

Kunthavai Naacchiyaar Government Arts College(W)

(Autonomous), Thanjavur-613 007.

Department of Physics



ELECTRICITY AND MAGNETISM

18K5P07

1.Mrs.M.Suganthi,(UNIT-III & IV)

Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.

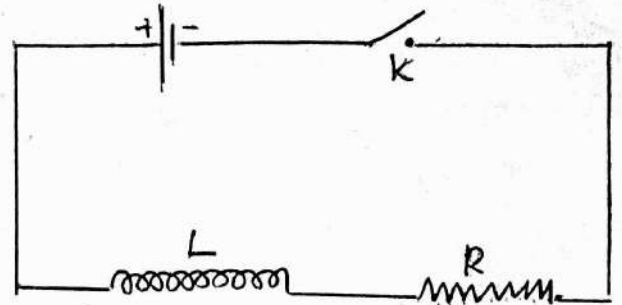
2.Mrs.A.Velumani(UNIT-V)

Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.

Hemholtz Equation:

i) Growth of current in a circuit containing R resistance and L inductance:

Consider a circuit containing a battery, a key, an inductance  $L$  and a resistance  $R$  joined in series. EMF of the battery =  $E$ .



When the key is suddenly pressed, there is growth of current in the circuit and a back emf is induced.

Suppose, the current flowing at any instant during growth =  $I$

$$\text{Then, } E = RI + L \frac{dI}{dt}$$

When the current reaches the maximum value  $I_0$ ,  $L \frac{dI}{dt} = 0$

$$E = RI_0$$

$$\text{From (i) and (ii), } RI_0 = RI + L \frac{dI}{dt}$$

$$R(I_0 - I) = L \frac{dI}{dt}$$

$$I_0 - I = x$$

Differentiating with respect to time,  $-\frac{dI}{dt} = \frac{dx}{dt}$

$$Rx = -L \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{dx}{x} = -\frac{R}{L} dt$$

Integrating,  $\log_e x = -\frac{R}{L} t + k$  where  $k$  is a constant

$$\therefore \log_e (I_0 - I) = -\frac{R}{L} t + k$$

When,  $t=0$ ,  $I=0$ ,  $\therefore \log_e I_0 = k$

$$\therefore \log_e (I_0 - I) = -\frac{R}{L} t + \log_e I_0$$

$$\log_e (I_0 - I) - \log_e I_0 = -\frac{R}{L} t$$

$$\log_e \left( \frac{I_0 - I}{I_0} \right) = -\frac{R}{L} t$$

$$\frac{I_0 - I}{I_0} = e^{-\frac{R}{L} t}$$

$$I - \frac{I}{I_0} = e^{-R/Lt}$$

$$I = I_0(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

The quantity  $\frac{L}{R}$  is called the time constant of the circuit

$$I = I_0(1 - e^{-1}) = I_0(1 - \frac{1}{e})$$

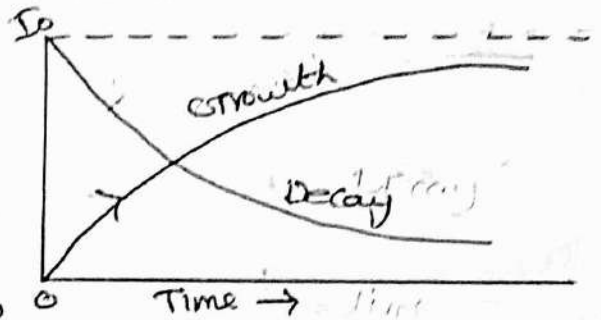
$$\text{If } \frac{L}{R} = t,$$

$$\frac{1}{e} = \frac{1}{2.718} = 0.368$$

$$I = I_0(1 - 0.368) = 0.632I_0$$

The time constant ( $L/R$ ) of a circuit is the time taken by the circuit to follow from zero to 0.632 times the steady maximum value in the circuit.

The graph between current and time at the time of growth of current is shown. Equation (iv) shows that the current will require infinite time to attain its maximum value  $I_0$  but  $\frac{L}{R}$  is usually small and the current  $I$  attain a value near the maximum value  $I_0$  in a short time has been found that the approximate maximum value  $I_0$  is reached in a time five times the time constant.



