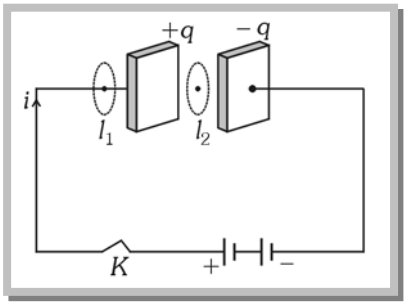
मैक्सवेल का योगदान

(1) एम्पियर का परिपथ नियम

किसी बन्द पथ या परिपथ के अनुदिश चुम्बकीय क्षेत्र (B) का रेखीय समाकलन का मान बन्द परिपथ में बहने वाली धारा का μ_0 गुना होता है अर्थात् $\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i$

(2) एम्पियर नियम की असंगतता

मैक्सवेल ने अपने प्रयोगों के आधार पर सिद्ध किया कि एम्पियर का नियम केवल स्थायी धारा या नियत विद्युत क्षेत्र (समय परिवर्ती न हो) के लिए ही सत्य है। इसको समझने के लिए एक आवेशित हो रहे समान्तर प्लेट संधारित्र पर विचार करें। आवेशन के दौरान समय परिवर्ती धारा सम्पर्क तारों से प्रवाहित होती है।



लूप l_1 व l_2 में एम्पियर का नियम लगाने पर $\oint_{l_1} \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i$ परन्तु $\oint_{l_2} \vec{B}.\vec{dl} = 0$ क्योंकि प्लेटों के बीच उपस्थित क्षेत्र (Region) में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। परन्तु व्यवहार में प्लेटों के बीच चुम्बकीय क्षेत्र प्रेक्षित होता है। इसे समझाने में एम्पियर असफल रहे अर्थात् $\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i$.

(3) संशोधित एम्पियर नियम या एम्पियर मैक्सवेल नियम

मैक्सवेल ने माना कि आवेशन के दौरान संधारित्र की प्लेटों के बीच कोई धारा अवश्य होनी चाहिए। इस धारा को उन्होनें विस्थापन धारा का नाम दिया। इसके आधार पर उन्होंनें एम्पियर के नियम में संशोधन किया। एम्पियर नियम का संशोधित रूप निम्न प्रकार है

$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0(i_c + i_d)$ या $\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0(i_c + \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt})$

जहाँ, i_c = चालन धारा = चालक मे आवेशों के प्रवाह से उत्पन्न धारा

i_d = विस्थापन धारा = $\varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$ = संधारित्र की प्लेटों के बीच परिवर्ती विद्युत क्षेत्र के कारण उत्पन्न धारा

- ❑ विस्थापन धारा (i_d) = चालन धारा (i_c)
- ❑ किसी परिपथ में i_c एवं i_d संतत नही हो सकते परन्तु इनका योग सदैव संतत होता है।

(4) मैक्सवेल के नियम

(i) $\oint_s \vec{E}.\vec{ds} = \frac{q}{\varepsilon_0}$ (स्थिर वैद्युत में गॉस नियम) (ii) $\oint_s \vec{B}.\vec{ds} = 0$ (चुम्बकत्व में गॉस नियम)

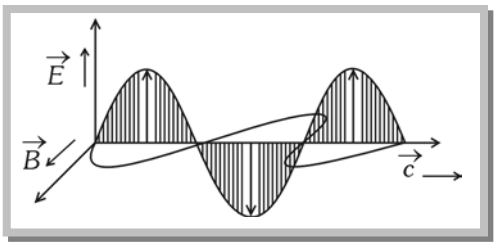
(iii) $\oint \vec{B}.\vec{dl} = -\frac{d\phi_B}{dt}$ (विद्युत चुम्बकीय प्रेरण में फैराडे का नियम) (iv) $\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o\left(i_c + \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}\right)$ (मैक्सवेल–एम्पियर नियम)

विद्युत-चुम्बकीय तरंगें

(1) परिभाषा

एक परिवर्ती विद्युत क्षेत्र एक परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है जिससे एक अनुप्रस्थ विद्युत चुम्बकीय तरंग उत्पन्न होती है। समय परिवर्ती विद्युत क्षेत्र एवं चुम्बकीय क्षेत्र परस्पर लम्बवत् होते हैं तथा तरंग संचरण की दिशा के भी लम्बवत् होते हैं।

