1. એક વિદ્યુતભાર તેના સરેરાશ સમતોલન સ્થાનની આસપાસ 10^9 Hz ની આવૃત્તિથી દોલન કરે છે. આ દોલક દ્વારા ઉત્પન્ન વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોની આવૃત્તિ કેટલી હશે ?

➠ ઉદ્‌ભવતા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોની આવૃત્તિ તેમને ઉત્પન્ન કરનારા ઉદ્‌ગમની આવૃત્તિ જેટલી જ હોય છે. તેથી પ્રસ્તુત કિસ્સામાં વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોની આવૃત્તિ 10^9 Hz બનશે.

2. દૂર અંતરના રેડિયો પ્રસારણ માટે short-wave band વપરાય છે, શા માટે ?

➠ કારણ કે, SW band માં 4.75 MHz થી 9.9 MHz સુધીની આવૃત્તિઓવાળા રેડિયો તરંગોનો સમાવેશ થાય છે જેનું લાંબા અંતર સુધીનું પ્રસારણ આયોનસ્ફિયર વડે સહેલાઈથી થઈ શકે છે.

3. દૂર અંતરના TV-પ્રસારણ માટે ઉપગ્રહનો ઉપયોગ કરવો જરૂરી છે, શા માટે ?

➠ લાંબા અંતર સુધી રેડિયો તરંગોને મોકલવા માટે તેની આવૃત્તિ પ્રમાણમાં ઘણી ઊંચી રાખવી પડે છે. માલૂમ પડે છે કે, 30 MHz થી વધુ આવૃત્તિવાળા રેડિયો તરંગો આયનોસ્ફિયરને ભેદીને આરપાર નીકળી જાય છે. એટલે કે, પરાવર્તિત થઈને પૃથ્વી પર પાછા આવતા નથી. વળી, આટલી ઊંચી આવૃત્તિએ ગ્રાઉન્ડ વેવ પ્રસરણ પણ શક્ય નથી. (કારણ કે, આમ કરવાથી ઊર્જાનું ખૂબ મોટા પ્રમાણમાં શોષણ થઈ જાય છે.) તેથી ખૂબ લાંબા અંતરના સંદેશાવ્યવહાર માટે તથા પૃથ્વીની સપાટી પરનો સમગ્ર વિસ્તાર આવરી લેવા માટે સેટેલાઈટ્સ (ઉપગ્રહો)નો ઉપયોગ અનિવાર્ય છે.

4. પ્રકાશીય અને રેડિયો ટેલિસ્કોપ પૃથ્વીની સપાટી પર રચવામાં આવે છે જ્યારે X-કિરણ ખગોળવિજ્ઞાન (Astronomy) એ પૃથ્વીને પરિક્રમણ (Orbiting) કરતાં ઉપગ્રહ પરથી જ થઈ શકે છે, શા માટે ?

➠ કારણ કે, રેડિયો તરંગો તથા દૃશ્ય તરંગો માટે પૃથ્વીનું વાતાવરણ પારદર્શક છે. પરંતુ, X-rays નું પૃથ્વીના વાતાવરણ વડે શોષણ થઈ જાય છે. તેથી X-ray astronomy માટે પૃથ્વીની આસપાસ આશરે 36000 km ઊંચાઈએ પરિભ્રમણ કરતાં "ભૂસ્થિર ઉપગ્રહો"ની મદદ લેવામાં આવે છે. આટલી મોટી ઊંચાઈએ વાતાવરણ ખૂબજ પાતળું હોવાથી X-rays નું શોષણ થતું નથી.

5. વાતાવરણનાં ઉપરના ભાગમાં રહેલ ઓઝોનનું નાનું સ્તર મનુષ્ય જાતિનાં અસ્તિત્વ માટે ખૂબજ અગત્યનું છે,શા માટે ?

➠ સૂર્યમાંથી ઉત્સર્જાતા અલ્ટ્રાવાયોલેટ કિરણો, માનવ જીવન માટે ખતરનાક છે. કારણ કે, તેઓ જીવંત કોષોના જનીનોને નુકસાન પહોંચાડે છે. પૃથ્વીના વાતાવરણમાંનું "ઓઝોન સ્તર" આવા જોખમી વિકિરણોનું શોષણ કરીને માનવોને પૂરતું રક્ષણ આપે છે. તેથી, ઓઝોન સ્તર એ મનુષ્ય જીવન માટે અત્યંત જરૂરી બની જાય છે.

6. જો પૃથ્વીને વાતાવરણ ના હોય તો તેની સપાટીનું સરેરાશ તાપમાન અત્યારે છે તેના કરતાં વધારે કે ઓછું હોય ?

➠ પૃથ્વીની સપાટી પરથી ઉત્સર્જાતા ઇન્ફ્રારેડ કિરણો, વાતાવરણના નીચેના સ્તરો વડે "ગ્રીનહાઉસ ઇફેક્ટ" (હરિયાળી આવાસ અસર !)ને લીધે પરાવર્તન પામી પૃથ્વીની સપાટી પર પાછા આવે છે. જેના કારણે પૃથ્વીની સપાટી પરનું વાતાવરણ હૂંફાળું રહે છે. જો પૃથ્વીની સપાટીની આસપાસ કોઈ વાતાવરણ ન હોત તો સપાટી પરનું તાપમાન, હાલના તાપમાન કરતાં ઘણું જ નીચું હોત. (ગ્રીનહાઉસ ઇફેક્ટ ન થવાને કારણે).

7. અમુક વૈજ્ઞાનિકોનું માનવું છે કે પૃથ્વી પર ગ્લોબલ (વૈશ્વિક) ન્યુક્લિયર યુદ્ધ પછી 'ન્યુક્લિયર-શિયાળા' (Nuclear-winter) ની તીવ્ર અસર દેખાશે કે જેથી પૃથ્વી પરના જીવન પર ખૂબજ વિનાશકારી અસર હશે. આવી આગાહી માટે કયો આધાર હોઈ શકે ?

