MPH–04

December – Examination 2021

M.Sc. (Previous) Examination

PHYSICS

(Classical Electrodynamics and Special Theory of Relativity)

चिरसम्मत् विद्युतगतिकी एवं सापेक्षिकता का विशिष्ट सिद्धान्त

Paper : MPH-04

Time : 1½ Hours] [*Maximum Marks : **80***

Note :– The question paper is divided into two Sections A and B. Write answers as per the 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' और 'ब' दो खण्डों में विभाजित है। प्रत्येक खण्ड के निर्देशानुसार प्रश्नों के उत्तर दीजिए। किसी भी विसंगति की स्थिति में अंग्रेजी रूप ही अन्तिम माना जाएगा। प्रश्न-पत्र शुरू करने से पूर्व पेपर कोड व प्रश्न-पत्र शीर्षक जाँच लें। **कैलकुलेटर की अनुमति नहीं है।**

Section–A 4×4=16

(Very Short Answer Type Questions)

Note :– Answer any *four* 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 4 marks.

खण्ड—अ

(अति लघु उत्तरीय प्रश्न)

निर्देश :- किन्हीं **चार** प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को प्रश्नानुसार एक शब्द, एक वाक्य या अधिकतम **30** शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न 4 अंकों का है।

1. (i) Four charges are $q_1 = 2C$, $q_2 = 6C$, $q_3 = -5C$, $q_4 = -3C$ located at positions (in meters) $\vec{r}_1 = 2\hat{i}$, $\vec{r}_2 = -4\hat{j}$, $\vec{r}_3 = -\hat{i}$, $\vec{r}_4 = 2\hat{j}$ respectively. Find the dipole moment of system of these four charges about point (1, 1).

चार आवेश $q_1 = 2C$, $q_2 = 6C$, $q_3 = -5C$, $q_4 = -3C$ स्थितियों $\vec{r}_1 = 2\hat{i}$, $\vec{r}_2 = -4\hat{j}$, $\vec{r}_3 = -\hat{i}$, $\vec{r}_4 = 2\hat{j}$ पर है। इन चार आवेशों के निकाय का (1, 1) बिन्दु के सापेक्ष द्विध्रुव आघूर्ण ज्ञात कीजिए।

(ii) In uniform magnetic field $\vec{B} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 7\hat{k}$ magnetic flux through slant (curved) surface of a closed cone is 10 Weber, then find the value of magnetic flux through flat (base area) surface of the cone.

एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 7\hat{k}$ में चुम्बकीय फ्लक्स एक बंद शंकु की वक्रीय (ढाल) सतह से पारित 10 वेबर है तो शंकु की सीधी (आधार) सतह से पारित चुम्बकीय फ्लक्स का मान ज्ञात कीजिए।

(iii) At certain instant of time, electric field and magnetic field are $\vec{E} = 2\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}$ and $\vec{B} = \hat{i} + \hat{j}$ 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 $\vec{E} = 2\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}$ तथा $\vec{B} = \hat{i} + \hat{j}$ है। उस स्थिति पर दिए गए क्षण पर प्रति इकाई क्षेत्रफल से संचरित शक्ति क्या होगी ? यहाँ सभी इकाइयाँ S.I. में हैं।

(iv) Consider an imaginary situation for which dispersion relation for a electromagnetic wave is given by $\omega = 2\beta k + 4\alpha k^3$. Here α, β are constants. Determine the group velociy of wave.

एक काल्पनिक स्थिति का विचार कीजिए जिसमें विद्युत चुम्बकीय तरंग के लिए विक्षेपण सम्बन्ध $\omega = 2\beta k + 4\alpha k^3$ द्वारा दिया जाता है। यहाँ α, β अचर हैं तो तरंग के समूह वेग को ज्ञात कीजिए।

(v) A point charge $3q$ is placed in front of infinite plane (conducting) which has zero potential. Here distance between the charge and the plane is y. What is the force on the charge $3q$?

यदि एक बिन्दु आवेश $3q$ को एक अनन्त तल (चालक) के सामने रखा जाता है एवं उस तल का विभव शून्य है। यहाँ आवेश तथा तल के मध्य दूरी y है। आवेश $3q$ पर बल कितना लगेगा ?

