अध्याय 8

विद्युत चुम्बकीय तरंगें

© NCERT not to be republished

बहुविकल्पी प्रश्न I (MCQ I)

8.1 कार्बन मोनोक्साइड के एक अणु को कार्बन एवं ऑक्सीजन परमाणुओं में विघटित करने के लिए 11eV ऊर्जा की आवश्यकता होती है। इस विघटन के लिए उपयुक्त वैद्युतचुम्बकीय विकिरण की न्यूनतम आवृत्ति होती है :

(a) दृश्य क्षेत्र में

(b) अवरक्त क्षेत्र में

(c) पराबैंगनी क्षेत्र में

(d) माइक्रोतरंग क्षेत्र में

8.2 एक रैखिकत: ध्रुवित वैद्युतचुम्बकीय तरंग जो $\mathbf{E} = \boldsymbol{E_o}\hat{\boldsymbol{i}}\cos(kz - \omega t)$ द्वारा निरूपित की जा सकती है, किसी अनन्त विस्तार की पूर्ण परावर्तक दीवार पर आपतित है जो $-z=a$ पर स्थित है। यह मानते हुए कि दीवार प्रकाशकीय रूप से अक्रिय है परावर्तित तरंग को लिख सकते हैं :

(a) $\mathbf{E}_r = -E_o \hat{\mathbf{i}} \cos(kz - \omega t)$

(b) $\mathbf{E}_r = E_o \hat{\mathbf{i}} \cos(kz + \omega t)$

(c) $\mathbf{E}_r = -E_o \hat{\mathbf{i}} \cos(kz + \omega t)$

(d) $\mathbf{E}_r = E_o \hat{\mathbf{i}} \sin(kz - \omega t)$

8.3 ऊर्जा फ्लक्स 20 W/cm^2 का प्रकाश एक अपरावर्ती पृष्ठ पर अभिलम्बवत् आपतित होता है। यदि पृष्ठ का क्षेत्रफल 30 cm^2 हो तो 30 मिनट में (पूर्ण अवशोषण के लिए) प्रदत्त कुल संवेग होगा :

(a) 36×10^{-5} kg m/s
(b) 36×10^{-4} kg m/s
(c) 108×10^{4} kg m/s
(d) 1.08×10^{7} kg m/s

8.4 100 W के बल्ब से 3 m की दूरी पर पहुँचने वाले विकिरणों से उत्पन्न विद्युत क्षेत्र की तीव्रता E है। उतनी ही दूरी पर 50 W के बल्ब से आने वाले प्रकाश के विकिरणों के कारण उत्पन्न विद्युत क्षेत्र की तीव्रता होगी :

(a) $\frac{E}{2}$
(b) $2E$
(c) $\frac{E}{\sqrt{2}}$
(d) $\sqrt{2}E$

8.5 यदि **E** एवं **B** क्रमशः वैद्युतचुम्बकीय तरंगों के विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र (सदिश) हों तो वैद्युतचुम्बकीय तरंगों की संचरण दिशा है :

(a) **E** के अनुदिश
(b) **B** के अनुदिश
(c) $\mathbf{B} \times \mathbf{E}$ के अनुदिश
(d) $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ के अनुदिश

8.6 वैद्युतचुम्बकीय तरंग की तीव्रता में विद्युत एवं चुंबकीय क्षेत्र घटकों के योगदानों का अनुपात होता है :

(a) $c : 1$
(b) $c^2 : 1$
(c) $1 : 1$

© NCERT not to be republished

(d) $\sqrt{c}:1$

8.7 एक द्विध्रुव ऐण्टेना से EM तरंगें बाहर की ओर विकिरित होती हैं जिनके विद्युत क्षेत्र सदिश का आयाम E_0 है। विद्युत क्षेत्र E_0, जो ऊर्जा संचार का प्रमुख वाहक है, स्रोत से दूरी के साथ इसका परिमाण

