भौतिकी

अध्याय-8: विद्युत चुंबकीय तरंगें

SHIVOM CLASSES
8696608541

विद्युत चुंबकीय तरंगे

जब किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा बहुत अधिक आवृत्ति से परिवर्तित (बदलती) है। तब विद्युत परिपथ में उत्पन्न ऊर्जा, तरंगों के रूप में सभी दिशाओं में फैलने लगती है। इन तरंगों को विद्युत चुंबकीय तरंग कहते हैं electromagnetic waves, इन तरंगों के संचरण के लिए माध्यम के आवश्यकता नहीं होती है।

विद्युत चुंबकीय तरंगे निर्वात में $\frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ वेग से चलती हैं। जो कि निर्वात में प्रकाश की चाल C के मान के बराबर है जिसका मान 3×10^8 मीटर/सेकंड होता है।

महत्वपूर्ण बिंदु

1. विद्युत चुंबकीय क्षेत्रों के आयामों का अनुपात $C = \frac{E_0}{B_0}$ होता है। जहां E_0 = विद्युत क्षेत्र में तरंग का आयाम B_0 = चुंबकीय क्षेत्र में तरंग का आयाम
2. गामा किरणें, एक्स किरणें तथा अवरक्त किरणें यह सभी विद्युत चुंबकीय तरंग के उदाहरण हैं। एवं बीटा किरणें इससे अलग है।
3. बैगनी प्रकाश की आवृत्ति अधिक होती है। जबकि लाल प्रकाश की आवृत्ति न्यूनतम होती है।
4. अवरक्त किरणों की आवृत्ति सबसे कम होती है। जबकि गामा किरणों की आवृत्ति सबसे अधिकतम होती है।

मैक्सवेल के समीकरण

वैज्ञानिक मैक्सवेल ने विद्युत तथा चुंबकीय क्षेत्रों से संबंधित नियमों को एक गणितीय रूप में स्थापित किया। इसलिए ही इन नियमों को मैक्सवेल के समीकरण (Maxwell equation) कहते हैं।
यह समीकरण निम्न प्रकार है-

1. विद्युत संबंधी गौस का नियम

इस नियम के अनुसार, किसी बंद पृष्ठ से गुजरने वाला कुल विद्युत फ्लक्स, उस पृष्ठ पर उपस्थित कुल आवेश का $1/\varepsilon_0$ गुना होता है।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

यदि बंद पृष्ठ का क्षेत्रफल A तथा आवेश q है और विद्युत क्षेत्र E हो तब यह नियम इस प्रकार लिख सकते हैं

$$\oint \vec{E} \cdot \vec{dA} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

इस समीकरण को मैक्सवेल का द्वितीय समीकरण कहते हैं।

2. चुंबकत्व संबंधित गौस का नियम

किसी बंद पृष्ठ से गुजरने वाला कुल चुंबकीय फ्लक्स सदैव शून्य होता है। यदि बंद पृष्ठ का क्षेत्रफल A हो एवं चुंबकीय क्षेत्र B है तब गौस का नियम

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{dA} = 0$$

इस समीकरण को मैक्सवेल का द्वितीय समीकरण कहते हैं।

3. फैराडे नियम

इस नियम के अनुसार, किसी बंद परिपथ में उत्पन्न प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण उस परिपथ से बद्ध चुंबकीय फ्लक्स परिवर्तन की ऋणात्मक दर के बराबर होता है। यदि प्रेरित विद्युत वाहक बल e तथा चुंबकीय फ्लक्स ϕ_B हो तो यह नियम

$$e = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

यदि परिपथ की सीमा रेखा से बिंदु तक की लंबाई dl तथा इस पर विद्युत क्षेत्र E है तब प्रेरित विद्युत वाहक बल

$$e = \oint \vec{E} \cdot \vec{d\ell}$$

अब e का मान रखने पर फैराडे नियम

$$\oint \vec{E} \cdot \vec{d\ell} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

यह मैक्सवेल का तृतीय समीकरण है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

4. एम्पीयर मैक्सवेल नियम

इस नियम के अनुसार, किसी बंद पृष्ठ की सीमा के अनुदिश चुंबकीय क्षेत्र का रेखीय समाकल उस परिपथ पर उपस्थित कुल धारा (अर्थात चालन धारा एवं विस्थापन धारा) के योग का μ_0 गुना होता है।
यदि परिपथ का चुंबकीय क्षेत्र B तथा लघु दूरी dℓ है एवं चालन धारा i_c और विस्थापन धारा i_d हो तब यह नियम

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{d\ell} = \mu_0(i_c + i_d)$$

जहां विस्थापन धारा i_d का मान $\varepsilon_0 \frac{d\Phi_B}{dt}$ के बराबर होता है।
यह मैक्सवेल का चतुर्थ समीकरण है।

विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम

विद्युत चुंबकीय तरंगे निर्वात में प्रकाश की चाल से चलती हैं। ये तरंगे प्रकाश तरंगे होती हैं। इनमें प्रकाश की भांति अपवर्तन, परावर्तन एवं व्यतिकरण आदि के गुण पाए जाते हैं तरंगदैध्य के परिसर के आधार पर इन तरंगों को एक क्रम में रखा गया है जिसे विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम कहते हैं।

विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम को नीचे अनेकों भागों में विस्तार से दिया गया है एक-एक तरंगों की आवृत्ति, तरंगदैध्य एवं उनके उपयोग भी दिए गए हैं यहां तरंगों को तरंगदैध्य के बढ़ते क्रम में दर्शाया गया है।

1. रेडियो तरंगे

तरंग धैर्य - रेडियो तरंगों की तरंगदैध्य 1/10 से 10^4 मीटर तक होती है।
आवृत्ति - रेडियो तरंगों की आवृत्ति 3×10^9 से 3×10^4 हर्ट्स तक होती है।
अविष्कारक - मारकोनी
गुण - यह परावर्तित, अपवर्तित होती है।
उपयोग - वीडियो एवं टीवी की संचार प्रणालियों में।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

2. माइक्रो तरंगे

तरंग धैर्य - रेडियो तरंगों की तरंगदैध्य 10^{-3} से 3/10 मीटर तक होती है।
आवृत्ति - रेडियो तरंगों की आवृत्ति 3×10^{11} से 10^{9} हर्ट्स तक होती है।
अविष्कारक - हर्ट्स
गुण - इसमें परावर्तन व ध्रुवण का गुण पाया जाता है।
उपयोग - रेडार, माइक्रोवेव ओवन तथा अधिक दूरी तक के संचार में।

3. अवरक्त विकिरण

तरंग धैर्य - रेडियो तरंगों की तरंगदैध्य 8×10^{-7} से 5×10^{-3} मीटर तक होती है।
आवृत्ति - रेडियो तरंगों की आवृत्ति 4×10^{14} से 6×10^{10} हर्ट्स तक होती है।
अविष्कारक - हरशैल
गुण - वोलोमीटर पर परावर्तन, अपवर्तन तथा विवर्तन में।
उपयोग - पौधशाला में एवं पौधों को गर्म रखने में।

4. दृश्य विकिरण

तरंग धैर्य - रेडियो तरंगों की तरंगदैध्य 4×10^{-7} से 8×10^{-7} मीटर तक होती है।
आवृत्ति - रेडियो तरंगों की आवृत्ति 8×10^{14} से 4×10^{14} हर्ट्स तक होती है।
अविष्कारक - न्यूटन
गुण - परावर्तन, अपवर्तन, विवर्तन, ध्रुवण तथा व्यतिकरण आदि।
उपयोग - अणुओं की संरचना का अध्ययन करने में।

