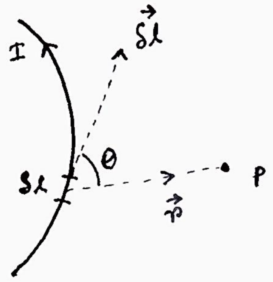
# তড়িৎচুম্বকত্ব (Electromagnetism)

## বায়ো স্যাভার্ট সূত্র

$$\delta B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,\delta l \sin\theta}{r^2}$$




$$\vec B = \frac{\mu_0}{4\pi}\sum I\,\frac{\vec{\delta l}\times\vec r}{r^3}$$

$$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\ Wb.\,A^{-1}.\,m^{-1}$$

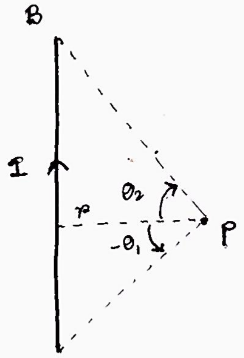
$\delta B$ এর একক ওয়েবার / মিটার$^2$ ($Wb.m^{-2}$)
বা টেসলা (T)

$$\delta B = \mu\,\delta H \quad ; \quad \delta H = \frac{1}{4\pi}\frac{I\,\delta l \sin\theta}{r^2}$$ [এখানে $\vec B$ হল চৌম্বক ক্ষেত্র, $\vec H$ হল চৌম্বক প্রাবল্য বা চুম্বকন ক্ষেত্র]

$\mu_0$ হল শূন্য মাধ্যমের চৌম্বক ভেদ্যতা এবং $\mu$ হল ওই মাধ্যমের চৌম্বক ভেদ্যতা।

$$\boxed{\mu = \mu_r . \mu_0}$$

$\mu_r$ হল ওই মাধ্যমের আপেক্ষিক চৌম্বক ভেদ্যতা।
H এর একক $A.m^{-1}$ (অ্যাম্পিয়ার / মিটার)




দীর্ঘ ঋজু তারের ক্ষেত্রে চৌম্বকক্ষেত্র প্রাবল্য (P বিন্দুতে)

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2) \quad \left[B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r}\left[\sin\theta\right]_{-\theta_1}^{\theta_2}\right]$$

(i) অসীম দৈর্ঘ্যের তার [$\theta_1 = \theta_2 \approx 90^\circ$] $B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r}$

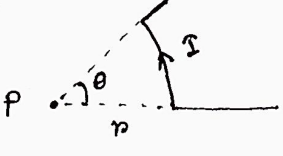
(ii) অর্ধ অসীম দৈর্ঘ্যের তার [$\theta_1 = 0^\circ, \theta_2 = 90^\circ$] $B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r}$

(iii) তড়িৎবাহী তারের দৈর্ঘ্য বরাবর কোনো বিন্দুতে $B = 0$

N সংখ্যক পাকবিশিষ্ট বৃত্তাকার কুণ্ডলীর ক্ষেত্রে :—

কেন্দ্রবিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্র $B = \frac{\mu_0 N I}{2r}$ [r = বৃত্তাকার পরিধির ব্যাসার্ধ]

অক্ষের উপর অবস্থিত কোনো বিন্দুতে $B = \frac{\mu_0 N I}{2}\frac{r^2}{(r^2+x^2)^{3/2}}$



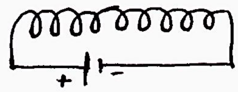

P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্র $B = \frac{\mu_0 I}{2r}\cdot\frac{\theta}{2\pi}$

অ্যাম্পিয়ারের বদ্ধপথের সূত্র :- $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I$

দীর্ঘ আদর্শ ঋজু সলিনয়েডের চৌম্বক ক্ষেত্র [N = সলিনয়েডের পাকসংখ্যা, L = সলিনয়েডের দৈর্ঘ্য]

$B = \mu_0 n I$ [n ⇒ একক দৈর্ঘ্যে পাকসংখ্যা]

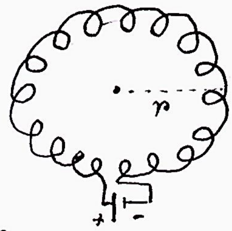
[$n = \frac{N}{L}$]



টরয়েডের চৌম্বক ক্ষেত্র [N = টরয়েডের পাকসংখ্যা, r = টরয়েডের ব্যাসার্ধ]

$B = \mu_0 n I$ [n ⇒ একক দৈর্ঘ্যে পাকসংখ্যা]

