

No. of Printed Pages : 16

BPHCT-133

**BACHELOR OF SCIENCE (GENERAL)
(BSCG)**

Term-End Examination

December, 2023

BPHCT-133 : ELECTRICITY AND MAGNETISM

Time : 2 Hours

Maximum Marks : 50

***Note :** Attempt **all** questions. Internal choices are given. Marks for each question are indicated against it. You may use a calculator. Symbols have their usual meanings. Values of physical constants are given at the end.*

1. Answer any **five** parts : 3 each
- (a) The potential at any point (x, y, z) is given by :

$$V(x, y, z) = \frac{k}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}$$

where k is a constant. Find the components of the force along x , y and z -direction and

P. T. O.

hence obtain an expression of the force induced at (x, y, z) by the potential $V(x, y, z)$.

- (b) Calculate the work done by the force :

$$\vec{F} = xy\hat{i} - y^2\hat{j}$$

in moving an object along the curve $y = x^2$ in the xy -plane from $(0, 0)$ to $(1, 1)$.

- (c) The hydrogen atom consists of an electron and a proton separated by an average distance of 5.3×10^{-11} m. Calculate the magnitude of the electrostatic force between the electron and proton taking them to be at rest.
- (d) A particle carrying a charge of 3×10^{-9} C is enclosed in a cubical Gaussian surface of side 0.25 m. Calculate the electric flux through the surface of the cube.

- (e) The radius of a gold nucleus is 6.6×10^{-15} m, and the atomic number Z of gold is 79. Assuming that the nucleus acts as a point charge and electronic charge $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, calculate the electric potential at the surface of a gold nucleus.
- (f) A dielectric block is polarized such that :

$$\vec{P} = 2.5 \times 10^{-7} [3x\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}] \text{ Cm}^{-2}$$

Calculate the bound volume charge density for the block.

- (g) An electric generator consists of 20 turns square wire coil of side 50 cm. The coil is turned at 50 revolutions per second to produce the standard 50 Hz a. c. produced in India. What must the magnitude of the magnetic field be for the peak output voltage of the generator to be 300 V ?

- (h) What rate of change of current in solenoid having self-inductance 10 mH produces a self-induced e.m.f. of 50 mV in it ?

2. Answer any *five* parts : 5×5=25

- (a) Show that the electromagnetic field described by :

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

and

$$\vec{B} = B_0 [\hat{x} \cos kx \cdot \sin ky - \hat{y} \sin kx \cdot \cos ky]$$

$\sin \omega t$

will satisfy the Maxwell's equation :

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \nabla \times \vec{E}$$

if $E_0 = \sqrt{2} cB_0$ and $w = \sqrt{2} ck$.

- (b) A uniformly charged disc having charge Q and radius R is rotating with constant angular velocity of magnitude ω . Show that its magnetic dipole moment has magnitude $\frac{1}{4} (Q\omega R^2)$.

- (c) A current of 0.70 A is flowing in a circular coil of radius 0.02 m. Calculate the magnitude of the magnetic field due to this coil at a point 1.0 m away from the centre of the coil along its axis.
- (d) A dielectric of dielectric constant 2.0 is filled in the gap between the plates of a capacitor. Calculate the factor by which the capacitance is increased if the dielectric is only sufficient to fill up $\frac{2}{5}$ of the gap.
- (e) Three particles each having charge + Q are placed at the vertices of an equilateral triangle with each side of length R. Calculate the magnitude of the net electric field at the mid point of any side of the triangle.
- (f) A flat sheet of charge of surface area A has uniform surface charge density σ . An electrostatic force of magnitude

$3.0 \times 10^{-12} \text{ N}$ pointing in a perpendicular direction away from the sheet, is exerted on an electron of a perpendicular distance of 0.02 m from its centre. Calculate the net charge on the sheet for $A = 2.0 \text{ m}^2$.

(g) Evaluate :

$$\oiint_S \vec{V} \cdot \hat{n} d\vec{S}$$

where $\vec{V} = 2x \cos^2 y \hat{i} + 5xz \hat{j} + 2z \sin^2 y \hat{k}$

and S is the surface of a sphere with its centre at the origin and radius 2 units.

(h) A two-dimensional force field is defined as :

$$\vec{F} = \frac{k(x\hat{j} - y\hat{i})}{x^2 + y^2}$$

where k is a constant. Calculate the work done by this force in taking a particle from point A (1, 0) to B (0, 1) along a straight line.

