = 10$

(क) निर्वात में मैक्सवेल समीकरणों से विद्युत्-क्षेत्र के लिए तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए ।

10

(ख) (i) 1 m लंबाई और 20 cm व्यास वाली एक परिनालिका में तार के 20,000 फेरे हैं । इसमें प्रवाहित 3 A धारा को 1 ms में घटा कर शून्य कर दिया जाता है । जब धारा का मान घटाया (स्विच-ऑफ) जा रहा है, तो इस प्रेरक के पश्च (विरोधी) विद्युत्-वाहक बल का परिमाण कितना होगा ?

मान लीजिए $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$.

5

(ii) निर्वात में किसी विद्युत्-चुम्बकीय तरंग के विद्युत्-क्षेत्र का व्यंजक है :

$$E = 50 \hat{x} \exp[-i(10^8 t + \beta z)]$$

तरंग की संचरण दिशा, तरंग संख्या, आवृत्ति तथा संगत चुम्बकीय क्षेत्र निर्धारित कीजिए ।

5

भौतिक नियतांक :

$$\text{प्रोटॉन का द्रव्यमान} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

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

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

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

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

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$
