No. of Printed Pages : 8

PHE-07(S)

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2017

00281

PHYSICS

PHE-07(S) : ELECTRIC AND MAGNETIC PHENOMENA

Time : 2 hours *Maximum Marks : 50*

Note : *All questions are* ***compulsory****. The marks for each question are indicated against it. You may use log tables or 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) Determine the ratio of the magnitudes of the electric and gravitational forces that two electrons exert on each other.

(b) Two point charges q_1 and q_2 are 3 m apart and their combined charge is 20 μC. If one repels the other with a force of 0·075 N, calculate the value of the two charges.

(c) Explain polarisation of dielectrics placed in an electric field and hence define electrical susceptibility.

(d) A large metal plate of area 2·0 m^2 carries a charge $4{\cdot}4 \times 10^{-10}$ C. Calculate the electric field at a point near the plate.

(e) Draw a labelled hysteresis curve for a ferromagnet. Explain the terms remanence and coercivity.

(f) A TV set (CRT type) shoots out a beam of electrons. The beam current is 15 μA. Calculate the number of electrons striking the TV screen per second.

(g) Consider an electromagnetic wave in empty space whose electric field expression is given by

$$\vec{E} = 40\ \hat{x} \exp\left[-i\left(10^8 t + \beta z\right)\right]$$

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

(h) An electric generator consists of a 15 turn square wire loop of side 60 cm. The loop is turned at 50 revolutions per second to produce 50 Hz alternating current. If the peak output voltage of the generator is to be 250 V, calculate the magnetic field between the pole pieces.

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

(a) Derive an expression for electric field due to a dipole at (i) a point along its axis; and (ii) a point on the perpendicular bisector of the dipole axis. *4+6*

(b) A parallel plate capacitor is filled by two slabs of linear dielectric materials of dielectric constants K_1 and K_2 and of thicknesses d_1 and d_2, respectively. The interface between the two dielectric slabs is charge-free. The distance between the plates of the capacitor is $(d_1 + d_2)$. The free charge density on the top and bottom plates are $+\sigma_f$ and $-\sigma_f$, respectively. Determine (i) $\vec{D}$, $\vec{E}$, and $\vec{P}$ in each slab, (ii) potential difference between the plates of the capacitor, and (iii) bound surface charge density. *6+2+2*

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

(a) (i) Obtain the expression for potential energy of a dipole placed in a uniform external electric field. *6*

(ii) A solenoid has $2{\cdot}0 \times 10^3$ turns per metre. If we wish to obtain a magnetic field of $8{\cdot}0 \times 10^{-4}$ tesla, what should the value of current in the solenoid be ? *4*

(b) Show that the line integral of the electric field over a closed path is equal to zero. *10*

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

(a) (i) The diameter of a cyclotron is 0·4 m and the magnitude of the magnetic field at its centre is 1·5 tesla. If this cyclotron is used for accelerating deuterons (q = e and $m = 3{\cdot}3 \times 10^{-27}$ kg), calculate the cyclotron frequency and the kinetic energy of deuterons as they emerge from the cyclotron. *3+3*

(ii) A wire loop of radius 30 cm is immersed in a uniform magnetic field at right angles to it. The field strength is increasing at the rate of 0·02 tesla per second. Calculate the induced emf in the coil. *4*

(b) Show that the electromagnetic field described by

$$\vec{E} = E_0 \hat{z} \cos kx \cos ky \cos \omega t$$

$$\vec{B} = B_0 (\hat{x} \cos kx \sin ky - \hat{y} \sin kx \cos ky) \sin \omega t$$

will satisfy Maxwell's equations in charge-free and current-free empty space, if

$$E_0 = \sqrt{2}\ cB_0 \text{ and } \omega = \sqrt{2}\ ck.$$ *10*

Physical Constants :

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

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

Gravitational constant

$$= 6{\cdot}7 \times 10^{-11}\ Nm^2\ kg^{-2}$$

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

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

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

पी.एच.ई.-07(S)

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2017

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-07(S) : 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 को हल कीजिए : *5×4=20*

   (क) दो इलेक्ट्रॉनों द्वारा एक-दूसरे पर आरोपित वैद्युत और गुरुत्वीय बलों के परिमाणों का अनुपात निर्धारित कीजिए ।

   (ख) दो बिन्दु आवेश q_1 और q_2, 3m की दूरी पर हैं और इनका संयुक्त आवेश 20 μC है । यदि एक आवेश दूसरे आवेश को 0·075 N के बल से प्रतिकर्षित करता है, तो दोनों आवेशों का मान ज्ञात कीजिए ।

   (ग) विद्युत्-क्षेत्र में स्थित डाइइलेक्ट्रिक में ध्रुवण प्रक्रिया समझाइए तथा उसके आधार पर वैद्युत प्रवृत्ति (सुग्राहिता) को परिभाषित कीजिए ।

(घ) धातु की एक बड़ी प्लेट, जिसका क्षेत्रफल $2{\cdot}0\ m^2$ है, पर $4{\cdot}4 \times 10^{-10}$ C आवेश है । प्लेट के निकट एक बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र की गणना कीजिए ।

(ङ) लोह-चुंबकीय पदार्थ के लिए एक नामांकित शैथिल्य वक्र आरेखित कीजिए । चुंबकत्वाशेष तथा निग्राहिता पदों को परिभाषित कीजिए ।