5. पराबैगनी किरणें

तरंग धैर्य - रेडियो तरंगों की तरंगदैध्य $1/10^{8}$ से 4×10^{-7} मीटर तक होती है।
आवृत्ति - रेडियो तरंगों की आवृत्ति 3×10^{16} से 8×10^{14} हर्ट्स तक होती है।
अविष्कारक - रिटर
गुण - गामा किरणों के तथा प्रकाश विद्युत प्रभाव के गुण
उपयोग - अदृश्य लिखावट में, नकली दस्तावेज में, फिंगरप्रिंट में

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

6. एक्स किरणें

तरंग धैर्य - रेडियो तरंगों की तरंगदैध्य $1/10^{11}$ से 3×10^{-8} मीटर तक होती है।
आवृत्ति - रेडियो तरंगों की आवृत्ति 3×10^{19} से 10^{16} हर्ट्स तक होती है।
अविष्कारक - रोजन
गुण - आयनीकरण क्षमता, गामा किरणों के गुण आदि पाए जाते हैं।
उपयोग - रोगों के निवारण में, चिकित्सा विज्ञान में।

7. गामा किरणें

तरंग धैर्य - रेडियो तरंगों की तरंगदैध्य $1/10^{14}$ से $1/10^{10}$ मीटर तक होती है।
आवृत्ति - रेडियो तरंगों की आवृत्ति 3×10^{22} से 3×10^{18} हर्ट्स तक होती है।
अविष्कारक - बेकेरल या क्यूरी
गुण - विवर्तन, आयनीकरण, प्रतिदीप्ति आदि का गुण।
उपयोग - परमाणु के नाभिक की संरचना में, कैंसर के इलाज में।

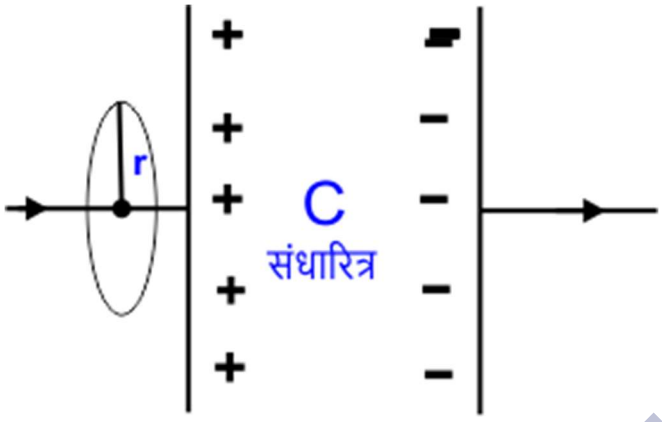
एम्पीयर मैक्सवेल नियम

इस नियम के अनुसार, संधारित्र की प्लेटों को विद्युत क्षेत्र में लगाकर एंपियर के नियम प्रयोग करके एक समीकरण प्राप्त होता है इसे एम्पीयर मैक्सवेल समीकरण कहते हैं।

माना एक समांतर प्लेट संधारित्र C है जिसे इस प्रकार के विद्युत परिपथ में जोड़ा गया है जिसमें समय के साथ परिवर्तनशील धारा i प्रवाहित हो रही है। माना समांतर प्लेट संधारित्र के बाहर किसी बिंदु P पर चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात करना है। तो इसके लिए धारावाही चालक को केंद्र मानकर r त्रिज्या का एक वृत्ताकार लूप खींचते हैं इस लूप को धारावाही चालक तार के लंबवत रखते हैं। जैसे चित्र में दिखाया गया है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



एम्पीयर मैक्सवेल नियम

एंपीयर का परिपथीय नियम के अनुसार

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{d\ell} = \oint B d\ell \cos\theta$$

चूंकि चालक, लूप के लंबवत है इसलिए cosθ का मान 0° होगा तो

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{d\ell} = \oint B d\ell \cos\theta = \mu_0 i$$

अब $\oint B d\ell = \mu_0 i$

$$B \oint d\ell = \mu_0 i$$

$B(2\pi r) = \mu_0 i$

या $\oint \vec{B} \cdot \vec{d\ell} = B(2\pi r)$

यदि समांतर प्लेट संधारित्र की प्लेटों का क्षेत्रफल तथा इन प्लेटों के बीच आवेश है तथा आवेश का पृष्ठ घनत्व हो तो समांतर प्लेट संधारित्र पर विद्युत क्षेत्र

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{\varepsilon_0 A} \quad (\sigma = q/A \text{ से})$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अब गौस की प्रमेय के अनुसार समांतर प्लेट संधारित्र की प्लेटों की सतह से गुजरने वाला विद्युत फ्लक्स

$\phi_E = E \bullet A$

E का मान उपरोक्त समीकरण में रखने पर

$$\phi_E = \frac{q}{\varepsilon_0 A} \times A$$

$$\phi_E = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

या $q = \phi_E \varepsilon_0$ समी. ①

यदि समांतर प्लेट संधारित्र पर आवेश q समय के साथ परिवर्तित हो रहा है तो विद्युत धारा

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ (q = it से)}$$

समी. ① से q का मान रखने पर

$$i = \frac{d(\phi_E \varepsilon_0)}{dt}$$

$$i = \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

इस विद्युत धारा को मैक्सवेल की विस्थापन धारा कहते हैं इसे i_d द्वारा दर्शाया जाता है।

कोई भी सतह, जिसकी आकृति बंद लूप हैं तो इसमें प्रवाहित होने वाली कुल धारा, सदैव चालन धारा i_c तथा विस्थापन धारा i_d के योग के बराबर होती है। अतः

$i = i_c + i_d$

SHIVOM CLASSES 8696608541

ऊपर समीकरण से विस्थापन धारा का मान रखने पर

$$i = i_c + \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

इस समीकरण से तात्पर्य है कि संधारित्र की प्लेटों के बाहर चालन धारा, कुल धारा के बराबर तथा विस्थापन धारा शून्य होगी। इसके विपरीत दूसरी ओर संधारित्र की प्लेटों के भीतर चालन धारा शून्य होगी तथा विस्थापन धारा कुल धारा के बराबर होगी। अर्थात्

$i_c = i,\ i_d = 0$ पहले के लिए

$i_c = 0,\ i_d = i$ दूसरे के लिए

अतः एंपीयर का नियम

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{d\ell} = \mu_0(i_c + i_d)$$

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{d\ell} = \mu_0 i_c + \mu_0 i_d$$

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{d\ell} = \mu_0 i_0 + \mu_0 \frac{\varepsilon_0 d\phi_E}{dt}$$

इस समीकरण को एम्पीयर मैक्सवेल नियम कहते हैं।

मैक्सवेल का विद्युत चुंबकीय तरंग का सिद्धांत

विज्ञानिक मैक्सवेल के विद्युत चुंबकीय तरंग सिद्धांत के अनुसार, जब किसी परिपथ में विद्युत धारा उच्च आवृत्ति से बदलती है तो परिपथ में उत्पन्न ऊर्जा तरंगों के रूप में उत्सर्जित होने लगती है। जिसे विद्युत चुंबकीय तरंग कहते हैं। इन तरंगों के विशेष गुण नीचे दिए गए हैं।

विद्युत चुंबकीय तरंग के गुण

1. यह तरंगे प्रकाश तरंगे होती हैं क्योंकि इनमें प्रकाश की भांति अपवर्तित तथा परिवर्तित का गुण पाया जाता है।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

