अध्ययन नोट्स: विद्युत चुम्बकीय तरंगें और उनके गुण

विषय सूची

1. विद्युत चुम्बकीय तरंगों का परिचय
2. ऐतिहासिक विकास और सैद्धांतिक आधार
3. मैक्सवेल के समीकरण
4. विद्युत चुम्बकीय तरंगों के गुण
5. विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम
6. विद्युत चुम्बकीय तरंगों के अनुप्रयोग
7. निष्कर्ष

1. विद्युत चुम्बकीय तरंगों का परिचय

विद्युत चुम्बकीय तरंगें एक प्रकार की ऊर्जा हैं जो प्रकाश की गति से अंतरिक्ष और पदार्थ में यात्रा करती हैं। इनमें दोलन करने वाले विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र होते हैं जो एक दूसरे के और तरंग प्रसार की दिशा के लंबवत होते हैं।

2. ऐतिहासिक विकास और सैद्धांतिक आधार

2.1 प्रारंभिक सिद्धांत

- **जेम्स क्लर्क मैक्सवेल** (1865) ने विद्युत चुम्बकीय तरंगों का सिद्धांत प्रतिपादित किया।
- **हेंड्रिक लॉरेंट्ज़** (1892) ने विद्युत चुम्बकीय विकिरण का सिद्धांत विकसित किया।
- **हेनरिक हर्ट्ज़** (1887) ने प्रयोगात्मक रूप से विद्युत चुम्बकीय तरंगों के अस्तित्व की पुष्टि की।

2.2 प्रमुख योगदान

- **मैक्सवेल के समीकरणों** ने विद्युत, चुंबकत्व और प्रकाश को एकीकृत किया।
- **हर्ट्ज़ के प्रयोगों** ने विद्युत चुम्बकीय तरंगों के संचरण और अभिग्रहण को प्रदर्शित किया।

3. मैक्सवेल के समीकरण

मैक्सवेल के समीकरण बताते हैं कि विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र कैसे उत्पन्न होते हैं और आपस में कैसे संपर्क करते हैं।

3.1 विद्युत के लिए गॉस का नियम

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q_{\text{enc}}}{\varepsilon_0}$$

© 2023-2025 Copyright SATHEE

3.2 चुंबकत्व के लिए गॉस का नियम

$$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

3.3 फैराडे का प्रेरण का नियम

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

3.4 एम्पीयर-मैक्सवेल नियम

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \left(I_{\text{enc}} + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)$$

4. विद्युत चुम्बकीय तरंगों के गुण

गुण	विवरण
गति	निर्वात में $c = 3\times10^8$ m/s
दिशा	विद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों दोनों के लंबवत
प्रसार माध्यम	निर्वात और विभिन्न माध्यमों (जैसे वायु, जल, कांच) में यात्रा कर सकती हैं
ध्रुवीकरण	विद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों के दोलन विभिन्न दिशाओं में संरेखित हो सकते हैं
ऊर्जा वहन	अंतरिक्ष में ऊर्जा और संवेग संचारित करती हैं

SATHEE

5. विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम

विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम सभी प्रकार के विद्युत चुम्बकीय विकिरण की सीमा है।

© 2023-2025 Copyright SATHEE

5.1 आवृत्ति/तरंगदैर्ध्य के आधार पर वर्गीकरण

तरंग का प्रकार	आवृत्ति सीमा (Hz)	तरंगदैर्ध्य सीमा (m)	सामान्य उपयोग
रेडियो तरंगें	3×10^{5} से 3×10^{11}	10^{3} से 10^{-3}	संचार, प्रसारण, रडार
माइक्रोवेव्स	3×10^{11} से 3×10^{14}	10^{-3} से 10^{-6}	खाना पकाना, उपग्रह संचार
इन्फ्रारेड	3×10^{14} से 4.3×10^{16}	7×10^{-7} से 10^{-6}	थर्मल इमेजिंग, रिमोट सेंसिंग
दृश्य प्रकाश	4.3×10^{14} से 7.5×10^{14}	4×10^{-7} से 7.5×10^{-7}	मानव दृष्टि, ऑप्टिकल संचार
अल्ट्रावायलेट	7.5×10^{14} से 3×10^{16}	4×10^{-8} से 4×10^{-7}	सन टैनिंग, कीटाणुशोधन
एक्स-रे	3×10^{16} से 3×10^{19}	10^{-11} से 10^{-8}	चिकित्सा इमेजिंग, सुरक्षा स्कैनिंग
गामा किरणें	3×10^{19} से 10^{24}	10^{-12} से 10^{-11}	कैंसर उपचार, नाभिकीय भौतिकी

6. विद्युत चुम्बकीय तरंगों के अनुप्रयोग

6.1 संचार

- **रेडियो तरंगें**: AM/FM रेडियो, टीवी और मोबाइल नेटवर्क में उपयोग होती हैं।
- **माइक्रोवेव्स**: उपग्रह संचार और GPS में उपयोग होती हैं।

6.2 चिकित्सा

- **एक्स-रे**: नैदानिक इमेजिंग और विकिरण चिकित्सा में उपयोग होते हैं।
- **गामा किरणें**: कैंसर उपचार और चिकित्सा उपकरणों के कीटाणुशोधन में उपयोग होती हैं।

6.3 खगोल विज्ञान

- **इन्फ्रारेड और दृश्य प्रकाश**: दूरस्थ तारों और आकाशगंगाओं का अध्ययन करने के लिए उपयोग होते हैं।
- **रेडियो तरंगें**: ब्रह्मांडीय वस्तुओं का पता लगाने और ब्रह्मांड का अध्ययन करने के लिए उपयोग होती हैं।

6.4 प्रौद्योगिकी

- **लेजर प्रौद्योगिकी**: सटीक कटिंग, सर्जरी और डेटा संग्रहण के लिए दृश्य और इन्फ्रारेड प्रकाश का उपयोग करती है।
- **ऑप्टिकल फाइबर**: उच्च गति डेटा संचरण के लिए दृश्य प्रकाश का उपयोग करता है।

© 2023-2025 Copyright SATHEE

7. निष्कर्ष

विद्युत चुम्बकीय तरंगें आधुनिक प्रौद्योगिकी और विज्ञान के कई पहलुओं के लिए मूलभूत हैं। संचार से लेकर चिकित्सा तक, इनके गुण और अनुप्रयोग हमारी दुनिया को आकार देते रहते हैं। इनके व्यवहार और विशेषताओं को समझना वैज्ञानिक और तकनीकी प्रगति के लिए आवश्यक है।

SATHEE

© 2023-2025 Copyright SATHEE