➠ વૈશ્વિક ન્યુક્લિયર યુદ્ધને કારણે પ્રચંડ વિસ્ફોટો થાય જેના લીધે ઉદ્‌ભવતાં વાદળોથી પૃથ્વીની સપાટીનો મોટાભાગનો વિસ્તાર ઢંકાઈ જાય અને તો સૌર વિકિરણો પૃથ્વીની સપાટી સુધી ન પહોંચે અને તો પૃથ્વીની સપાટી પરનું તાપમાન અત્યંત નીચું જવાથી "ન્યુક્લિયર શિયાળો" વર્તાય. જેમાં માનવજીવન સંપૂર્ણપણે નષ્ટ પામે !

8. 10^{-10} m તરંગલંબાઈ ધરાવતા X-કિરણો, 6800 Å તરંગલંબાઈ ધરાવતા રાતા પ્રકાશ અને 500 m તરંગલંબાઈ ધરાવતા

રેડિયોતરંગો માટે કઈ ભૌતિકરાશિ સમાન છે ?

➠ આપેલા ત્રણેય (બધા) વિકિરણોની શૂન્યવકાશમાં ઝડપ
$c = 3 \times 10^8$ m/s જેટલી સમાન છે.
નોંધ : અત્રે રકમમાં આપેલા વિકિરણો એકના એક માધ્યમમાં અથવા શૂન્યાવકાશમાં પ્રસરે છે એવું આપવું પડે. જો આ વિકિરણો જુદા જુદા માધ્યમમાં પ્રસરે તો તેમની ઝડપ જુદી જુદી મળશે. એકના એક માધ્યમમાં પ્રસરતી વખતે તેમની સમાન ઝડપ v જેટલી હોય તો $v < c$.

9. **શૂન્યાવકાશમાં રહેલ હાર્મોનિક વિદ્યુતચુંબકીય તરંગનો ભાગ હોય તેવા ચુંબકીયક્ષેત્રનો કંપવિસ્તાર $B_0 = 510$ nT છે. તરંગનો ભાગ હોય તેવા વિદ્યુતક્ષેત્રનો કંપવિસ્તાર કેટલો હશે ?**

➠ શૂન્યાવકાશમાં વિદ્યુતચુંબકીય તરંગના પ્રસરણ દરમિયાન વિદ્યુતક્ષેત્ર અને ચુંબકીયક્ષેત્રના કંપવિસ્તારો અનુક્રમે E_0 અને B_0 હોય તો સૂત્રાનુસાર,

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

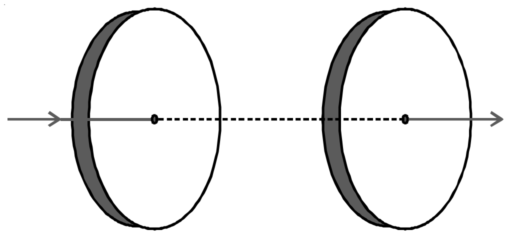
$$\therefore E_0 = B_0 c$$

$$= (510 \times 10^{-9})(3 \times 10^8)$$

$$= 1530 \times 10^{-1}$$

$$\therefore E_0 = 1.53 \times 10^2 \text{ Vm}^{-1}$$ (અથવા NC^{-1})

10. **આકૃતિમાં દરેકની ત્રિજ્યા 12 cm હોય તેવી બે વર્તુળાકાર પ્લેટથી બનેલું એક કેપેસિટર દર્શાવેલ છે. બે પ્લેટો વચ્ચેનું અંતર 5.0 mm છે. બાહ્ય ઉદ્‌ગમ (આકૃતિમાં દર્શાવેલ નથી) વડે આ કેપેસિટરને (સંઘારકને) વિદ્યુતભારિત કરવામાં આવે છે. તેને વિદ્યુતભારિત કરતો પ્રવાહ 0.15 A જેટલો અચળ રહે છે.**
(a) કેપેસિટન્સ અને બે પ્લેટો વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતનો દર ગણો.
(b) પ્લેટો વચ્ચે સ્થાનાંતર પ્રવાહ ગણો.
(c) શું કિર્ચોફનો પ્રથમ નિયમ (જંક્શન માટેનો નિયમ) સંઘારકની દરેક પ્લેટ માટે સાચો છે ? સમજાવો.



➠ (a) સૂત્રાનુસાર સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$= \frac{\epsilon_0 (\pi R^2)}{d}$$

$$= \frac{(8.85 \times 10^{-12})(3.14)(0.12)^2}{(0.005)}$$

$$\therefore C = 80 \times 10^{-12} \text{ F} = 80\ pF$$ (પીકોફેરેડ)

➠ વ્યાખ્યાનુસાર કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ,

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$\therefore Q = CV$$

$$\therefore \frac{dQ}{dt} = C\frac{dV}{dt}$$

$$\therefore I = C\frac{dV}{dt}$$

$$\therefore \frac{dV}{dt} = \frac{I}{C}$$

$$\therefore \frac{dV}{dt} = \frac{0.15}{80 \times 10^{-12}}$$

$$\therefore \frac{dV}{dt} = 1.875 \times 10^{9} \text{ Vs}^{-1}$$

➠ (a) સૂત્રાનુસાર સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$= \frac{\epsilon_0 (\pi R^2)}{d}$$

$$= \frac{(8.85 \times 10^{-12})(3.14)(0.12)^2}{(0.005)}$$

$\therefore$ C = 80 × 10^{-12} F = 80 pF (પીકોફેરેડ)

➠ વ્યાખ્યાનુસાર કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ,

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$\therefore Q = CV$$

$$\therefore \frac{dQ}{dt} = C\frac{dV}{dt}$$

$$\therefore I = C\frac{dV}{dt}$$

$$\therefore \frac{dV}{dt} = \frac{I}{C}$$

$$\therefore \frac{dV}{dt} = \frac{0.15}{80 \times 10^{-12}}$$

$$\therefore \frac{dV}{dt} = 1.875 \times 10^{9} \text{ Vs}^{-1}$$

11. એક સમતલ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગ Z–દિશામાં શૂન્યાવકાશમાં ગતિ કરે છે. તેમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર અને ચુંબકીયક્ષેત્ર સદિશો માટે તમે શું કહી શકો ? જો તરંગની આવૃત્તિ 30 MHz હોય તો તેની તરંગલંબાઈ કેટલી હશે ?

