

# MPH-04

June – Examination 2024

## M.Sc. (Previous) Examination

### PHYSICS

(Classical Electrodynamics and Special  
Theory of Relativity)

चिरसम्मत विद्युतगतिकी एवं  
सापेक्षिकता का विशिष्ट 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.

MPH-04/15

( 1 )

TT-89 Turn Over

*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।

Section-A

8×2=16

(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।

- (i) A uniform line charge  $\lambda$  (per unit length) is placed on an infinite straight wire which is placed on X axis. Write the value of electric field and magnetic field at point (1, 0, 9).

MPH-04/15

( 2 )

TT-89

एकसमान रेखीय  $\lambda$  आवेश (प्रति इकाई लम्बाई) एक अनन्त लम्बाई के सीधे तार पर है जोकि X अक्ष पर है। बिन्दु (1, 0, 9) पर विद्युत क्षेत्र व चुम्बकीय क्षेत्र का मान लिखिए।

- (ii) 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  $2.5x$ . What is the force on the charge  $q$  ?

यदि एक बिंदु 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  $2.5x$  है। आवेश  $q$  पर बल कितना लगेगा ?

- (iii) Five charges  $+q, +3q, -4q, 2q, -2q$  are placed at  $(0, 3a), (-3a, 0), (0, 0), (a, 0), (-2a, 0)$  respectively in  $xy$  plane. Find the electric dipole moment vector of the system of these five charges.

पाँच आवेशों  $+q, +3q, -4q, 2q, -2q$  को  $xy$  तल में क्रमशः  $(0, 3a), (-3a, 0), (0, 0), (a, 0), (-2a, 0)$  पर रखा जाता है। इन पाँच आवेशों के निकाय का विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण ज्ञात कीजिए।

- (iv) In electrostatics scalar potential  $\phi = (3ax^2 + 5by^2 + 3x + 4y + 3z + 7)$ , then what is the value of the volume charge density ? Here  $a, b$  are constants.

स्थिरविद्युतकी में अदिश विभव  $\phi = (3ax^2 + 5by^2 + 3x + 4y + 3z + 7)$  है, तब आयतन आवेश घनत्व का मान क्या होगा ? यहाँ  $a, b$  अचर हैं।

(v) If  $\vec{\nabla} \cdot \vec{J}$  is zero, then what result can be inferred about the charge density  $\rho$ ? Here  $\vec{J}$  is current density.

यदि  $\vec{\nabla} \cdot \vec{J}$  शून्य है, तो इससे आवेश घनत्व  $\rho$  के बारे में क्या निष्कर्ष प्राप्त किया जा सकता है? यहाँ धारा घनत्व  $\vec{J}$  है।

(vi) Magnetostatic magnetic field :

$$\vec{B} = 3(ax + cy)\hat{i} + by\hat{j} + 2cz\hat{k} + ab + ac.$$

Here  $a$ ,  $b$  and  $c$  are constants. Find the relation among  $a$ ,  $b$  and  $c$ .

स्थिरचुम्बकीय चुम्बकीय क्षेत्र :

$$\vec{B} = 3(ax + cy)\hat{i} + by\hat{j} + 2cz\hat{k} + ab + ac$$

है। यहाँ  $a$ ,  $b$  तथा  $c$  अचर हैं।  $a$ ,  $b$  तथा  $c$  के मध्य संबंध ज्ञात कीजिए।

(vii) If magnetic vector potential

$$\vec{A} = 2a(x + 3y)\hat{i} + 4y\hat{j} - 8(x + y + z)\hat{k} + 8$$

satisfies the Coulomb gauge, then find the value of constant  $a$ .

यदि चुम्बकीय सदिश विभव

$$\vec{A} = 2a(x + 3y)\hat{i} + 4y\hat{j} - 8(x + y + z)\hat{k} + 8$$
 है

कूलॉम्ब गेज को संतुष्ट करता है, तो अचर  $a$  का मान ज्ञात कीजिए।

(viii) A particle of mass  $m$  and charge  $q$  moves along the  $x$  axis under the influence of a electrostatic scalar potential  $V = 2x(3 - x)^2 + 6$ , find the acceleration of the particle.

द्रव्यमान  $m$  एवं आवेश  $q$  का एक कण  $x$  अक्ष के अनुदिश स्थिरविद्युतकी में अदिश विभव  $V = 2x(3 - x)^2 + 6$  के अंतर्गत गति कर रहा है, तो कण का त्वरण 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. Explain the Hysteresis Loop (Typical magnetization B-H curve).

