গতিকে, $B = \hat{j} B_y$ আৰু $B_x = B_z = 0$

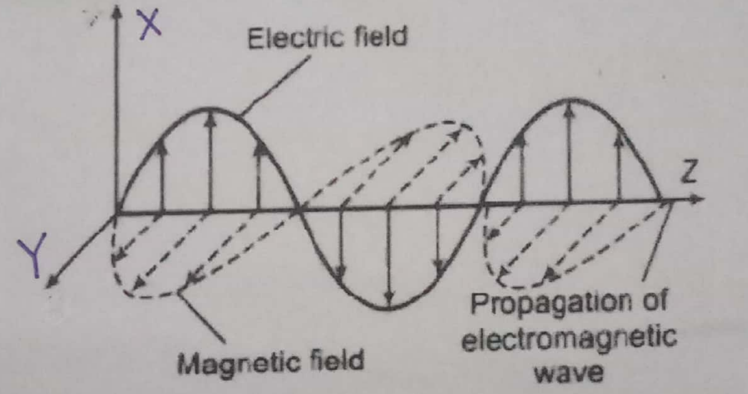
অৰ্থাৎ, $\vec{E}$ আৰু $\vec{B}$ ৰ দিশ পৰস্পৰ লম্ব।

এতিয়া সমীকৰণ (10.35) আৰু (10.36) ৰ পৰা লিখিব পাৰি,

$$\vec{E} = \hat{i} E_0 e^{j(\omega t - kz)}$$

$$\vec{B} = \hat{j} B_0 e^{j(\omega t - kz)}$$

ইয়াত $\hat{i}$ আৰু $\hat{j}$ হৈছে ক্ৰমে x আৰু y অক্ষৰ দিশত একক ভেক্টৰ। চিত্ৰ 10.4 ত তৰংগৰ গতি Z অক্ষত আৰু $\vec{E}$ আৰু $\vec{B}$ ৰ দিশ পৰস্পৰ লম্ব দিশত দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 10.4

10.8 পইনটিং ভেক্টৰ (POYNTING VECTOR): বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ গতিৰ লম্বভাৱে থকা এমন সমতলৰ প্ৰতি একক ক্ষেত্ৰৰ মাজেৰে যি হাৰত শক্তি সঞ্চাৰিত হয় তাকে পইনটিং ভেক্টৰ, $\vec{P}$ ৰে নিৰ্দেশ কৰা হয়। এই উক্তিটোক পইনটিংৰ উপপাদ্য (POYNTING'S THEOREM) বোলে।

পইনটিং ভেক্টৰ, $\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$ আৰু ইয়াক বিজ্ঞানী জে. এইচ. পইনটিং (J.H. POYNTING) ৰ নামেৰে নামাকৰণ কৰা হৈছে।

Scanned by CamScanner

$\vec{P}$ ৰ দিশ, $\vec{E}$ আৰু $\vec{H}$ ৰ লম্ব দিশত।

অৱত সমতলৰ তৰংগৰ দৰে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই কোনো উৎসৰ পৰা দূৰত থকা গ্ৰাহকলৈ শক্তি কঢ়িয়াই নিয়ে। এইদৰে শক্তি বহন কৰিবলৈ বিদ্যুতক্ষেত্ৰ মানে যি কাৰ্য্য কৰিবলগীয়া হয় তাৰ জোখ হৈছে $\vec{P}$।

10.7 পইণ্টিঙৰ তত্ত্ব (POYNTING'S THEOREM):

মুক্ত অঞ্চল বা বায়ু শূন্য মাধ্যমৰ বাবে মেক্সৱেলৰ তৃতীয় আৰু চতুৰ্থ সমীকৰণ দুটা হ'ল,

$$\left.\begin{aligned} \vec{\nabla}\times\vec{E} &= -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \\ \vec{\nabla}\times\vec{H} &= \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \end{aligned}\right\} \quad \text{--------} \quad (10.37)$$