➠ પ્રસ્તુત કિસ્સામાં વિદ્યુતક્ષેત્ર $\vec{E}$, +X દિશામાં હશે અને ચુંબકીયક્ષેત્ર $\vec{B}$, +Y દિશામાં હશે જેથી $\vec{E} \times \vec{B}$ ની દિશા = $\hat{i} \times \hat{j}$ ની દિશા = $\hat{k}$ ની દિશા = +Z દિશા = વિદ્યુતચુંબકીય તરંગના પ્રસરણની દિશા.

➠ ઉપરોક્ત બંને કિસ્સાઓમાં $\vec{E}$ અને $\vec{B}$ તરંગના પ્રસરણની દિશાને લંબ એવા XY સમતલમાં પરસ્પર લંબરૂપે રહીને દોલનો કરશે.

➠ પ્રસ્તુત તરંગ શૂન્યવકાશમાં પ્રસરતું હોવાથી તેની ઝડપ c જેટલી હશે. હવે સૂત્રાનુસાર,

$$c = \nu\lambda$$

$$\therefore \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^{8}}{30 \times 10^{6}} = 10 \text{ m}$$

12. એક રેડિયો 7.5 MHz થી 12 MHz ની વચ્ચે કોઈ રેડિયો સ્ટેશનને Tune (સુમેળ) કરી શકે છે. આને આનુષંગિક તરંગલંબાઈનો ગાળો કેટલો હશે ?

➠ $$c = \nu_{max}\lambda_{min} \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{c}{\nu_{max}}$$

$$\therefore\ \lambda_{max} = \frac{3\times10^8}{12\times10^6} = 25\text{ m}$$

➠ $$c = \nu_{min}\lambda_{max} \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{c}{\nu_{min}}$$

$$\therefore\ \lambda_{max} = \frac{3\times10^8}{7.5\times10^6} = 40\text{ m}$$

➠ તરંગલંબાઈનો માંગેલો ગાળો (વિસ્તાર),

$= \lambda_{min}$ થી $\lambda_{max} = 25\text{ m} - 40\text{ m}$

13. ધારો કે એક વિદ્યુતચુંબકીય તરંગના વિદ્યુતક્ષેત્રનો કંપવિસ્તાર E_0 = 120 N/C અને તેની આવૃત્તિ 50.0 MHz છે.

(a) B_0, ω, k અને λ શોધો.

(b) E અને B માટેના સૂત્રો શોધો.

➠ (i) સૂત્રાનુસાર,

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

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

$$= \frac{120}{3\times10^8}$$

$\therefore\ B_0 = 4\times10^{-7}$ T (ટેસ્લા)

(ii) કોણીય આવૃત્તિ,

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$= (2)(3.14)(50\times10^6)$$

$$\therefore\ \omega = 3.14\times10^8\text{ rad/s}$$

(iii) તરંગ સદિશ,

$$k = \frac{\omega}{c} \qquad \left(\because c = \frac{\omega}{k}\right)$$

$$= \frac{3.14\times10^8}{3\times10^8}$$

$$\therefore\ k = 1.047\text{ rad/m}$$

(iv) તરંગલંબાઈ,

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \qquad (\because c = \nu\lambda)$$

$$= \frac{3\times10^8}{50\times10^6}$$

$$\therefore\ \lambda = 6\text{ m}$$

➠ (i) સૂત્રાનુસાર,

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

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

$$= \frac{120}{3\times10^8}$$

$\therefore\ B_0 = 4\times10^{-7}$ T (ટેસ્લા)

(ii) કોણીય આવૃત્તિ,

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$= (2)(3.14)(50\times10^6)$$

$\therefore\ \omega = 3.14 \times 10^8$ rad/s

(iii) તરંગ સદિશ,

$$k = \frac{\omega}{c} \quad \left(\because c = \frac{\omega}{k}\right)$$

$$= \frac{3.14 \times 10^8}{3 \times 10^8}$$

$\therefore\ k = 1.047$ rad/m

(iv) તરંગલંબાઈ,

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (\because c = \nu\lambda)$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{50 \times 10^6}$$

$\therefore\ \lambda = 6$ m

14. એક સમતલ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગમાં વિદ્યુતક્ષેત્રના જ્યાવર્તી દોલનની આવૃત્તિ 2.0×10^{10} Hz અને કંપવિસ્તાર 48 Vm^{-1} છે.

(a) તરંગની તરંગલંબાઈ કેટલી છે ?

(b) દોલન કરતાં ચુંબકીયક્ષેત્રનો કંપવિસ્તાર કેટલો છે ?