(a) $\frac{1}{r^3}$ के अनुसार घटता है

(b) $\frac{1}{r^2}$ के अनुसार घटता है

(c) $\frac{1}{r}$ के अनुसार घटता है

(d) अचर बना रहता है

बहुविकल्पी प्रश्न II (MCQ II)

8.8 कोई वैद्युतचुम्बकीय तरंग $\mathbf{E} = (E_1 + E_2)\cos(kz - \omega t)$ निर्वात में z दिशा के अनुदिश गतिमान है। निम्न में से सही विकल्प चुनिए :

(a) सम्बद्ध चुम्बकीय क्षेत्र को लिख सकते हैं: $\mathbf{B} = \frac{1}{c}(E_1\hat{\mathbf{i}} - E_2\hat{\mathbf{j}})\cos(kz\text{-}\omega t)$

(b) सम्बद्ध चुम्बकीय क्षेत्र को लिख सकते हैं: $\mathbf{B} = \frac{1}{c}(E_1\hat{\mathbf{i}} - E_2\hat{\mathbf{j}})\cos(kz\text{-}\omega t)$

(c) दिया गया वैद्युतचुम्बकीय क्षेत्र वृत्तत: ध्रुवित है

(d) दी गई वैद्युतचुम्बकीय तरंग समतल में ध्रुवित है

8.9 z-अक्ष के अनुदिश गमन करती हुई एक वैद्युतचुम्बकीय तरंग को $\mathbf{E}=\mathbf{E}_0 \cos(kz - \omega t.)$ से निरूपित करते हैं। निम्नलिखित में सही विकल्प का चयन कीजिए :

(a) सम्बद्ध चुम्बकीय क्षेत्र को लिख सकते हैं: $\mathbf{B} = \frac{1}{c}\hat{\mathbf{k}}\times\mathbf{E} = \frac{1}{\omega}(\hat{\mathbf{k}}\times\mathbf{E})$

(b) सम्बद्ध चुम्बकीय क्षेत्र के पदों में वैद्युतचुम्बकीय क्षेत्र को लिख सकते हैं :

$\mathbf{E} = c\,(\mathbf{B}\times\hat{\mathbf{k}})$

(c) $\hat{\mathbf{k}}.\mathbf{E} = 0,\ \hat{\mathbf{k}}.\mathbf{B} = 0$

(d) $\hat{\mathbf{k}}\times\mathbf{E} = 0, \hat{\mathbf{k}}\times\mathbf{B} = 0$

8.10 x दिशा के अनुदिश संचरित होती हुई किसी समतल वैद्युतचुम्बकीय तरंग के **E** एवं **B** के निम्नलिखित घटक युगल संभव हैं :

(a) E_x, B_y

(b) E_y, B_z

© NCERT not to be republished

(c) B_x, E_y
(d) E_z, B_y

8.11 कोई आवेशित कण अपनी माध्य संतुलन स्थिति के दोनों ओर 10^9 Hz आवृत्ति के दोलन करता है। इससे उत्पन्न वैद्युतचुम्बकीय तरंगों

(a) की आवृत्ति 10^9 Hz होगी
(b) की आवृत्ति 2×10^9 Hz होगी
(c) की तरंगदैर्घ्य 0.3 m होगी
(d) के विकिरण रेडियो तरंगों के क्षेत्र में होंगे

8.12 वैद्युतचुम्बकीय तरंगों का स्रोत हो सकता है कोई आवेश

(a) जो नियत वेग से चल रहा हो।
(b) जो वृत्तीय कक्षा में चल रहा हो।
(c) जो विरामावस्था में हो।
(d) जो विद्युत क्षेत्र में गिर रहा हो।

8.13 I तीव्रता की कोई वैद्युतचुम्बकीय तरंग निर्वात में रखे एक पृष्ठ पर टकराती है और इस पर विकिरण दाब p आरोपित करती है। निम्नलिखित में कौन से कथन सत्य हैं?

