

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2024

**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 a calculator. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.*

1. Attempt any **five** parts : 5×4=20
 - (a) How much work is required to transport an electron from the positive terminal of a 12 V battery to its negative terminal ?
 - (b) A large metal plate of area 2.0 m^2 carries a charge of $5.0 \times 10^{-10} \text{ C}$. Calculate the electric field at a point near the plate.

P. T. O.

- (c) Three charges Q , $+q$ and $+q$ are placed at the vertices of an isosceles right angled triangle. What should be the value of Q , in term of q for net electrostatic energy of the configuration to be zero ?
- (d) 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 proton and determine the ratio of electrical force and gravitational force acting between them.
- (e) Compare the precession frequency and cyclotron frequency of the proton for the same value of magnetic field \vec{B} .
- (f) A coil of 1200 turns is linked with a flux of 0.02 Wb when carrying a current of 20 A. Calculate the inductance of the coil. If the current is uniformly reversed in 0.04 sec, then compute the induced e.m.f.

- (g) Two cylindrical capacitors are of equal length and have the same dielectric. In one of them a radii of the inner and outer cylinders are 8 cm and 10 cm respectively and in the other they are 4 cm and 5 cm. Find the ratio of their capacitances.
- (h) In the Bohr model, the electron of a hydrogen atom moves in a circular orbit of radius 5.3×10^{-11} m with a speed of 2.2×10^6 ms⁻¹. Determine frequency and current I in the orbit.

2. Answer any *two* parts : 2×5=10

- (a) Show that the line integral of the electric field \vec{E} over a closed path is equal of zero.
- (b) Using Gauss' law, determine the electric field at a point outside a spherical charge distribution.
- (c) Obtain an expression for the energy stored per unit volume in a parallel plate condenser filled with a dielectric material.

3. Answer any *two* parts : 2×5=10
- (a) Show that for a given accelerating voltage V_a and for particular dimensions of cathode ray tube, the deflection of electron beam is directly proportional to the deflecting voltage.
 - (b) A long cylindrical wire of radius R carries a steady current I which is uniformly distributed over its cross-sectional area. Determine the magnetic field at a distance r ($< R$) from the axis of the wire.
 - (c) Obtain an expression for magnetic dipole moment of an atomic magnet in terms of angular momentum of the atom.
4. Answer any *two* parts : 2×5=10
- (a) A solenoid 2 m long and 30 cm in diameter contains 20,000 turns of wire. A current of 1.5 A flowing in it reduces steadily to zero in 1.0 ms. Calculate the magnitude of the back e.m.f. of the inductor while the current is being switched off. Take $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$.
 - (b) A plane electromagnetic wave is characterized by the following parameters : the wave is travelling in the direction \hat{x} ; its frequency is 100 MHz; the electric field is perpendicular to the \hat{z} direction. Write down the expressions for \vec{E} and \vec{B} fields that specify this wave.

- (c) The electric field of an electromagnetic wave in vacuum is given by $E_x = 0$, $E_y = 20 \cos\left(2\pi \times 10^8 t - \frac{\pi x}{3}\right)$, $E_z = 0$, where \vec{E} is in volts per meter, t in seconds and x is in meters. Determine the frequency, wavelength, direction of propagation of the wave and the direction of the magnetic field.

Physical constants :

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}$$

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

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

$$m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{kg}$$

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

$$G = 6.6 \times 10^{-11} \text{Nm}^2 \text{kg}^{-2}$$

PHE-07

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2024

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 कैल्कुलेटर 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 : $5 \times 4 = 20$

(क) एक 12 V बैटरी के धन टर्मिनल से ऋण टर्मिनल तक एक इलेक्ट्रॉन को ले जाने में कितना कार्य करना होता है ?