সমীকৰণ দুটাক ক্ৰমে $\vec{H}$ আৰু $\vec{E}$ ৰে স্কেলাৰ পূৰণ কৰিপাওঁ,

$$\vec{H}.(\vec{\nabla}\times\vec{E}) = -\vec{H}.\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \quad \text{-----------} \quad (10.38)$$

$$\vec{E}.(\vec{\nabla}\times\vec{H}) = \vec{E}.\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \quad \text{-----------} \quad (10.39)$$

সমীকৰণ (10.39) ৰ পৰা (10.38) বিয়োগ কৰিলে পাওঁ,

$$\vec{E}.(\vec{\nabla}\times\vec{H}) - H.(\vec{\nabla}\times\vec{E}) = \vec{E}.\frac{\partial D}{\partial t} + \vec{H}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla}.(\vec{H}\times\vec{E}) = \left[\vec{E}.\frac{\partial}{\partial t}(\epsilon_0\vec{E}) + \vec{H}.\frac{\partial}{\partial t}(\mu_0\vec{H})\right]$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla}.(\vec{E}\times\vec{H}) = -\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial t}\left(\epsilon_0 E^2 + \mu_0 H^2\right) \quad \text{-----} \quad (10.40)$$

ধৰা হ'ল, মুক্ত অঞ্চলটোত কোনো আয়তন V ক আগুৰা ক্ষেত্ৰৰ কালি S. এতিয়া ওপৰৰ সমীকৰণটো

Scanned by CamScanner

আয়তনৰ বাবে অনুকলন কৰি পাওঁ,

$$\int_V \vec{\nabla}\cdot(\vec{E}\times\vec{H})\,dV = -\frac{\partial}{\partial t}\int_V \left(\frac{\epsilon_0 E^2}{2}+\frac{\mu_0 H^2}{2}\right)dV$$

গাউচৰ DIVERGENCE উপপাদ্য প্ৰয়োগ কৰি পাওঁ,

$$\int_V \nabla\cdot(\vec{E}\times\vec{H})\,dV = \int_S (\vec{E}\times\vec{H})\,ds$$

$$\therefore \int_S (\vec{E}\times\vec{H})\,ds = -\frac{\partial}{\partial t}\int_V \left(\frac{\epsilon_0 E^2}{2}+\frac{\mu_0 H^2}{2}\right)dV$$

ওপৰৰ সমীকৰণটোৰ সোঁফালৰ অংশই বিদ্যুত আৰু চুম্বকক্ষেত্ৰৰ শক্তিৰ অবক্ষয় বুজায়। বাওঁঅংশই S ক্ষেত্ৰৰ মাজেৰে বাহিৰলৈ গতিকৰা শক্তিৰ হাৰ নিৰ্দেশ কৰে। এই শক্তিৰ সঞ্চাৰণৰ হাৰ $\frac{\partial U}{\partial t}$ ৰে বুজোৱা হৈছে।

$$\therefore \int_S \frac{\partial U}{\partial t}\,ds = \int_S (\vec{E}\times\vec{H})\,ds$$

যিহেতু সংজ্ঞামতে, শক্তি সঞ্চালনৰ হাৰ, $\frac{\partial U}{\partial t} = \vec{P}$ (পইন্টিং ভেক্টৰ)

$$\therefore \vec{P} = \vec{E}\times\vec{H} \quad \text{---------} \quad (10.41)$$

আকৌ সমীকৰণ (10.40) ত লোৱা $\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ আৰু $\frac{1}{2}\mu_0 H^2$ ৰাশি দুটাক ক্ৰমে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ শক্তি ঘনত্ব $\left(U_E = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2\right)$ আৰু চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ শক্তি ঘনত্ব $\left(U_M = \frac{1}{2}\mu_0 H^2\right)$ বোলা হয়। বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ ক্ষেত্ৰত মুঠ শক্তি ঘনত্ব হ'ব, $U = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\mu_0 H^2$

