

MPH-04

December - Examination 2019

M.Sc. (Previous) Physics Examination
Classical Electro Dynamics and Special
Theory of Relativity

चिरसम्मत विद्युतगतिकी तथा सापेक्षिकता का विशिष्ट सिद्धान्त

Paper - MPH-04**Time : 3 Hours]****[Max. Marks :- 50**

Note: The question paper is divided into three sections A, B and C. Write Answers as per given instructions. In case of any discrepancy, the English version will be final for all purposes. Check your paper code and paper title before starting the paper. Calculators are not allowed.

निर्देश : यह प्रश्न पत्र 'अ', 'ब' और 'स' तीन खण्डों में विभाजित है। प्रत्येक खण्ड के निर्देशानुसार प्रश्नों के उत्तर दीजिए। किसी भी विसंगति की स्थिति में अंग्रेजी रूप ही अंतिम माना जायेगा। प्रश्न पत्र शुरू करने से पूर्व पेपर कोड व प्रश्नपत्र शीर्षक जाँच ले। कैलकुलेटर की अनुमति नहीं है।

Section - A**8 × 2 = 16**

(Very Short Answer Questions)

Note: Answer **all** questions. As per the nature of the question delimit your answer in one word, one sentence or maximum up to 30 words. Each question carries 2 marks.

खण्ड - 'अ'

(अति लघु उत्तरीय प्रश्न)

निर्देश : सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को प्रश्नानुसार एक शब्द, एक वाक्य या अधिकतम 30 शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न 2 अंकों का है।

1) (i) If electric field $\vec{E} = 2(2y\hat{i} + 2x\hat{j})$, then by using $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ state whether this electric field is conservative or nonconservative?
यदि विद्युत क्षेत्र $\vec{E} = 2(2y\hat{i} + 2x\hat{j})$ है तो $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ का उपयोग करते हुए यह बताओ कि यह विद्युत क्षेत्र संरक्षी है अथवा असंरक्षी है?

(ii) Find the magnetic field in free space associated with the electric field vector. $\vec{E} = E_0 \cos(kz - \omega t)\hat{j}$

मुक्त आकाश में विद्युत क्षेत्र $\vec{E} = E_0 \cos(kz - \omega t)\hat{j}$ द्वारा दिया जाता है तो इसके साथ सम्बन्ध चुम्बकीय क्षेत्र का मान क्या होगा?

(iii) Four charges $q_1 = 3C, q_2 = -3C, q_3 = 5C, q_4 = -5C$, are placed at $x_1 = 2m, x_2 = -2m, x_3 = 4m, x_4 = -4m$, respectively. What is monopole moment of this charge distribution?

चार आवेशों $q_1 = 3C, q_2 = -3C, q_3 = 5C, q_4 = -5C$, को क्रमशः $x_1 = 2m, x_2 = -2m, x_3 = 4m, x_4 = -4m$, पर रखा जाता है। इस आवेश वितरण का एकल ध्रुव आघूर्ण कितना है?

(iv) Magnetostatic magnetic field $\vec{B} = 2by\hat{j} + 3cz\hat{k}$. Here b and c are constants. What is relation between b and c .

स्थिरचुम्बकी चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = 2by\hat{j} + 3cz\hat{k}$ है। यहाँ b तथा c अचर हैं। यहाँ b तथा c के मध्य क्या सम्बन्ध है?

(v) Electrostatic potential is $V = ax^3 + 3b(y^2 + x^2)$ What is the electrostatic field? Here a and b are constants.

स्थिर विद्युत विभव $V = ax^3 + 3b(y^2 + x^2)$ है तो स्थिर विद्युत क्षेत्र क्या होगा? यहाँ a तथा b अचर हैं।

(vi) At certain instant of time, electric field and magnetic field are $\vec{E} = 2\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$ and $\vec{B} = 3\hat{i} - 2\hat{k}$ respectively at a given position. What is the power transmitted per unit area at that instant of time at that position. Here all units are in S.I.