विद्युत चुम्बकीय तरंग का प्रकाशीय प्रभाव विद्युत क्षेत्र सदिश पर निर्भर करता है, जो कि प्रकाश सदिश कहलाता है।



(2) विद्युत चुम्बकीय तरंगों का इतिहास

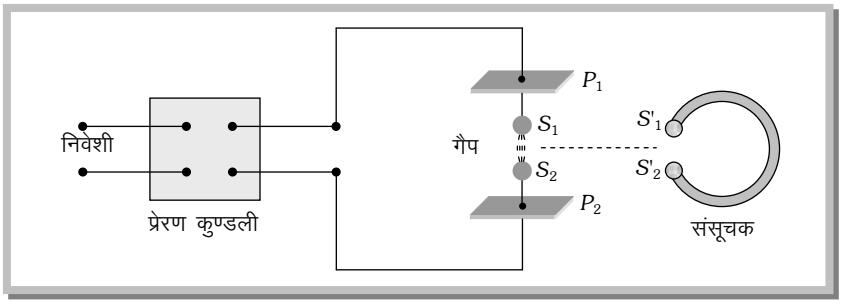
(i) मैक्सवेल : ने सर्वप्रथम विद्युत चुम्बकीय तंरगों की उपस्थिति का पता लगाया ।

(ii) हर्ट्ज : ने प्रयोगशाला में 6 *mm* तरंगदैर्ध्य की विद्युत चुम्बकीय तंरगें उत्पन्न की ।

प्रायोगिक व्यवस्था

हर्ट्ज का प्रयोग इस तथ्य पर आधारित है कि एक दोलायमान आवेश सतत् त्वरित होता रहता है, एवं यह विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्सर्जित करता है। नीचे दिखाये गये चित्र में,

- धात्विक प्लेटें (P_1 व P_2) एक संधारित्र की तरह कार्य करती है।
- गोलों S_1 व S_2 को जोड़ने वाले तार एक अल्प प्रेरकत्व प्रदान करते है।



जब एक उच्च वोल्टेज धात्विक प्लेटों के बीच आरोपित किया जाता है तो ये प्लेटें चिन्गारी (Spark) द्वारा विसर्जित हो जाती है। इस चिन्गारी (spark) से आवेश दोलायमान होते हैं फलस्वरूप विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्सर्जित होती हैं। इन तरंगों की आवृत्ति $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

सतत् चिन्गारी (Spark) से विद्युत चुम्बकीय तरंगों की एक श्रृखंला उत्सर्जित होती हैं। जिन्हें संसूचक ग्रहण कर लेता है।

(iii) जे.सी .बोस : ने अपनी प्रयोगशाला में लगभग 25 *mm* से 5*mm* तरंगदैर्ध्य की विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्पन्न की।

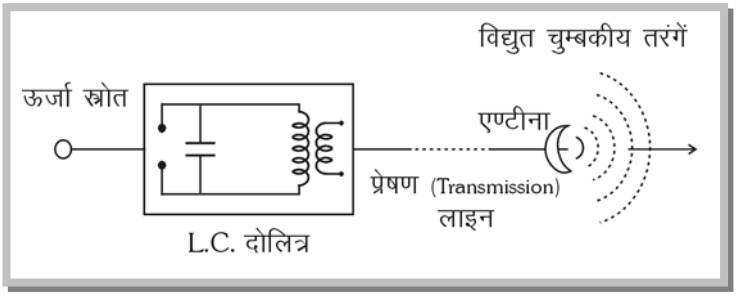
(iv) मारकोनी : ने सफलतापूर्वक कुछ किलोमीटर तक विद्युत चुम्बकीय तरंगों का संचार किया। मारकोनी ने बताया कि स्पार्क गैप के एक सिरे को भू-सम्पर्कित कर दिया जाये एवं दूसरे सिरे को एन्टिना से जोड़ दे तो उत्सर्जित विद्युत चुम्बकीय तरंगों को कई किलोमीटर तक भेजा जा सकता है।

(3) विद्युत चुम्बकीय तरंग का स्त्रोत

आवर्ती रूप से दोलायमान आवेश विद्युत चुम्बकीय तंरगो का स्त्रोत है।

(4) विद्युत चुम्बकीय तरंगों का उत्पादन

एक सरल *LC* परिपथ (दोलक) तथा एक ऊर्जा स्त्रोत द्वारा निश्चित आवृति की तरंगें उत्पन्न की जा सकती हैं।



