

No. of Printed Pages : 12

PHE-07

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2021

**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) A charge of $-3 \mu\text{C}$ and $+1 \mu\text{C}$ are fixed at a distance of 2 cm from each other. Sketch the lines of force. 4

P. T. O.

- (b) An electron of mass m_e initially at rest moves through a certain distance in a uniform electric field in time t_1 . A proton of mass m_p initially at rest takes time t_2 to move through an equal distance in the uniform electric field. Neglecting the effect of gravity, determine the ratio (t_2 / t_1) . 4
- (c) A charge situated at a distance r from the midpoint of a dipole along its axis such that $r \gg a$, where a is the dipole length, experiences force F . Determine the force on the charge if the distance of the charge from the midpoint is doubled. 4
- (d) Two point charges $+9e$ and $+e$ are fixed at a distance of ' a ' from each other. A third charge q is placed on a straight line joining these two charges so that q is in equilibrium. Determine the position of q . 4

[3]

PHE-07

- (e) A current of 3.00 A flows in a copper wire of 1.00 mm^2 cross-section. What is the drift velocity of electrons in that wire ? How long does it take an electron to travel 20.0 cm in this wire under these circumstances ?

Assume number of conduction electron per cubic metre in copper is 8.43×10^{28} . 4

- (f) Calculate the effective capacitance of three capacitors arranged in such a way that two of them C_1 and C_2 are in parallel and the third C_3 is in series with this parallel combination. 4

- (g) Define displacement vector \vec{D} . Show that $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$. 4

- (h) Calculate the self-inductance of coil of 100 turns if a current of 2A gives rise to magnetic flux of $5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$ through the coil. Also calculate the magnetic energy stored in the coil for the above current. 4

P. T. O.

[4]

PHE-07

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

- (a) (i) Obtain the expression for capacitance of a cylindrical capacitor with dielectric. 5

- (ii) What are ceramic capacitors ? Explain briefly. 5

- (b) (i) State and explain Gauss' law in electrostatics. Use Gauss' law to determine the electric field at a point inside the uniformly charged sphere. 5

- (ii) Obtain an expression for electric field due to an electric dipole of length ' a ' at a point located along its axis at a distance r ($r \gg a$) from the mid point of dipole. 5

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

- (a) (i) Derive an expression for the magnetic field at a point along the axis of a circular loop carrying current. 5

[5]

PHE-07

(ii) The electric field between the plates of a parallel plate capacitor is 3.0 NC^{-1} . An electron is released from rest in this field. How far does the electron move in $1.0 \mu\text{s}$? 5

(b) (i) With the help of a diagram, explain the working of a velocity selector for a charged particle moving in electric and magnetic fields. 5

(ii) In the Bohr hydrogen atom, the orbital angular momentum of the electron is quantized in units of \hbar , where :

$$\hbar = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{2\pi} \text{ J-s.}$$

Calculate the smallest allowed magnitude of the atomic dipole moment in JT^{-1} . 5

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

(a) Using Maxwell's equations in free space, derive the wave equations for \vec{B} . 10

P. T. O.

[6]

PHE-07

(b) (i) An infinite charged sheet has a surface charge density σ of $1.0 \times 10^{-7} \text{ Cm}^{-2}$. How far apart are the equipotential surfaces whose potential differs by 5.0 volts? 5

(ii) A current carrying solenoid has diameter of 0.9 m and its length is 2.2 m. The magnetic field at its centre is 0.4 T. Calculate the energy stored in the magnetic field of this solenoid. 5

Physical constants :

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

Mass of proton = $1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$

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

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

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

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

PHE-07

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2021

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 : $5 \times 4 = 20$
- (क) एक-दूसरे से 2 cm की दूरी पर $-3 \mu\text{C}$ और $+1 \mu\text{C}$ के दो आवेश विरामावस्था में रखे हैं। बल रेखाएँ खींचिए। 4
- (ख) द्रव्यमान m_e वाला एक इलेक्ट्रॉन जो आरम्भ में विरामावस्था में है, समय t_1 में एकसमान विद्युत् क्षेत्र में एक नियत दूरी तय करता है। द्रव्यमान

P. T. O.

m_p वाला एक प्रोटॉन, जो आरम्भ में विरामावस्था में है, इस दूरी को एकसमान विद्युत् क्षेत्र में तय करने में समय t_2 लेता है। गुरुत्व के प्रभाव को नगम्य मानते हुए अनुपात (t_2 / t_1) का मान परिकलित कीजिए। 4