এতিয়া সমীকৰণ (10.40) ৰ পৰা লিখিব পাৰো,

$$\vec{\nabla}\cdot(\vec{E}\times\vec{H}) = -\frac{\partial U}{\partial t}$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla}\cdot\vec{P} + \frac{\partial U}{\partial t} = 0 \quad \text{---------} \quad (10.42)$$

সমীকৰণ (10.42) ক বিদ্যুত চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰৰ শক্তিৰ সংৰক্ষণশীলতাৰ সূত্ৰ বোলা হয়।

Scanned by CamScanner

10.10 বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ সমবৰ্তন (POLARIZATION OF ELECTRO-MAGNETIC WAVE)

বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগত বিদ্যুতক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ আৰু চুম্বকক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ ৰ পৰস্পৰ লম্ব দিশত কম্পন ঘটে। $\vec{E}$ আৰু $\vec{B}$ ৰ দিশ তৰংগৰ গতিৰ দিশৰ লম্ব দিশত, কিন্তু সমবৰ্তনত কেৱল বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ দিশৰ কথাহে আলোচনা কৰা হয়।

যদি তৰংগৰ গতিৰ দিশ z অক্ষৰ দিশত হয়, তেন্তে $\vec{E}$ আৰু $\vec{B}$, xy সমতলত থাকিব আৰু ভেক্টৰ $\vec{E}$ আৰু $\vec{B}$ ৰ x আৰু y অক্ষৰ দিশত উপাংশ থাকিব। তৰংগৰ গতিৰ দিশ আৰু $\vec{B}$ ভেক্টৰৰ দ্বাৰা গঠন হোৱা সমতলখনক সমবৰ্তনৰ সমতল (PLANE OF POLARISATION) বোলে আৰু যি খন সমতল তৰংগৰ গতিৰ দিশ আৰু $\vec{E}$ ভেক্টৰৰ দ্বাৰা গঠন হয় তাক কম্পন সমতল (PLANE OF VIBRATION) বোলে। যি কোনো সমতল সমবৰ্তিত (PLANE POLARISED) তৰংগৰ $\vec{E}$ ৰ পৰস্পৰ লম্ব দিশত উপাংশ থকা বুলি ধৰিব পাৰি (অৰ্থাৎ, $\vec{E}_x$ আৰু $\vec{E}_y$)।

যদি $\vec{E}_x$ আৰু $\vec{E}_y$ একে দশাত নাথাকে, তেন্তে কোনো এটা নিৰ্দিষ্ট বিন্দুত E_x আৰু E_y ৰ মান একে সময়ত সৰ্বোচ্চ কেতিয়াও নহয় আৰু এই ক্ষেত্ৰত লব্ধ ভেক্টৰ $\vec{E}$ এ এটা উপবৃত্ত (ELLIPSE) সূচায় আৰু তৰংগটোৰ উপবৃত্তাকাৰভাৱে সমবৰ্তিত হোৱা (ELLIPTICALLY POLARISED) বুলি কোৱা হয়।

Scanned by CamScanner

যদি E_x আৰু E_y ৰ দশাৰ পাৰ্থক্য 90° হয় আৰু E_x আৰু E_y ৰ মান বেলেগ হয়, তেন্তে আমি লিখিব পাৰো;

$$\left.\begin{aligned} E_x &= E_x^0 \cos(kz-\omega t) \\ E_y &= E_y^0 \sin(kz-\omega t) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (10.43)$$

সমীকৰণ দুটা বৰ্গ কৰি যোগ কৰিলে পাওঁ,

$$\frac{E_x^2}{(E_x^0)^2} + \frac{E_y^2}{(E_y^0)^2} = 1 \cdots\cdots\cdots (10.44)$$

