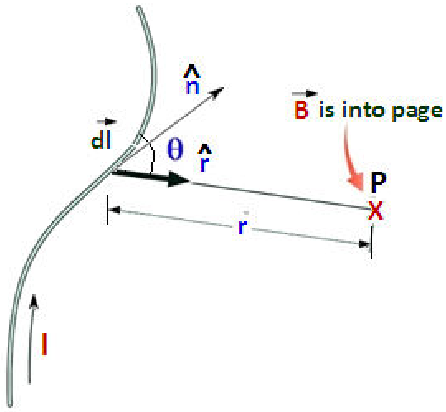
# তড়িৎপ্রবাহের চুম্বক ক্রিয়া

**www.ctphysics.org**

## ১) বায়োসভার্ট বা ল্যাপলাসের সূত্র :

সাধারণভাবে কোন স্থির তড়িতাধান কোন বিন্দুতে স্থিরতড়িৎক্ষেত্র সৃষ্টি করলেও কোন গতিশীল আধান অর্থাৎ কোন তড়িৎ পরিবহী কোন প্রতিবেশী বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্র বা চৌম্বক আবেশ সৃষ্টি করে । নির্দিষ্ট্য ক্ষেত্রবিন্দুতে এই চৌম্বক আবেশের মান বা অভিমুখ বায়োসভার্ট এর সূত্র বা ল্যাপলাসের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা সম্ভব । এই সূত্র অনুযায়ী ধরা যাক কোন তড়িৎ পরিবাহী **AB** নেওয়া হল যার দরুন প্রতিবেশী **P** বিন্দুতে চৌম্বক আবেশ নির্ণয় করতে হবে । এখন যদি এই তড়িৎ পরিবাহী কে অনেকগুলি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করা হলে এরুপ একটি ক্ষুদ্রাংশ **dl** এর জন্য ঐ **P** বিন্দুতে চৌম্বক আবেশ $\vec{dB}$ হলে বায়োসভার্ট এর সূত্র বা ল্যাপলাসের সূত্র অনুযায়ী ঐ ক্ষুদ্রাংশের জন্য চৌম্বক আবেশের মান হবে



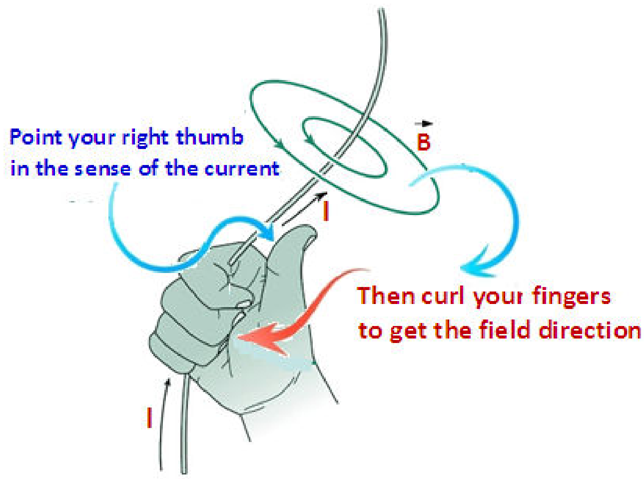

$|\vec{dB}| = dB \propto i, \propto dl, \propto Sin\theta, \propto \frac{1}{r^2}$ যেখানে $\theta = \vec{dl}$ ও $\vec{r}$ এর অন্তবর্তি কোন ।

অর্থাৎ $dB \propto \frac{idlSin\theta}{r^2}$ এবং $dB = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{idlSin\theta}{r^2}$ । এখানে $\frac{\mu_o}{4\pi}$ হল একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক যার মান $\frac{\mu_o}{4\pi} = 10^{-7}\,Tesla.\frac{m}{amp}$ এবং $\frac{\mu_o}{4\pi} = 1\,Gauss.\frac{cm}{emu\ of\ Current}$ যেখানে $1\,Tesla = 10^4\,Gauss$ ও $1\,emu\ of\ Current = 10\,Amp$

