

MPH–04

June – Examination 2023

M.Sc. (Previous) Examination**PHYSICS****(Classical Electrodynamics and Special Theory of Relativity)****चिरसम्मत विद्युतगतिकी एवं सापेक्षिकता का सिद्धान्त****Paper : MPH-04***Time : 3 Hours]**[Maximum Marks : 80*

Note :- The question paper is divided into three Sections A, B and C. Write answers as per the given instructions. In case of any discrepancy, the English version will be final for all purposes. 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। कैलकुलेटर के उपयोग की अनुमति नहीं है।

(Very Short Answer Type 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 अंक का है।

1. (i) The imaginary situation in which electromagnetic wave in medium is given by :

$$\vec{E} = E_0 \sin(12x + 5y - 1.3 \times 10^7 t) \hat{z}$$

What is the speed of wave inside the medium? Here all units are in S.I..

एक काल्पनिक स्थिति जिसमें माध्यम में विद्युत चुम्बकीय तरंग निम्न है :

$$\vec{E} = E_0 \sin(12x + 5y - 1.3 \times 10^7 t) \hat{z}$$

तरंग की माध्यम में चाल क्या होगी ? यह सभी इकाइयाँ S.I. में हैं।

(ii) Magnetic vector potential is given as

$\vec{A} = 4y\hat{i} + 3z\hat{j}$. What is the magnetic field corresponding to this vector potential ?

चुम्बकीय सदिश विभव $\vec{A} = 4y\hat{i} + 3z\hat{j}$ द्वारा दिया जाता है तो इस सदिश विभव के संगत चुम्बकीय क्षेत्र क्या होगा ?

(iii) “ $B^2C^2 - E^2$ is always invariant under Lorentz transformation.” Is this statement true ?

“ $B^2C^2 - E^2$ लोरेन्ज रूपांतरण में हमेशा निश्चर रहती है।” क्या यह कथन हमेशा सत्य है ?

(iv) A point charge q is placed in front of infinite plane (conducting) which has zero potential.

Here distance between the charge and the plane is $2x$. What is the force on the charge q ?

यदि एक बिन्दु आवेश q को एक अनन्त तल (चालक) के सामने रखा जाता है एवं उस तल का विभव शून्य है। यहाँ आवेश तथा तल के मध्य दूरी $2x$ है। आवेश q पर बल कितना लगेगा ?

(v) In electrostatics scalar potential $\phi = (4by^2 + 4y + 4)$, then what is the value of the volume charge density ? Here b is constant.

स्थिरविद्युतकी में सदिश विभव $\phi = (4by^2 + 4y + 4)$ है, तब आयतन आवेश घनत्व का मान क्या होगा ? यहाँ b अचर है।

(vi) "Divergence of magnetic field is zero i.e., $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$." What is the physical meaning of the above statement ?

"चुम्बकीय क्षेत्र का अपसरण शून्य है अर्थात् $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$ " उपरोक्त कथन का भौतिक अर्थ क्या है ?

(vii) A uniform line charge λ (per unit length) is placed on an infinite straight wire which is placed on z -axis. Write the value of electric field and magnetic field at point (2, 2, 9).

एक समान रेखीय λ आवेश (प्रति इकाई लम्बाई) एक अनन्त लम्बाई के सीधे तार पर है जो कि z -अक्ष पर है। बिन्दु (2, 2, 9) पर विद्युत क्षेत्र व चुम्बकीय क्षेत्र का मान ज्ञात कीजिए।

(viii) In magnetostatics, magnetic field is given by :

$$\vec{B} = 2\alpha xy \hat{i} + 2\beta y \hat{j} + 5\hat{k}$$

By using the Ampere's law in differential form, find the current density \vec{J} .

यदि स्थिरचुम्बकी में चुम्बकीय क्षेत्र,

$$\vec{B} = 2\alpha xy \hat{i} + 2\beta y \hat{j} + 5\hat{k}$$

द्वारा दिया जाता है तो एम्पियर के नियम के अवकल रूप का उपयोग करते हुए धारा घनत्व \vec{J} ज्ञात कीजिए।

Section-B**4×8=32****(Short Answer Type 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 अंक का है।