2. यह तरंगे गतिशील (त्वरित) आवेशित कण द्वारा ही उत्पन्न की जाती है स्थिर आवेश द्वारा यह तरंगे उत्पन्न नहीं होती हैं।
3. इन तरंगों की औसत ऊर्जा, विद्युत चुंबकीय क्षेत्र में बराबर बराबर विभाजित होती है।
4. इन तरंगों के संचरण के लिए किसी भी पदार्थ के माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है। अर्थात् ये बिना माध्यम के ही संचरित हो जाती है।
5. विद्युत चुंबकीय तरंगे निर्वात में प्रकाश की चाल 3×10^8 मीटर/सेकंड से चलती हैं। या ऐसे भी कह सकते हैं कि विद्युत चुंबकीय तरंगे निर्वात मे $\frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ वेग से चलती है। यह दोनों ही बातें एक जैसी हैं।

मैक्सवेल का विद्युत चुंबकीय तरंग का सिद्धांत

भौतिकी वैज्ञानिक मैक्सवेल ने अध्ययन द्वारा बताया कि विद्युत चुंबकीय तरंगे निर्वात में 3×10^8 मीटर/सेकंड की चाल से गति करती हैं। एवं यह चाल निर्वात में प्रकाश की चाल के बराबर है। तब इसके आधार पर मैक्सवेल यह मत दिया कि प्रकाश विद्युत चुंबकीय तरंगों के रूप में संचरित होता है।

इसके आधार पर विद्युत तथा चुंबकीय क्षेत्र से संबंधित एक सूत्र भी प्रदान किया गया।

विद्युत चुंबकीय तरंग का वेग $C = \frac{E}{B}$

सूत्र संबंधी महत्वपूर्ण प्रश्न

1. एक विद्युत चुंबकीय तरंग की आवृत्ति 5×10^{11} हर्ट्स है। तथा विद्युत क्षेत्र में तरंग का आयाम 60 वोल्ट/मीटर है। तो विद्युत चुंबकीय तरंग का चुंबकीय क्षेत्र में तरंग का आयाम ज्ञात कीजिए?

   हल
   यह सवाल महत्वपूर्ण है यह दिखने में जितना आसान है। बल्कि करने में उतना ही अधिक कठिन है।

तरंग का वेग $C = \frac{E_0}{B_0}$

जहां E_0 = विद्युत क्षेत्र में तरंग का आयाम

B_0 = चुंबकीय क्षेत्र में तरंग का आयाम

तथा C = प्रकाश की चाल है 3×10^8 मीटर/सेकंड

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

यहां सवाल में आवृत्ति दी गई है जिसका कोई यूज़ नहीं है। यह केवल भटकाने के लिए दी गई है। तो

$$C = \frac{E_0}{B_0}$$

$$B_0 = \frac{E_0}{C}$$

$$B_0 = \frac{60}{3 \times 10^8}$$

$$B_0 = 2 \times 10^{-7} \text{ टेस्ला}$$

विस्थापन धारा

जब किसी परिपथ में समय के साथ परिवर्तनशील विद्युत क्षेत्र के कारण उत्पन्न धारा का विस्थापन धारा (displacement current) कहते हैं इसे i_d द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

एंपीयर का परिपथी नियम से, किसी बंद लूप के लिए चुंबकीय क्षेत्र का रेखीय समाकल उस लूप द्वारा घेरे गए क्षेत्रफल से होकर गुजरने वाले कुल धारा का μ_0 गुना होता है अतः

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{d\ell} = \mu_0 i$$

$\int$ समाकलन तथा $\oint$ रेखीय समाकल को निरूपित करता है तथा μ_0 निर्वात की चुंबकशीलता है।

विस्थापन धारा का सूत्र

एम्पीयर मैक्सवेल के नियम से

परिपथ की कुल धारा, सदैव चालन धारा i_c धारा विस्थापन धारा i_d के योग के बराबर होती है। अर्थात्

$i = i_c + i_d$

जहां i_d को विस्थापन धारा कहते हैं। तो

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$i = i_c + \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

विस्थापन धारा की आवश्यकता

विद्युत चुंबकीय प्रेरण द्वारा ज्ञात किया गया कि विद्युत धारा चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। एवं इसके विपरीत समय के साथ परिवर्तनशील चुंबकीय क्षेत्र द्वारा विद्युत क्षेत्र उत्पन्न किया जाता है।
वैज्ञानिक मैक्सवेल ने परिवर्तनशील धारा से जुड़े संधारित्र के बाहरी बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात करने के लिए एंपीयर का परिपथ नियम प्रयोग किया। तथा परिपथ के बाहर एक अतिरिक्त धारा के अस्तित्व की परिकल्पना की। इस धारा को विस्थापन धारा का नाम दिया गया।

विस्थापन धारा संबंधित प्रश्न

आकाश में 6×10^9 हर्ट्स आवृत्ति की विद्युत चुंबकीय तरंग की तरंगदैर्ध्य होगी?

हल - आकाश में विद्युत चुंबकीय तरंग प्रकाश की चाल से चलती है

तो तरंगदैर्ध्य का सूत्र $C = \nu\lambda$

तरंगदैर्ध्य $\lambda = \nu/C$

जहां ν तरंग की आवृत्ति है

तरंगदैर्ध्य $\lambda = 6 \times 10^9/3 \times 10^8$

तरंगदैर्ध्य $\lambda = 2 \times 10$

$\lambda =$ 20मीटर

अतः विद्युत चुंबकीय तरंग की तरंगदैर्ध्य 20 मीटर होगी।

SHIVOM CLASSES 8696608541

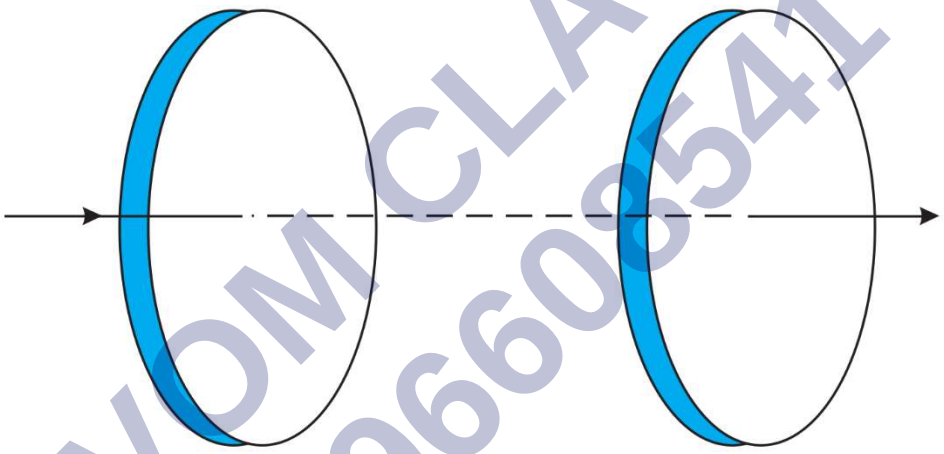
SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

NCERT SOLUTIONS

अभ्यास (पृष्ठ संख्या 285-286)