LC परिपथ में दोलनों की आवृति = विद्युत चुम्बकीय तरंग की आवृति $= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

- ❑ एक परमाणु में इलेक्ट्रॉन विभिन्न स्थायी कक्षाओं में वृत्तीय गति करते हैं। यद्यपि ये इलेक्ट्रॉन त्वरित होते हैं फिर भी ये विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्सर्जित नहीं करते। ये केवल तभी विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्सर्जित करते हैं जब ये उच्च ऊर्जा स्तर से निम्न स्तर में संक्रमण करते हैं।
- ❑ जब उच्च वेग से गतिमान इलेक्ट्रॉन अचानक किसी उच्च परमाणु क्रमांक वाली धातु (लक्ष्य) द्वारा रोक दिये जाते हैं तो विद्युत चुम्बकीय तरंगें (x-किरणें) उत्पन्न होती है।
- ❑ वे एन्टिना अधिक दक्ष होते हैं जिनका आकार भेजी जाने वाली या ग्रहण की जाने वाली विद्युत चुम्बकीय तरंगों के तरंगदैर्ध्य के तुलनीय होता है।

(5) विद्युत चुम्बकीय तरंगों की प्रकृति

ये अनुप्रस्थ प्रकृति की होती हैं तथा इनके संचरण के लिए माध्यम (पदार्थ) की आवश्यकता नहीं होती।

(6) विद्युत चुम्बकीय तरंगों के गुण

(i) चाल : मुक्त आकाश में चाल $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = \frac{E_0}{B_0} = 3\times 10^8 m/s$

अन्य किसी माध्यम में $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$; जहाँ μ_0 = मुक्त आकाश की निरपेक्ष चुम्बकीयशीलता, ε_0 = मुक्त अकाश की निरपेक्ष विद्युतशीलता

E_0 एवं B_0 = विद्युत क्षेत्र एवं चुम्बकीय क्षेत्र सदिशों के आयाम

(ii) ऊर्जा : एक विद्युत चुम्बकीय तरंग में ऊर्जा समान रूप से विद्युत क्षेत्र एवं चुम्बकीय क्षेत्र में वितरित होती है

विद्युत क्षेत्र में ऊर्जा घनत्व $u_e = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$, चुम्बकीय क्षेत्र में ऊर्जा घनत्व $u_B = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}$

विशलेषण से प्राप्त होता है कि $u_e = u_B$. एवं $u_{av} = \frac{u_e + u_B}{2} = u_e = u_B$

(iii) तीव्रता (I) : तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत् एकांक क्षेत्रफल से प्रति सैकण्ड प्रवाहित ऊर्जा

$$I = u_{av}\times c = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 c = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}.c$$

(iv) संवेग : संवेग $= \frac{\text{ऊर्जा } (u)}{\text{चाल } (c)}$

- ❑ जब आपतित विद्युत चुम्बकीय तरंग को किसी सतह द्वारा पूर्णतः अवशोषित कर लिया जाता है, तो यह सतह को ऊर्जा u एंव संवेग u/c प्रदान करता है।
- ❑ जब u ऊर्जा की एक तंरग किसी सतह से टकराकर पूर्णतः परावर्तित होती है तो सतह को स्थानान्तरित संवेग $2u/c$ होगा

(v) पोंटिंग सदिश (Poynting vector) (S) : विद्युत चुम्बकीय तंरग में, एकांक क्षेत्रफल से प्रवाहित ऊर्जा की दर को पोंटिंग सदिश $(\vec{S})$ द्वारा व्यक्त की जाती है इसका मात्रक वॉट / मी.^{2} है।

$$S = \frac{1}{\mu_o}(E \times B) \Rightarrow |S| = \frac{1}{\mu_0} E B \sin 90^o = \frac{EB}{\mu_0} = \frac{E^2}{\mu C}$$

(vi) विकिरण दाब : जब कोई विकिरण (या विद्युत-चुम्बकीय तंरग) किसी सतह पर आपतित होती है तो वह सतह पर दाब आरोपित करती है आंकिक रूप से दाब का मान प्रति सैकण्ड इकाई क्षेत्रफल को स्थानान्तरित संवेग के तुल्य होता है ।