সুতরাং সমগ্র তড়িৎ পরিবাহীর জন্য ঐ ক্ষেত্রবিন্দুতে চৌম্বক আবেশর মান হবে

$$|\vec{B}| = B = \int dB = \oint \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{idlSin\theta}{r^2}$$

$$= \frac{\mu_o}{4\pi}\, i \oint \frac{dlSin\theta}{r^2}$$



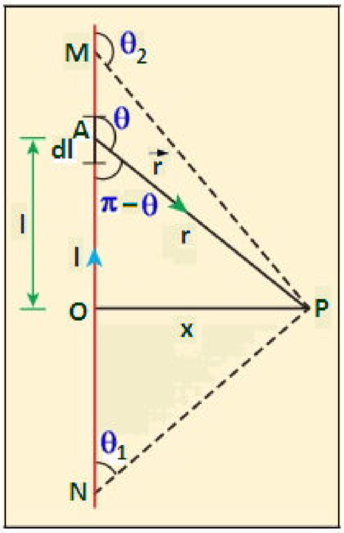

যেখানে সমাকলন সীমা পরিবাহীর জ্যামিতিক আকারের উপর নির্ভর করে এবং ভেক্টরের নিয়মানুযায়ী এই চৌম্বক আবেশ হবে

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_o}{4\pi} i \oint \frac{dlSin\theta}{r^2} = \frac{\mu_o}{4\pi} i \oint \frac{dl.r.Sin\theta}{r^3} = \frac{\mu_o}{4\pi} i \oint \frac{|d\vec{l} \times \vec{r}|}{r^3}$$

এবং ঐ ক্ষেত্রবিন্দুতে চৌম্বক আবেশ হবে $\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} i \oint \frac{(d\vec{l}\times\vec{r})}{r^3}$ →ইহাকে বলা হয় ল্যাপলাসের সমাকলন যা সমাধান করে চৌম্বক আবেশ এর মান ও অভিমুখ নির্ণয় করা সম্ভব । আবার অপরপক্ষে ঐ ক্ষেত্রবিন্দুতে চৌম্বকপ্রাবল্য হবে $\vec{H} = \frac{1}{4\pi} i \oint \frac{(d\vec{l}\times\vec{r})}{r^3}$ [যেহেতু যেহেতু বায়ু বা শুন্য মাধ্যমে $\vec{B} = \mu_o\vec{H}$ ]

## ২) বায়োসভার্ট এর সূত্রের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

### ক) সসীম ঋজু তড়িৎ পরিবাহী থেকে নির্দিষ্ট্য লম্ব দূরত্বে চৌম্বক আবেশ নির্ণয় :




এক্ষেত্রে একটি সসীম ঋজু তড়িৎ পরিবাহী AB নেওয়া হল যার প্রবাহমাত্রা i। এই পরিবাহী থেকে x লম্ব দূরত্বে ক্ষেত্রবিন্দু Pতে চৌম্বক আবেশ নির্ণয় করতে হবে । এখন বায়োসভার্ট এর সূত্র অনুযায়ী পরিবাহীটির dl ক্ষুদ্রাংশের জন্য P বিন্দুতে চৌম্বক আবেশের মান dB হলে লেখা যায় $dB = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{idlSin\theta}{r^2}$

আবার ধরা যাক $\frac{l}{x} = Cot(\pi - \theta) = -Cot\theta$ বা $dl = x.Cosec^2\theta.d\theta$

এবং $\frac{r}{x} = Cosec(\pi - \theta) = Cosec\theta$ বা $r^2 = x^2Cosec^2\theta$ এখন সমগ্র পরিবাহীর জন্য চৌম্বক আবেশ হবে

$$|\vec{B}| = B = \frac{\mu_o}{4\pi} i \int_{\theta=\theta_1}^{\theta_2} \frac{x.Cosec^2\theta.d\theta.Sin\theta}{x^2Cosec^2\theta} = \frac{\mu_o}{4\pi} . \frac{i}{x}(Cos\theta_1 - Cos\theta_2)$$