### Decay of current in a circuit containing L and R.

When the current in the circuit containing a resistance and inductance suddenly switched off, an induced EMF is again produced. In this case  $E=0$  and at any instant during decay.

$$0 = RI + L \frac{dI}{dt}$$

Integrating  $\log_e I = -\frac{R}{L}t + k$  where  $k$  is constant

When  $t=0$ ,  $I=I_0$   $\therefore \log_e I_0 = k$

$$\log_e I = -\frac{R}{L}t + \log_e I_0,$$

$$\log_e \frac{I}{I_0} = -\frac{R}{L}t$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$$

If a graph is plotted between current and time during decay, it will be an exponential curve. The decay curve is a just reflection of the growth curve.

Here also  $\frac{L}{R}$  is constant If  $\frac{L}{R} = \tau$

then,  $I = I_0 e^{-1} = 0.368 I_0$

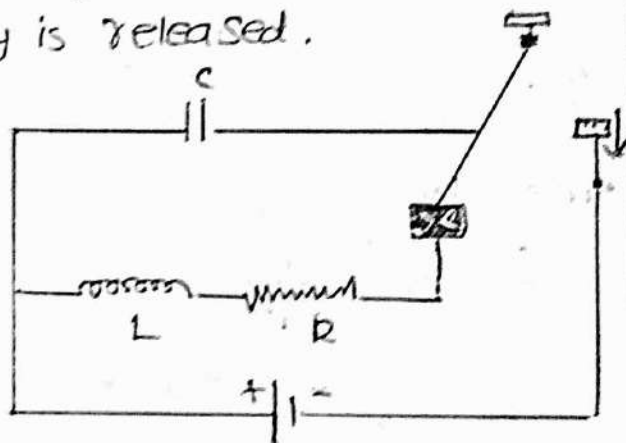
Therefore, the time constant can be defined as the time taken by the current to fall from maximum to 0.368 of its maximum value in the circuit.

### Discharge of a condenser Through R and L.

When the condenser C is charged by pressing the morse key, it gets discharged through an inductance L and resistance R when the key is released.

Suppose, during discharge at any instant charge on the condenser =  $q$ , current flowing =  $I$  and rate of fall of current

$$= \frac{dI}{dt}$$



In this case,  $\frac{q}{c} + RI + L \frac{dI}{dt} = 0$  But,  $I = \frac{dq}{dt}$  and  $\frac{dI}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$

$$\therefore L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{c} = 0$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{Lc} = 0, \text{ Taking } \frac{R}{L} = 2b \text{ and } \frac{1}{Lc} = k^2$$

we get,  $\frac{d^2q}{dt^2} + 2b \frac{dq}{dt} + k^2 q = 0$

The general solution of this equation is

$$Q = Ae^{(-b + \sqrt{b^2 - k^2})t} + Be^{(-b - \sqrt{b^2 - k^2})t}$$

When,  $t=0$ ,  $Q = Q_0$  and from equation (ix)

$$A + B = Q_0$$

Differentiation equation (ix)

$$\frac{dQ}{dt} = A(-b + \sqrt{b^2 - k^2}) e^{-(b + \sqrt{b^2 - k^2})t} + B(-b - \sqrt{b^2 - k^2}) e^{-(b - \sqrt{b^2 - k^2})t}$$

When,  $t=0$ ,  $\frac{dQ}{dt} = 0$

$$\therefore A(-b + \sqrt{b^2 - k^2}) + B(-b - \sqrt{b^2 - k^2}) = 0$$

$$-b(A+B) + \sqrt{b^2 - k^2} (A-B) = 0$$

$$-bQ_0 + \sqrt{b^2 - k^2} (A-B) = 0$$

$$A-B = \frac{bQ_0}{\sqrt{b^2 - k^2}}, \text{ adding } x \text{ and } xi$$

$$2A = Q_0 \left(1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}}\right), \quad A = \frac{Q_0}{2} \left(1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}}\right)$$

Subtracting  $xi$  and  $x$

$$2B = Q_0 \left(1 - \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}}\right), \quad B = \frac{Q_0}{2} \left(1 - \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}}\right)$$

Substituting the value  $A$  and  $B$  in equation.

$$Q = \frac{Q_0}{2} \left(1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}}\right) e^{-(b + \sqrt{b^2 - k^2})t} + \frac{Q_0}{2} \left(1 - \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}}\right) e^{-(b - \sqrt{b^2 - k^2})t}$$