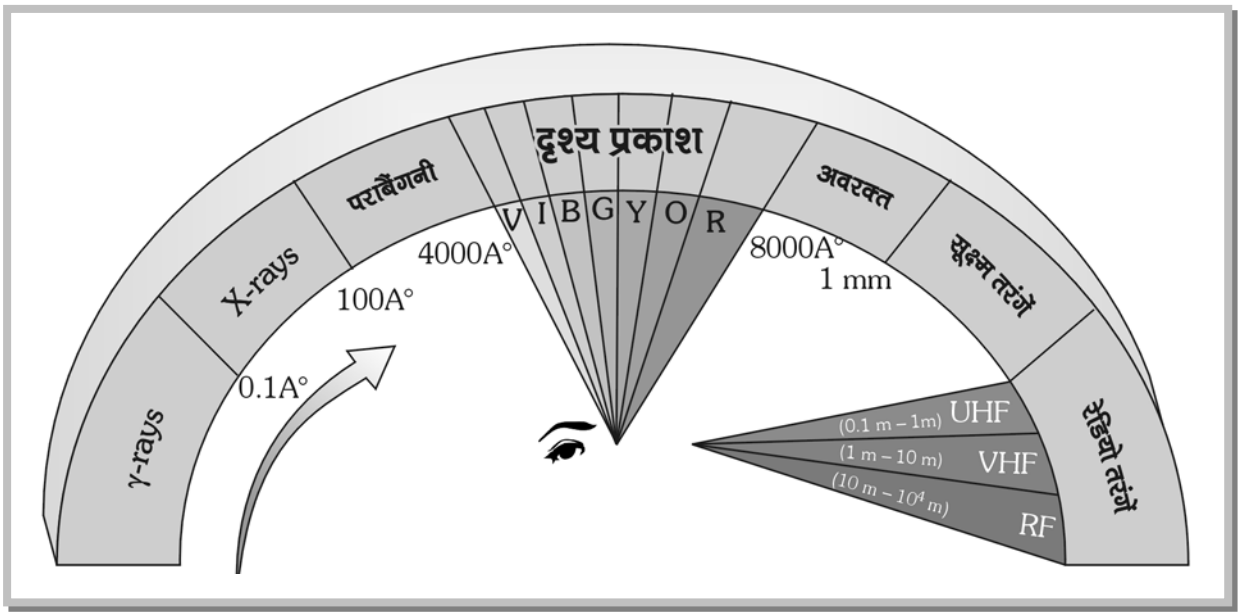
पूर्णतः परावर्तक सतह पर आरोपित दाब $P_r = \frac{2S}{c}$; S = पोंटिंग सदिश ; c = प्रकाश की चाल

पूर्णतः अवशोषक सतह पर आरोपित दाब $P_a = \frac{S}{c}$

❑ विकिरण दाब वास्तविक में होता है, इसी कारण धूमकेतु की पूँछ सूर्य से दूर होती है।

विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम

विद्युत चुम्बकीय तरंगों की सम्पूर्ण आवृत्तियों या तरंगदैर्ध्यों की क्रमिक व्यवस्था को विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम कहते हैं।



विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के उपयोग

क्रमांक	विकिरण	उपयोग
(i)	γ-किरणें	नाभिक संरचना के अध्ययन में, केंसर इलाज में
(ii)	X-किरणें	चिकित्सा जॉच में, क्रिस्टल संरचना में अध्ययन में, रेडियोग्रॉफी में,
(iii)	पराबैगनी किरणें	भोजन संरक्षण में, सर्जीकल उपकरणो की सफाई में, महत्वपूर्ण दस्तावेजों के लेखन परीक्षण में, फिंगर प्रिंटस आदि में

(iv)	दृश्य प्रकाश	वस्तुओं को देखने में
(v)	अवरक्त किरणें	मांस पेशियों के खिंचाव के उपचार में धुंध, कोहरा अथवा, रात्रि फोटोग्राफी में
(vi)	सूक्ष्म तंरगे व रेडियो तंरगें	रेडार दूरसंचार तथा टेलीविजन में

पृथ्वी का वायुमण्डल

पृथ्वी के चारों ओर के गैसीय आवरण को इसका वायुमण्डल कहते हैं। वायुमण्डल में आयतन के अनुसार 78% N_2, 21% O_2, एवं अल्प मात्रा में अन्ये गैसें (जैसे He, Kr, CO_2 आदि.) विद्यमान होती हैं।