प्रश्न 1 चित्र में एक संधारित्र दर्शाया गया है जो 12cm त्रिज्या की दो वृत्ताकार प्लेटों को 5.0cm की दूरी पर रखकर बनाया गया है। संधारित्र को एक बाह्य स्रोत (जो चित्र में नहीं दर्शाया गया है) द्वारा आवेशित किया जा रहा है। आवेशकारी धारा नियत है और इसका मान 0.15 A है।

a. धारिता एवं प्लेटों के बीच विभवान्तर परिवर्तन की दर का परिकलन कीजिए।
b. प्लेटों के बीच विस्थापन धारा ज्ञात कीजिए।
c. क्या किरचॉफ का प्रथम नियम संधारित्र की प्रत्येक प्लेट पर लागू होता है? स्पष्ट कीजिए।



SHIVOM CLASSES 8696608541

उत्तर-

a. संधारित्र की धारिता $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}\left[\because A = \pi r^2 3.14 \times (0.12)^2\right]$

$= \frac{8.854\times10^{-12}\times3.14\times(0.12)^2}{0.05}$

$= 8.01 \times 10^{-12} F = 8.01\ PF$

किसी क्षण संधारित्र पर आवेश $q = CV \Rightarrow V = \frac{q}{C}$

$\therefore \frac{dV}{dt} = \frac{1}{C}\frac{dq}{dt} = \frac{1}{C} i \left(\because \frac{dq}{dt} = i\right)$

$\therefore$ विभवान्तर परिवर्तन की दर $\frac{dV}{dt} = \frac{0.15}{8.01\times10^{-12}} = 1.87 \times 10^{10}\ Vs^{-1}$

b. प्लेटों पर विस्थापन धारा-

$$i_D = \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

जहाँ ϕ_E प्लेटों के बीच स्थित किसी बन्द लूप से गुजरने वाला विद्युत फ्लक्स है।

$\because$ प्लेटों के बीच विद्युत क्षेत्र $E = \frac{q}{\varepsilon_0 A}$

$\therefore$ यदि लूप का क्षेत्रफल A है तो $\phi_E = \oint \vec{E}.d\vec{A} = \oint E\, dA \left[\because \vec{E} \perp d\vec{A}\right]$

$$\Rightarrow \phi_E = EA = \frac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow \frac{d\phi_E}{dt} = \frac{1}{\varepsilon_0}.\frac{dq}{dt}$$

$$\therefore\ i_D = \varepsilon_0 \frac{1}{\varepsilon_0} = i$$

$\Rightarrow$ विस्थापन धारा i_D = 0.15A

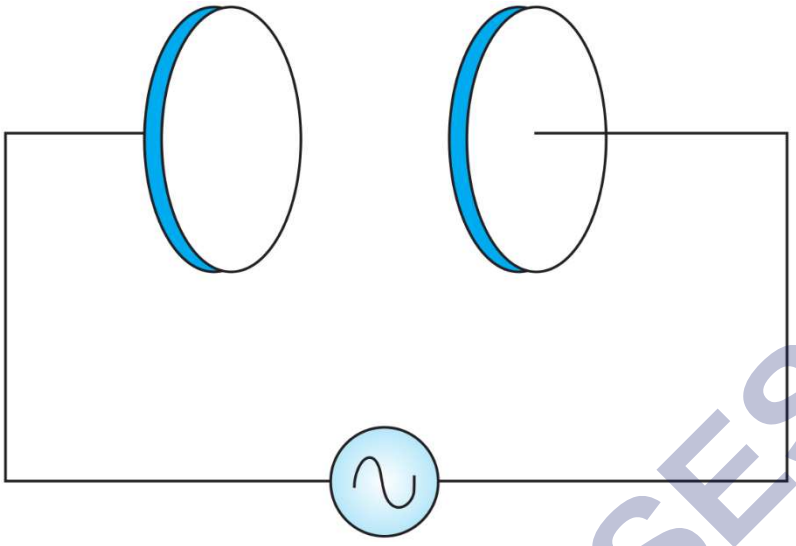
c. हाँ, किरचॉफ का प्रथम नियम संधारित्र की प्रत्येक प्लेट पर भी लागू होता है, क्योंकि प्लेट तक आने वाली चालन धारा = प्लेट से आगे जाने वाली विस्थापन धारा।

प्रश्न 2 एक समान्तर प्लेट संधारित्र (चित्र), R = 6.0cm त्रिज्या की दो वृत्ताकार प्लेटों से बना है। और इसकी धारिता C = 100 pF है। संधारित्र को 230V, 300 rad s^{-1} की (कोणीय) आवृत्ति के किसी स्रोत से जोड़ा गया है।

a. चालन धारा का r.m.s. मान क्या है?
b. क्या चालन धारा विस्थापन धारा के बराबर है?
c. प्लेटों के बीच, अक्ष से 3.0cm की दूरी पर स्थित बिन्दु पर B का आयाम ज्ञात कीजिए।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



उत्तर- यहाँ R = 6.0×10^{-2} मी, C = 100×10^{-12} F = 10^{-10} F,

V_{rms} = 230 वोल्ट, w = 300 rad s^{-1}

a. संधारित्र का धारिती य प्रतिघात-

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \left(\frac{1}{300 \times 10^{10}}\right) \text{ओम}$$

$$= \frac{1}{3} \times 10^8 \text{ ओम}$$

∴ चालन धारा का rms मान,

$$i_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_C} = \frac{230 \text{ volt}}{\left(\frac{1}{3}\right) \times 10^{-8} \text{ omc}}$$

$$= 6.9 \times 10^{-6} \text{ एम्पियर}$$

$$= 6.9\ \mu A$$

b. विस्थापन धारा

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$i_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{\varepsilon_0 d}{dt}(EA)$$

$$= \varepsilon_0 A \frac{dE}{dt} = \varepsilon_0 A \frac{d}{dt}\left(\frac{V}{d}\right)$$

$$= \left(\frac{\varepsilon_0 A}{d}\right).\frac{dV}{dt} = C \times \frac{d}{dt}\left(\frac{Q}{C}\right)$$

$$= C \times \frac{1}{C}.\frac{dQ}{dt} = i_C \text{ (चालन धारा)}$$

अतः चालन धारा तथा विस्थापन धारा बराबर है।

c. प्लेटों के बीच अक्ष से r = 3.0 × 10^{-2} मी पर $\vec{B}$ का आयाम ज्ञात करना है। अतः अक्ष के परितः इस त्रिज्या का बन्द वृत्ताकार लूप लेकर उस पर एम्पियर का परिपथीय नियम लगाने पर,

$$\int \vec{B}, \overrightarrow{dI} = \varepsilon_0 \mu_0 \int \frac{d\vec{E}}{dt}.\overrightarrow{dS}$$

$$\Rightarrow B \times 2\pi r = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}\pi r^2 = \mu_0 \varepsilon_0 \pi r^2 \left(\frac{dE}{dt}\right)$$

$$\text{अतः } B = \frac{\mu_0 \varepsilon_0 r}{2}\left(\frac{dE}{dt}\right) = \frac{\mu_0 \varepsilon_0}{2}\left[\frac{d}{dt}\left(\frac{q}{\varepsilon_0 A}\right)\right]$$

$$= \frac{\mu_0 r}{2A}\left(\frac{dq}{dt}\right) = \frac{\mu_0 . rI}{2A}$$

$$\text{परन्तु } A = \pi R^2, B = \frac{\mu_0 rI}{2\pi R^2}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अतः $\vec{B}$ का आयाम-

$$B_0 = \left(\frac{\mu_0}{2\pi R^2}\right) i_0 = \left(\frac{\mu_0 r}{2\pi R^2}\right)\left(i_{rms}\sqrt{2}\right)$$

$$\text{अथवा} = B_0 = \left[\frac{\left(4\pi\times10^{-7}\right)r}{2\pi R^2}\right] i_{rms}\sqrt{2}$$

$$= \frac{2\sqrt{2}\times i_{rms}\times r}{R^2}10^{-7}$$

$$\therefore B_0 = \left[\frac{2\times1.414\times\left(6.9\times10^{-6}\right)\times3.0\times10^{-2}}{\left(6.0\times10^{-2}\right)^2}\times 106^{-7}\right] \text{ टेस्ला}$$

$$= 1.626\times10^{-11} \text{ टेस्ला}$$

प्रश्न 3 10^{-10}m तरंगदैर्घ्य की X-किरणों, 6800A° तरंगदैर्घ्य के प्रकाश तथा 500m की रेडियो तरंगों के लिए किस भौतिक राशि का मान समान है?