(a) यदि तरंग पूर्णत: अवशोषित हो जाए तो विकिरण दाब है I/c
(b) यदि तरंग पूर्णत: परावर्तित हो जाए तो विकिरण दाब है I/c
(c) यदि तरंग पूर्णत: परावर्तित हो जाए तो विकिरण दाब है $2I/c$
(b) वास्तविक पृष्ठों के लिए विकिरण दाब का परास है $I/c < p < 2I/c$

अति लघुउत्तरीय (VSA)

8.14 किसी सुवाह्य रेडियो का प्रसारक स्टेशन के सापेक्ष अभिविन्यास महत्वपूर्ण क्यों होता है?

8.15 माइक्रोवेव ओवन जल अणु युक्त खाद्य पदार्थ का ऊष्मन सर्वाधिक प्रभावी ढंग से क्यों करता है?

8.16 किसी समान्तर प्लेट संधारित्र पर आवेश $q = q_0 \cos 2\pi\nu t$ के अनुसार परिवर्तित होता है। इसकी प्लेटें बहुत विशाल (क्षेत्रफल = A) हैं और एक दूसरे के बहुत पास-पास रखी हैं (पृथकन = d)। कोर प्रभावों को नगण्य मानते हुए संधारित्र में विस्थापन धारा की गणना कीजिए।

8.17 परिवर्तनीय आवृत्ति का एक a.c. स्रोत एक संधारित्र से जुड़ा है। आवृत्ति में कमी करने पर विस्थापन धारा किस प्रकार प्रभावित होगी?

© NCERT not to be republished

8.18 किसी पूरप्रदीप्ति (फ्लड लाइट) की ओर अभिमुख एक फिल्टर से निर्गमित होने वाले किरण पुंज का चुम्बकीय क्षेत्र $B_y = 12 \times 10^{-8} \sin(1.20 \times 10^7 z - 3.60 \times 10^{15} t)$ T है। इस किरण पुंज की औसत तीव्रता कितनी है?

8.19 पॉयन्टिंग वेक्टर **S** एक ऐसा वेक्टर होता है जिसका परिमाण तरंग की तीव्रता के बराबर होता है तथा जिसकी दिशा तरंग की गमन दिशा के अनुदिश होती है। गणितीय रूप से इसको व्यक्त करते हैं, $\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0}\mathbf{E} \times \mathbf{B}$। S और t में खींचे गए ग्राफ की प्रकृति दर्शाइए।

8.20 प्रोफेसर सी. वी. रमण ने एक पारदर्शी निर्वातित प्रकोष्ठ में एक छोटी हलकी गेंद को लेजर पुंज से प्रकाशित कर स्वतंत्रतापूर्वक बिना आधार के ठहरा कर दिखाया और अपने विद्यार्थियों को आश्चर्यचकित कर दिया। वे वैद्युतचुम्बकीय तरंगों के किस गुण को प्रदर्शित कर रहे थे? इस गुण का एक और उदाहरण दीजिए।

लघुउत्तरीय (SA)

8.21 दर्शाइए कि किसी समान्तर प्लेट संधारित्र को आवेशित करते समय उसकी प्लेटों के बीच किसी बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र B का मान होगा $\frac{\varepsilon_0 \mu_r}{2}\frac{dE}{dt}$ (जहाँ संकेत अपने सामान्य अर्थ में उपयोग में लाए गए हैं।)

8.22 वैद्युतचुम्बकीय तरंगें जिनकी तरंगदैर्घ्य

(i) λ_1 है, उपग्रह संचार में प्रयुक्त होती हैं।

(ii) λ_2 है, जल शोधित्रों में जीवाणुनाश के लिए प्रयुक्त होती हैं।

(iii) λ_3 है, भूमिगत पाइप लाइनों में तेल के रिसाव के संसूचन के लिए उपयोग में लाई जाती हैं।

(iv) λ_4 है, धुंध और कोहरे की स्थिति में वायुयान उड़ान पथ पर दृश्यता में सुधार लाने के लिए उपयोग में लाई जाती हैं।