(1) वायुमण्डल के विभिन्न भाग

पृथ्वी के वायुमण्डल को चित्र में दिखायें अनुसार विभजित किया गया है

(i) क्षोभ मण्डल : इस क्षेत्र में तापक्रम ऊँचाई के साथ $290\,K$ से घटकर $220\,K$ हो जाता है।

(ii) समताप मण्डल : समताप मण्डल का तापक्रम $220\,K$ से $200\,K$ तक परिवर्तित होता है।

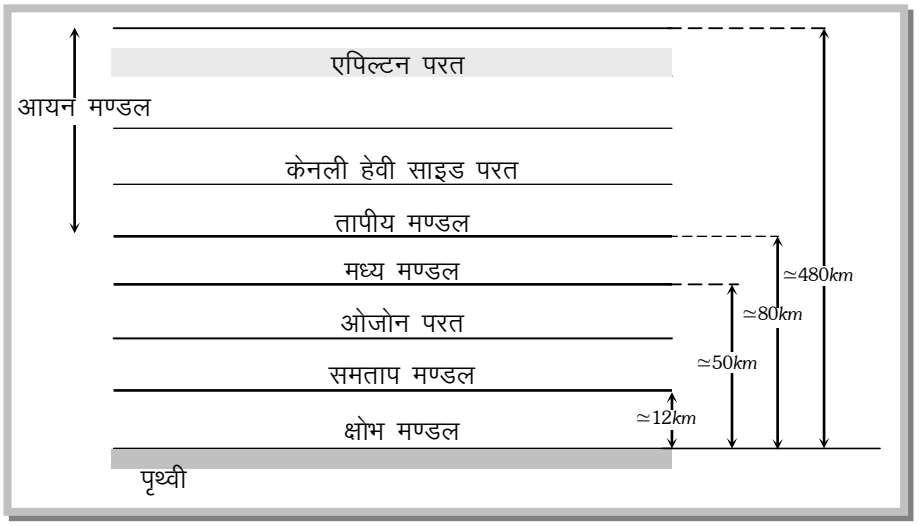
(iii) मध्य मण्डल : इस क्षेत्र में तापक्रम $180\,K$ तक गिर जाता है।

(iv) आयन मण्डल : आयनमण्डल में आंशिक रूप से आवेशित कण, आयन एवं इलेक्ट्रॉने होते हैं। जबकि बचे हुए वायुमण्डल में उदासीन कण होते हैं।

(v) ओजोन परत अधिकाश पराबैंगनी विकिरणों को अवशोषित कर लेती है।

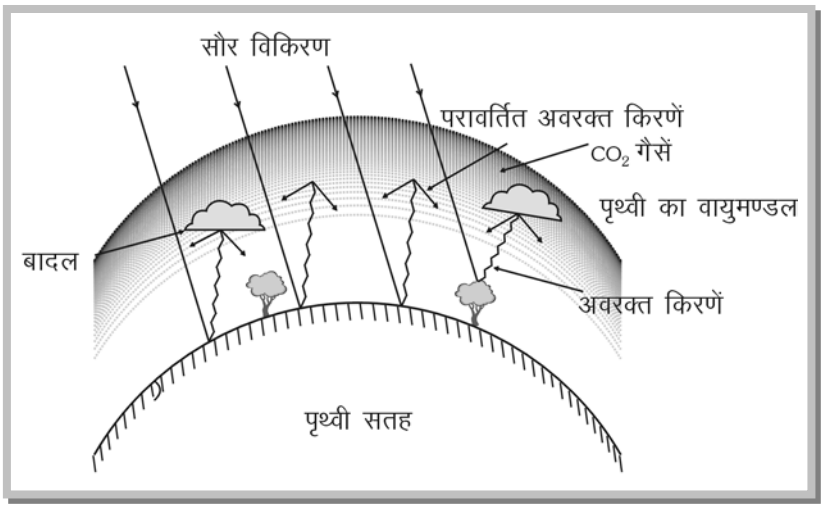
(vi) केनली हेवीसाइड परत पृथ्वी से लगभग $110\,km$. ऊँचाई पर स्थित है इस परत में इलेक्ट्रॉन घनत्व बहुत उच्च है

(vii) आयन मण्डल रेडियो तरंगों के प्रसारण में बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।