(c) દર્શાવો કે વિદ્યુતક્ષેત્ર E ની સરેરાશ ઊર્જા ઘનતા, ચુંબકીયક્ષેત્ર B ની સરેરાશ ઊર્જા ઘનતા જેટલી છે. ($c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$)

➠ (a) $c = \nu\lambda$

$$\therefore\ \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^{10}} = 1.5 \times 10^{-2}\ m = 0.015\ m$$

(b) સૂત્રાનુસાર,

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

$$\therefore\ B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{48}{3 \times 10^8} = 16 \times 10^{-8} = 1.6 \times 10^{-7}\ T$$

(c) વિદ્યુતક્ષેત્ર સાથે સંકળાયેલી ઊર્જા ઘનતા,

$$\rho_E = \frac{1}{2}\epsilon_0 E_{rms}^2$$

ચુંબકીયક્ષેત્ર સાથે સંકળાયેલી ઊર્જા ઘનતા,

$$\rho_B = \frac{1}{2}\frac{B_{rms}^2}{\mu_0}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_E}{\rho_B} = \left(\frac{E_{rms}}{B_{rms}}\right)^2 \times \epsilon_0 \mu_0$$

$$= c^2 \times \frac{1}{c^2} \quad \left(\because c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \Rightarrow c^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}\right)$$

$$= 1$$

$\Rightarrow \rho_E = \rho_B$

15. એક 100 W ના પ્રકાશ બલ્બની લગભગ 5 % કાર્યક્ષમતાનું દૃશ્ય વિકિરણમાં રૂપાંતરણ થાય છે. દૃશ્ય વિકિરણની સરેરાશ તીવ્રતા નીચેના કિસ્સાઓ માટે કેટલી હશે ?

(a) બલ્બથી 1 m અંતરે, (b) બલ્બથી 10 m અંતરે

એવું ધારો કે દરેક વિકિરણ બધી જ દિશામાં સમાન રીતે ઉત્સર્જિત થાય છે અને પરાવર્તન અવગણો.

➠ વિકિરણનો પાવર = વિદ્યુતીય પાવરના 5 %

$= 100 \times \frac{5}{100}$

$\therefore$ P $= 5$ W

(a) સૂત્રાનુસાર, દૃશ્ય વિકિરણની 1 m અંતરે સરેરાશ તીવ્રતા,

$I = \frac{P}{A}$

$\therefore I = \frac{P}{4\pi r^2}$

$\therefore I = \frac{5}{4 \times 3.14 \times (1)^2}$

$\therefore I = 0.3981\ Wm^{-2} \approx 0.4\ Wm^{-2}$

(b) સૂત્રાનુસાર, દૃશ્ય વિકિરણની 10 m અંતરે સરેરાશ તીવ્રતા,

$I = \frac{P}{4\pi r^2}$

$= \frac{5}{4 \times 3.14 \times (10)^2}$

$\therefore I = 3.981 \times 10^{-3}\ Wm^{-2} \approx 0.004\ Wm^{-2}$

16. $\lambda_m T = 0.29$ cmK સૂત્રનો ઉપયોગ કરી વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટના જુદા જુદા ભાગના લાક્ષણિક તાપમાનગાળા મેળવો. આ માટે મળેલી સંખ્યા શું જણાવે છે ?

➠ અત્રે, $\lambda_m T = 0.29$ (cm) (K) $= 0.0029$ mK ... (1)

➠ ઉપરોક્ત સંબંધ વીનનો સ્થાનાંતરનો નિયમ દર્શાવે છે.
જ્યાં T = કાળા પદાર્થનું નિરપેક્ષ તાપમાન, λ_m = મહત્તમ સ્પૅક્ટ્રલ ઉત્સર્જન પાવરને અનુરૂપ વિકિરણની તરંગલંબાઈ.

➠ વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટમાં વિવિધ વિભાગોને તરંગલંબાઈના ઘટતા ક્રમમાં નીચે મુજબ ગોઠવી શકાય.
રેડિયો તરંગો, ઇન્ફ્રારેડ પ્રકાશના તરંગો, દૃશ્ય પ્રકાશના તરંગો, અલ્ટ્રાવાયોલેટ પ્રકાશના તરંગો, ક્ષ-કિરણો અને ગેમા કિરણો.

➠ ઉદાહરણ તરીકે દૃશ્ય વિભાગ લઈએ તેના માટે તરંગલંબાઈનો વિસ્તાર આશરે 4000 Å થી 8000 Å સુધીનો છે.

(i) જો આપણે 8000 Å તરંગલંબાઈવાળા વિકિરણનું મહત્તમ તીવ્રતા સાથે ઉત્સર્જન, કાળા પદાર્થમાંથી જોઈતું હોય તો તેનું તાપમાન T_1 નીચે મુજબ શોધી શકાય.

$\lambda_{m_1} T_1 = 0.0029$ mK (સમીકરણ (1) પરથી)

$\therefore (8000 \times 10^{-10})\ T_1 = 0.0029$

$\therefore T_1 = \frac{0.0029}{8 \times 10^{-7}} = \frac{29000}{8} = 3625$ K

(ii) હવે જો આપણે 4000 Å તરંગલંબાઈવાળા વિકિરણનું મહત્તમ તીવ્રતા સાથે ઉત્સર્જન, કાળા પદાર્થમાંથી જોઈતું હોય તો તેનું તાપમાન T_2 નીચે મુજબ શોધી શકાય.

$\lambda_{m_2} T_2 = 0.0029$ mK (સમીકરણ (1) પરથી)

$\therefore (4000 \times 10^{-10})\ T_2 = 0.0029$

$\therefore T_2 = \frac{0.0029}{4 \times 10^{-7}} = \frac{29000}{4} = 7250$ K

➠ આમ, કાળા પદાર્થમાંથી મહત્તમ તીવ્રતા સાથે દૃશ્ય વિભાગમાંના વિકિરણોનું ઉત્સર્જન જોઈતું હોય તો તેના તાપમાનનો વિસ્તાર આશરે 3625 K થી 7250 K રાખવો પડે.

➠ આ જ રીતે વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટના અન્ય વિભાગો માટે પણ તાપમાનના અનુરૂપ વિસ્તારો શોધી શકાય.