(ख) 2.0 m^2 क्षेत्रफल वाले एक बड़े धात्विक प्लेट पर $5.0 \times 10^{-10} \text{ C}$ आवेश है। प्लेट के नजदीक किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र परिकलित कीजिए।

- (ग) किसी समद्विबाहु समकोण त्रिभुज के शीर्षों पर आवेश Q , $+q$ और $+q$ आवेश रखे हैं। q के पदों में Q के किस मान के लिए इस निकाय की स्थितिज ऊर्जा शून्य होगी ?
- (घ) हाइड्रोजन परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन और एक प्रोटॉन होता है जिनके बीच की औसत दूरी $5.3 \times 10^{-11} \text{m}$ होती है। इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन के बीच वैद्युत बल परिकल्पित कीजिए और इनके बीच वैद्युत और गुरुत्वीय बलों का अनुपात परिकल्पित कीजिए।
- (ङ) चुम्बकीय क्षेत्र \vec{B} के समान मान के लिए पुरस्सरण और साइक्लोट्रॉन आवृत्ति की तुलना कीजिए।
- (च) 1200 फेरों वाली कुंडली में 20 A धारा प्रवाहित हो रही है और इससे संलग्न अभिवाह का मान 0.02 Wb है। कुंडली को स्वप्रेरकत्व परिकल्पित कीजिए। यदि धारा के प्रवाह को 0.04 सेकण्ड में विपरोत दिशा में कर दिया जाए, तो परित विद्युत वाहक बल परिकल्पित कीजिए।
- (छ) एकसमान लम्बाई वाली दो बेलनाकार संधारित्रों में एक ही प्रकार का डाइलेक्ट्रिक पदार्थ है। एक की आंतरिक और बाह्य त्रिज्याएँ क्रमशः 8 cm

और 10 cm हैं और दूसरे की 4 cm और 5 cm हैं। इन संधारित्रों की धारिता का अनुपात परिकलित कीजिए।

(ज) बोहर मॉडल में हाइड्रोजन परमाणु का इलेक्ट्रॉन 5.3×10^{-11} त्रिज्या वाली एक कक्ष में $2.2 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$ चाल से गति करता है। कक्षा में आवृत्ति और धारा I का मान परिकलित कीजिए।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) सिद्ध करें कि एक बंद पथ के लिए विद्युत क्षेत्र \vec{E} का रेखा समाकल शून्य के बराबर होता है।

(ख) गाउस के नियम का उपयोग कर किसी गोलतः सममित आवेश वितरण से बाहर स्थित एक बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र ज्ञात कीजिए।

(ग) डाइलेक्ट्रिक पदार्थ भरे एक समांतर प्लेट संघनित में प्रति इकाई आयतन संचित ऊर्जा के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) सिद्ध कीजिए कि किसी दिए गए ज्यामिति और त्वरक विभव V_a वाले कैथोड किरण आसिलोस्कोप में इलेक्ट्रॉन किरण पुंज का विचलन, आरोपित विचलन विभव के समानुपातिक होता है।

(ख) त्रिज्या R वाली एक लम्बे बेलनाकार तार में धारा I प्रवाहित होती है जो इसके अनुप्रस्थ-परिच्छेद एकसमान रूप से वितरित है। तार के अक्ष के $r (< R)$ दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए।

(ग) परमाणु के कोणीय संवेग के पदों में किसी परमाण्विक चुम्बक के लिए चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

4. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) 30 cm व्यास और 2 m लम्बी एक परिनालिका में तार के 20000 फेरे हैं। इसमें प्रवाहित 1.5 A धारा 1.0 ms में धीरे-धीरे घटकर शून्य हो जाती है। जब धारा को बंद किया जाता है, तो प्रेरक में उत्पन्न पश्च विद्युत वाहक बल का परिमाण परिकलित कीजिए। $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$ मान लें।

(ख) एक समतल विद्युतचुम्बकीय तरंग निम्नलिखित प्राचलों द्वारा अभिलक्षित है :

तरंग \hat{x} दिशा में संचरित होती है, इसकी आवृत्ति 100 MHz है; विद्युत क्षेत्र \hat{z} दिशा पर लंबवत है। इस तरंग के लिए \vec{E} और \vec{B} क्षेत्रों का व्यंजक लिखिए।

(ग) निर्वात में एक विद्युतचुम्बकीय तरंग का वैद्युत क्षेत्र है :

$$E_x = 0, E_y = 20 \cos\left(2\pi \times 10^8 t - \frac{\pi x}{3}\right), E_z = 0,$$

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

भौतिक नियतांक :

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}$$

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

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

$$m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{kg}$$

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

$$G = 6.6 \times 10^{-11} \text{Nm}^2 \text{kg}^{-2}$$