(2) ग्रीनहाउस प्रभाव

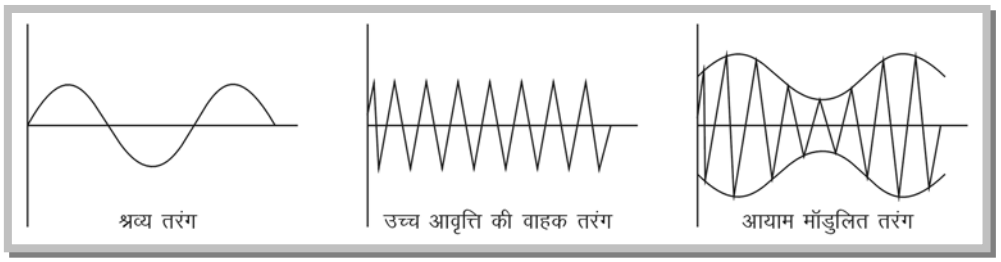
निचले वायुमण्डल (बादल CO_2 एवं अन्य गैसे) द्वारा अवरक्त विकिरणों के परावर्तन द्वारा पृथ्वी तल को गर्म बनाये रखना ग्रीन हाउस प्रभाव कहलाता है।



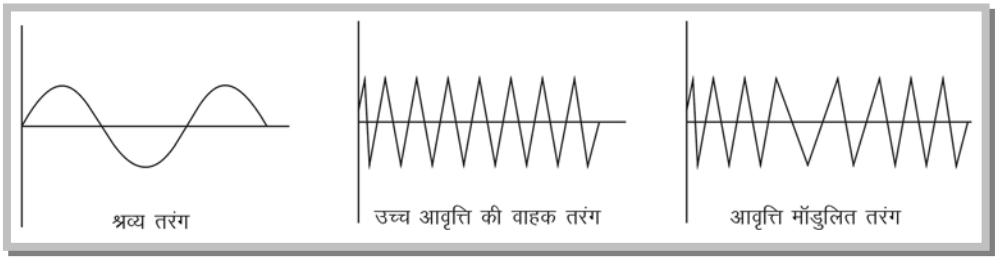
(3) मॉडुलेशन एवं डिमॉडुलेशन

श्रृव्य तरंगें (कम आवृति) बहुत कम दूरी तक सुनी जा सकती हैं इन तरंगों को बहुत दूरी तक भेजने के लिए इन्हें वाहक तरंगों (उच्च आवृति) पर अध्यारोपित करते हैं।

इस अध्यारोपण की प्रक्रिया को मॉडुलेशन कहते हैं मॉडूलित तरंग (वाहक तंरग + श्रृव्य आवृत्ति) में से श्रृव्य आवृत्ति को अलग करने की प्रक्रिया डिमॉडुलेशन कहलाती है।



vk;ke ekMy'ku (वाहक तरंग का आयाम श्रृव्य तरंग के आयाम के अनुसार परिवर्तित होता है)



vkofr ekMy'ku (वाहक तरंग की आवृति श्रृव्य तरंग की आवृति के अनुसार परिवर्तित होती है।)

(4) रेडियो तरंगों के प्रसारण में पृथ्वी के वायुमण्डल का योगदान

(i) विभिन्न रेडियो तरंगें

(a) अत्यन्त लघु आवृति (VLF) : 10 *KHz* से 30 *KHz* तक

(b) लघु आवृति (LF) : 30 *KHz* से 300 *KHz* तक

(c) मीडियम आवृति (MF) (MW) : 300 *KHz* से 3000 *KHz* तक

(d) उच्च आवृत्ति (HF) (SW) : 3 *MHz* से 30 *MHz* तक

(e) अति उच्च आवृत्ति (VHF) : 30 *MHz* से 300 *MHz* तक

(f) अल्ट्रा उच्च आवृत्ति (UHF) : 300 *MHz* से 3000 *MHz* तक

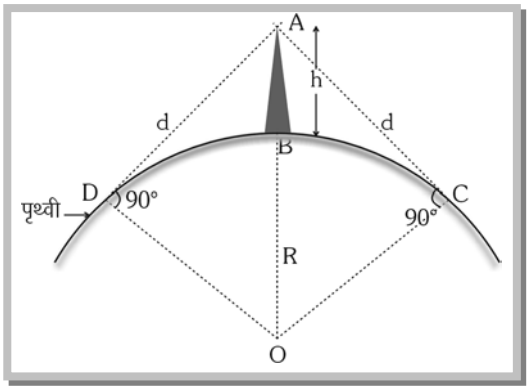
(g) सुपर उच्च आवृत्ति या सूक्ष्म तरंगें : 3000 *MHz* से 300,000 *MHz* तक