उत्तर- X-किरणें, लाल प्रकाश तथा रेडियो तरंगें सभी वैद्युत-चुम्बकीय तरंगें हैं। अत: इन सभी की निर्वात् में चाल समान होगी जिसका मान c = 3.0 × 10^8m से होता है।

प्रश्न 4 एक समतल विद्युतचुम्बकीय तरंग निर्वात में z-अक्ष के अनुदिश चल रही है। इसके विद्युत तथा चुम्बकीय-क्षेत्रों के सदिश की दिशा के बारे में आप क्या कहेंगे? यदि तरंग की आवृत्ति 30MHz हो तो उसकी तरंगदैर्घ्य कितनी होगी?

उत्तर- वैद्युत-चुम्बकीय तरंगों में संचरण नियतांक सदिश $\vec{K}$ विद्युत क्षेत्र सदिश $\vec{E}$ तथा चुम्बकीय क्षेत्र सदिश $\vec{E}$ दायें हाथ की निकाय बनाते हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

चूँकि संचरण सदिश $\vec{K}$, Z-दिशा में हैं, वैद्युत क्षेत्र सदिश $\vec{E}$, दिशा में तथा चुम्बकीय क्षेत्र सदिश $\vec{B}$, Y-दिशा में होगा।

दिया है आवृत्ति, v = 30MHz = 30 × 10^6Hz

प्रकाश की चाल c = 3 × $10^8$$ms^{-1}$

$$\therefore \text{तरंगदैर्घ्य } \lambda = \frac{c}{v} = \frac{3\times10^8}{30\times10^6} = 10m$$

प्रश्न 5 एक रेडियो 7.5MHz से 12MHz बैंड के किसी स्टेशन से समस्वरित हो सकता है। संगत तरंगदैर्घ्य बैंड क्या होगा?

उत्तर- v^1 = 7.5MHz = 7.5 × 106 sec^{-1} के संगत तरंगदैर्घ्य

$$\lambda_1 = \frac{c}{c} = \frac{3.0\times10^{8m}/sec^{-1}}{7.5\times10^{6sec^{-1}}} = 40m$$

v_2 = 12MHz – 12 × $10^6$$sec^{-1}$

$$\lambda_2 = \frac{c}{v} = \frac{3.0\times10^{8m}/sec^{-1}}{12\times10^{6sec^{-1}}} = 25m$$

अतः दिये गये आवृति बैण्ड के संगत तरंगदैर्घ्य बैण्ड = 40m sec 25m.

प्रश्न 6 एक आवेशित कण अपनी माध्य साम्यावस्था के दोनों ओर 109Hz आवृत्ति से दोलन करता है। दोलक द्वारा जनित विद्युततचुम्बकीय तरंगों की आवृत्ति कितनी है?

उत्तर- हम जानते हैं कि त्वरित अथवा कम्पित आवेशित कण कम्पित विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है। यह विद्युत क्षेत्र, कम्पित चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न करता है। ये दोनों क्षेत्र मिलकर विद्युततचुम्बकीय तरंग उत्पन्न करते हैं; जिसकी आवृत्ति, कम्पित कण के दोलनों की आवृत्ति के बराबर होती है।

तरंगों की आवृत्ति v = 10^9Hz

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 7 निर्वात में एक आवर्त विद्युतचुम्बकीय तरंग के चुम्बकीय-क्षेत्र वाले भाग का आयाम B_0 = 510nT है। तरंग के विद्युत क्षेत्र वाले भाग का आयाम क्या है?

उत्तर- दिया है, $B_0 = 510 \times 10^{-9}$ टेस्ला,

$c = 3 \times 10^8$ मीटर/ सेकण्ड

E_0 = ?

विद्युत चुम्बकीय तरंगों के लिए,

$$c = \frac{E_0}{B_0}$$

$$\Rightarrow E_0 = cB_0 = 3 \times 10^8 \times 510 \times 10^{-9}$$

= 153 वोल्ट/ मीटर

प्रश्न 8 कल्पना कीजिए कि एक विद्युतचुम्बकीय तरंग के विद्युत क्षेत्र का आयाम E0 = 120N/ C है तथा इसकी आवृत्ति v = 50.0MHz है।

1. B_0,ω,k तथा λ ज्ञात कीजिए।
2. E तथा B के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

उत्तर-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

a. $\because \frac{E_0}{B_0} = 0$

$\Rightarrow B_0 = \frac{E_0}{c}$

$B_0 = \left(\frac{120}{3\times10^8}\right)$ टेस्ला

$= 40 \times 10^{-8}$ टेस्ला

$= 4.0 \times 10^{-7}$ टेस्ला

$= 400 \times 10^{-9}\text{T}$

$= 400\text{nT}$

$\omega = 2\pi\text{v}$

$= 2 \times 3.14 \times 50.0 \times 10^6$ रेडियन/ सेकण्ड

$= 3.14 \times 10^8$ रेडियन/ सेकण्ड

अतः $\lambda = \frac{c}{v} = \left(\frac{8\times10^8}{50\times10^6}\right)\text{m}$

$= 6\text{m}$

तथा $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \left(\frac{2\times3.14}{6}\right)$ रेडियन/ मीटर$^{(-1)}$

$= 1.05$ रेडियन/ मीटर

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. $\because \vec{E} = E_0 \sin(kx = \omega t) \cdot \hat{j}$

तथा $\vec{B} = B_0 \sin(kx - \omega t) \cdot \hat{k}$

$\therefore \vec{E} = 120 \sin\left(1.05x - 3.14 \times 10^8 t\right) \cdot \hat{j}$

तथा $\vec{B} = 400 \times 10^{-7}\left(1.05x - 3.14 \times 10^8 t\right) \cdot \hat{k}$

प्रश्न 9 विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम के विभिन्न भागों की पारिभाषिकी पाठ्यपुस्तक में दी गई है। सूत्र E = hν (विकिरण के एक क्वांटम की ऊर्जा के लिए : फोटॉन) का उपयोग कीजिए तथा em वर्णक्रम (विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम) के विभिन्न भागों के लिए ev के मात्रक में फोटॉन की ऊर्जा निकालिए। फोटॉन ऊर्जा के जो विभिन्न परिमाण आप पाते हैं वे विद्युतचुम्बकीय विकिरण के स्रोतों से किस प्रकार सम्बन्धित हैं?

