MPH-04

December - Examination 2025
M.Sc. (Previous) Examination
PHYSICS
Classical Electrodynamics & Special Theory of Relativity
चिरसम्मत विद्युतगतिकी एवं सापेक्षिकता का विशिष्ट सिद्धांत
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.

निर्देश :– यह प्रश्न–पत्र 'अ', 'ब' और 'स' तीन खण्डों में विभाजित है। दिए गए निर्देशों के अनुसार उत्तर दीजिए। किसी भी विसंगति की स्थिति में अंग्रेजी रूप ही अंतिम माना जायेगा।

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।

1. (i) Electric potential is given (in spherical coordinates) by $V = \frac{5}{r}\cos\theta + 3$. Find the expression for electric field.
   गोलीय निर्देशांकों में विद्युत विभव $V = \frac{5}{r}\cos\theta + 3$ है। विद्युत क्षेत्र का व्यंजक ज्ञात करो।

   (ii) If electric field $\vec{E} = 3(3y\hat{i} + 3x\hat{j})$, then by using $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ state whether this electric field is conservative or non-conservative.
   यदि विद्युत क्षेत्र $\vec{E} = 3(3y\hat{i} + 3x\hat{j})$ है, तो $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ का उपयोग करते हुए यह बताओ कि यह विद्युत क्षेत्र संरक्षी है अथवा असंरक्षी है।

   (iii) Magnetic vector potential is given as $\vec{A} = 3z\hat{i} + 4\hat{k}$, what is the magnetic field corresponding to this vector potential?
   चुम्बकीय सदिश विभव $\vec{A} = 3z\hat{i} + 4\hat{k}$ द्वारा दिया जाता है, तो इस सदिश विभव के संगत चुम्बकीय क्षेत्र क्या होगा?

   (iv) Write the Maxwell equation which is related to displacement current.
   विस्थापन धारा से सम्बंधित मैक्सवेल समीकरण लिखो।

(v) 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.
चुम्बकस्थैतिकी 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। यहाँ a, b तथा c के मध्य सम्बन्ध ज्ञात करो।

(vi) A point charge q is placed in front of an 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?

(vii) What do you mean by D'Alembert Operator?
डी'एलेम्बर्ट संकारक से आपका क्या तात्पर्य है?

(viii) If $\vec{\nabla} . \vec{J}$ is zero, then what result can be inferred about the charge density ρ? Here $\vec{J}$ is current density.
यदि $\vec{\nabla} . \vec{J}$ शून्य है, तो इससे आवेश घनत्व ρ के बारे में क्या निष्कर्ष प्राप्त किया जा सकता है? यहाँ धारा घनत्व $\vec{J}$ है।

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. What do you understand by electromagnetic four-potential?
विद्युत–चुम्बकीय चतुर्विभव से आपका क्या तात्पर्य है?

3. Obtain the Gauss Law in differential form from integral form in electrostatics. Also, write the main features of this law.
स्थिर–वैद्युतिकी में गाउस के नियम के अवकल रूप को समाकल रूप से प्राप्त करो। इस नियम के मुख्य बिन्दुओं को भी लिखिए।

4. 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 charge density $+\sigma$. Find the Maxwell stress tensor in the region between the plates and display in matrix form.
एक अनन्त समान्तर पट्ट 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 प्लेटों के मध्य के क्षेत्र में मैक्सवेल प्रतिबल टेन्सर ज्ञात कीजिए तथा मैट्रिक्स रूप में दर्शाइए।

5. Write the Maxwell's equations in differential and integral form.
मैक्सवेल समीकरणों को अवकल तथा समाकल रूप में लिखिए।

6. 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 निर्धारित करिए।

7. A metallic sphere of radius 'a' carries a charge Q. The sphere is surrounded by a linear dielectric material of permittivity 'ε' with outer radius 'b'. Find the potential at the centre of the sphere.
त्रिज्या 'a' का एक धात्विक गोला आवेश Q रखता है। यह गोला एक ऐसे रेखीय परावैद्युत पदार्थ जिसकी विद्युतशीलता 'ε' है से चारों ओर से घिरा हुआ है व इस परावैद्युत पदार्थ माध्यम की बाह्य त्रिज्या 'b' है। गोले के केंद्र पर विभव ज्ञात करो।

8. What do you understand by TE Mode Parameters for the rectangular waveguide?
एक आयताकार तरंग पथक के लिए TE विधा प्राचल से आप क्या समझते हो?