Substituting the value of  $b$  and  $k$ .

$$Q = \left[ \frac{Q_0}{2} \left(1 + \frac{R/2L}{\sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}}\right) e^{\left(-\frac{R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}\right)t} + \left[ \frac{Q_0}{2} \left(1 - \frac{R/2L}{\sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}}\right) e^{\left(-\frac{R}{2L} - \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}\right)t} \right] \right]$$

Special cases:

1) When  $\frac{R^2}{4L^2} = \frac{1}{LC}$  from equation

$$Q = Q_0 e^{-Rt/2L}$$

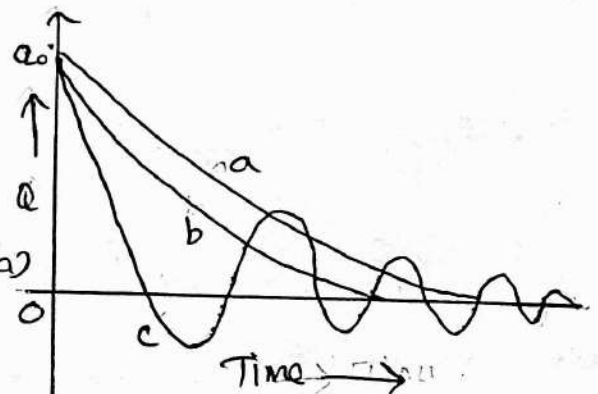
which show that the discharge is aperiodic and critically damped. The curve is an exponential decay curve (a)

(2) When  $\frac{R^2}{4L^2} > \frac{1}{LC}$ , the square roots

are real and the discharge is non-

oscillatory and is said to be dead beat as represented by curve (b) In this case  $R^2 > \frac{4}{LC}$ .

(3) When  $\frac{R^2}{4L^2} < \frac{1}{LC}$  the square roots are imaginary. From equation (xiv) taking  $\frac{R^2}{4L^2} = b^2$ ,  $\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC} = b^2 - k^2$  and  $j = \sqrt{-1}$ ,



$$Q = \frac{Q_0}{2} \left[ H \frac{b}{j\sqrt{k^2-b^2}} e^{(-b+j\sqrt{k^2-b^2})t} + \left(1 - \frac{b}{j\sqrt{k^2-b^2}}\right) e^{(-b-j\sqrt{k^2-b^2})t} \right]$$

$$Q = Q_0 e^{-bt} \left[ \frac{e^{j\sqrt{k^2-b^2}t} + e^{-j\sqrt{k^2-b^2}t}}{2} + \frac{b}{\sqrt{k^2-b^2}} \left( \frac{e^{j\sqrt{k^2-b^2}t} - e^{-j\sqrt{k^2-b^2}t}}{2} \right) \right]$$

$$Q = Q_0 e^{-bt} \left[ \cos \sqrt{k^2-b^2}t + \frac{b}{\sqrt{k^2-b^2}} \sin \sqrt{k^2-b^2}t \right]$$

$$Q = \frac{Q_0 e^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}} \left[ \frac{\sqrt{k^2-b^2}}{k} \cos \sqrt{k^2-b^2}t + \frac{b}{k} \sin \sqrt{k^2-b^2}t \right]$$

Let  $\frac{\sqrt{k^2-b^2}}{k} = \sin \theta$  and  $\frac{b}{k} = \cos \theta$ . Then  $\tan \theta = \frac{\sqrt{k^2-b^2}}{b}$

$$\therefore Q = \frac{Q_0 e^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}} \left[ \sin(\sqrt{k^2-b^2}t) \cos \theta + \cos(\sqrt{k^2-b^2}t) \sin \theta \right]$$

$$Q = \frac{Q_0 e^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}} \sin(\sqrt{k^2-b^2}t + \theta)$$

Substituting the values of  $b$  and  $k^2$

$$Q = \frac{Q_0 e^{-\frac{R}{2L}t}}{\sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}\right)} \sqrt{LC}} \sin\left(\sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}\right)} t + \theta\right)$$

In this case the discharge is oscillatory as represented by the curve. This discharge is of simple harmonic type and the natural frequency of circuit  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$

When  $R=0$ ,  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Results: 1. When  $R^2 > \frac{4L}{C}$ , the discharge is non-oscillatory and dead, 2. When  $R^2 = \frac{4L}{C}$ , the discharge is aperiodic and critically damped.