उत्तर- सूत्र E = hv में,

$v = \frac{c}{\lambda}$ रखने पर

$E = \frac{hc}{\lambda}$ (S.I पद्धति में)

यहाँ $c = 3 \times 10^8 m/s$ (निर्वात में वैद्युत चुंबकीय तरंगों की चाल)

तथा $h = 6.62 \times 10^{-34} Js$ (प्लांक का नियतांक)

इलेक्ट्रॉन वोल्ट में $E = \frac{hc}{\lambda \times 1.6 \times 10^{19}} eV$ ... (1)

विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के विभिन्न भाग निम्नवत है-

1. y-किरणें- तरंगदैर्घ्य परास $10^{-10}m$ से $10^{-14}m$ से कम तक होता है।

   अत: यदि $\lambda = 10^{-10}m$ तो समीकरण (1) से,

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

ऊर्जा $E = \frac{6.62\times10^{34}\times3\times10^{8}}{10^{-10}\times1.6\times10^{-19}}$

$= 12.4 \times 10^{3}eV$

$\approx 10^{4}eV$

यदि $\lambda = 10^{-14}m$ हो, तो,

ऊर्जा $E = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{10^{-14}\times1.6\times10^{-19}}$

$\approx 10^{8}eV$

2. इस प्रकार y-किरणों की ऊर्जा 10^4 से 10^8eV के परिसर में होती है।.

x-किरणें- तरंगदैर्घ्य परास 10^{-8}m से 10^{-13}m तक होता है।

अतः $\lambda = 10^{-8}$m के लिए ऊर्जा,

$E = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{10^{-8}\times1.6\times10^{-19}}$

$= 124eV$

$\approx 10^{2}eV$

$\lambda = 10^{-13}m$ के लिए,

$E \approx 10^{7}eV$

3. इस प्रकार x-किरणों की ऊर्जा 10^2 से 10^7eV तक परिसर में होती है।

पराबैंगनी किरणें- तरंगदैर्घ्य परास 4×10^{-7}m से 6×10^{-10}m तक होती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अतः $\lambda = 4 \times 10^{-7}$m के लिए ऊर्जा,

$$E = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 3.1\text{eV}$$

$$\approx 10^{0}$$

$\lambda = 6 \times 10^{-10}$m के लिए,

$$E = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 2.1 \times 10^{3}\text{eV}$$

$$\approx 10^{3}\text{eV}$$

4. इस प्रकार पराबैंगनी किरणों की ऊर्जा 100 से 103eV तक परिसर में होती है।

दृश्य विकिरण- तरंगदैर्घ्य परास 4×10^{-7}m से 7×10^{-7}m तक होती है।

$\lambda = 4 \times 10^{-7}$m के लिए ऊर्जा,

$$E = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 3.1\text{eV}$$

$\lambda = 7 \times 10^{-7}$m के लिए ऊर्जा,

$$E = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{7\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 1.77\text{eV}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

इस प्रकार दृश्य विकिरण की ऊर्जा 1.8eV से 3.1eV तक परिसर में होती है।

5. अवरक्त विकिरण- तरंगदैर्घ्य परास 7×10^{-7}m से 7×10^{-4}m तक होती है।

$\lambda = 7 \times 10^{-7}\text{m}$ के लिए ऊर्जा,

$$E = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{7\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 1.77 \times 10^{-3}\text{eV}$$

$$\approx 10^{0}\text{eV}$$

$\lambda = 7 \times 10^{-7}\text{m}$ के लिए ऊर्जा,

$$\approx 7 \times 10^{-4}\text{m}$$

$$E = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{7\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 1.77 \times 10^{-3}\text{eV}$$

$$\approx 10^{-3}\text{eV}$$

इस प्रकार अवरक्त विकिरण की ऊर्जा 10^{-3} से 100eV तक के परिसर में होती है।

6. रेड़ियो तरंगें- तरंगदैर्घ्य परास 1m से कुछ किलोमीटर तक होती है।

$\lambda = 1\text{m}$ के लिए ऊर्जा,

$$E = \frac{6.62\times10^{34}\times3\times10^{8}}{1\times1.6\times10^{-19}}$$

$$= 1.24 \times 10^{-6}\text{eV}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

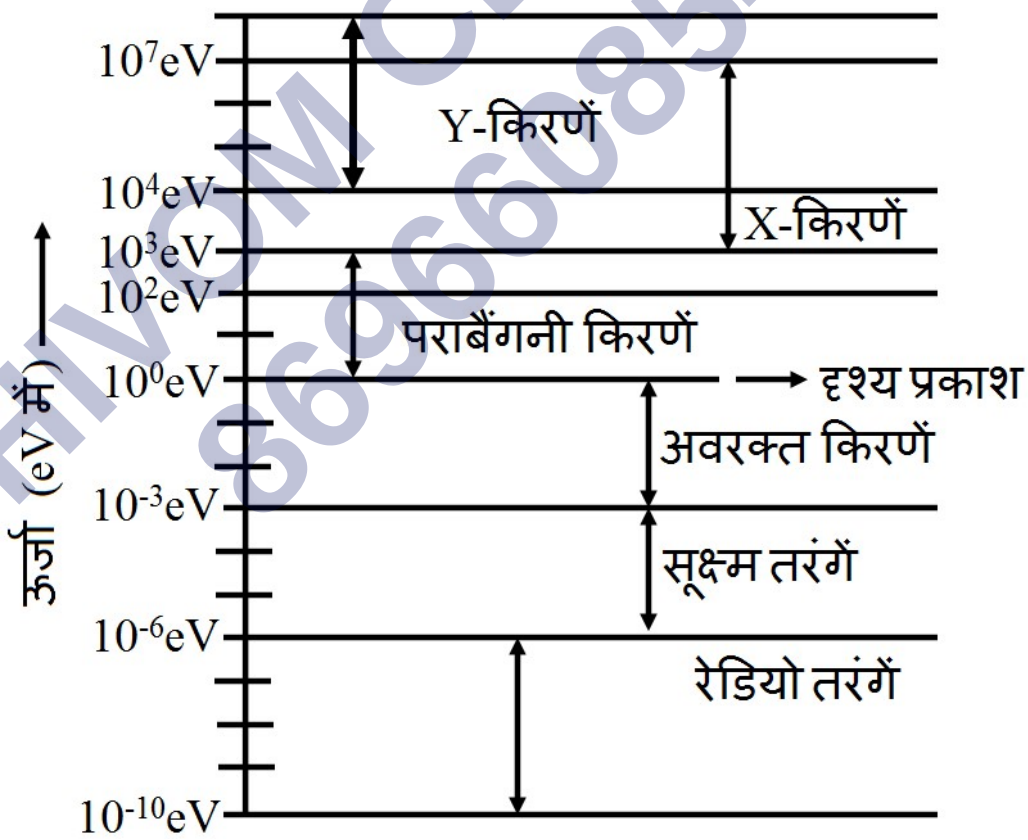
SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\approx 10^{-6}\text{eV}$$

$\lambda =$ कुछ किलोमीटर के लिए ऊर्जा,

$$\text{E} \approx 10^{-11}\text{eV}$$

इस प्रकार रेडियो तरंगों की ऊर्जा 10^{-6}eV से 10^{-11}eV तक के परिसर में होती है। एक फोटोन की ऊर्जा, स्रोत के ऊर्जा-स्तरों में अन्तराल प्रदर्शित करती है। 2 = 10^{-12}m तरंगदैर्घ्य, 1.24Mev ऊर्जा के संगत है। यह प्रदर्शित करता है कि नाभिकीय ऊर्जा स्तरों (जिनके बीच संक्रमण से-किरणें उत्पन्न होती हैं) में ऊर्जा-स्तर अन्तराल 1Mev के लगभग ही होता है। इसी प्रकार 2 = 5 × 10^{-7}m (दृश्य प्रकाश) तरंगदैर्घ्य 2.5eV ऊर्जा के संगत है। यह प्रदर्शित करता है कि ऊर्जा-स्तरों, जिनके बीच संक्रमण से दृश्य प्रकाश उत्सर्जित होता है। का ऊर्जा स्तर अन्तराल कुछ eV ही होता है।