➠ તાપમાનના ઉપરોક્ત મૂલ્યો દર્શાવે છે કે $\lambda_m \propto \frac{1}{T}$

(જુદી જુદી તરંગલંબાઈવાળા વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો મેળવવા માટે જુદા જુદા (તાપમાનના ગાળાની) જરૂર પડે છે.)

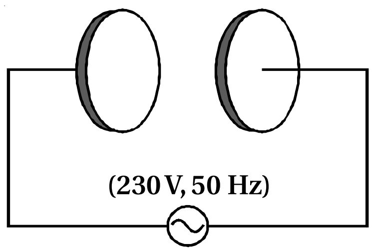
17. દરેકની ત્રિજ્યા R = 6.0 cm હોય તેવી વર્તુળાકાર પ્લેટનું બનેલું એક સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટન્સ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા

મુજબની સંઘારકતા C = 100 pF છે. આ સંઘારક 230 V ac ઉદ્‌ગમ સાથે સંકળાયેલ છે કે જેની (કોણીય) આવૃત્તિ 300 rad s^{-1} છે.

(a) વહનપ્રવાહ (Conduction Current) નું rms મૂલ્ય કેટલું હશે ?

(b) શું વહનપ્રવાહ અને સ્થાનાંતર પ્રવાહ સમાન હશે ?

(c) પ્લેટોની વચ્ચે અક્ષથી 3.0 cm અંતરે આવેલા બિંદુ આગળ B નો કંપવિસ્તાર શોધો.



➠ (a) એ.સી. પરિપથમાં વહેતો પ્રવાહ,

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{|Z|}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_C} \quad (\because \text{ અત્રે માત્ર કેપેસિટર હોવાથી } |Z| = X_C)$$

$$\therefore I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\left(\frac{1}{\omega C}\right)} = V_{rms} \times \omega C$$

$$\left(\because X_C = \frac{1}{\omega C}\right)$$

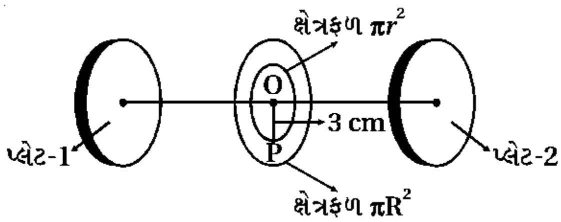
$\therefore I_{rms} = (230)\ (300)\ (100 \times 10^{-12})$

$\therefore I_{rms} = 6.9 \times 10^{-6}$ A ... (1)

(b) હા, પરિપથમાંથી વહેતો પ્રવાહ જ્યારે સમયની સાથે સતત આવર્તીય રીતે બદલાતો હોય ત્યારે $i_c = i_d$ હોય જ છે. (અત્રે એ નોંધનીય છે કે વહનપ્રવાહ i_c બાહ્ય પરિપથમાં કેપેસિટરની પ્લેટ સુધી જ વહે છે. જ્યારે સ્થાનાંતર પ્રવાહ i_d કેપેસિટરની બે પ્લેટો વચ્ચેના વિસ્તારમાં વહે છે.)

(c) અત્રે રકમમાં આપેલા બિંદુ P માટે કેપેસિટરની પ્લેટોની અક્ષથી લંબઅંતર r = 3 cm પરંતુ, કેપેસિટરની પ્લેટની ત્રિજ્યા ક્ષેત્રફળ πr^2

$$R = 6 \text{ cm} \Rightarrow \frac{r}{R} = \frac{3}{6} = 0.5 \quad ... (2)$$



➠ અત્રે પ્લેટો વચ્ચેના વિસ્તારમાં પ્રવાહ ઘનતા બધે સમાન હોવાથી,

$$\frac{i_d}{\pi r^2} = \frac{I_{rms}}{\pi R^2}$$

$$\therefore i_d = I_{rms}\left(\frac{r}{R}\right)^2 \quad ... (3)$$

➠ (a) એ.સી. પરિપથમાં વહેતો પ્રવાહ,

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{|Z|}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_C} \quad (\because \text{ અત્રે માત્ર કેપેસિટર હોવાથી } |Z| = X_C)$$

$$\therefore \quad I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\left(\frac{1}{\omega C}\right)} = V_{rms} \times \omega C$$

$$\left(\because X_C = \frac{1}{\omega C}\right)$$

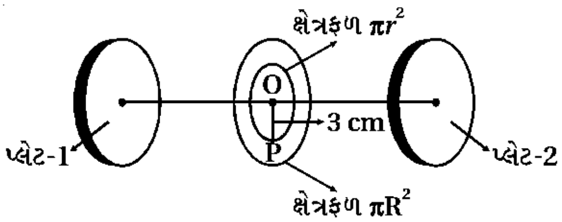
$\therefore$ I_{rms} = (230) (300) (100×10^{-12})

$\therefore$ I_{rms} = 6.9×10^{-6} A ... (1)

(b) હા, પરિપથમાંથી વહેતો પ્રવાહ જ્યારે સમયની સાથે સતત આવર્તીય રીતે બદલાતો હોય ત્યારે $i_c = i_d$ હોય જ છે. (અત્રે એ નોંધનીય છે કે વહનપ્રવાહ i_c બાહ્ય પરિપથમાં કેપેસિટરની પ્લેટ સુધી જ વહે છે. જ્યારે સ્થાનાંતર પ્રવાહ i_d કેપેસિટરની બે પ્લેટો વચ્ચેના વિસ્તારમાં વહે છે.)