किसी क्षण पर किसी जगह पर विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र क्रमशः $\vec{E} = 2\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$ तथा $\vec{B} = 3\hat{i} - 2\hat{k}$ है। उस स्थिति पर दिए गए क्षण पर प्रति इकाई क्षेत्रफल से संचरित शक्ति क्या होगी? यहाँ सभी इकाइयाँ S.I. में हैं।

(vii) If relative magnetic permeability of magnetic substance is 1.04. What is the magnetic susceptibility of the material?

यदि चुम्बकीय पदार्थ की सापेक्षिक चुम्बकीय पारगम्यता 1.04 है तो पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति क्या होगी?

(viii) $E^2 + B^2 c^2$ is always invariant under Lorentz transformation. Is this statement true?

$E^2 + B^2 c^2$ लोरेन्ज रूपांतरण में हमेशा निश्चर रहती है'' क्या यह कथन हमेशा सत्य है?

Section - B**4 × 8 = 32**

(Short Answer Questions)

Note: Answer **any four** questions. Each answer should not exceed 200 words. Each question carries 8 marks.

खण्ड - ब

(लघु उत्तरीय प्रश्न)

निर्देश : किन्हीं **चार** प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को अधिकतम 200 शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न 8 अंकों का है।

- 2) Consider an imaginary situation for which dispersion relation for a electromagnetic wave is given by $\omega = \alpha k + 4\beta k^2$. Here α, β are constants.

$\omega = \alpha k + 4\beta k^2$ द्वारा दी जाती है। यहाँ α, β अचर है तो तरंग के कला वेग का समूह वेग के साथ अनुपात ज्ञात करो।

- 3) If (x, y, z, t) be the coordinates of an event in S -frame and (x', y', z', t') be the coordinates of the same event in S' -frame which moves relative to S -frame with a uniform velocity v along x -direction. Show that $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ is invariant under Lorentz transformation.

यदि S निर्देश तंत्र में एक घटना के निर्देशांक (x, y, z, t) है S' -निर्देश तंत्र में उसी समान घटना के निर्देशांक (x', y', z', t') है यहाँ S' निर्देश तंत्र x -अक्ष के अनुदिश एक समान वेग v से S निर्देश तंत्र के सापेक्ष गतिमान है। यह दर्शाओ कि लॉरेंज रूपांतरण में $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ निश्चर रहता है।

- 4) Using Maxwell equation (with Ampere's correction, find the curl of magnetic field \vec{B} in a space where volume current density is $(a\hat{i} + b\hat{j}) \cos(\omega t - kz)$ and electric field $(c\hat{i} + d\hat{j}) \sin(\omega t - kz)$ where a, b, c, d, k, ω are constants.

मेक्सवेल समीकरण (एम्पियर के संशोधन युक्त), उस चुम्बकीय क्षेत्र \vec{B} का कर्ल ज्ञात करो। जहाँ आयतन धारा घनत्व $(a\hat{i} + b\hat{j}) \cos(\omega t - kz)$ है एवं विद्युत क्षेत्र $(c\hat{i} + d\hat{j}) \sin(\omega t - kz)$ है जहाँ a, b, c, d, k, ω अचर है।

- 5) Obtain the Larmor's formula and total power radiated by an accelerated charge.

एक त्वरीत आवेश के द्वारा उत्सर्जित कुलशक्ति के लिए लार्मर सूत्र प्राप्त करो।

- 6) Three point charges $+q, +2q$ and $-q$ are each placed at distance b from the origin at $(b, 0, 0), (0, b, 0)$ and $(0, 0, b)$ system of these three charges and also find the electric potential at the origin.

तीन बिंदु आवेश $+q, +2q$ तथा $-q$ मूल बिंदु से प्रत्येक दूरी b पर $(b, 0, 0), (0, b, 0)$ तथा $(0, 0, b)$ पर क्रमशः रखे जाते हैं इन तीन आवेशों के निकाय का एकल ध्रुव आघूर्ण, द्विध्रुव आघूर्ण ज्ञात करे तथा मूलबिंदु पर विद्युत विभव भी ज्ञात करें।

- 7) Using Maxwells equations in free space, obtain the wave equation for electric field.