प्रश्न 10 एक समतल em (विद्युतचुम्बकीय) तरंग में विद्युत क्षेत्र, 2.0 × 1010Hz आवृत्ति तथा 48Vm^{-1} आयाम से ज्यावक्रीय रूप से दोलन करता है।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

a. तरंग की तरंगदैर्घ्य कितनी है?

b. दोलनशील चुम्बकीय-क्षेत्र का आयाम क्या है?

c. यह दर्शाइए E क्षेत्र का औसत ऊर्जा घनत्व, B क्षेत्र के औसत ऊर्जा घनत्व के बराबर है। (c = $3 \times 10^8 ms^{-1}$)

उत्तर-

a. दिया है, E0 = $48 Vm^{-1}$ विद्युत क्षेत्र की आवृत्ति = $2.0 \times 10^{10} Hz$

∵ तरंग की आवृत्ति v = विद्युत क्षेत्र की आवृत्ति = $2.0 \times 10^{10} Hz$

∴ तरंग की तरंगदैर्घ्य $\lambda = \frac{c}{v} = \frac{3\times10^8}{2\times10^{10}} = 1.5 \times 10^{-2m}$

b. $c = \frac{E_0}{B_0}$

चुम्बकीय-क्षेत्र का आयाम $B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{48}{3\times10^8} = 1.6 \times 10^{-7T}$

c. विद्युत क्षेत्र का औसत ऊर्जा घनत्व-

$$u_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_{r.m.s}^2 = \frac{1}{2}\varepsilon_0\left(\frac{E_0}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{4}\varepsilon_0 E_0^2$$

जबकि चुम्बकीय क्षेत्र का औसत ऊर्जा घनत्व $u_B = \frac{1}{2}\frac{B_{r.m.s}^2}{\mu_0} = \frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{B_0}{\sqrt{2}}\right)^2$

$$= \frac{1}{4\mu_0}B_0^2 = \frac{1}{4\mu_0}\left(\frac{E_0}{c}\right)^2 \left[\because c^2 = \frac{1}{\mu_0 e_0} \Rightarrow \frac{1}{\mu_0 c^2} = \varepsilon_0\right]$$

$$= \frac{E_0^2}{4\mu_0 c^2}$$

$$u_B = \frac{1}{4}\varepsilon_0 E_0^2 \Rightarrow u_B = u_E$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अतिरिक्त अभ्यास (पृष्ठ संख्या 287)

प्रश्न 11 कल्पना कीजिए कि निर्वात में एक विद्युतचुम्बकीय तरंग का विद्युत क्षेत्र-

$$E = \left\{(3.1 N/C)\cos\left[(1.8 rad/m)y + (5.4 \times 10^6 rad/s)\right]\right\}\hat{i}$$ है।

a. तरंग संचरण की दिशा क्या है?

b. तरंगदैर्घ्य λ कितनी है?

c. आवृत्ति ν कितनी है?

d. तरंग के चुम्बकीय क्षेत्र सदिश का आयाम कितना है?

e. तरंग के चुम्बकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक लिखिए।

उत्तर-

a. प्रामाणिक समीकरण निम्न है-

$$\vec{E} = \left[(E_0 \cos(ky + \omega t))\right]\hat{i} \ldots (1)$$

चूँकि y का गुणक धनात्मक है अर्थात दिशा $-\hat{j}$ अर्थात ऋणात्मक Y-दिशा

b. प्रामाणिक समीकरण निम्न है-

$$\vec{E} = \left[(E_0 \cos(ky + \omega t))\right]\hat{i} \ldots (1)$$

दी गयी समीकरण की प्रामाणिक समीकरण (1) से तुलना करने पर, k = 1.8 रेडियन/ मीटर

अतः $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ से, $\lambda = \frac{2\pi}{1.8} = 3.5 m$

c. प्रामाणिक समीकरण निम्न है-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\vec{E} = \left[\left(E_0 \cos(ky + \omega t)\right)\right] \hat{i} \ldots (1)$$

$2\pi\nu = \omega$ से, आवृत्ति $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ तथा दी गयी समीकरण की प्रामाणिक समीकरण (1) से तुलना करने पर,

$$\omega = 5.4 \times 10^6 \text{ रेडियन/ सेकण्ड}$$

$$\therefore = \left(\frac{5.4\times10^6}{2\times3.14}\right)\text{Hz} = 0.86 \times 10^6\text{Hz}$$

$$= 8.6\text{MHz}$$

d. प्रामाणिक समीकरण निम्न है-

$$\vec{E} = \left[\left(E_0 \cos(ky + \omega t)\right)\right] \hat{i} \ldots (1)$$

दी गई समीकरण की प्रामाणिक समीकरण (1) से तुलना करने पर,

$E_0 = 3.1$ न्यूटन/ कूलॉम

$$c = \frac{E_0}{B_0} \text{ से, } B_0 = \frac{E_0}{c}\left(\frac{3.1}{3\times10^8}\right) \text{ टेस्ला}$$

$$\approx 10 \times 10^{-9}\ \text{T} \approx 10\text{nT}$$

प्रामाणिक समीकरण निम्न है-

$$\vec{E} = \left[\left(E_0 \cos(ky + \omega t)\right)\right] \hat{i} \ldots (1)$$

$$\because \vec{B} = \left[B_0 \cos(ky + \omega t)\right] \hat{k}$$

$$\therefore B = 10\text{nT} \cos\left[\left(1.8\text{rad/m}^{-1}\right)y + \left(5.4 \times 10^6\text{rad/m}\right)t\right] \hat{k}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 12 100w विद्युत बल्ब की शक्ति का लगभग 5% दृश्य विकिरण में बदल जाता है।

a. बल्ब से 1m की दूरी पर,

यह मानिए कि विकिरण समदैशिकतः उत्सर्जित होता है और परावर्तन की उपेक्षा कीजिए।

b. 10m की दूरी पर दृश्य विकिरण की औसत तीव्रता कितनी है?

यह मानिए कि विकिरण समदैशिकतः उत्सर्जित होता है और परावर्तन की उपेक्षा कीजिए।

उत्तर-

a. यहाँ दृश्य विकिरण की शक्ति P = 100 वाट का $5\% = 100 \times \left(\frac{5}{100}\right)$ वाट = 5 वाट

∵ P शक्ति के बिन्दु स्त्रोत से r दुरी पर तीव्रता $I = \frac{P}{4\pi r^2}$

$$I = \frac{5 \text{ वाट}}{4 \times 3.14 \times (1 \text{ मी})^2} = 0.4 \text{ वाट/मीटर}^2 \text{ (लगभग)}$$

b. यहाँ दृश्य विकिरण की शक्ति P = 100 वाट का $5\% = 100 \times \left(\frac{5}{100}\right)$ वाट = 5 वाट

∵ P शक्ति के बिन्दु स्त्रोत से r दुरी पर तीव्रता $I = \frac{P}{4\pi r^2}$

$$I = \frac{5 \text{ वाट}}{4 \times 3.14 \times (10 \text{ मी})^2} = 3.98 \times 10^{-3} \text{ वाट/मीटर}^2$$

प्रश्न 13 em वर्णक्रम के विभिन्न भागों के लिए लाक्षणिक ताप परिसरों को ज्ञात करने के लिए $\lambda_m T = 0.29 cmK$ सूत्र का उपयोग कीजिए। जो संख्याएँ आपको मिलती हैं वे क्या बतलाती हैं?