(च) एक टी.वी. सेट (सी.आर.टी. प्रकार का) में इलेक्ट्रॉन पुंज उत्सर्जित होता है । किरण पुंज धारा 15 μA के बराबर है । एक सेकण्ड में टी.वी. स्क्रीन पर टकरा रहे इलेक्ट्रॉनों की संख्या परिकलित कीजिए ।

(छ) मुक्त आकाश में विद्युत्-चुंबकीय तरंग के संगत विद्युत्-क्षेत्र का व्यंजक निम्नवत है :

$$\vec{E} = 40\ \hat{x} \exp\left[-i\left(10^8 t + \beta z\right)\right]$$

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

(ज) एक विद्युत् जेनरेटर में 60 cm की भुजा वाले तार का एक वर्गाकार लूप है जिसमें 15 घुमाव हैं । 50 Hz प्रत्यावर्ती धारा (ए.सी.) के उत्पादन के लिए लूप को 50 परिक्रमण प्रति सेकण्ड की दर से घुमाया जाता है । यदि जेनरेटर की शिखर निर्गम वोल्टता 250 V हो, तो इसके ध्रुवीय खंडों के बीच चुंबकीय क्षेत्र को परिकलित कीजिए ।

2. किसी ***एक*** भाग को हल कीजिए : *1×10=10*

(क) विद्युत् द्विध्रुव के कारण (i) इसके अक्ष के अनुदिश किसी बिन्दु पर; तथा (ii) द्विध्रुव अक्ष के लंबवत् समद्विभाजक पर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत्-क्षेत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । *4+6*

(ख) एक समांतर प्लेट संधारित्र में रैखिक डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ के दो खंड, जिनके डाइइलेक्ट्रिक स्थिरांक K_1 तथा K_2 और मोटाइयाँ क्रमशः d_1 और d_2 हैं, रखे हैं । इन दो डाइइलेक्ट्रिक खंडों के बीच का अंतरापृष्ठ आवेश से मुक्त है । संधारित्र की प्लेटों के बीच की दूरी $(d_1 + d_2)$ है । उसकी ऊपरी और निचली प्लेटों पर मुक्त आवेश घनत्व क्रमशः $+\sigma_f$ और $-\sigma_f$ हैं । (i) प्रत्येक खंड के लिए $\vec{D}$, $\vec{E}$ और $\vec{P}$ परिकलित कीजिए; (ii) संधारित्र की प्लेटों के बीच विभवांतर परिकलित कीजिए; और (iii) परिबद्ध पृष्ठीय आवेश घनत्व परिकलित कीजिए । *6+2+2*

3. किसी ***एक*** भाग को हल कीजिए : *1×10=10*

(क) (i) एकसमान बाह्य विद्युत्-क्षेत्र में स्थित एक द्विध्रुव के लिए विभव ऊर्जा का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । *6*

(ii) एक परिनालिका में प्रति मीटर $2{\cdot}0 \times 10^3$ फेरे हैं । यदि हम इस परिनालिका का उपयोग कर $8{\cdot}0 \times 10^{-4}$ टेस्ला चुंबकीय क्षेत्र प्राप्त करना चाहते हैं, तो इसमें कितनी विद्युत् धारा प्रवाहित करनी पड़ेगी ? *4*

(ख) सिद्ध कीजिए कि किसी संवृत पथ के अनुदिश विद्युत्-क्षेत्र के रेखा समाकल का मान शून्य होता है । *10*

4. किसी ***एक*** भाग को हल कीजिए : *1×10=10*

(क) (i) एक साइक्लोट्रॉन का व्यास $0{\cdot}4$ m है और इसके केन्द्र पर चुंबकीय-क्षेत्र का परिमाण $1{\cdot}5$ टेस्ला है । यदि इस साइक्लोट्रॉन का उपयोग ड्यूटरॉन ($q = e$ और $m = 3{\cdot}3 \times 10^{-27}$ kg) को त्वरित करने के लिए किया जाता है, तो साइक्लोट्रॉन आवृत्ति तथा साइक्लोट्रॉन से निर्गत होते ही ड्यूटरॉनों की गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए । *3+3*

(ii) 30 cm त्रिज्या वाले तार के एक लूप को एकसमान चुंबकीय-क्षेत्र में क्षेत्र के लंबवत् रखा है । क्षेत्र की तीव्रता 0·02 टेस्ला प्रति सेकण्ड की दर से बढ़ रही है । लूप में प्रेरित विद्युत्-वाहक बल (emf) परिकलित कीजिए । *4*

(ख) दिखाइए कि

$\vec{E} = E_0 \hat{z} \cos kx \cos ky \cos \omega t$

$\vec{B} = B_0 (\hat{x} \cos kx \sin ky - \hat{y} \sin kx \cos ky) \sin \omega t$

द्वारा निर्धारित विद्युत्-चुंबकीय क्षेत्र आवेश-मुक्त और धारा-मुक्त रिक्त आकाश में मैक्सवेल समीकरणों को संतुष्ट करेंगे, यदि

$E_0 = \sqrt{2}\ cB_0$ और $\omega = \sqrt{2}\ ck.$ *10*

भौतिक नियतांक :

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

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

गुरुत्वीय नियतांक

$= 6{\cdot}7 \times 10^{-11}\ Nm^2\ kg^{-2}$

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

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

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