- (ग) किसी द्विध्रुव के मध्य बिन्दु से, उसके अक्ष के अनुदिश, दूरी r पर स्थित एक आवेश बल F अनुभूत करता है। यदि आवेश की मध्य बिन्दु से दूरी बढ़ाकर दोगुनी कर दी जाए तो इसके द्वारा अनुभूत बल का मान निर्धारित कीजिए। मान लें कि $r \gg a$, जहाँ a द्विध्रुव की लम्बाई है। 4
- (घ) दो बिन्दु आवेश $+9e$ तथा $+e$ एक-दूसरे से ' a ' दूरी पर स्थित हैं। इन दो आवेशों को जोड़ने वाली सीधी रेखा पर एक तीसरे आवेश q को इस प्रकार रखा जाता है कि q साम्यावस्था में है। आवेश q की स्थिति निर्धारित कीजिए। 4
- (ङ) 1.00 mm^2 अनुप्रस्थ परिच्छेद वाले तार के तार में 3.00 A धारा प्रवाहित होती है। इस तार में इलेक्ट्रॉन का अपवाह वेग कितना है ? इस

[9]

PHE-07

- स्थिति में इस तार में एक इलेक्ट्रॉन को 20.0 cm दूरी तय करने में कितना समय लगेगा ? मान लें कि तार में प्रति घन मीटर चालक इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8.43×10^{28} है। 4
- (च) तीन संधारित्रों के एक निकाय की प्रभावी धारिता परिकलित कीजिए यदि इनमें दो संधारित्र C_1 तथा C_2 एक-दूसरे से समांतर में जुड़े हैं और तीसरा संधारित्र C_3 इस समांतर युग्म के साथ श्रेणी में जुड़ा है। 4
- (छ) विस्थापन सदिश \vec{D} को परिभाषित कीजिए। सिद्ध कीजिए कि $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$ । 4
- (ज) 100 फेरों वाली कुंडली में 2A धारा प्रवाहित होने के कारण 5×10^{-5} Wb चुंबकीय अभिवाह उत्पन्न होता है। कुंडली का स्व-प्रेरकत्व परिकलित कीजिए। धारा के इस मान के लिए कुंडली में संचित चुंबकीय ऊर्जा का मान भी परिकलित कीजिए। 4

P. T. O.

[10]

PHE-07

2. कोई एक भाग हल कीजिए : $1 \times 10 = 10$
- (क) (i) किसी बेलनाकार संधारित्र, जिसमें डाइलेक्ट्रिक पदार्थ भरा है, के लिए धारिता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5
- (ii) सिरैमिक संधारित्र क्या होते हैं ? संक्षेप में समझाइए। 5
- (ख) (i) स्थिरविद्युतिकी के लिए गाउस का नियम लिखिए तथा उसे समझाइए। गाउस के नियम का उपयोग कर किसी एकसमान आवेशित गोले के अंदर किसी बिन्दु पर विद्युत् क्षेत्र निर्धारित कीजिए। 5
- (ii) लम्बाई 'a' वाले विद्युत् द्विध्रुव के कारण इसके अक्ष के अनुदिश इसके मध्य बिन्दु से r ($r \gg a$) दूरी पर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत् क्षेत्र के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5
3. कोई एक भाग हल कीजिए : $1 \times 10 = 10$
- (क) (i) किसी वृत्ताकार लूप जिसमें धारा प्रवाहित हो रही है, के अक्ष के अनुदिश किसी बिन्दु पर चुंबकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ii) समांतर प्लेट संधारित्र के प्लेटों के बीच विद्युत् क्षेत्र का मान 3.0 NC^{-1} है। इस क्षेत्र में एक इलेक्ट्रॉन को विरामावस्था से छोड़ा जाता है। $1.0 \mu\text{s}$ में इलेक्ट्रॉन कितनी दूरी तय करेगा ? 5

(ख) (i) आलेख की सहायता से विद्युत् और चुम्बकीय क्षेत्रों में किसी आवेशित कण की गति के लिए वेग वरणकारी की कार्यप्रणाली समझाइए। 5

(ii) बोहर हाइड्रोजन परमाणु में, इलेक्ट्रॉन के कक्षीय कोणीय संवेग को \hbar के मात्रकों में क्वांटमीकृत किया गया है, जहाँ $\frac{\hbar = (6.626 \times 10^{-34})}{2\pi} \text{ J-s}$ है। JT^{-1} में परमाण्विक द्विध्रुव आघूर्ण का लघुतम परिमाण ज्ञात कीजिए। 5

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

(क) निर्वात के लिए मैक्सवेल समीकरणों का उपयोग कर \vec{B} के लिए तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए।

10

P. T. O.

(ख) (i) एक आवेशित अनंत शीट के पृष्ठ घनत्व σ का मान $1.0 \times 10^{-7} \text{ Cm}^{-2}$ है। उन समविभवा पृष्ठों के बीच कितनी दूरी होगी जिनके बीच 5.0 वोल्ट का विभवांतर हो ? 5

(ii) 0.9 m व्यास तथा 2.2 m लम्बाई वाली परिनालिका, जिसमें धारा प्रवाहित हो रही है, के मध्य भाग में चुम्बकीय क्षेत्र का मान 0.4 T है। परिनालिका के चुम्बकीय क्षेत्र में संचित ऊर्जा का मान परिकलित कीजिए। 5

भौतिक नियतांक :

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

प्रोटॉन का द्रव्यमान = $1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$

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

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

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

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