No. of Printed Pages : 12

PHE-07

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2019

05352

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 log tables or 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) Two charges of + 3 μC and – 1 μC are kept at a distance of 2 cm from each other. Determine the net electric field at the midpoint of the line joining the two charges. Depict it as a vector.

(b) Show that the line integral of the electric field $\vec{E}$ over a closed path is equal to zero.

(c) Two point charges + 4e and + e are fixed at a distance 'a'. 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.

(d) An electron, having velocity of 10^7 ms^{-1}, enters a magnetic field of strength $1 \cdot 5 \times 10^{-3}$ Wbm^{-2} at an angle 30° with it. Calculate the radius of the helical path and the time taken by the electron for one revolution. Take $e/m = 1 \cdot 76 \times 10^{11}$ C kg^{-1}.

(e) A solenoid of length 2·2 m has a diameter of 0·9 m. The magnetic field at its centre is 0·4 tesla. Estimate the energy stored in the field of this coil.

(f) Calculate the capacitance of a parallel plate capacitor for which the area of each plate is $0{\cdot}01 \text{ m}^2$ and the distance between them is 10^{-2} m. Next, a dielectric of relative permittivity 2 is filled between the plates of the capacitor. Determine the factor by which its capacitance increases.

(g) The magnetic field of a long solenoid is given by $B = \mu_0 nI$, where n is the number of turns per unit length. Derive the expression for its self-inductance.

(h) A wire loop of radius 10 cm is kept in a uniform magnetic field $\vec{B}$ perpendicular to it. If magnetic field decreases at the rate of 0·2 tesla per second, calculate the magnitude of the emf induced in the loop.

2. Answer any ***one*** part : *1×10=10*

(a) (i) What are equipotential surfaces ? Explain with reference to a positive charge +q and a uniform infinite line charge. Draw the relevant diagrams. *1+2+2*

(ii) Derive the expression for the electrostatic potential at a point situated outside a uniformly charged non-conducting sphere. 5

(b) (i) Derive the expression for the energy stored per unit volume in a dielectric medium for a parallel plate capacitor. 7

(ii) What are electrolytic capacitors ? Explain briefly. 3

3. Answer any ***one*** part : *1×10=10*

(a) (i) A cyclotron is being used to accelerate protons to a kinetic energy of 5·0 MeV. If the magnetic field in the cyclotron is 2·0 T, what must the radius of the cyclotron and the frequency be at which the Dee voltage is alternated ? 5

(ii) A rectangular loop of N turns carrying a current I is immersed in a uniform magnetic field $\vec{B}$. Derive an expression for the total torque exerted on the loop. 5

(b) (i) With the help of a schematic diagram, explain the working principle of a Cathode Ray Oscilloscope. *5*

(ii) With the help of a diagram, explain the hysteresis loop for a ferromagnetic material. *5*

4. Answer any ***one*** part : *1×10=10*

(a) Write Maxwell's equations in free space in differential form. Derive the expression for the wave equation for the time varying $\vec{E}$ field. *4+6*

(b) (i) Consider an electromagnetic wave in free space whose electric field is given by

$$\vec{E} = 60\,\hat{x}\,\exp\left[-i\left(10^{8}\,t + \beta z\right)\right].$$

Determine the direction of propagation, wave number, frequency and the magnetic field of the wave. *6*

(ii) State and explain "Poynting's Theorem". *4*

Physical Constants :

Mass of electron = $9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

Mass of proton = $1{\cdot}7 \times 10^{-27}$ kg

Charge of electron = $1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

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

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

$\varepsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-12}$ Fm^{-1}

पी.एच.ई.-07

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2019

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 लॉग सारणियों अथवा कैल्कुलेटरों 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) एक-दूसरे से 2 cm की दूरी पर + 3 μC और – 1 μC के दो आवेश रखे हैं । इन दो आवेशों को जोड़ने वाली रेखा के मध्य-बिन्दु पर नेट विद्युत्-क्षेत्र का मान परिकलित कीजिए । इसे एक सदिश के रूप में दिखाइए ।

(ख) सिद्ध कीजिए कि बंद पथ के अनुदिश विद्युत्-क्षेत्र $\vec{E}$ का रेखा समाकल शून्य के बराबर होता है ।

(ग) दो बिंदु आवेश $+ 4e$ और $+ e$ एक-दूसरे से दूरी 'a' पर रखे हैं । एक तीसरा आवेश q इन दो आवेशों को मिलाने वाली सरल रेखा पर इस प्रकार रखा गया है जिससे कि q साम्यावस्था में रहे । q की स्थिति निर्धारित कीजिए ।