(ii) आयाम मॉडुलित प्रसारण (AM Band) : इस बैण्ड में 30 *MHz* आवृत्ति या उससे कम आवृत्ति की तरंगें सम्मिलित होती हैं। ये संकेत (तरंगें) दो प्रकार से संचरित किये जा सकते हैं।

(a) भू तरंगें (Ground waves) : रेडियो तरंगें जो पृथ्वी सतह के अनुदिश गमन करती हैं भू तंरगे कहलाती हैं। 1500 *KHz* से कम आवृत्ति की रेडियो तरंगें भू तरंगो के रूप संचरित होती हैं। 1500 *KHz* से अधिक आवृति होने पर रेडियो तरंगें पृथ्वी सतह द्वारा अवशोषित कर ली जाती हैं।

(b) व्योम तरंगें (Sky waves) : वे आयाम मॉडुलित रेडियों तंरगें जिनकी आवृत्ति 1500 *KHz* से अधिक होती हैं आयन मण्डल द्वारा परावर्तित कर दी जाती हैं। इन्हें व्योम तरंगें कहते हैं।

(iii) आवृत्ति मॉडुलित (FM) प्रसारण : इस बैण्ड में 80 *MHz* से 200 *MHz* आवृत्ति तक की तरंगें सम्मिलित होती हैं। आयन मण्डल इन तरंगों को मोड़ देता है परन्तु पृथ्वी की ओर परावर्तित नही कर पाता। टेलीविजन सिग्नल (100*MHz* - 200*MHz*) सामान्यतः आवृति माडूलित होते हैं इनके अभिग्रहण के लिए ग्राही एण्टीना आवश्यक है।



(5) टेलीविजन सिग्नल

(i) टेलीविजन सिग्नलों को एक लम्बे एण्टीना द्वारा प्रसारित किया जाता है

(ii) टेलीविजन सिग्नलो की परास $d = \sqrt{2hR}$

(iii) वह क्षेत्रफल (A) जिसमें TV प्रसारण देखा जा सकता है

$$A = \pi d^2 = 2\pi hR$$

(iv) जनसंख्या जो TV प्रसारण देख सकती है = क्षेत्रफल × जनसंख्या घनत्व

Example: 1 एक फ्लैश लाइट को फिल्टर से ढका गया है जो लाल प्रकाश को संचरित करता है। निर्गत किरणपुंज के विद्युत क्षेत्र को निम्न समतल ज्यावक्रीय तरंग द्वारा व्यक्त किया जाता है $E_x = 36 \sin (1.20 \times 10^7 Z - 3.6 \times 10^{15} t)$ *V/m* तो किरणपुंज की औसत तीव्रता होगी

(a) $0.86\ W/m^2$ (b) $1.72\ W/m^2$ (c) $3.44\ W/m^2$ (d) $6.88\ W/m^2$

Solution : (b) $I_{av} = \frac{c\varepsilon_0 E_0^2}{2} = \frac{3\times10^8 \times 8.85\times10^{-15} \times 36^2}{2} = 1.72\ W/m^2$

Example: 2 128 *km* त्रिज्या के क्षेत्र को T.V. प्रसारण के लिए कवर करने के लिए प्रेषित एन्टीना की ऊँचाई कितनी होनी चाहिए

(a) 1560 *m* (b) 1280 *m* (c) 1050 *m* (d) 79 *m*

Solution : (b) प्रेषित एन्टीना की ऊँचाई $h = \frac{d^2}{2R_e} = \frac{(128\times10^3)^2}{2\times6.4\times10^6} = 1280\,m$

Example: 3 एक T.V. टॉवर की ऊँचाई 100 *m* है। यदि टॉवर के चारों ओर औसत जनसंख्या घनत्व $1000/Km^2$ हो तो T.V. प्रसारण कितनी जनसंख्या के लिए पर्याप्त होगा

(a) 39.5×10^5 (b) 19.5×10^6 (c) 29.5×10^7 (d) 9×10^4

Solution : (a) T.V. प्रसारण के लिए कवर किये जाने वाले क्षेत्रफल की त्रिज्या $d = \sqrt{2hR_e}$

कुल घिरी जनसंख्या $= \pi d^2 \times$ जनसंख्या घनत्व $= 2\pi hR_e \times$ जनसंख्या घनत्व

$$= 2 \times 3.14 \times 100 \times 6.4 \times 10^6 \times \frac{1000}{10^6} = 39.503 \times 10^5$$