(c) અત્રે રકમમાં આપેલા બિંદુ P માટે કેપેસિટરની પ્લેટોની અક્ષથી લંબઅંતર r = 3 cm પરંતુ, કેપેસિટરની પ્લેટની ત્રિજ્યા ક્ષેત્રફળ πr^2

$$R = 6\text{ cm} \Rightarrow \frac{r}{R} = \frac{3}{6} = 0.5 \quad \text{... (2)}$$



➠ અત્રે પ્લેટો વચ્ચેના વિસ્તારમાં પ્રવાહ ઘનતા બધે સમાન હોવાથી,

$$\frac{i_d}{\pi r^2} = \frac{I_{rms}}{\pi R^2}$$

$$\therefore \quad i_d = I_{rms}\left(\frac{r}{R}\right)^2 \quad \text{... (3)}$$

➠ (a) એ.સી. પરિપથમાં વહેતો પ્રવાહ,

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{|Z|}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_C}$$ (∵ અત્રે માત્ર કેપેસિટર હોવાથી $|Z| = X_C$)

$$\therefore \quad I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\left(\frac{1}{\omega C}\right)} = V_{rms} \times \omega C$$

$$\left(\because X_C = \frac{1}{\omega C}\right)$$

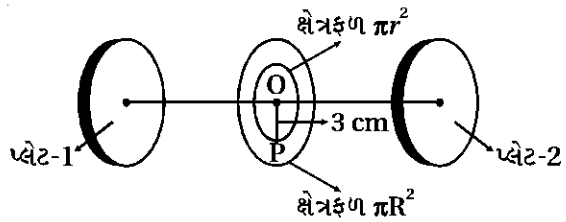
$\therefore$ I_{rms} = (230) (300) (100×10^{-12})

$\therefore$ I_{rms} = 6.9×10^{-6} A ... (1)

(b) હા, પરિપથમાંથી વહેતો પ્રવાહ જ્યારે સમયની સાથે સતત આવર્તીય રીતે બદલાતો હોય ત્યારે $i_c = i_d$ હોય જ છે. (અત્રે એ નોંધનીય છે કે વહનપ્રવાહ i_c બાહ્ય પરિપથમાં કેપેસિટરની પ્લેટ સુધી જ વહે છે. જ્યારે સ્થાનાંતર પ્રવાહ i_d કેપેસિટરની બે પ્લેટો વચ્ચેના વિસ્તારમાં વહે છે.)

(c) અત્રે રકમમાં આપેલા બિંદુ P માટે કેપેસિટરની પ્લેટોની અક્ષથી લંબઅંતર r = 3 cm પરંતુ, કેપેસિટરની પ્લેટની ત્રિજ્યા ક્ષેત્રફળ πr^2

$$R = 6\text{ cm} \Rightarrow \frac{r}{R} = \frac{3}{6} = 0.5 \quad \text{... (2)}$$



➠ અત્રે પ્લેટો વચ્ચેના વિસ્તારમાં પ્રવાહ ઘનતા બધે સમાન હોવાથી,

$$\frac{i_d}{\pi r^2} = \frac{I_{rms}}{\pi R^2}$$

$$\therefore \; i_d = I_{rms}\left(\frac{r}{R}\right)^2 \qquad \dots (3)$$

18. પુસ્તકમાં વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટના જુદા જુદા ભાગની શબ્દાવલિ (Terminology) આપેલ છે. E = $h\nu$ (વિકિરણના ઊર્જા-જથ્થાો : ફોટોન માટે)નો ઉપયોગ કરી વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટના જુદા જુદા ભાગની ફોટોન ઊર્જા eV એકમમાં મેળવો. તમે જે આ જુદા જુદા ક્રમની ફોટોન-ઊર્જા મેળવો છો તે કેવી રીતે વિદ્યુતચુંબકીય વિકિરણના જુદા જુદા સ્રોત સાથે સંબંધ ધરાવે છે ?

➠ સમગ્ર વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટને આવૃત્તિના વધતા ક્રમમાં નીચે મુજબ છ મુખ્ય વિભાગોમાં વહેંચી શકાય. આ વિભાગોમાંથી સરેરાશ આવૃત્તિને અનુરૂપ વિકિરણઊર્જાના એક ફોટોનની ઊર્જા E = $h\nu$ સૂત્ર પરથી નીચે મુજબ મળે છે.
(અત્રે, $h = 6.625 \times 10^{-34}$ Js)

➠ (i) રેડિયોતરંગોના વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 3 \times 10^8$ Hz જેટલી છે તેથી તેના એક ફોટોનની ઊર્જા,
$E = h\nu = 6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 = 19.88 \times 10^{-26}$ J

$$\therefore \; E = \frac{19.88 \times 10^{-26}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 12.42 \times 10^{-7} \text{ eV}$$

$$= 1.242 \times 10^{-6} \text{ eV}$$

➠ દોલન ગતિ કરતો વિદ્યુતભાર ઉપરોક્ત વિકિરણનું ઉદ્ગમ છે.

➠ (ii) ઇન્ફ્રારેડ વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 10^{13}$ Hz હોવાથી તેના એક ફોટોનની ઊર્જા,

$$E = h\nu = (6.625 \times 10^{-34})(10^{13}) = 6.625 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$\therefore \; E = \frac{6.625 \times 10^{-21}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV}$$

$$\therefore \; E = 4.141 \times 10^{-2} \text{ eV}$$

➠ પરમાણ્વિય અને આણ્વિક ઉત્તેજના દ્વારા ઉપરોક્ત વિકિરણ મળે છે.

➠ (iii) દૃશ્ય વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 6 \times 10^{14}$ Hz હોવાથી તેના એક ફોટોનની ઊર્જા,

$$E = h\nu = (6.625 \times 10^{-34})(6 \times 10^{14}) = 3.975 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\therefore \; E = \frac{3.975 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.484 \text{ eV}$$

➠ પરમાણુમાં વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રૉનની સંક્રાંતિ ઉપરોક્ત વિકિરણનું ઉદ્ગમ છે.