मुक्त आकाश में मेक्सवेल समीकरणों का उपयोग करते हुए विद्युत क्षेत्र के लिए तरंग समीकरण ज्ञात करिए।

- 8) A uniform line charge density λ is placed on an infinite straight wire, which is at a distance d above a grounded conducting plane. Then, find the potential in the region above the region above the plane.
 एक समान रेखीय आवेश घनत्व λ अनन्त सीधे तार पर है यह तार एक भू सम्पर्कित चालक तल के ऊपर d दूरी पर है तो उस तल के ऊपर के क्षेत्र में विभव ज्ञात करिए।
- 9) Write the Maxwells equations in differential and integral form.
 मेक्सवेल समीकरणों को अवकल तथा समाकल रूप में लिखिए।

Section - C

$2 \times 16 = 32$

(Long Answer Questions)

Note: Answer **any two** questions. You have to delimit your each answer maximum up to 500 words. Each question carries 16 marks.

खण्ड - स

(दीर्घ उत्तरीय प्रश्न)

निर्देश : किन्हीं दो प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को अधिकतम 500 शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न 16 अंकों का है।

- 10) (i) Obtain the boundary conditions on normal component of magnetostatic field.
 स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र के अभिलम्ब घटक पर परिसीमा शर्तें ज्ञात करिए।
- (ii) Express the Lorentz force formula in terms of electromagnetic potentials.
 लोरेन्ज बल सूत्र को विद्युत चुम्बकीय विभवो के पदों में व्यक्त कीजिए।

- 11) (i) Obtain the boundary conditions on normal component of electrostatic field.

स्थिर विद्युत क्षेत्र के अभिलम्ब घटक पर परिसीमा शर्तें ज्ञात करिए।

- (ii) Magnetization (magnetic moment per unit volume) in a medium is $\vec{M} = -3y\hat{i} + x\hat{j} + 2x\hat{k}$ Determine the bound current density and also determine bound surface current density at the surface. Here unit vector normal to the plane of surface is $\hat{n} = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$

एक माध्यम का प्रति इकाई आयतन चुम्बकीय आघूर्ण निम्न है

$\vec{M} = -3y\hat{i} + x\hat{j} + 2x\hat{k}$ बद्ध धारा घनत्व का निर्धारण करो एवं बद्ध सतह धारा घनत्व को भी सतह पर ज्ञात करो यहाँ सतह के तल के लम्बवत इकाई सदिश $\hat{n} = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$ है।

- 12) (i) Show that $\vec{E} \cdot \vec{B}$ is invariant under Lorentz transformation.

यहाँ दर्शाइए कि $\vec{E} \cdot \vec{B}$ लोरेन्ज रूपान्तरण में निश्चर रहता है।

- (ii) Volume charge density inside the sphere having radius R is $\rho = \beta r^2 + \alpha$ where α, β is constant and r is the distance from the centre of the sphere. Determine the electric field inside the sphere.

R त्रिज्या के एक गोले में आयतन आवेश घनत्व $\rho = \beta r^2 + \alpha$ द्वारा दिया जाता है, जहाँ α, β अचर है तथा r गोले के केंद्र से दुरी है। गोले के भीतर विद्युत क्षेत्र ज्ञात करो।

- 13) (i) Consider a sphere of radius R , centered at origin, having charge density $\rho(\vec{r}, \theta) = k \frac{R}{r^2} (R - 2r) \sin \theta$ where k is a constant are r, θ are the spherical coordinates. Find the different terms of potential for points on the z -axis, far from the sphere.

एक R त्रिज्या का गोला लिखिए जिसका केन्द्र मूल बिंदु पर है तथा जिसका आवेश घनत्व $\rho(\vec{r}, \theta) = k \frac{R}{r^2} (R - 2r) \sin \theta$ है जहाँ k अचर है तथा r, θ गोलीय निर्देशांक हैं गोले से दूर स्थित z अक्ष पर बिन्दुओं पर विभव के विभिन्न पद ज्ञात कीजिए।

- (ii) Find the magnetic vector potential of an infinite solenoid with n turns per unit length, radius R and current I .
 R त्रिज्या तथा धारा I तथा प्रति इकाई लम्बाई n घेरो की अनन्त परिनालिका के चुम्बकीय सदिश विभव ज्ञात करिए।