সমীকৰণ (10.44)এ এটা উপবৃত্ত নিৰ্দেশ কৰে। গতিকে লব্ধ তৰংগটো উপবৃত্তাকাৰ ভাবে সমবৰ্তিত হয়

(চিত্ৰ 10.5(ক)) আকৌ যদি $\vec{E}_x$ আৰু $\vec{E}_y$ ৰ মান একে হয় আৰু দশাৰ পাৰ্থক্য 90° হয়, তেন্তে লব্ধ $\vec{E}$ এ এটা বৃত্ত সূচায় আৰু তৰংগটো বৃত্তাকাৰভাবে সমবৰ্তিত (CIRCULARLY POLARISED) হয়। এই ক্ষেত্ৰত,

$$\left.\begin{aligned} E_x &= E_0 \cos(kz-\omega t) \\ E_y &= E_0 \sin(kz-\omega t) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (10.45)$$

সমীকৰণ দুটা বৰ্গ কৰি যোগ কৰিলে পাওঁ,

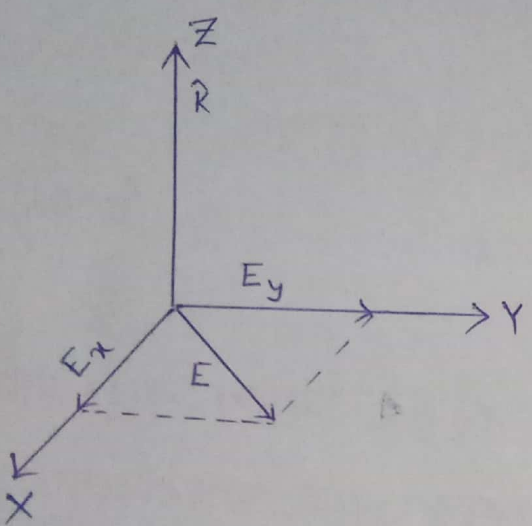
$$E_x^2 + E_y^2 = E_0^2 \cdots\cdots\cdots (10.46)$$

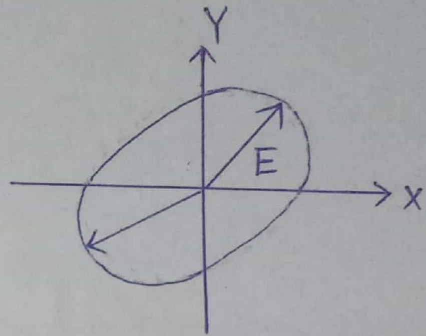
সমীকৰণ (10.46) এ এটা বৃত্ত সূচায়, অৰ্থাৎ লব্ধ

Scanned by CamScanner

তৰংগটো বৃত্তাকাৰভাৱে সমবৰ্তিত হয় (চিত্ৰ 10.5(b))

ৰৈখিক সমবৰ্তন (LINEARLY POLARISED) ৰ ক্ষেত্ৰত বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ মাত্ৰ এটা দিশতহে কম্পন হয়; অৰ্থাৎ, তৰংগৰ গতিৰ দিশৰ সাপেক্ষে $\vec{E}$ ৰ এটা স্থিৰ দিশ থাকে (চিত্ৰ 10.5 (c))।

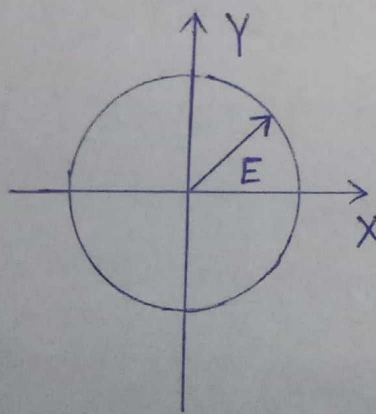




(a) উপবৃত্তাকাৰভাৱে সমবৰ্তিত তৰংগ

চিত্ৰ 10.5 (a)

চিত্ৰ 10.5 (c) ৰৈখিকভাৱে সমবৰ্তিত তৰংগৰ বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ