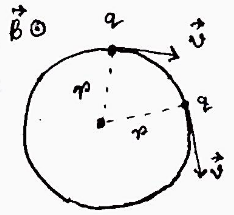
[$n = \frac{N}{2\pi r}$]




চৌম্বক ক্ষেত্রে গতিশীল আহিত কণার উপর ক্রিয়াশীল বল

$\vec{F} = q\,\vec{v}\times\vec{B}$ $\quad |\vec{F}| = qvB\sin\theta$ [θ হল $\vec{v}$, $\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ]

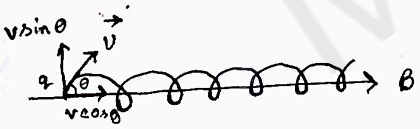
$$B = \frac{F_m}{qv} = \frac{MLT^{-2}}{IT\cdot LT^{-2}} = MT^{-2}I^{-1}$$




$r = \frac{mv}{qB}$ $\quad$ আবর্তনকাল $T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi\frac{m}{qB}$

কম্পাঙ্ক $n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{q}{m}\right)B$

$r' = \frac{mv\sin\theta}{qB}$ $\quad$ পিচ $= 2\pi r'\cot\theta$



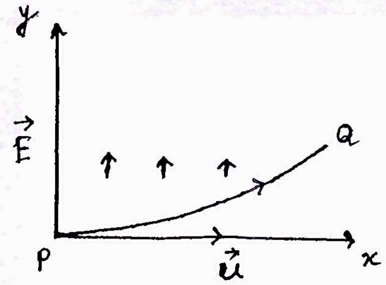

সাইক্লোট্রন কম্পাঙ্ক $n_0 = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{q}{m}\right)B$

ত্বরিত কণার গতিশক্তি $E_K = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{q^2B^2R^2}{2m}$ [R = সাইক্লোট্রনের ডী এর ব্যাসার্ধ, $v_0 = \frac{qBR}{m}$]

q আধানযুক্ত কণা E মানের তড়িৎক্ষেত্রে থাকলে F মানের বল অনুভব করে. $\vec{F} = q\vec{E}$, $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$

$\vec{E}$ এর অভিমুখে u বেগে কণাটি তড়িৎক্ষেত্রে প্রবেশ করে,

$v = u + \frac{qE}{m}t$, $\quad s = ut + \frac{1}{2}\frac{qE}{m}t^2$



আহিত কণাটি $\vec{E}$ এর লম্ব অভিমুখে $\vec{u}$ বেগে তড়িৎক্ষেত্রে প্রবেশ করে,

$t$ সময়ে $y$ এর দিকে সরণ,

$$y = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{qE}{m}\right)\cdot\left(\frac{x}{u}\right)^2$$

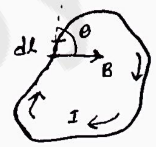
$$x^2 = \frac{2mu^2}{qE}\, y$$

অভিলম্ব তড়িৎক্ষেত্র এবং চৌম্বক ক্ষেত্র-এ আহিত কণার গতিপথে, যদি কোনো বিচ্যুতি দেখা না যায় তবে বেগ $v = \frac{E}{B}$

লরেঞ্জ বল $F = \vec{F}_e + \vec{F}_m = q(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B})$

চৌম্বক ক্ষেত্রে তড়িৎবাহী তারের উপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F = \int dF = \int B I \, dl \sin\theta$$



সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রে প্রবাহ কুণ্ডলীর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক

$\tau = BINA$ [ $B$ = চৌম্বকক্ষেত্র প্রাবল্য, $N$ = পাকসংখ্যা, $I$ = প্রবাহমাত্রা, $A$ = কুণ্ডলীর ক্ষেত্রফল ]

$$\vec{\tau} = NI\vec{A}\times\vec{B} \qquad |\vec{\tau}| = BINA\sin\theta$$

দুটি সমান্তরাল পরিবাহীর মধ্যে প্রবাহমাত্রা $I_1, I_2$ হলে এবং তাদের মধ্যে দূরত্ব $r$ হলে

ক্রিয়াশীল বল $F = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2 I_1 . I_2}{r}$ [ প্রবাহ সমমুখী হলে আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে, প্রবাহ বিপরীতমুখী হলে বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে ]

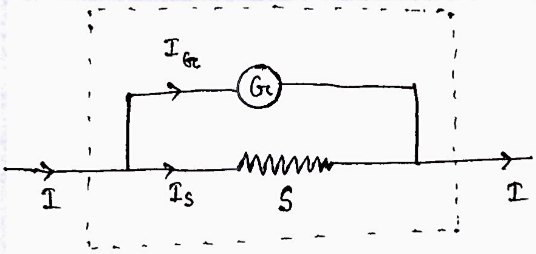
ডি আরসোনভাল গ্যালভানোমিটার $\theta = \frac{d}{2D}$ [ $d \Rightarrow$ আলোকবিন্দুর সরণ, $D \Rightarrow$ দর্পণ থেকে স্কেলের দূরত্ব ]