उत्तर- $\lambda_m T = 0.29 cmK$

सूत्र से स्पष्ट है की λ_m को सेमी में प्रयोग किया गया है,

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अतः $\lambda_m = \lambda_m \times 10^{-8} \mathring{A}$

$\therefore \lambda_m T = 0.29 cmK \Rightarrow \lambda_m \times 10^{-8} \times T = 0.29$

$T = \frac{29 \times 10^6}{\lambda_m (\mathring{A})} k$

a. $\lambda_m = 10^{-12} m = 10^{-2} \ \mathring{A}$ के लिए, (y-किरणें)

$T = 2.9 \times 10^9 K$

b. $\lambda_m = 10^{-10} m = 1 \ \mathring{A}$ के लिए, (X-किरणें)

$T = 2.9 \times 10^7 K$

c. $\lambda_m = 10^{-6} m = 10^4 \ \mathring{A}$ के लिए, (दृश्य प्रकाश)

$T = 29 \times 10^2 = 2900K$

d. $\lambda_m = 1m = 10^{10} \ \mathring{A}$ के लिए

$T = 2.9 \times 10^{-3} K$ आदि

उक्त परिणाम स्पेक्ट्रम के विभिन्न तरंगदैर्ध्य परास प्राप्त करने हेतु आवश्यक परमताप प्रदर्शित करते है।

प्रश्न 14 विद्युतचुम्बकीय विकिरण से संबंधित नीचे कुछ प्रसिद्ध अंक, भौतिकी में किसी अन्य प्रसंग में विद्युतचुम्बकीय दिए गए हैं। स्पेक्ट्रम के उस भाग का उल्लेख कीजिए जिससे इनमें से प्रत्येक सम्बन्धित है।

a. 21cm (अन्तरातारकीय आकाश में परमाण्वीय हाइड्रोजन द्वारा उत्सर्जित तरंगदैर्ध्य)

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. 1057MHz (लैंब-विचलन नाम से प्रसिद्ध, हाइड्रोजन में, पास जाने वाले दो समीपस्थ ऊर्जा स्तरों से उत्पन्न विकिरण की आवृत्ति)

c. 2.7K (सम्पूर्ण अन्तरिक्ष को भरने वाले समदैशिक विकिरण से सम्बन्धित ताप-ऐसा विचार जो विश्व में बड़े धमाके 'बिग बैंग के उद्भव का अवशेष माना जाता है।)

d. $5890\text{Å} - 5896\text{Å}$ (सोडियम की द्विक रेखाएँ)

e. 14.4keV [^{57}Fe नाभिक के एक विशिष्ट संक्रमण की ऊर्जा जो प्रसिद्ध उच्च विभेदन की स्पेक्ट्रमी विधि से सम्बन्धित है (मॉसबौर स्पेक्ट्रोस्कॉपी)]

उत्तर-

a. दी गई तरंगदैर्घ्य 10^{-2}m क्रम की है, जो लघु रेडियो तरंग क्षेत्र में पड़ती है।

b. यह आवृत्ति 10^{9}Hz की कोटि की है, जो लघु रेडियो तरंग क्षेत्र में पड़ती है।

c. $\lambda_m T = 0.29\text{cmK}$ से,

$$T = 2.7\text{K} \text{ के लिए, } \lambda_m = \frac{0.29\text{cmK}}{2.7\text{K}} = 0.09\text{cm} = 0.0009\text{m}$$

यह तरंगदैर्घ्य माइक्रो तरंगों के क्षेत्र में पड़ती है।

d. दी गई तरंगदैर्घ्य 10^{-6}m की कोटि की है जो दृश्य विकिरण क्षेत्र में पड़ती है।

e. $E = 14.4\text{keV} = 14.4 \times 10^3\text{eV}$

परन्तु $E = \frac{hc}{\lambda e}\text{eV}$

$$\therefore \text{संगत तरंगदैर्घ्य } \lambda = \frac{hc}{eE} = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{16\times10^{-19}\times14.4\times10^{3}} = 8.6 \times 10^{-11}\text{m}$$

$$\Rightarrow \lambda \approx 10^{-10}\text{m} = 1\text{Å}$$

यह तरंगदैर्घ्य x-किरण क्षेत्र में पड़ती है।

प्रश्न 15 निम्नलिखित प्रश्नों का उत्तर दीजिए:

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

a. लम्बी दूरी के रेडियो प्रेषित्र लघु-तरंग बैंड का उपयोग करते हैं। क्यों?
b. लम्बी दूरी के TV प्रेषण के लिए उपग्रहों का उपयोग आवश्यक है। क्यों?
c. प्रकाशीय तथा रेडियो दूरदर्शी पृथ्वी पर निर्मित किए जाते हैं किन्तु X-किरण खगोल विज्ञान का अध्ययन पृथ्वी का परिभ्रमण कर रहे उपग्रहों द्वारा ही सम्भव है। क्यों?
d. समतापमण्डल के ऊपरी छोर पर छोटी-सी ओजोन की परत मानव जीवन के लिए निर्णायक है। क्यों?
e. यदि पृथ्वी पर वायुमण्डल नहीं होता तो उसके धरातल का औसत ताप वर्तमान ताप से अधिक होता या कम?
f. कुछ वैज्ञानिकों ने भविष्यवाणी की है कि पृथ्वी पर नाभिकीय विश्व युद्ध के बाद 'प्रचण्ड नाभिकीय शीतकाल' होगा जिसका पृथ्वी के जीवों पर विध्वंसकारी प्रभाव पड़ेगा। इस भविष्यवाणी का क्या आधार है?

उत्तर-

a. ये तरंगें पृथ्वी के आयनमण्डल से परावर्तित होकर वापस पृथ्वी तल की ओर लौट आती हैं। और इसी कारण बिना ऊर्जा खोए पृथ्वी पर लम्बी दूरियाँ तय कर पाती हैं।
b. बहुत लम्बी दूरी के सम्प्रेषण के लिए अति उच्च आवृत्ति की तरंगों की आवश्यकता होती है। आयनमण्डल इन तरंगों को पृथ्वी की ओर परावर्तित नहीं कर पाता। अत: ये तरंगें आयनमण्डल से पार निकल जाती हैं। इन्हें वापस पृथ्वी पर भेजने के लिए उपग्रह की आवश्यकता होती है।
c. चूँकि पृथ्वी का वायुमण्डल X-किरणों को अवशोषित कर लेता है। अत: X-किरण खगोलविज्ञान का अध्ययन वायुमण्डल से ऊपर उपग्रहों द्वारा ही सम्भव है।
d. यह ओजोन परत सूर्य से पृथ्वी पर आने वाली मानव जीवन के लिए हानिकारक पराबैंगनी तरंगों को अवशोषित कर लेती है। अतः ओजोन परत, पृथ्वी पर मानव जीवन की सुरक्षा के लिए अति महत्त्वपूर्ण है।
e. यदि पृथ्वी पर वायुमण्डल नहीं होता तो हरित गृह प्रभाव नहीं होता। इससे पृथ्वी का ताप वर्तमान ताप की तुलना में कम होता।
f. प्रचण्ड नाभिकीय युद्ध के बाद पृथ्वी धूल तथा गैसों के विशाल बादल से घिर जाएगी जिसके कारण सूर्य की रोशनी पृथ्वी तक नहीं पहुंच पाएगी ओर पृथ्वी बहुत अधिक ठण्डी हो जाएगी।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)