

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2020

**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. Values of physical constants are given at the end.

1. Attempt any *five* parts : 4 each
- (a) A charge of 9 nC is present inside a cube. Calculate the electric flux linked with one of the surfaces of the cube.

- (b) Determine the electric field for the potential ϕ

$$\phi = Cxyz,$$

where C is a constant.

- (c) A vertical straight wire in which a current is flowing produces a neutral point with the earth's magnetic field at a distance of 20 cm from the wire. Determine the current. Take $H = 0.32 \times 10^{-4}$ tesla.
- (d) Two cylindrical capacitors of equal length have the same dielectric. In one of them the radii of the inner and outer cylinders are 16 cm and 20 cm, respectively and in the other 8 cm and 10 cm. Calculate the ratio of their capacitances.
- (e) A rectangular loop carries a current I and it is immersed in a uniform magnetic field B . Obtain an expression for the torque on the current loop.

- (f) The polarisability of a given material is $1.0 \times 10^{-40} \text{ C}^2 \text{ mN}^{-1}$. Determine its dielectric constant if the number of molecules in 1 m^3 volume of the material is 5.0×10^{25} .
- (g) Calculate the Poynting vector for a 100 W lamp at a distance of 1 m from it.
- (h) A block of dielectric material is polarised such that :

$$\vec{P} = 2.5 \times 10^{-7} (5x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}) \text{ C m}^{-2}$$

Calculate the bound volume charge density for the block.

2. Attempt any *four* parts : 5 each

- (a) Prove Gauss' law for electrostatics in vacuum for any arbitrary closed surface.

- (b) Derive the expression for electric potential due to a dipole at a point P along the axis situated at a distance $r > 2a$, where $2a$ is the distance between the two charges.
- (c) Explain polarisation of polar and non-polar dielectric materials.
- (d) Using Ampere's law, derive the expression for magnetic field due to a current carrying long straight wire at a point.
- (e) A beam of electrons passes undeflected through two mutually perpendicular electric and magnetic fields. The electric field is cut-off and the same magnetic field is maintained such that the electrons move in the magnetic field in a circular path of radius 1.14 cm. Determine the ratio of electronic charge to mass, if $E = 16 \text{ kV m}^{-1}$ and $B = 2 \times 10^{-3} \text{ T}$.

- (f) A solenoid with an air core has 200 turns per cm and carries a current of 0.02 A. Determine the values of B and H at its centre. If an iron core of absolute permeability $6 \times 10^{-3} \text{ Hm}^{-1}$ is inserted in it, determine H and B .

3. Attempt any *one* part :

- (a) Derive electromagnetic wave equation from Maxwell's equations for both electric and magnetic fields. 5+5
- (b) (i) Three charges q , $2q$ and q are to be placed on a straight wire of length 10 m. Determine the positions where the charges should be placed so that the electrostatic potential energy of the system is a minimum. 5

- (ii) The electric field of an electromagnetic wave in vacuum is given by : 5

$$\vec{E} = 30\hat{j} \cos\left(2\pi \times 10^8 t - \frac{2\pi}{3} x\right) \text{Vm}^{-1}$$

Determine the frequency, wavelength, direction of propagation and associated magnetic field for the wave.

Physical constants :

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

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

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$$

PHE-07

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2020

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 लॉग सारणी या 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 कीजिए : प्रत्येक 4

(क) एक घन के अंदर 9 nC का आवेश मौजूद है।

घन के एक पृष्ठ से जुड़े विद्युत अभिवाह का

परिकलन कीजिए।

- (ख) विभव $\phi = Cxyz$ के लिए, जहाँ C एक अचर है, विद्युत् क्षेत्र की गणना कीजिए।
- (ग) पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र में एक ऊर्ध्वाधर सीधे तार से, जिसमें विद्युत धारा बह रही है, 20 cm की दूरी पर एक उदासीन बिंदु स्थित है। धारा का मान ज्ञात कीजिए। $H = 0.32 \times 10^{-4}$ टेस्ला लीजिए।
- (घ) समान लम्बाई वाले दो बेलनाकार संधारित्रों में समान डाइलेक्ट्रिक मौजूद है। उनमें से एक की आंतरिक त्रिज्या 16 cm और बाह्य त्रिज्या 20 cm है और दूसरे की क्रमशः 8 cm और 10 cm है। उनकी धारिताओं का अनुपात परिकलित कीजिए।
- (च) एक आयताकार लूप जिसमें धारा I प्रवाहित हो रही है, एकसमान क्षेत्र B में रखा है। धारावाही लूप पर आरोपित बल आघूर्ण का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