চৌম্বিক গ্যালভানোমিটার $BINA = c\theta \Rightarrow I = \frac{c}{BNA}\theta$ [ $\theta$ বিক্ষেপ কোণে কুণ্ডলীটি স্থির হলে ]

স্প্রিং এর প্রত্যয়নায়ক টর্ক $\tau' = c\theta$

ডি আরসোনভাল গ্যালভানোমিটারে প্রবাহমাত্রা $I = \frac{c}{BNA}\left(\frac{d}{2D}\right) = \frac{c}{2BAND}\cdot d$

গ্যালভানোমিটারের সুবেদিতা $\frac{\theta}{I} = \frac{BNA}{c}$



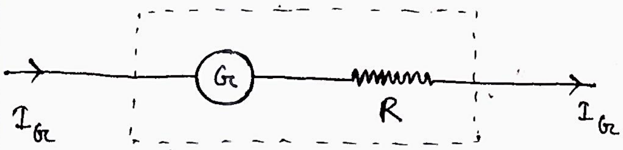

শান্টের রোধ $S = \frac{I_G}{I - I_G} \cdot G$

অ্যামিটারের পাল্লা n গুন বৃদ্ধি পেলে $n = \frac{I}{I_G}$

$S = \frac{G}{n-1}$ [ G ⇒ গ্যালভানোমিটারের রোধ ]

অ্যামিটারের রোধ $R = \frac{G}{n}$

$$R = \frac{V}{I_G} - G$$

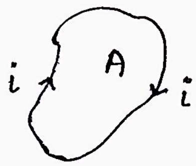



ভোল্টমিটারের পাল্লা n গুন বৃদ্ধি পেলে $n = \frac{V}{V_G}$

$R = G(n-1)$

ভোল্টমিটারের রোধ $R_V = nG$

# পদার্থের চৌম্বক ধর্ম

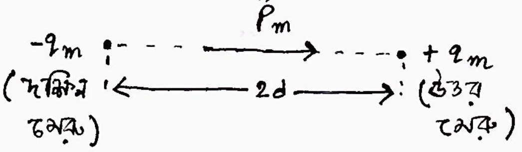



চৌম্বক দ্বিমেরু $\vec{p}_m = I\vec{A}$

N সংখ্যক পাক থাকলে $\vec{p}_m = NI\vec{A}$

একক : অ্যাম্পিয়ার.মিটার$^2$ ($A.m^2$)


বামাবর্তী উত্তর মেরু দক্ষিণাবর্তী দক্ষিণ মেরু



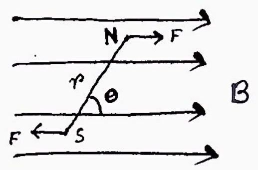

$p_m = q_m \cdot 2l$

$q_m$ এর একক A.m

চৌম্বক ক্ষেত্র ($\vec{B}$) এর অভিমুখ $+q_m$ থেকে $-q_m$ এর দিকে। [ $\vec{F} = q_m \cdot \vec{B}$ ]

$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{q_m}{r^2}$ [ $q_m$ শক্তির মেরুর জন্যে r দূরত্বে অবস্থিত কোনো বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্র প্রাবল্য $\vec{B}$ হলে ]

$\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_m \cdot q_m'}{r^2}$ [ $q_m$ থেকে r দূরত্বে অবস্থিত বিন্দুতে $q_m'$ শক্তিবিশিষ্ট চৌম্বক মেরু থাকলে ক্রিয়াশীল বল $\vec{F}$ হলে ]




$\vec{B}$ প্রাবল্যের চৌম্বক ক্ষেত্রে $\vec{p}_m$ দ্বিমেরু ভ্রামকবিশিষ্ট রাখলে ক্রিয়াশীল টর্ক $\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B}$

$|\vec{\tau}| = p_m B \sin\theta$

স্থিতিশক্তি $E_p = -\vec{p}_m \cdot \vec{B} = -p_m . B . \cos\theta$

দ্বিমেরুটিকে $\theta_1$ থেকে $\theta_2$ কোণে ঘোরাতে কৃতকার্য –

$W = p_m B (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$

দণ্ডচুম্বকের দরুন প্রান্ত অবস্থান বা অক্ষস্থিত অবস্থানে চৌম্বক ক্ষেত্র –

$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2 . \vec{p}_m . d}{(d^2 - l^2)^2}$ , $d >>> l$ $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2 p_m}{d^3}$