(b) বৃত্তাকাৰভাৱে সমবৰ্তিত তৰংগ

চিত্ৰ 10.5(b)

Scanned by CamScanner

বিদ্যুত-চুম্বকীয় বৰ্ণালী (ELECTRO-MAGNETIC SPECTRUM):

মেক্সৱেলৰ তত্ত্ব মতে পোহৰ এবিধ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ। তৰংগ সমূহৰ শক্তি বা তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি সমগ্ৰ বিদ্যুত-চুম্বকীয় তৰংগবোৰক কিছুমান শ্ৰেণীত ভাগ কৰা হৈছে কিন্তু গোটেই বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালীটো অবিচ্ছিন্ন; অৰ্থাৎ বিভিন্ন শ্ৰেণীসমূহৰ মাজত কোনো স্পষ্ট সীমা ৰেখা নাই। এই বৰ্ণালীৰ ধৰ্মসমূহ অবিৰত ভাৱে এটা শ্ৰেণীৰ পৰা আন এটা শ্ৰেণীলৈ উপৰিপাতিত হয়। আমাৰ দৃশ্যমান ৰশ্মি বিদ্যুতচুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ বৃহৎ পৰিসৰৰ এটা ক্ষুদ্ৰ অংশত অৱস্থিত। তলৰ তালিকাত বিদ্যুত-চুম্বকীয় বৰ্ণালীটোৰ শ্ৰেণী বিভাজন দেখুওৱা হৈছে।

তালিকা 10.1: বিদ্যুত-চুম্বকীয় তৰংগৰ কম্পনাংক, তৰংগদৈৰ্ঘ্য

নাম	কম্পনাংকৰ পৰিসৰ (f)	তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ পৰিসৰ (λ)
ৰেডিঅ' তৰংগ	$(10^4 - 10^8)$ Hz	$\lambda > 10\times10^{-3}$ m
মাইক্ৰ'ৱেভ	$(10^9 - 10^{12})$ Hz	10×10^{-3} m $- 100\times10^{-6}$ m
অৱলোহিত	$(30\times10^{12} - 400\times10^{12})$ Hz	100×10^{-6} m $- 740\times10^{-9}$ m
দৃশ্যমান পোহৰ	$(400\times10^{12} - 800\times10^{12})$ Hz	$740\times10^{-9} - 380\times10^{-9}$ m
অতি বেঙুনীয়া	$(8\times10^{14} - 3\times10^{15})$ Hz	380×10^{-9} m $- 10\times10^{-9}$ m
ৰঞ্জন ৰশ্মি	$(10^{16} - 10^{18})$ Hz	10×10^{-9} m $- 100\times10^{-12}$ m
গামা ৰশ্মি	$> 10^{18}$ Hz	$< 100\times10^{-12}$ m

Scanned by CamScanner

মেক্সৱেল সমীকৰণৰ অৱকলিত ৰূপ ঃ
(MAXWELL'S EQUATIONS IN DIFFERENTIAL FORM)

(i) $\nabla . D = \rho$ বা $\nabla . E = \dfrac{\rho}{\epsilon_0}$

(ii) $\nabla . B = 0$

(iii) $\nabla \times E = -\dfrac{\partial B}{\partial t}$

(iv) $\nabla \times H = J + \dfrac{\partial D}{\partial t}$ বা $\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \dfrac{\partial E}{\partial t}$

.13 মেক্সৱেল সমীকৰণৰ অনুকলিত ৰূপ ঃ
(MAXWELL'S EQUATIONS IN INTEGRAL FORM)

(i) $$\int_S D . ds = \int_V \rho \, dV$$

(ii) $$\int_S B . ds = 0$$

(iii) $$\int_C E . dl = -\int_S B . ds$$

(iv) $$\oint_C H . dl = \int_S \left(J + \frac{\partial D}{\partial t} \right) . ds$$

Scanned by CamScanner