(छ) किसी पदार्थ की ध्रुवणता

$1.0 \times 10^{-40} \text{ C}^2 \text{ mN}^{-1}$ है। यदि पदार्थ के 1 m^3 आयतन में अणुओं की संख्या 5.0×10^{25} हो, तो उसका डाइलेक्ट्रिक नियतांक परिकलित कीजिए।

(ज) एक 100 W के लैम्प से 1 m की दूरी पर पोइंटिंग सदिश की गणना कीजिए।

(झ) डाइलेक्ट्रिक पदार्थ से बने एक ब्लॉक का ध्रुवण इस तरह होता है कि :

$$\vec{P} = 2.5 \times 10^{-7} (5x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}) \text{ C m}^{-2}$$

ब्लॉक के लिए परिबद्ध आयतन आवेश घनत्व की गणना कीजिए।

2. कोई चार भाग कीजिए : प्रत्येक 5

(क) किसी स्वेच्छ बंद पृष्ठ के लिए निर्वात में गाउस का स्थिरविद्युतिकी का नियम सिद्ध कीजिए।

- (ख) वैद्युत द्विध्रुव के अक्ष पर दूरी $r > 2a$ पर स्थिर बिन्दु पर द्विध्रुव के कारण विद्युत विभव की गणना कीजिए, जहाँ $2a$ दोनों आवेशों के बीच की दूरी है।
- (ग) ध्रुवीय और अध्रुवीय डाइलेक्ट्रिक पदार्थों के ध्रुवण की व्याख्या कीजिए।
- (घ) एम्पीयर नियम का उपयोग करके, एक लंबे सीधे धारावाही तार के कारण एक बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।
- (च) एक इलेक्ट्रॉन पुंज दो परस्पर लंबवत् विद्युत और चुम्बकीय क्षेत्रों के बीच से बिना विचलित हुए गुजरता है। किसी क्षण पर विद्युत क्षेत्र शून्य कर दिया जाता है और उसी चुम्बकीय क्षेत्र को इस तरह रखा जाता है कि इलेक्ट्रॉन चुम्बकीय क्षेत्र में त्रिज्या 1.14 cm के वृत्ताकार पथ में गतिमान होते

हैं। इलेक्ट्रॉन के आवेश और द्रव्यमान का अनुपात परिकलित कीजिए, यदि $E = 16 \text{ kV m}^{-1}$ और $B = 2 \times 10^{-3} \text{ T}$ ।

- (छ) वायु क्रोड वाले एक सोलेनॉइड में 200 फेरे प्रति cm हैं और उसमें 0.02 A धारा बहती है। उसके केन्द्र पर B और H के मान ज्ञात कीजिए। यदि निरपेक्ष चुंबकशीलता $6 \times 10^{-3} \text{ Hm}^{-1}$ का लौह क्रोड उसमें डाला जाए, तो H और B के मान ज्ञात कीजिए।

3. कोई एक भाग कीजिए :

- (क) मैक्सवेल समीकरणों से दोनों ही विद्युत और चुम्बकीय क्षेत्रों के लिए विद्युतचुम्बकीय तरंग समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 5+5

- (ख) (i) तीन आवेशों q , $2q$ और q को 10 m लंबे एक तार पर रखा जाना है। निर्धारित कीजिए

कि तार पर इन आवेशों को किन स्थितियों पर रखा जाए ताकि निकाय की स्थिरवैद्युत स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम हो। 5

(ii) निर्वात में एक विद्युतचुम्बकीय तरंग का विद्युत क्षेत्र है : 5

$$\vec{E} = 30\hat{j} \cos\left(2\pi \times 10^8 t - \frac{2\pi}{3} x\right) \text{Vm}^{-1}$$

तरंग के लिए उसकी आवृत्ति, तरंगदैर्घ्य, उसकी संरचना की दिशा और उससे संबद्ध चुम्बकीय क्षेत्र निर्धारित कीजिए।

भौतिक नियतांक :

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

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

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$$