

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination,

December 2019

PHYSICS

PHE-07 : ELECTRIC AND MAGNETIC
PHENOMENA

Time : 2 Hours]

[Maximum Marks : 50

Note : All questions are Compulsory. Marks allotted to each questions are indicated against it. You may use log tables or calculators. Symbols have their usual meanings. Values of physical constants are given at the end.

1. Answer any five parts : 5×4=20
- a) A small object carrying a charge -5×10^{-9} C experiences a force 20×10^{-9} N in the negative x direction when placed at a certain point in an electric field. What is the electric field at that point? If a proton is placed at this point, what would the magnitude and direction of the force exerted on it be?
- b) Calculate the work done by the force $\vec{F} = xy\hat{i} - y^2\hat{j}$ in moving an object from (0, 0) to (2, 1) along the parabolic path $y = \frac{x^2}{4}$.
- c) The magnetic field at the centre of a solenoid is 0.50 mT. If the current flowing in it is 0.50 A, calculate the number of turns per cm in the solenoid.

(2)

- d) Consider two rectangular plates, each of area $6.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ kept parallel to each other. The separation between the plates is $2 \times 10^{-3} \text{ m}$ and a voltage of 10 V is applied across them. If a material of dielectric constant 6.0 is introduced within the region between the two plates, calculate
- The capacitance and
 - The charge on each plate.
- e) An electron with velocity 10^7 ms^{-1} enters a magnetic field of strength $1.5 \times 10^{-3} \text{ Wbm}^{-2}$ at an angle 30° with it. Calculate the radius of the helical path and the time taken by the electron for completing one revolution. Take $e/m = 17.6 \times 10^{10} \text{ C kg}^{-1}$.
- f) Show that the energy stored in an inductor is given by $\frac{1}{2}LI^2$.
- g) An electric generator consists of a 20 turn square wire loop of side 100 cm . The loop is turned to produce 50 Hz AC. Calculate the applied magnetic field so that the peak output voltage of the generator is 300 V .
- h) A flat sheet of area 150 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 $3.6 \times 10^{-12} \text{ N}$ directed away from the sheet. Calculate the total charge on the sheet.
2. Answer any one part :
- $1 \times 10 = 10$
- Derive the expression for the potential at any point P at a distance r from the midpoint O of a dipole. The line OP makes an angle θ with the dipole axis. Determine the electric field at that point.

(3)

ii) Prove that the electrostatic force is conservative. 3

b) i) Derive an expression for the capacitance per unit length of a cylindrical capacitor. 5

ii) Two cylindrical capacitors are of equal length and have the same dielectric. In one of them the radii of inner and outer cylinders are 6 cm and 8 cm and in the other they are 3 cm and 5 cm respectively. Calculate the ratio of their capacitances. 5

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

a) i) Define Resistivity. Show that the resistivity of a metal depends on the density of the free electrons, their mass and charge and the mean free time τ . 5

ii) Distinguish between ohmic and non-ohmic behaviour of conductors. 5

b) i) The pole faces of a cyclotron magnet are 120 cm in diameter and the field between the pole faces is 0.80 T. The cyclotron is used to accelerate protons. Calculate the kinetic energy in eV and the speed of a proton as it emerges from the cyclotron. Determine the frequency of alternating voltage that must be applied to the Dees of the accelerator. 5

ii) What is meant by remanence and coercive force? Explain how the hysteresis curve helps us in choosing magnetic materials for a given application. 5

(4)

4. Answer any one part. 1×10=10

- a) Write the properties of plane electromagnetic waves in free space. The electric field of a plane electromagnetic wave is given by

$$\vec{E} = 100\hat{z} \exp\left[-i(10^{10}t + \beta x)\right]$$

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

4+6

- b) An electromagnetic plane wave of frequency 100 MHz travelling in free space is incident normally on a block of material having $\epsilon = 3\epsilon_0$, $\mu = 12\mu_0$ and $\sigma = 0$. Its incident magnetic field vector is given by

$$\vec{B} = 10^{-9} \sin(\omega t - \alpha z) \hat{y} \text{ tesla}$$

Obtain expressions for the incident, reflected and transmitted electric field vectors associated with the wave. 2+5+3



Physical Constants

Mass of electron = 9.1×10^{-31} kg

Mass of proton = 1.7×10^{-27} kg

Charge of electron = 1.6×10^{-19} C

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

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

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



विज्ञान स्नातक (बी.एस.सी.)

सत्रांत परीक्षा,

दिसंबर 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 हैं। आप लॉग सारणियों अथवा कैलकुलेटर 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 दें : 5×4=20
- क) $-5 \times 10^{-9} \text{ C}$ के आवेश वाली एक छोटी वस्तु को किसी विद्युत क्षेत्र के एक निश्चित बिन्दु पर रखने पर उस पर ऋणात्मक x -दिशा में $20 \times 10^{-9} \text{ N}$ का बल लगता है। उस बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र का मान कितना होगा? यदि उस बिन्दु पर एक प्रोटॉन रखा जाए तो उस पर लगने वाले बल का परिमाण और दिशा क्या होगी?
- ख) एक वस्तु को परवलयिक पथ $y = \frac{x^2}{4}$ के अनुदिश (0, 0) से (2, 1) तक ले जाने में बल $\vec{F} = xy\hat{i} - y^2\hat{j}$ द्वारा किया गया कार्य परिकलित करें।
- ग) किसी परिनालिका के मध्य में चुंबकीय क्षेत्र का मान 0.50 mT है। यदि इसमें प्रवाहित धारा का मान 0.50 A है, तो परिनालिका में प्रति cm फेरों की संख्या परिकलित करें।

(6)