(iv) અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 10^{15}$ Hz હોવાથી તેનાં એક ફોટોનની ઊર્જા,

$$E = h\nu = (6.625 \times 10^{-34})(10^{15}) = 6.625 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\therefore \; E = \frac{6.625 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4.141 \text{ eV}$$

➠ ઉત્તેજીત પરમાણુ દ્વારા ઉપરોક્ત વિકિરણ મળે છે.

➠ (v) ક્ષ-કિરણોના વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 3 \times 10^{18}$ Hz હોવાથી તેના એક ફોટોનની ઊર્જા,

$$E = h\nu = (6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{18}) = 1.988 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$\therefore \; E = \frac{1.988 \times 10^{-15}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.242 \times 10^4 \text{ eV}$$

➠ સમગ્ર વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટને આવૃત્તિના વધતા ક્રમમાં નીચે મુજબ છ મુખ્ય વિભાગોમાં વહેંચી શકાય. આ વિભાગોમાંથી સરેરાશ આવૃત્તિને અનુરૂપ વિકિરણઊર્જાના એક ફોટોનની ઊર્જા E = $h\nu$ સૂત્ર પરથી નીચે મુજબ મળે છે.

(અત્રે, $h = 6.625 \times 10^{-34}$ Js)

➠ (i) રેડિયોતરંગોના વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 3 \times 10^8$ Hz જેટલી છે તેથી તેના એક ફોટોનની ઊર્જા,
$E = h\nu = 6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 = 19.88 \times 10^{-26}$ J

$$\therefore \ E = \frac{19.88 \times 10^{-26}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 12.42 \times 10^{-7} \text{ eV}$$

$$= 1.242 \times 10^{-6} \text{ eV}$$

➠ દોલન ગતિ કરતો વિદ્યુતભાર ઉપરોક્ત વિકિરણનું ઉદ્‌ગમ છે.

➠ (ii) ઇન્ફ્રારેડ વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 10^{13}$ Hz હોવાથી તેના એક ફોટોનની ઊર્જા,
$E = h\nu = (6.625 \times 10^{-34})(10^{13}) = 6.625 \times 10^{-21}$ J

$$\therefore \ E = \frac{6.625 \times 10^{-21}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV}$$

$$\therefore \ E = 4.141 \times 10^{-2} \text{ eV}$$

➠ પરમાણ્વિય અને આણ્વિક ઉત્તેજના દ્વારા ઉપરોક્ત વિકિરણ મળે છે.

➠ (iii) દૃશ્ય વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 6 \times 10^{14}$ Hz હોવાથી તેના એક ફોટોનની ઊર્જા,
$E = h\nu = (6.625 \times 10^{-34})(6 \times 10^{14}) = 3.975 \times 10^{-19}$ J

$$\therefore \ E = \frac{3.975 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.484 \text{ eV}$$

➠ પરમાણુમાં વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રૉનની સંક્રાંતિ ઉપરોક્ત વિકિરણનું ઉદ્‌ગમ છે.

(iv) અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 10^{15}$ Hz હોવાથી તેનાં એક ફોટોનની ઊર્જા,
$E = h\nu = (6.625 \times 10^{-34})(10^{15}) = 6.625 \times 10^{-19}$ J

$$\therefore \ E = \frac{6.625 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4.141 \text{ eV}$$

➠ ઉત્તેજીત પરમાણુ દ્વારા ઉપરોક્ત વિકિરણ મળે છે.

➠ (v) ક્ષ-કિરણોના વિભાગમાં સરેરાશ આવૃત્તિ $\nu = 3 \times 10^{18}$ Hz હોવાથી તેના એક ફોટોનની ઊર્જા,
$E = h\nu = (6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{18}) = 1.988 \times 10^{-15}$ J

$$\therefore \ E = \frac{1.988 \times 10^{-15}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.242 \times 10^4 \text{ eV}$$

19. ધારો કે શૂન્યાવકાશમાં રહેલ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગનું વિદ્યુતક્ષેત્ર $\vec{E} = \{(3.1 \text{ N/C})\cos[(1.8 \text{ rad/m})y + (5.4 \times 10^6 \text{ rad/s})t)\}\hat{i}$ છે.

(a) પ્રસરણની દિશા કઈ છે ?

(b) તરંગલંબાઈ કેટલી છે ?

(c) આવૃત્તિ કેટલી છે ?

(d) તરંગના ચુંબકીયક્ષેત્રનો કંપવિસ્તાર કેટલો છે ?

(e) તરંગના ચુંબકીયક્ષેત્ર માટેનું સમીકરણ લખો.

➠ (a) અત્રે સમીકરણનું સ્વરૂપ $E = E_0\cos(\omega t + ky)$ સ્વરૂપનું હોવાથી પ્રસ્તુત તરંગ Y-દિશામાં પ્રસરતું હશે. ... (1)

(b) આપેલ સમીકરણ,

$\vec{E} = 3.1\cos\left\{(5.4 \times 10^6)t + (1.8)y\right\}\hat{i}$ (બધાજ મૂલ્યો SI એકમમાં છે)ને પ્રમાણિત સ્વરૂપ $E = E_0\cos(\omega t + ky)$ સ્વરૂપ સાથે સરખાવતાં,

$$E_0 = 3.1 \frac{\text{N}}{\text{C}} \qquad \text{... (2)}$$

$$\omega = 5.4 \times 10^6 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \qquad \text{... (3)}$$

$$k = 1.8 \frac{\text{rad}}{\text{m}} \qquad \text{... (4)}$$

$$\therefore \ \frac{2\pi}{\lambda} = 1.8 \Rightarrow \lambda = \frac{2 \times 3.14}{1.8} = 3.489 \text{ m}$$

$$\approx 3.5 \text{ m}$$

... (5)

