MPH-04

June - Examination 2026
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 each section. 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। प्रत्येक खण्ड के निर्देशानुसार प्रश्नों के 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) At certain instant of time, electric field and magnetic field are $\vec{E} = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$ and $\vec{B} = 4\hat{k}$ 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 $\vec{E} = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$ तथा $\vec{B} = 4\hat{k}$ हैं। उस स्थिति पर दिए गए क्षण पर प्रति इकाई क्षेत्रफल से संचरित शक्ति क्या होगी? यहाँ सभी इकाइयाँ S.I. में हैं।

(ii) If electric field $\vec{E} = \alpha\left(x^3\hat{i} + 2y^4\hat{j} + 5z\hat{k}\right)$, then using Gauss Law find the value of charge density at point (1, 1, 1).

यदि विद्युत क्षेत्र $\vec{E} = \alpha\left(x^3\hat{i} + 2y^4\hat{j} + 5z\hat{k}\right)$ है, तो गॉस के नियम से बिंदु (1, 1, 1) पर आवेश घनत्व ज्ञात करो।

(iii) Consider the imaginary situation in which electromagnetic wave in medium is given by $\vec{E} = E_0 \cos\left(6y + 8z - 1.5 \times 10^6 t\right)\hat{i}$. What is the speed of wave inside the medium? Here all units are in S.I.

एक काल्पनिक स्थिति को लीजिए, जिसमें माध्यम में विद्युतचुम्बकीय तरंग निम्न है – $\vec{E} = E_0 \cos\left(6y + 8z - 1.5 \times 10^6 t\right)\hat{i}$, तरंग की माध्यम में चाल क्या होगी? यह सभी इकाइयाँ S.I. में हैं।

(iv) Magnetic vector potential is given by $\vec{A} = B_0 y^2 \hat{i} - B_0 x^2 \hat{j}$. Here B_0 is constant. By writing all steps, check whether magnetic field is uniform or not.
चुम्बकीय सदिश विभव $\vec{A} = B_0 y^2 \hat{i} - B_0 x^2 \hat{j}$ द्वारा दिया गया है। यहाँ B_0 अचर है। यहाँ सभी पदों को लिखते हुए, यह जाँचिए कि चुम्बकीय क्षेत्र एकसमान है अथवा नहीं।

(v) In magnetostatics, magnetic field is given by $\vec{B} = 6\alpha y \hat{j} + 8\beta z \hat{k}$. By using the Ampere's Law in differential form, find the current density $\vec{J}$.
स्थिरचुम्बकिकी में, चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = 6\alpha y \hat{j} + 8\beta z \hat{k}$ द्वारा दिया जाता है, तो एम्पियर के नियम के अवकल रूप का उपयोग करते हुए, धारा घनत्व $\vec{J}$ ज्ञात करो।

(vi) A uniform line charge λ (per unit length) is placed on an infinite length straight wire which is placed on z-axis. Write the value of electric field and magnetic field at point (2, 2, 9).
एकसमान रेखीय λ आवेश (प्रति इकाई लम्बाई) एक अनन्त लम्बाई के सीधे तार पर है, जो कि z–अक्ष पर है। बिंदु (2, 2, 9) पर विद्युत क्षेत्र व चुम्बकीय क्षेत्र का मान ज्ञात कीजिए।

(vii) If magnetic vector potential $\vec{A} = 4a(x + 3y)\hat{i} + 4y\hat{j} - 8(x + y + z)\hat{k} + 7$ satisfies the Coulomb gauge, then find the value of constant a.
यदि चुम्बकीय सदिश विभव $\vec{A} = 4a(x + 3y)\hat{i} + 4y\hat{j} - 8(x + y + z)\hat{k} + 7$ कूलाम्ब गेज को संतुष्ट करता है, तो अचर a का मान ज्ञात करिए।

(viii) "Orientation electric polarization depend on the temperature." Is this statement true?
''विन्यास विद्युत ध्रुवण, ताप पर निर्भर करता है।'' क्या यह कथन सत्य है?

Section-B

4×8=32

(Short Answer Type Questions)

Note :- Answer **any four** questions. You have to delimit your each answer maximum up to **200** words. Each question carries **8** marks.

खण्ड–'ब'

(लघु उत्तरीय प्रश्न)

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

2. What do you mean by Gauge transformation? Explain it.
गेज रूपांतरण से आपका क्या तात्पर्य है? इसे समझाइए।

3. 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 में n घेरों की अनंत परिनालिका के चुम्बकीय सदिश विभव ज्ञात करिए।

4. Deduce the Clausius-Mossotti relation.
क्लॉसियस–मोसोटी संबंध को व्युत्पन्न करो।

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

6. 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 ν along x-direction. Show that $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2dt^2$ 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 ν से S निर्देश तंत्र के सापेक्ष गतिमान है। यह दर्शाओ कि लॉरेंज रूपांतरण में $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2dt^2$ निश्चर रहता है।

7. Show that the self-product of electromagnetic field tensor is given by -
$$F_{\mu\upsilon}^2 = 2\left(B^2 - \frac{E^2}{c^2}\right)$$
Where B, E and c are magnetic field, electric field and velocity of light.
यह दर्शाइए कि विद्युतचुम्बकीय क्षेत्र प्रदिश का स्व–गुणन निम्न है –
$$F_{\mu\upsilon}^2 = 2\left(B^2 - \frac{E^2}{c^2}\right)$$
जहाँ B, E तथा c क्रमशः चुम्बकीय क्षेत्र, विद्युत क्षेत्र तथा प्रकाश का वेग हैं।

8. Explain the Hysteresis Loop (Typical magnetization B-H curve).
शैथिल्य लूप (B-H चुम्बकन वक्र) को समझाइए।

9. What do you mean by bound current densities in Magnetostatics?
स्थिरचुम्बकिकी में बद्ध धारा घनत्व से आपका क्या तात्पर्य है?

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 प्रत्येक उत्तर को अधिकतम **500** शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न **16** अंक का है।

10. (A) What do you understand by Poynting Vector, Poynting's Theorem? 8
पॉइंटिंग सदिश व पॉइंटिंग प्रमेय से आप क्या समझते हो?

(B) Volume charge density inside the sphere having radius R is $\rho = \alpha r^2 + 2\beta$, where α, β is constant and r is the distance from the centre of the sphere. Determine the electric field inside the sphere. 8
R त्रिज्या के एक गोले में आयतन आवेश घनत्व $\rho = \alpha r^2 + 2\beta$ द्वारा दिया जाता है, जहाँ α, β अचर हैं तथा r गोले के केंद्र से दूरी है। गोले के भीतर विद्युत क्षेत्र ज्ञात करो।

11. (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. 8

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।

(B) Transform the Maxwell's equations in covariant tensor form. 8

मैक्सवेल समीकरणों को सहचर टेन्सर रूप में रूपांतरित करो।

12. (A) What do you understand by the rectangular waveguide? Write the uses of waveguides. 8

एक आयताकार तरंग पथक से आप क्या समझते हो? तरंग पथक के उपयोग भी लिखिए।

(B) Obtain the Larmor's Formula for total power radiated by an accelerated charge. 8

एक त्वरित आवेश के द्वारा उत्सर्जित कुल शक्ति के लिए लार्मर सूत्र प्राप्त करो।

13. (A) What do you mean by skin depth of conductor? 8

चालक के लिए स्किन गहराई से आप क्या समझते हो?

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

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