(घ) $1{\cdot}5 \times 10^{-3}$ Wbm^{-2} की प्रबलता वाले एक चुंबकीय क्षेत्र में एक इलेक्ट्रॉन 10^{7} ms^{-1} के वेग से क्षेत्र से 30° के कोण पर प्रवेश करता है । कुंडलिनीय पथ की त्रिज्या और एक परिक्रमण में इलेक्ट्रॉन द्वारा लिया गया समय परिकलित कीजिए । $(e/m) = 1{\cdot}76 \times 10^{11}$ C kg^{-1} लीजिए ।

(ङ) 2·2 m लंबे एक सोलेनॉइड का व्यास 0·9 m है । उसके केन्द्र पर चुंबकीय क्षेत्र का मान 0·4 T (टेसला) है । इस कुंडली के क्षेत्र में भंडारित ऊर्जा का मान परिकलित कीजिए ।

(च) एक समांतर प्लेट संधारित्र, जिसके प्रत्येक प्लेट का क्षेत्रफल $0{\cdot}01\ m^2$ और प्लेटों के बीच की दूरी $10^{-2}\ m$ है, की धारिता परिकलित कीजिए । इस संधारित्र की प्लेटों के बीच एक डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ भर दिया जाता है जिसकी आपेक्षिक विद्युतशीलता 2 है । धारिता का मान कितने गुना बढ़ जाएगा ?

(छ) एक लंबे सोलेनॉइड के चुंबकीय क्षेत्र का व्यंजक $B = \mu_0 nI$ है, जहाँ n प्रति एकक लंबाई घुमावों (फेरों) की संख्या है । सोलेनॉइड के स्व-प्रेरकत्व का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

(ज) 10 cm त्रिज्या वाले तार का एक लूप एकसमान चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में लंबवत् रखा जाता है । चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण $0{\cdot}2\ Ts^{-1}$ की दर से घट रहा है । लूप में प्रेरित विद्युत्-वाहक बल का परिमाण परिकलित कीजिए ।

2. किसी ***एक*** भाग का उत्तर दीजिए : *1×10=10*

(क) (i) समविभव पृष्ठ क्या होते हैं ? बिन्दु धन आवेश + q तथा एकसमान अनंत रेखीय आवेश के संदर्भ में इसे समझाइए । संबद्ध चित्र भी आरेखित कीजिए । *1+2+2*

(ii) एकसमान आवेशित अचालक गोले के बाहर स्थित किसी बिन्दु पर स्थिर-वैद्युत विभव के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । 5

(ख) (i) समांतर प्लेट संधारित्र के लिए डाइइलेक्ट्रिक माध्यम में प्रति एकक आयतन संचित ऊर्जा के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । 7

(ii) संक्षेप में समझाइए कि विद्युत्-अपघटनी संधारित्र क्या होते हैं । 3

3. किसी ***एक*** भाग का उत्तर दीजिए : *1×10=10*

(क) (i) एक साइक्लोट्रॉन का उपयोग प्रोटॉनों को 5·0 MeV की गतिज ऊर्जा से त्वरित करने के लिए किया जा रहा है । यदि साइक्लोट्रॉन में चुंबकीय क्षेत्र 2·0 T है, तो साइक्लोट्रॉन की त्रिज्या कितनी होनी चाहिए तथा यह भी ज्ञात कीजिए कि किस आवृत्ति से 'डी' वोल्टता प्रत्यावर्तित होगी । 5

(ii) N फेरों वाली आयताकार कुंडली में धारा I प्रवाहित हो रही है और इसे एकसमान चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में रखा जाता है । कुंडली पर लगने वाले कुल बल-आघूर्ण के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । 5

(ख) (i) एक व्यवस्था आरेख की सहायता से कैथोड किरण दोलनदर्शी का कार्यकारी सिद्धांत समझाइए । 5

(ii) एक चित्र की सहायता से लौह-चुंबकीय पदार्थ के लिए शैथिल्य लूप समझाइए । 5

4. किसी ***एक*** भाग का उत्तर दीजिए : *1×10=10*

(क) निर्वात में मैक्सवेल समीकरणों को अवकल रूप में लिखिए । समय परिवर्ती $\vec{E}$ क्षेत्र के लिए तरंग समीकरण का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । *4+6*

(ख) (i) मुक्त आकाश में विद्युत्-चुंबकीय तरंग के विद्युत्-क्षेत्र का व्यंजक है :

$$\vec{E} = 60\,\hat{x}\,\exp\,[-i\,(10^8\,t + \beta z)]$$

तरंग की संचरण दिशा, तरंग संख्या, आवृत्ति और चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए । *6*

(ii) "प्वाइन्टिंग प्रमेय" का कथन दीजिए तथा इसे समझाइए । *4*

भौतिक नियतांक :

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $= 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

प्रोटॉन का द्रव्यमान $= 1{\cdot}7 \times 10^{-27}$ kg

इलेक्ट्रॉन का आवेश $= 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

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

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

$$\varepsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$$