9. Find the electric and magnetic field corresponding to following electromagnetic potentials $\phi = 3\alpha x + 2\beta y + 5\lambda z$ 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.
निम्न विद्युत–चुम्बकीय विभवों के संगत विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करो $\phi = 3\alpha x + 2\beta y + 5\lambda z$ तथा $\vec{A} = (a\hat{i} + b\hat{j} + c\hat{k})\sin(kx - \omega t)$ है यहाँ $\alpha, \beta, \lambda, a, b, c, k, \omega$ अचर हैं।

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) A uniform line charge λ is placed on an infinite straight wire, which is at a distance 'd' above a grounded conducting plane. Find the potential in the region above the plane. **8**

(B) What do you mean by $\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$. Obtain the boundary condition on normal component of magnetic field $\vec{B}$. **8**

(A) एकसमान रेखीय आवेश 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।

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

11. (A) What do you mean by Coulomb Gauge? Explain it. **8**

(B) Consider an imaginary situation for which dispersion relation for an electromagnetic wave is given by $\omega = 2\alpha k + 4\beta k^4$. Here α, β are constants, then determine the ratio of phase velocity of wave to group velocity. **8**

(A) कूलाम्ब गेज से आप क्या समझते हो? इसे समझाइए।

(B) एक काल्पनिक स्थिति का विचार कीजिए जिसमें विद्युत–चुम्बकीय तरंग के लिए विक्षेपण सम्बन्ध $\omega = 2\alpha k + 4\beta k^4$ द्वारा दिया जाता है। यहाँ α, β अचर हैं, तो तरंग के कला वेग का समूह वेग के साथ अनुपात ज्ञात करो।

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 $\hat{n} = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$. **8**

(B) Electric potential is given (in spherical coordinates) by $V = \frac{2a}{r}\sin\phi\cos\theta$ where 'a' is constant. Find the expression for electric field. Also calculate the electric field at point $\left(1, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}\right)$ here grad $\equiv \left(\hat{r}\frac{\partial}{\partial r} + \hat{\theta}\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta} + \hat{\phi}\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\phi}\right)$. **8**

(A) 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 सदिश $\hat{n} = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$ है।

(B) गोलीय निर्देशांकों में विद्युत विभव $V = \frac{2a}{r}\sin\phi\cos\theta$ है। जहाँ 'a' अचर है। विद्युत क्षेत्र का व्यंजक ज्ञात करो तथा बिंदु $\left(1, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}\right)$ पर भी विद्युत क्षेत्र ज्ञात करो। यहाँ grad $\equiv \left(\hat{r}\frac{\partial}{\partial r} + \hat{\theta}\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta} + \hat{\phi}\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\phi}\right)$ है।

13. (A) What do you mean by waveguide? Write the differences between dielectric and metallic waveguides. **8**

(B) Three point charges $+q$, $+2q$ and $-q$ are each placed at a distance b from the origin at (b, 0, 0), (0, b, 0) and (0, 0, b) respectively. Find the monopole moment, dipole moment of the system of these three charges and also find the electric potential at the origin. **8**

(A) वेव गाइड से आपका क्या तात्पर्य है? परावैद्युत एवं धात्विक वेव गाइड के मध्य अंतरों को लिखिए।

(B) 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 करें तथा मूल बिंदु पर विद्युत विभव भी ज्ञात करें।