3. Answer any *two* parts : 2×5=10

- (a) Consider an electric dipole AB of length ' $2a$ ' and a point P at a distance of ' r ' from the mid point C of the dipole and the line CP is making an angle of θ with respect to the dipole axis. Find the electric potential at P.
- (b) Consider a parallel plate capacitor with dielectric material inserted between its plates. Deduce an expression for the capacitance of such a system when the space between the plate is only partially filled by the dielectric.
- (c) What do you understand by the term 'displacement current' ? Consider a parallel plate capacitor that is being charged by a constant current ' i '. Show that the displacement current is same as the current ' i ' charging the capacitor.

Physical constants :

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ NA}^{-2}$$

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

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

BPHCT-133**विज्ञान स्नातक (सामान्य)****(बी.एस.-सी.जी.)****सत्रांत परीक्षा****दिसम्बर, 2023****बी.पी.एच.सी.टी.-133 : विद्युत और चुंबकत्व**

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न कीजिए। आंतरिक विकल्प दिए गए हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप कैल्कुलेटर का उपयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. कोई पाँच भाग कीजिए : प्रत्येक 3

(क) किसी बिन्दु (x, y, z) पर विभव निम्नवत् है :

$$V(x, y, z) = \frac{k}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}$$

जहाँ k एक नियतांक है। बल का x, y और z -दिशाओं में घटक परिकलित कीजिए और विभव $V(x, y, z)$ द्वारा बिंदु (x, y, z) पर प्रेरित बल परिकलित कीजिए।

(ख) बल $\vec{F} = xy\hat{i} - y^2\hat{j}$ द्वारा किसी पिंड को वक्र $y = x^2$ के अनुदिश xy -समतल में बिन्दु $(0, 0)$ से $(1, 1)$ तक ले जाने में किया गया कार्य परिकलित कीजिए।

(ग) हाइड्रोजन परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन और एक प्रोटॉन होता है और इनके बीच की औसत दूरी 5.3×10^{-11} m है। इन्हें विरामावस्था में मानते हुए इनके बीच लग रहे स्थिरवैद्युत बल के परिमाण की गणना कीजिए।

(घ) एक कण जिस पर आवेश 3×10^{-9} C है, को भुजा 0.25 m वाले एक घनाकार गाउसीय पृष्ठ में परिबद्ध किया जाता है। घन के पृष्ठ से होकर जाने वाला वैद्युत अभिवाह परिकलित कीजिए।

(ड) स्वर्ण का परमाणु क्रमांक $Z = 79$, इसके नाभिक की त्रिज्या $6.6 \times 10^{-15} \text{ m}$ है और इलक्ट्रॉन आवेश $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ है। यह मानकर कि नाभिक एक बिन्दु आवेश की भाँति व्यवहार करता है, स्वर्ण नाभिक के पृष्ठ पर विद्युत-विभव परिकलित कीजिए।

(च) एक डाइलेक्ट्रिक खण्ड का ध्रुवण इस तरह होता है कि :

$$\vec{P} = 2.5 \times 10^{-7} [3x\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}] \text{ Cm}^{-2}$$

इस खण्ड के लिए परिबद्ध आयतन आवेश घनत्व परिकलित कीजिए।

(छ) एक विद्युत जनरेटर में 50 cm भुजा वाली तार की एक वर्गाकार कुण्डली है जिसमें 20 फेरे हैं। भारत में प्रयुक्त मानक 50 Hz ए.सी. का उत्पादन करने के लिए कुण्डली को 50 परिक्रमण प्रति सेकंड की दर से घूर्णित किया जाता है। चुम्बकीय क्षेत्र का क्या परिमाण होना चाहिए ताकि जनरेटर की शिखर निर्गत वोल्टता 300 V हो ?

(ज) 10mH स्व-प्रेरकत्व वाले सोलेनॉइड में 50 mV का स्व-प्रेरित विद्युत-वाहक बल उत्पन्न करने के लिए सोलेनॉइड की धारा में परिवर्तन की दर क्या होनी चाहिए ?

2. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए : $5 \times 5 = 25$

(क) सिद्ध कीजिए कि :

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

और

$$\vec{B} = B_0 [\hat{x} \cos kx \cdot \sin ky - \hat{y} \sin kx \cdot \cos ky] \sin \omega t$$

द्वारा वर्णित विद्युतचुम्बकीय क्षेत्र निम्नलिखित मैक्सवेल समीकरण :

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \nabla \times \vec{E}$$

को संतुष्ट करेंगे, यदि $E_0 = \sqrt{2}cB_0$ और $w = \sqrt{2}ck$ हो।

(ख) एकसमान रूप से आवेशित त्रिज्या R वाला डिस्क, जिस पर आवेश Q स्थित है, नियत कोणीय वेग ω से घूर्णन कर रहा है। सिद्ध

कीजिए कि डिस्क के चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण का परिमाण $\frac{1}{4} (Q\omega R^2)$ है।

- (ग) त्रिज्या 0.02m वाली वृत्तीय कुंडली में 0.70 A धारा प्रवाहित हो रही है। इस कुंडली के कारण इसके अक्ष के अनुदिश केंद्र से 1.0m की दूरी पर स्थित एक बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र का मान परिकलित कीजिए।
- (घ) एक संधारित्र की प्लेटों के बीच डाइलेक्ट्रिक नियतांक 2.0 वाला डाइलेक्ट्रिक रखा गया है। परिकलित कीजिए कि यदि डाइलेक्ट्रिक पदार्थ, प्लेटों के बीच की जगह के कवेल 2/5 हिस्से को भरता है, तो संधारित्र की धारिता कितनी बढ़ जाएगी।
- (ङ) भुजा R वाले समबाहु त्रिभुज के तीन शीर्षों पर आवेश +Q वाले तीन कण रखे जाते हैं। त्रिभुज के किसी भुजा के मध्यबिन्दु पर नेट विद्युत क्षेत्र की गणना कीजिए।

(च) पृष्ठ क्षेत्रफल A वाली एक आवेशित सपाट शीट का एकसमान पृष्ठ आवेश घनत्व σ है। शीट के केन्द्र से 0.02 m की लांबिक दूरी पर स्थित एक इलेक्ट्रॉन पर शीट के लंबवत् उससे बहिर्मुखी दिशा में, परिमाण $3.0 \times 10^{-12} \text{ N}$ वाला स्थिर वैद्युत बल आरोपित होता है। $A = 2.0 \text{ m}^2$ के लिए शीट पर नेट आवेश परिकलित कीजिए।

(छ) निम्नलिखित समाकल परिकलित कीजिए :

$$\oiint_S \vec{V} \cdot \hat{n} dS$$

जहाँ $\vec{V} = 2x \cos^2 y \hat{i} + 5xz \hat{j} + 2z \sin^2 y \hat{k}$ और S त्रिज्या 2 इकाइयों के गोले का पृष्ठ है जिसका केन्द्र मूल बिन्दु पर है।

(ज) एक द्विविम बल क्षेत्र निम्नवत् परिभाषित है :

$$\vec{F} = \frac{k(x\hat{j} - y\hat{i})}{x^2 + y^2}$$

जहाँ k अचर है। किसी कण को बिन्दु $A(1,0)$ से $B(0,1)$ तक एक सरल रेखा के अनुदिश ले जाने में इस बल द्वारा किए गए कार्य का परिकलन कीजिए।

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) लम्बाई $2a$ वाले एक विद्युत द्विध्रुव AB के मध्यबिन्दु C से दूरी r पर स्थित किसी बिन्दु P पर द्विध्रुव के कारण उत्पन्न विद्युत विभव ज्ञात कीजिए। दिया है कि रेखा CP और द्विध्रुव अक्ष के बीच कोण θ है।

(ख) एक समांतर प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ भरा है। इस निकाय के लिए धारिता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए यदि डाइइलेक्ट्रिक पदार्थ प्लेटों के बीच के स्थान को केवल आंशिक रूप से ही भरता है।

(ग) 'विस्थापन धारा' से आप क्या समझते हैं ? मान लीजिए कि एक समांतर प्लेट संधारित्र को नियत धारा i से आवेशित किया जा रहा है। सिद्ध कीजिए कि विस्थापन धारा का मान धारा i के

बराबर होगा जो संधारित्र को आवेशित कर रही है।

भौतिक नियतांक :

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ NA}^{-2}$$

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

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$