(c) સમીકરણ (3) પરથી,

$$\omega = 5.4 \times 10^6 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\therefore \ 2\pi\nu = 5.4 \times 10^6 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\therefore \ \nu = \frac{5.4 \times 10^6}{2 \times 3.14} = 8.599 \times 10^5 \text{ Hz}$$

$$\approx 86 \text{ MHz}$$

... (6)

(d) સૂત્રાનુસાર,

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

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

$$= \frac{3.1}{3 \times 10^8}$$

$$\therefore \ B_0 = 1.033 \times 10^{-8} \text{ T} \approx 10.3 \ n\text{T} \qquad \text{... (7)}$$

➠ (a) અત્રે સમીકરણનું સ્વરૂપ $E = E_0 \cos(\omega t + ky)$ સ્વરૂપનું હોવાથી પ્રસ્તુત તરંગ Y-દિશામાં પ્રસરતું હશે. ... (1)

(b) આપેલ સમીકરણ,

$\vec{E} = 3.1\cos\left\{(5.4 \times 10^6)t + (1.8)y\right\}\hat{i}$ (બધાજ મૂલ્યો SI એકમમાં છે)ને પ્રમાણિત સ્વરૂપ $E = E_0\cos(\omega t + ky)$ સ્વરૂપ સાથે સરખાવતાં,

$$E_0 = 3.1 \frac{\text{N}}{\text{C}} \qquad \text{... (2)}$$

$$\omega = 5.4 \times 10^6 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \qquad \text{... (3)}$$

$$k = 1.8 \ \frac{\text{rad}}{\text{m}} \qquad \text{... (4)}$$

$$\therefore \ \frac{2\pi}{\lambda} = 1.8 \Rightarrow \lambda = \frac{2 \times 3.14}{1.8} = 3.489 \text{ m}$$

$$\approx 3.5 \text{ m}$$

... (5)

(c) સમીકરણ (3) પરથી,

$$\omega = 5.4 \times 10^6 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\therefore \ 2\pi\nu = 5.4 \times 10^6 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\therefore \ \nu = \frac{5.4 \times 10^6}{2 \times 3.14} = 8.599 \times 10^5 \text{ Hz}$$

$$\approx 86 \text{ MHz}$$

... (6)

(d) સૂત્રાનુસાર,

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

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

$$= \frac{3.1}{3 \times 10^8}$$

$$\therefore \ B_0 = 1.033 \times 10^{-8} \text{ T} \approx 10.3 \ n\text{T} \qquad \text{... (7)}$$

20. ભૌતિકશાસ્ત્રમાં જુદા જુદા પરિપ્રેક્ષ્યમાં વિદ્યુતચુંબકીય વિકિરણો સાથે સંકળાયેલી કેટલીક પ્રચલિત સંખ્યાઓ નીચે દર્શાવેલ છે. તે વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટના કયા ભાગમાં આવેલા છે તે જણાવો.

(a) 21 m (આંતર અવકાશીય (Interstellar Space) પરમાણ્વિક હાઇડ્રોજન દ્વારા ઉત્સર્જિત તરંગલંબાઈ)

(b) 1057 MHz (લેમ્બ શિફ્ટ Lamb Shift)થી ઓળખાતી ઘટના કે જેમાં હાઇડ્રોજનમાં ખૂબજ નજીક આવેલાં બે ઊર્જા સ્તરોમાંથી ઉત્સર્જાતા વિકિરણની આવૃત્તિ)

(c) 2.7 K (એક વિચાર મુજબ, યુનિવર્સના Big-bang ના ઉદ્‌ભવ બાદ અવકાશને સંપૂર્ણ ભરી દેતા સમાન રીતે ફેલાયેલા વિકિરણ સાથે સંકળાયેલ તાપમાન)

(d) 5890 – 5896 (સોડિયમની Double Lines દ્વિ-રેખાઓ)

(e) 14.4 keV (ખૂબ પ્રચલિત ઉચ્ચ વિભેદનશક્તિ ધરાવતી સ્પેક્ટ્રોસ્કોપિક પદ્ધતિ (Mössbaure Spectroscopy) માં ^{57}Fe ન્યુક્લિયસની એક ચોક્કસ સંક્રાંતિ સાથે સંકળાયેલ ઊર્જા)

➠ (a) 21 cm તરંગલંબાઈને અનુરૂપ વિકિરણનો સમાવેશ વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટના "રેડિયો તરંગો"વાળા વિભાગમાં ઊંચી આવૃત્તિની નજીકથી થાય છે.

(b) વિભાગ (a) પ્રમાણે.

(c) વીનના નિયમ $\lambda_m T = 0.0029$ mK પરથી,

$$\lambda_m = \frac{0.29 \text{ cm K}}{2.7 \text{ K}} = 0.11 \text{ cm}$$

$\lambda_m \approx 11 \times 10^{-4}$ m મળે છે જેનો સમાવેશ વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટના "સૂક્ષ્મ તરંગો"વાળા વિભાગમાં થાય છે.

(d) વિદ્યુતચુંબકીય વર્ણપટના દૃશ્ય વિભાગમાં પીળા રંગને અનુરૂપ.

(e) સૂત્ર $E = h\nu$ પરથી,

$$\therefore \nu = \frac{E}{h} = \frac{14.4 \times 1.6 \times 10^{-16}}{6.6 \times 10^{-34}}$$

$$= 3.49 \times 10^{18} \approx 3.5 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

$= \nu \approx 3.5 \times 10^{18}$ Hz મળે છે

જેનો સમાવેશ ક્ષ-કિરણોના વિભાગને અંતે અથવા ગેમા કિરણોના વિભાગની શરૂઆતમાં થાય છે.