(vi) What is the magnetic field in free space associated with electric field vector :

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx)\hat{z}$$

मुक्त आकाश में निम्न विद्युत क्षेत्र $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx)\hat{z}$ के साथ सम्बद्ध चुम्बकीय क्षेत्र क्या होगा ?

(vii) Write the covariant form of continuity equation for electromagnetism.

विद्युत चुम्बकी में सांतत्य समीकरण का कोवेरिएंट रूप लिखिए।

(viii) In magnetostatics, magnetic field is given by $\vec{B} = 2\alpha x\hat{i} + 5\beta y\hat{j}$. By using the Ampere's law in differential form, find the current density $\vec{J}$.

यदि स्थिरचुम्बकी में चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = 2\alpha x\,\hat{i} + 5\beta y\,\hat{j}$ द्वारा दिया जाता है तो एम्पियर के नियम के अवकल रूप का उपयोग करते हुए धारा घनत्व $\vec{J}$ ज्ञात कीजिए।

Section–B **4×16=64**

(Short Answer Type Questions)

Note :– Answer any *four* questions. Each answer should not exceed **200** words. Each question carries 16 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 16 अंकों का है।

2. Electric potential is given (in spherical coordinates) by :

$V = \frac{2b}{r^2}\sin\theta\cos\phi$, where b is constant.

Find the expression for electric field. Also calculate the electric field at point (in spherical coordinates) (3, 0, 0).

गोलीय निर्देशांकों में विद्युत विभव $V = \frac{2b}{r^2}\sin\theta\cos\phi$ है। जहाँ b अचर है। विद्युत क्षेत्र का व्यंजक ज्ञात कीजिए तथा बिन्दु ध्रुवीय निर्देशांक (3, 0, 0) पर भी विद्युत क्षेत्र ज्ञात कीजिए।

3. Magnetization (magnetic moment per unit volume) in a medium :

$$\vec{M} = -5z\,\hat{i} + 3x^2\,\hat{j} + 7y\,\hat{k}$$

Determine the bound current density and also determine bound surface current density at the surface. Here vector normal to the plane of surface is $\vec{n} = \left(2\,\hat{i} + 2\,\hat{j} + 2\,\hat{k}\right)$.

एक माध्यम का प्रति इकाई आयतन चुम्बकीय आघूर्ण निम्न है :

$$\vec{M} = -5z\,\hat{i} + 3x^2\,\hat{j} + 7y\,\hat{k}$$

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

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

मैक्सवेल समीकरणों को अवकल रूप में लिखिए। मैक्सवेल समीकरण (एम्पियर के संशोधन युक्त), उस चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ का कर्ल ज्ञात कीजिए। जहाँ आयतन धारा घनत्व $\left(a\hat{i}+b\hat{j}\right)\cos(\omega t-kz)$ है एवं विद्युत क्षेत्र $\left(c\hat{i}+d\hat{j}\right)\sin(\omega t-kz)$ है जहाँ a, b, c, d, k, ω अचर है।

5. 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।

6. Find the electric and magnetic field corresponding to the following electromagnetic potentials :

$$\phi=4\alpha x+5\beta y+6\lambda z$$

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

Here α, β, λ, a, b, c, k, ω are constants.

निम्न विद्युतचुम्बकीय विभवों के संगत विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए :

$$\phi=4\alpha x+5\beta y+6\lambda z \text{ तथा}$$

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

यहाँ α, β, λ, a, b, c, k, ω अचर हैं।

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

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

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

yz तल एक भुसम्पर्कित चालक है $+3q$ आवेश स्थिति $x = +3a$ पर एवं आवेश $+2q$ स्थिति $x = +2a$ पर है। प्रतिबिम्ब विधि का उपयोग करते हुए आवेश $+3q$ पर स्थिर विद्युत बल ज्ञात कीजिए।

(b) Briefly explain Lienard-Wiechert Potentials.

संक्षेप में लिनार्ड-विचर्ट विभव समझाइए।

9. Using Maxwell's equations in free space, obtain the wave equation for electric field and magnetic field.

मुक्त आकाश में मैक्सवेल समीकरणों का उपयोग करते हुए विद्युत क्षेत्र एवं चुम्बकीय क्षेत्र के लिए तरंग समीकरण ज्ञात कीजिए।