(a) इन वैद्युतचुम्बकीय विकिरणों को पहचानिए और बताइए कि ये वैद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम के किस भाग से संबंधित हैं।

(b) इन तरंगदैर्घ्यों को परिमाण के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

(c) प्रत्येक की एक अन्य उपयोगिता लिखिए।

8.23 दर्शाइए कि विकिरण फ्लक्स घनत्व 'S' का एक पूर्ण चक्र काल 'T' में औसत मान

© NCERT not to be republished

$S = \dfrac{1}{2c\mu_0} E_0^2$ द्वारा व्यक्त होता है।

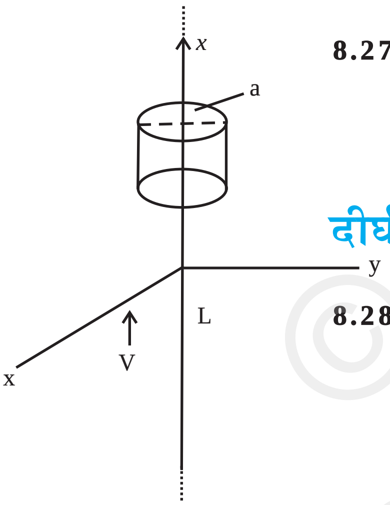
8.24 आपको एक $2\mu F$ का समान्तर प्लेट संधारित्र दिया गया है। आप इसकी प्लेटों के बीच के अन्तराल में $1mA$ की तात्क्षणिक विस्थापन धारा कैसे स्थापित करेंगे?

8.25 दर्शाइए कि I तीव्रता की EM तरंग के द्वारा निर्वात में रखे किसी पृष्ठ पर लगाया गया विकिरण दाब I/c होता है।

8.26 किसी बल्ब से उत्सर्जित प्रकाश को दोगुनी दूरी पर प्राप्त किया जाए तो इसकी तीव्रता किस प्रकार प्रभावित होगी। कोई लेजर पुंज जब कमरे की लम्बाई के एक सिरे से दूसरे सिरे पर जाता है तब इसकी तीव्रता तत्वत: अचर रहती है। लेजर किरण पुंज का वह कौन सा ज्यामितीय अभिलक्षण है जो इसकी तीव्रता अचर बनाए रखने के लिए उत्तरदायी है और जो बल्ब से आने वाले प्रकाश में नहीं होता।

8.27 यद्यपि विद्युत क्षेत्र $\mathbf{E}$ आवेशित कण पर बल $q\mathbf{E}$ आरोपित करता है तथापि किसी वैद्युतचुम्बकीय तरंग का विद्युत क्षेत्र विकिरण दाब में योगदान नहीं करता पर ऊर्जा स्थानान्तरित करता है। समझाइए कि ऐसा क्यों होता है?

दीर्घउत्तरीय (LA)



चित्र 8.1

8.28 एक अनन्त लम्बाई का पतला तार, जिसका एकसमान रैखिक स्थिर आवेश घनत्त्व λ है, z-अक्ष के अनुदिश रखा है (चित्र 8.1)। इस तार को इसकी लम्बाई के अनुदिश एकसमान वेग $\mathbf{v} = v\,\hat{\mathbf{e}}_z$ से गति दी जाती है। पॉयन्टिंग वेक्टर $\mathbf{S} = \dfrac{1}{\mu_0}(\mathbf{E}\times\mathbf{B})$ का परिकलन कीजिए।

8.29 आवृत्ति $\nu = 4 \times 10^8$ Hz के लिए समुद्र जल की वैद्युत पारगम्यता $\varepsilon \approx 80\,\varepsilon_o$, चुम्बकशीलता $\mu \approx \mu_o$ तथा प्रतिरोधकता $\rho = 0.25\ \Omega$–m है। एक समान्तर पट्टिका संधारित्र के संबंध में विचार कीजिए जिसको समुद्र जल में डुबा कर रखा हुआ है और प्रत्यावर्ती वोल्टता स्रोत $V(t) = V_o \sin(2\pi\,\nu t)$ द्वारा प्रचालित किया गया है। विस्थापन धारा घनत्व, चालन धारा घनत्व का कौन सा भाग है?