- घ) दो आयताकार प्लेटें, जिनमें प्रत्येक का क्षेत्रफल $6.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ है, एक दूसरे के समांतर रखी हैं। इनके बीच की दूरी $2 \times 10^{-3} \text{ m}$ है तथा इनके बीच 10 V वोल्टेज आरोपित किया जाता है। यदि इन प्लेटों के बीच के स्थान को डायइलेक्ट्रिक स्थिरांक 6.0 वाले एक पदार्थ से भर दिया जाता है तो इस निकाय की (i) धारिता तथा (ii) प्रत्येक प्लेट पर स्थित आवेश का मान परिकलित करें।
- ङ) $1.5 \times 10^{-3} \text{ Wbm}^{-2}$ 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 तथा एक परिक्रमण में इलेक्ट्रॉन द्वारा लिया गया समय परिकलित करें। यहाँ $e/m=17.6 \times 10^{10} \text{ C kg}^{-1}$ लें।
- च) सिद्ध करें कि एक प्रेरक में संचित ऊर्जा का मान $\frac{1}{2}LI^2$ होता है।
- छ) एक वैद्युत जेनेरेटर में 100 cm की भुजा वाला तार का एक वर्गाकार लूप है जिसमें 20 घुमाव हैं। लूप को इस दर से घुमाया जाता है कि 50 Hz ए.सी. उत्पन्न हो। आरोपित चुंबकीय क्षेत्र का वह मान परिकलित करें जिससे कि जेनेरेटर का शिखर निर्गम वोल्टता 300 V हो।
- ज) 150 cm^2 क्षेत्रफल वाली एक सपाट शीट पर एकसमान पृष्ठ आवेश घनत्व σ है। शीट के केन्द्र के निकट के एक बिन्दु से 1.5 cm की दूरी पर स्थित इलेक्ट्रॉन पर $3.6 \times 10^{-12} \text{ N}$ का बल लग रहा है। जिसका दिशा शीट से परे है। शीट पर कुल आवेश परिकलित करें।

2. किसी एक भाग का उत्तर दें।

$1 \times 10 = 10$

- क) i) किसी द्विध्रुव के मध्य बिन्दु O से दूरी r पर स्थित किसी बिन्दु P के लिए विभव का व्यंजक व्युत्पन्न करें। रेखा OP , द्विध्रुव अक्ष से θ कोण बनाती है। इस बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र का मान निर्धारित करें।

7

(7)

- ii) सिद्ध करें कि स्थिरवैद्युत बल संरक्षी होता है। 3
- ख) i) बेलनाकार संधारित्र के लिए प्रति एकक लम्बाई धारिता का व्यंजक व्युत्पन्न करें। 5
- ii) दो बेलनाकार संधारित्र समान लम्बाई के हैं और उनमें एक ही डायइलेक्ट्रिक पदार्थ रखा है। उनमें से एक की भीतरी और बाहरी बेलनों की त्रिज्याएँ क्रमशः 6 cm और 8 cm हैं और दूसरे की भीतरी और बाहरी बेलनों की त्रिज्याएँ क्रमशः 3 cm और 5 cm हैं। उनकी धारिताओं का अनुपात परिकलित करें। 5
3. किसी एक भाग का उत्तर दें। $1 \times 10 = 10$
- क) i) प्रतिरोधकता को परिभाषित करें। सिद्ध करें कि किसी धातु की प्रतिरोधकता, मुक्त इलेक्ट्रॉनों के घनत्व, इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान तथा आवेश और माध्य मुक्त समय, τ पर निर्भर करती है। 5
- ii) चालकों के ओमीय तथा अन-ओमीय व्यवहारों में अन्तर बताइए। 5
- ख) i) एक साइक्लोट्रॉन-चुंबक के ध्रुव फलकों का व्यास 120 cm है और ध्रुव फलकों के बीच चुंबकीय क्षेत्र का मान 0.80 T है। साइक्लोट्रॉन का प्रयोग प्रोटॉनों को त्वरित करने में किया जा रहा है। साइक्लोट्रॉन से निकल रहे प्रोटॉनों की गतिजऊर्जा eV में और उसकी चाल ज्ञात करें। इस त्वरित्र के 'डी' पर प्रयुक्त प्रत्यावर्ती वोल्टता की आवृत्ति परिकलित करें। 5
- ii) चुंबकत्वावशेष और निग्रह बल से आप क्या समझते हैं? किसी अनुप्रयोग के लिए चुंबकीय पदार्थ का चयन करने में शैथिल्य वक्र किस प्रकार मदद करता है, समझाइए। 5

4. किसी एक भाग का उत्तर दें।

$1 \times 10 = 10$

क) मुक्त आकाश में समतल विद्युत चुंबकीय तरंगों के गुणधर्म लिखें।
किसी समतल विद्युत चुंबकीय तरंग के विद्युत क्षेत्र का व्यंजक है :

$$\vec{E} = 100\hat{z} \exp[-i(10^{10}t + \beta x)]$$

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

4+6

ख) मुक्त आकाश में गतिमान 100 MHz वाली एकसमान समतल तरंग पदार्थ के बड़े ब्लॉक के पृष्ठ पर अभिलंबवत् आपतित होती है जहाँ $\epsilon = 3\epsilon_0$, $\mu = 12\mu_0$ और $\sigma = 0$ । यदि आपतित चुंबकीय क्षेत्र सदिश का व्यंजक है

$$\vec{B} = 10^{-9} \sin(\alpha t - \alpha z)\hat{y} \text{ tesla}$$

आपतित, परावर्तित और संचरित विद्युत क्षेत्र सदिशों के व्यंजक प्राप्त करें।

2+5+3



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

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

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

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