দণ্ডচুম্বকের দরুন পার্শ্ব বা বিষুব অবস্থানে চৌম্বক ক্ষেত্র –

$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{p}_m}{(d^2 + l^2)^{3/2}}$ , $d >>> l$ $\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{p_m}{d^3}$

দণ্ডচুম্বকের যেকোনো অবস্থানে $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{p_m}{r^3} \sqrt{3\cos^2\theta + 1}$

$\tan\phi = \frac{1}{2} \tan\theta$

তড়িৎবাহী সলিনয়েডের ব্যাসার্ধ $a$, দৈর্ঘ্য $2l$, একক দৈর্ঘ্যে পাকসংখ্যা $n$ এবং প্রবাহমাত্রা $I$

চৌম্বক দ্বিমেরু ভ্রামক $P_m = 2\pi l n a^2 I$

$P_m = I \cdot A$    কার্যকর প্রবাহ $I = 2lnI$

ক্ষেত্রফল $A = \pi a^2$

$P_m = q_m \cdot 2l$    মেরুশক্তি $q_m = \pi n a^2 I$

সলিনয়েডের জন্যে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্র,

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2P_m}{r^3} = \frac{\mu_0 \cdot l n a^2 I}{r^3}$$

ঘূর্ণায়মান আহিত কনার চৌম্বক ভ্রামক $\vec{P_m} = \frac{q}{2m}\vec{L}$ [L = কৌনিক ভরবেগ]

পরমানুতে পরিভ্রমনরত ইলেকট্রন এর ক্ষেত্রে,

$$\vec{P_m} = -\frac{e}{2m}\vec{L}$$ [বোরের স্বীকার্য $L = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar$, $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J.S] [$\hbar = 1.05 \times 10^{-34}$ J.S]

$$P_m = \frac{ne\hbar}{2m}$$ [ $n$ = মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা]

$n=1$ হলে, $P_m = \frac{e\hbar}{2m} = 9.27 \times 10^{-24}\ A.m^2 = 1\ \mu_B$

[$\mu_B$ = বোর ম্যাগনেটন]

$\mu_0$ হল শূন্য মাধ্যমের চৌম্বক ভেদ্যতা এবং $\mu$ হল ওই মাধ্যমের চৌম্বক ভেদ্যতা। $\mu_r$ হল হল ওই মাধ্যমের আপেক্ষিক চৌম্বক ভেদ্যতা। $\boxed{\mu = \mu_r \cdot \mu_0}$

$\mu_r < 1$, $\mu < \mu_0$ : পদার্থটি তিরচৌম্বক $(K<0)$

$\mu_r > 1$, $\mu > \mu_0$ : পদার্থটি পরাচৌম্বক $(K>0)$

$\mu_r >> 1$, $\mu >> \mu_0$ : পদার্থটি অয়চৌম্বক $(K>>0)$

ওই মাধ্যমে চৌম্বক ক্ষেত্র,

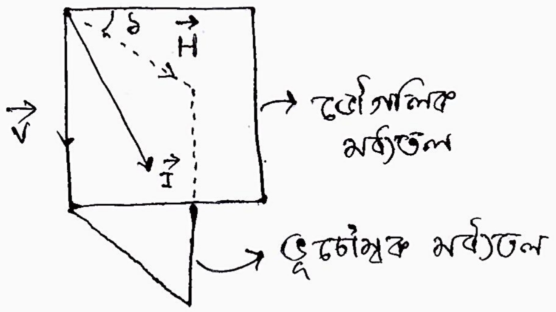
$$\vec{B} = \mu\vec{H} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M})$$ [$\vec{H}$ = চুম্বকন ক্ষেত্র, $\vec{M}$ = চুম্বকন]

$\vec{M} = \frac{\vec{P_m}}{V}$ [ $P_m$ = চৌম্বক ভ্রামক  $V$ = পদার্থের আয়তন ]

$\vec{M} = K\vec{H}$ [ $K$ = চৌম্বক গ্রাহিতা ]

$\chi = \frac{K}{\rho}$ [ $\rho$ = পদার্থটির ঘনত্ব ]

$K = \mu_r - 1$




$H = I\cos\theta$ , $V = I\sin\theta$

$V = H\tan\theta$ , $I = \sqrt{V^2 + H^2}$

ভৌগোলিক মধ্যতলের উপর,

$H' = H\cos\delta$ , $V' = V$