2. Show that the momentum of charged particle is an electromagnetic field is given by $\vec{P} = m\vec{v} + q\vec{A}$.

यह दर्शाइए कि विद्युतचुम्बकीय क्षेत्र में आवेशित कण का संवेग

$\vec{P} = m\vec{v} + q\vec{A}$ द्वारा दिया जाता है।

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

4. Briefly explain the Thomson scattering by free charges.

संक्षेप में मुक्त आवेशों से थॉमसन प्रकीर्णन को समझाइए।

5. Deduce the Clausius Mossotti relation.

क्लासियस मोसोटी सम्बन्ध को व्युत्पन्न कीजिए।

6. Find magnetic vector potential for a long current carrying wire.

एक लंबे धारावाही तार के लिए चुम्बकीय सदिश विभव ज्ञात कीजिए।

7. Explain the Hysteresis Loop (Typical Magnetization B-H curve).

शैथिल्य लूप (B-H चुम्बकन वक्र) को समझाइए।

8. What do you mean by Coulomb gauge. Explain it.

कूलाम्ब गेज से आप क्या समझते हैं ? इसे समझाइए।

9. 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 and 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 लीजिए जिसका केन्द्र मूल बिन्दु पर है

तथा जिसका आवेश $\rho(\vec{r}, \theta) = k \frac{R}{r^2} (R - 2r) \sin \theta$ घनत्व 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।

Section–C**2×16=32****(Long Answer Type 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 अंक का है।

10. (a) In a source free region vector potential is :

$$\vec{A} = ay \hat{i} + by^2t^2 \hat{j} + czt \hat{k}$$

Find the field vector \vec{E} and \vec{B} . Here a, b, c are constants.

(b) Transform the Maxwell's equations in covariant tensor form.

(अ) उद्गम मुक्त क्षेत्र में सदिश विभव :

$$\vec{A} = ay \hat{i} + by^2t^2 \hat{j} + czt \hat{k}$$

है तो क्षेत्र सदिश \vec{E} तथा \vec{B} ज्ञात करो। यहाँ a, b, c अचर हैं।

(ब) मेक्सवेल समीकरणों को सहचर टेन्सर रूप में रूपांतरित कीजिए।

8+8

11. (a) Consider a imaginary situation for which dispersion relation for a electromagnetic wave is given by $\omega = 2\alpha k + 4\beta k^4$. Here α, β are constants. Determine the ratio of phase velocity of wave to group velocity.

(b) What do you mean by bound current densities in Magnetostatics.

(अ) एक काल्पनिक स्थिति पर विचार कीजिए जिसमें विद्युत चुम्बकीय तरंग के लिए विक्षेपण सम्बन्ध $\omega = 2\alpha k + 4\beta k^4$ द्वारा दी जाती है। यहाँ α, β अचर हैं, तरंग के कला वेग के साथ अनुपात ज्ञात कीजिए।

(ब) स्थिरचुम्बकी में बद्ध धारा घनत्व से आपका क्या तात्पर्य है ? 8+8

12. (a) 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 vector normal to the plane of surface is $\hat{n} = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$.

(b) Obtain the Gauss law in different form from integral form in electrostatics. Also write the main features of this law.

(अ) एक माध्यम का प्रति इकाई आयतन चुम्बकीय आघूर्ण है :

$$\vec{M} = -3y\hat{i} + x\hat{j} + 2x\hat{k}$$

बद्ध धारा घनत्व का निर्धारण कीजिए एवं बद्ध सतह धारा घनत्व को भी सतह पर ज्ञात कीजिए यहाँ सतह के तल के लम्बवत् सदिश $\hat{n} = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$ है।

(ब) स्थितविद्युतकी में गाउस के अवकल रूप को समाकल रूप से प्राप्त कीजिए। इस नियम के मुख्य बिन्दुओं को भी लिखिए। 8+8

13. (a) Find the electric and magnetic field corresponding to electromagnetic potentials :

$$\phi = 3\alpha x + 2\beta y + 5\lambda z \text{ and}$$

$$\vec{A} = (a\hat{i} + b\hat{j} + c\hat{k}) \sin(kx - \omega t)$$

Here $\alpha, \beta, \lambda, a, b, c, k, \omega$ are constants.

(b) What do you understand by the rectangular waveguide ? Write the uses of waveguides.

(अ) विद्युतचुम्बकीय विभवों के संगत विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए :

$$\phi = 3\alpha x + 2\beta y + 5\lambda z \text{ तथा}$$

$$\vec{A} = (a\hat{i} + b\hat{j} + c\hat{k}) \sin(kx - \omega t)$$

यहाँ $\alpha, \beta, \lambda, a, b, c, k, \omega$ अचर हैं।

(ब) एक आयताकार तरंग पथक से आप क्या समझते हैं ?

तरंग पथक के उपयोग भी लिखिए। 8+8