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

MPH-04/15

( 7 )

**TT-89** Turn Over

3. What do you understand by the rectangular waveguide ? Write the uses of waveguides.

एक आयताकार तरंगपथक से आप क्या समझते हैं ? तरंगपथक के उपयोग भी लिखिए।

4. What do you mean by Gauge transformation ? Explain it.

गेज रूपांतरण से आपका क्या तात्पर्य है ? इसे समझाइए।

5. Show that  $\vec{E} \cdot \vec{B}$  is invariant under Lorentz transformation.

यह दर्शाइए कि  $\vec{E} \cdot \vec{B}$  लॉरेंज रूपांतरण में निश्चर रहता है।

6. What do you understand by electromagnetic four potential ?

विद्युतचुम्बकीय चतुर्विभव से आपका क्या तात्पर्य है ?

MPH-04/15

( 8 )

**TT-89**

7. What do you understand by Poynting vector and Poynting's theorem ?

पोइंटिंग सदिश व पोइंटिंग प्रमेय से आप क्या समझते हैं ?

8. Consider a imaginary situation for which dispersion relation for a electromagnetic wave is given by  $\omega = \alpha k + 2\beta k^3$ . Here  $\alpha$ ,  $\beta$  are constants. Determine the ratio of phase velocity of wave to group velocity.

एक काल्पनिक स्थिति का विचार कीजिए जिसमें विद्युत चुम्बकीय तरंग के लिए विक्षेपण संबंध  $\omega = \alpha k + 2\beta k^3$  द्वारा दी जाती है। यहाँ  $\alpha$ ,  $\beta$  अचर हैं, तो तरंग के कला वेग का समूह वेग के साथ अनुपात ज्ञात कीजिए।

9. The  $yz$  plane is a grounded conductor. Charge  $+2q$  lies at  $x = +3a$  and charge  $+q$  lies at  $x = +a$ . Find the electrostatic force on the charge  $+q$  using image method.

$yz$  तल एक भूसम्पर्कित चालक है  $+2q$  आवेश स्थिति  $x = +3a$  पर एवं आवेश  $+q$  स्थिति  $x = +a$  पर है। प्रतिबिम्ब विधि का उपयोग करते हुए आवेश  $+q$  पर स्थिर विद्युत बल 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) What do you mean by  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$  ? Deduce the boundary condition on normal component of magnetic field  $\vec{B}$ .

$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$  से आपका क्या तात्पर्य है ? चुम्बकीय क्षेत्र  $\vec{B}$  के अभिलम्ब घटक पर परिसीमा प्रतिबन्ध को व्युत्पन्न कीजिए।

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

स्थिरविद्युतकी में गाउस के अवकल रूप को समाकल रूप से प्राप्त कीजिए। इस नियम के मुख्य बिन्दुओं को भी लिखिए।

11. (a) Write the Maxwell's equations in differential and integral form.

मैक्सवेल समीकरणों को अवकल तथा समाकल रूप में लिखिए।

(b) Obtain the boundary conditions on normal component of electrostatic field.

स्थिरविद्युत क्षेत्र के अभिलम्ब घटक पर परिसीमा शर्तें ज्ञात कीजिए।

12. (a) 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  $r, \theta$  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 केंद्र 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  $r, \theta$  गोलीय निर्देशांक हैं। गोले से दूर स्थित  $z$  अक्ष पर बिन्दुओं पर विभव के विभिन्न पद ज्ञात कीजिए।

- (b) 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 कीजिए।

13. (a) Consider an infinite parallel plate capacitor with the lower plate at  $z = -\frac{d}{2}$  carrying the surface charge density  $-\sigma$  and the upper plate at  $z = +\frac{d}{2}$  carrying the surface density  $+\sigma$ . Find the Maxwell stress tensor in the region between the plates and display in matrix form.

एक अनन्त समान्तर पट्टे संधारित्र लीजिए जिसमें नीचे वाली प्लेट  $z = -\frac{d}{2}$  है तथा सतह आवेश घनत्व  $-\sigma$  है तथा ऊपरी प्लेट  $z = +\frac{d}{2}$  का सतह आवेश घनत्व  $+\sigma$  है। दोनों प्लेट के मध्य मैक्सवेल प्रतिबल टेन्सर ज्ञात कीजिए तथा मेट्रिक्स रूप में दर्शाइए।

- (b) Determine the effective cross-section for scattering of an elliptically polarized wave by a free charge.

एक मुक्त आवेश द्वारा दीर्घवृत्तीय ध्रुवित तरंग के विक्षेपण के लिए प्रभावी काट क्षेत्र निर्धारण कीजिए।