8.30 l लम्बाई की एक लम्बी सीधी केबिल सममित रूप से z-अक्ष के अनुदिश रखी है और इसकी त्रिज्या $a(<<l)$ है। केबिल में एक पतला तार है तथा एक सह–अक्षीय चालक नलिका है। एक प्रत्यावर्ती धारा $I(t) = I_o \sin(2\pi\nu t)$ केन्द्रीय पतले तार से प्रवाहित होकर सहअक्षीय चालक नलिका के अनुदिश वापिस आती है केबिल के भीतर, तार से s दूरी

© NCERT not to be republished

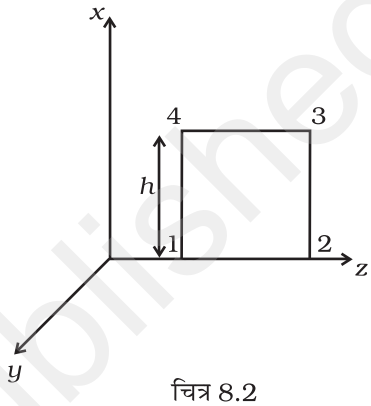
पर प्रेरित विद्युत क्षेत्र $\mathbf{E}(s,t) = \mu_0 I_0 \nu \cos(2\pi\nu t) \ln\left(\frac{s}{a}\right)\hat{\mathbf{k}}$ है।

(i) केबिल के अन्दर विस्थापन धारा घनत्व का परिकलन कीजिए।

(ii) केबिल के परिच्छेद पर विस्थापन धारा घनत्व को समाकलित कीजिए और कुल विस्थापन धारा I^d से तुलना कीजिए।

(iii) चालन धारा I_0 की विस्थापन धारा I_0^d से तुलना कीजिए।

8.31 निर्वात में z दिशा के अनुदिश गमनशील एक समतल वैद्युतचुंबकीय तरंग को $\mathbf{E} = E_0 \sin(kz - \omega t)\hat{\mathbf{i}}$ तथा $\mathbf{B} = B_0 \sin(kz - \omega t)\hat{\mathbf{j}}$ द्वारा प्रदर्शित किया गया है (चित्र 8.2)।



चित्र 8.2

(i) चित्र में दर्शाए गए आयताकार लूप 1234 पर $\oint \mathbf{E}.\mathbf{dl}$ का मान ज्ञात कीजिए।

(ii) लूप 1234 द्वारा घिरे पृष्ठ के लिए $\int \mathbf{B}.\mathbf{ds}$ का मान ज्ञात कीजिए।

(iii) समीकरण $\oint \mathbf{E}.\mathbf{dl} = \frac{-d\phi_B}{dt}$ का उपयोग करके सिद्ध कीजिए $\frac{E_0}{B_0} = c$

(iv) इसी प्रकार की प्रक्रिया तथा समीकरण $\oint \mathbf{B}.\mathbf{dl} = \mu_0 I + \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$ का उपयोग करके सिद्ध कीजिए कि $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$

8.32 z दिशा के अनुदिश गतिमान एक समतल वैद्युतचुंबकीय तरंग को $\mathbf{E} = E_0 \sin(kz - \omega t)\hat{\mathbf{i}}$ तथा $\mathbf{B} = B_0 \sin(kz - \omega t)\hat{\mathbf{j}}$ द्वारा वर्णित किया गया है। दर्शाइए कि:

(i) तरंग का औसत ऊर्जा घनत्व है:

$$u_{av} = \frac{1}{4}\varepsilon_0 E_0^2 + \frac{1}{4}\frac{B_0^2}{\mu_0}$$

(ii) तरंग की काल-औसत तीव्रता है:

$$I_{av} = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2$$