Measurement of high Resistance by Leakage Method.

To measure a high resistance of the order of megohm condenser is initially charged and the charge is allowed to leak through the resistance for a known interval of time and the resistance change on the condenser is measured with a ballistic galvanometer. Let  $C$  be capacity of the condenser and  $R$  the high resistance  $Q_0, V_0$  the initial

charge the potential of the condenser and  $q_0$  V the corresponding values after time  $t$  second

At any instant during leakage  $\frac{q}{C} + RI = 0$

where  $I$  is the leakage current through the resistance.

But  $I = \frac{dq}{dt}$

$$\frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt} = 0$$

$$\frac{dq}{q} = - \frac{dt}{RC}$$

Integrating

$$\log_e q = - \frac{t}{RC} + k, \text{ when } t=0, q=q_0$$

$$\log_e q_0 = k \text{ ----- (i)}$$

Substituting this value of  $k$  in (i)

$$\log_e q = - \frac{t}{RC} + \log_e q_0$$

$$\log_e \left( \frac{q_0}{q} \right) = \frac{t}{CR}$$

$$R = \frac{1}{C \log_e \left( \frac{q_0}{q} \right)}$$

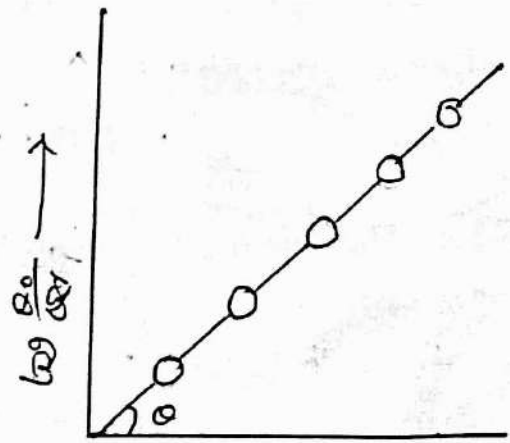
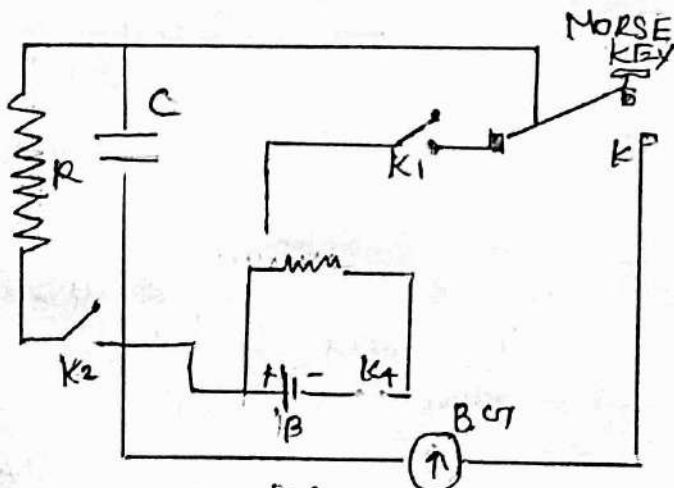
$$C = \frac{q_0}{V_1}$$

$$\frac{q_0}{q} = \frac{V_0}{V}$$

But

$$R = \frac{t}{C \log_e \frac{V_0}{V}} = \frac{t}{2.3026 C \log_{10} \frac{V_0}{V}}$$

The resistance and the condenser are connected in the circuit.



(a) (A)

(b)  $\rightarrow$

Initially, the key  $K_1$  is pressed and released so that the condenser gets charged to a potential  $V_0$ . Now the Morse key  $K$  is pressed and the first throw  $\theta_0$  is noted. This throw will be proportional to  $V_0$ . In the second part of the experiment, the condenser is again charged to a potential  $V_0$  by pressing  $K_1$  and releasing it. Now the key  $K_2$  is pressed for a measured interval of time  $t$  second and released. Let the potential of the condenser now be  $V_1$ . By pressing the key  $K_1$  the first throw  $\theta_1$  is noted which will be proportional to  $V_1$ .