ইহা উল্লেখযোগ্য যে যদি পরিবাহীটি অসীম বা অতিদীর্ঘ্য হয় তবে $\theta_1 = 0$ ও $\theta_2 \to \pi$ হবে এবং সেক্ষেত্রে ওই দীর্ঘ্য তড়িৎ পরিবাহী থেকে x লম্ব দূরত্বে চৌম্বক আবেশের মান হবে

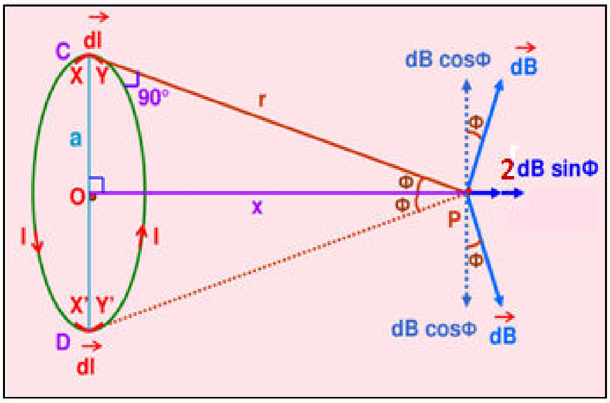
$$|\vec{B}| = B = \frac{\mu_o}{4\pi} \times \frac{i}{x}(Cos0 - Cos\pi) = \frac{\mu_o}{4\pi}.\frac{2i}{x}$$

### খ) বৃত্তাকার তড়িৎ পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে নির্দিষ্ট্য দূরত্বে কোন অক্ষীয় বিন্দুতে চৌম্বক আবেশ নির্ণয় :

এখন ধরা যাক যে একটি বৃত্তাকার তড়িৎ পরিবাহী নেওয়া হল যার ব্যসার্দ্ধ a ও প্রবাহমাত্রা i। এখন এই পরিবাহীর কেন্দ্র x দূরত্বে চৌম্বক আবেশ নির্ণয় করতে হবে । এখন চিত্রানুযায়ী বৃত্তাকার তড়িৎ পরিবাহীটির ব্যাস বরাবর দুই বিপরীত ক্ষুদ্রাংশ dl এর জন্য ঐ P বিন্দুতে কার্য্যকর চৌম্বক আবেশের মান হবে 2dBSinθ। ফলে সমগ্র বৃত্তাকার তড়িৎপরিবাহীর জন্য ঐ Pবিন্দুতে চৌম্বক আবেশ হবে

$$B = \int 2\,dB\sin\theta = 2\int \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{idl\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)}{r^2}.\sin\theta\ (\text{over half circle})$$

$$= 2\,\frac{\mu_o}{4\pi}.\frac{i}{r^2}.\sin\theta.\int_{\text{half circle}} dl = 2\,\frac{\mu_o}{4\pi}.\frac{i}{r^2}.\frac{a}{r}.(\pi a) = \frac{\mu_o}{4\pi}.\frac{2\pi i a^2}{(a^2+x^2)^{3/2}}$$




এই সমীকরণ থেকে বলা যেতে পারে যে বৃত্তাকার তড়িৎ পরিবাহীটির কেন্দ্রে চৌম্বক আবেশ হবে

$B]_{\text{at } x=0} = \frac{\mu_o}{4\pi}.\frac{2\pi i}{a}$. আবার এক্ষেত্রে বৃত্তাকার তড়িৎ পরিবাহীর পরিবর্তে বৃত্তাকার কুণ্ডলী নেওয়া হলে যদি ইহার পাক সংখ্যা $n$ হয় তবে সেক্ষেত্রে

$B = \frac{\mu_o}{4\pi}.\frac{2\pi n i a^2}{(a^2+x^2)^{3/2}}$ এবং $B]_{\text{at } x=0} = \frac{\mu_o}{4\pi}.\frac{2\pi n i}{a}$ ।