Example: 4 विद्युत चुम्बकीय विकिरणों की ऊर्जा 14.4 *KeV* है। ये विकिरण विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के किस भाग से सम्बन्धित है

(a) अवरक्त भाग (b) दृश्य भाग (c) *X*-किरण भाग (d) γ-किरण भाग

Solution : (c) $\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{14.4 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 0.8 \times 10^{-10} m = 0.8 \mathring{A}$ (X-किरण)

Example: 5 विद्युत चुम्बकीय विकिरण के एक बिन्दु स्त्रोत की औसत निर्गत शक्ति 800*W* है। स्त्रोत से 3.5 *m* की दूरी पर विद्युत क्षेत्र का अधिकतम मान होगा

(a) 56.7 *V/m* (b) 62.6 *V/m* (c) 39.3 *V/m* (d) 47.5 *V/m*

Solution : (b) विद्युत-चुम्बकीय तरंग की तीव्रता $I = \frac{P_{av}}{4\pi r^2} = \frac{E_m^2}{2\mu_0 c}$

$$E_m = \sqrt{\frac{\mu_0 c P_{av}}{2\pi r^2}} = \sqrt{\frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times (3 \times 10^8) \times 800}{2\pi \times 3.5^2}} = 62.6 \ V/m$$

Example: 6 उपर्युक्त प्रश्न में चुम्बकीय क्षेत्र का अधिकतम मान होगा

(a) $2.09 \times 10^{-5} T$ (b) $2.09 \times 10^{-6} T$ (c) $2.09 \times 10^{-7} T$ (d) $2.09 \times 10^{-8} T$

Solution : (c) चुम्बकीय क्षेत्र का महत्तम मान $B_m = \frac{E_m}{c} = \frac{62.6}{3 \times 10^8} = 2.09 \times 10^{-7} T$

Example: 7 $6 W/m^2$ तीव्रता का एक समतल विद्युत-चुम्बकीय तरंग संचरण की दिशा के लम्बवत् रखे $40 cm^2$ क्षेत्रफल के एक छोटे दर्पण से टकराती है, तो तरंग के द्वारा दर्पण पर प्रति सेकेण्ड स्थानांतरित संवेग होगा

(a) $6.4 \times 10^{-7} kg - m/s^2$ (b) $4.8 \times 10^{-8} kg - m/s^2$ (c) $3.2 \times 10^{-9} kg - m/s^2$ (d) $1.6 \times 10^{-10} kg - m/s^2$

Solution : (d) प्रति सैकण्ड स्थानान्तरित संवेग $p = \frac{2U}{c} = \frac{2S_{av}A}{c} = \frac{2 \times 6 \times 40 \times 10^{-4}}{3 \times 10^8} = 1.6 \times 10^{-10} kg - m/s^2$

Example: 8 समानान्तर प्लेट संधारितत्र के प्लेटों का आवेश व्यंजक $q = q_0 \sin 2\pi nt$ के अनुसार परिवर्तित होता है। प्लेटों का बहुत बड़ा है एवं ये एक दूसरे के बहुत निकट हैं। सिरों के प्रभाव (Edge effect) को नगण्य मानकर संधारित्र की विस्थापन धारा ज्ञात करें

(a) $\frac{q}{\varepsilon_0 A}$ (b) $\frac{q_0}{\varepsilon_0} \sin 2\pi nt$ (c) $2\pi n q_0 \cos 2\pi nt$ (d) $\frac{2\pi n q_0}{\varepsilon_0} \cos 2\pi nt$

Solution : (c) $I_D = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} q_0 \sin 2\pi nt = 2\pi n q_0 \cos 2\pi nt$

Example: 9 एक समानान्तर प्लेट संधारित्र के प्लेटों के बीच केन्द्र से 1*m* की दूरी पर जहाँ विद्युत क्षेत्र $10^{10} V/m/s$ की दर से परिवर्तित होता है, पर चुम्बकीय क्षेत्र का मान होगा

(a) 5.56*T* (b) 5.56μT (c) 5.56*mT* (d) 55.6*nT*

Solution : (d) $B = \frac{\mu_0 \varepsilon_0 r}{2} \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2 \times 9 \times 10^{16}} \times 10^{10} = 5.56 \times 10^{-8} T$ $\left(c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \right)$