Substituting  $\frac{V_0}{V_1} = \frac{\theta_0}{\theta_1}$  in (ii)

$$R = \frac{t}{2.3026 C \log_{10} \left( \frac{\theta_0}{\theta_1} \right)} \rightarrow (iii)$$

In equation (iii), if  $C$  is in farads and  $t$  is in seconds then  $R$  is in ohms. Knowing the value of  $C$ ,  $R$  can be calculated.

The values of  $\theta_1$  are noted for different values of  $t$  and a graph is drawn between  $t$  and  $\log_{10} \left( \frac{\theta_0}{\theta_1} \right)$ . The graph is a straight line and the slope measurement  $\frac{1}{2.3026 CR}$ .

The value of the high resistance obtained from this experiment may not be accurate if there is natural leakage in the condenser due to its dielectric. Then as  $R_L$  and  $R$  are parallel  $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R}$  from which  $R$  can be calculated.

The above method can be used to measure the insulation resistance of a cable, the resistance of insulating material as well as to compare two high resistances.

$$R_1 = \frac{1}{2.3026 C \log_{10} \left( \frac{\theta_0}{\theta_1} \right)}, \quad R_2 = \frac{t}{2.3026 C \log_{10} \left( \frac{\theta_0}{\theta_2} \right)}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\log_{10} \left( \frac{\theta_0}{\theta_1} \right)}{\log_{10} \left( \frac{\theta_0}{\theta_2} \right)} \quad \text{knowing } \theta_0, \theta_1 \text{ and } \theta_2; \frac{R_1}{R_2} \text{ can be}$$

calculated.  $\frac{R_1}{R_2}$  can also be calculated from the graph between  $\left[ \log_{10} \left( \frac{\theta_0}{\theta_1} \right) \right]$  and  $t$  for  $R_1$  and  $\left[ \log_{10} \left( \frac{\theta_0}{\theta_2} \right) \right]$  and

### AC circuit containing Resistance, Inductance and capacitance.

Consider a circuit containing a resistance  $R$ , and inductance  $L$  and a capacitance  $C$  joined in series.



Let the current at any instant be given by

$$I = I_0 \sin \omega t$$

$\therefore$  EMF is any instant

$$E = V_R + V_L + V_C$$

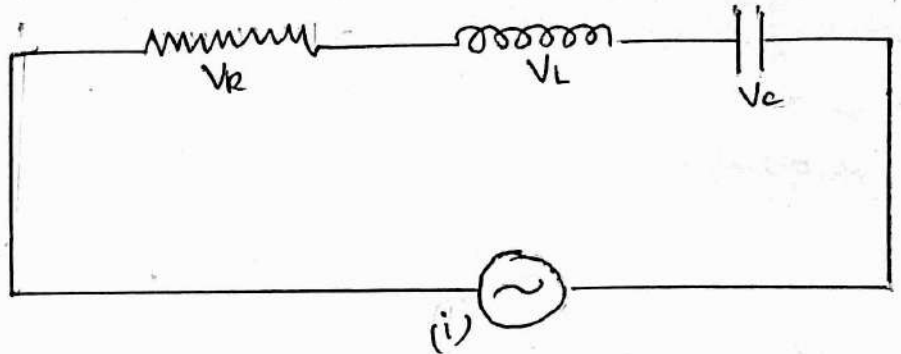
$$E = RI + L \frac{dI}{dt} + \frac{Q}{C}$$

Differentiating equation

$$\frac{dI}{dt} = \omega I_0 \cos \omega t$$

$$Q = \int I dt = \int I_0 \sin \omega t dt$$

$$= - \frac{I_0 \cos \omega t}{\omega}$$

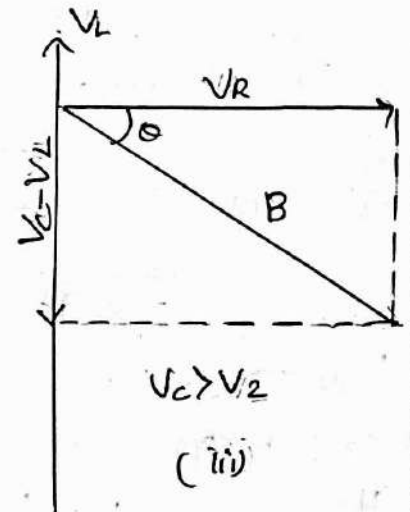
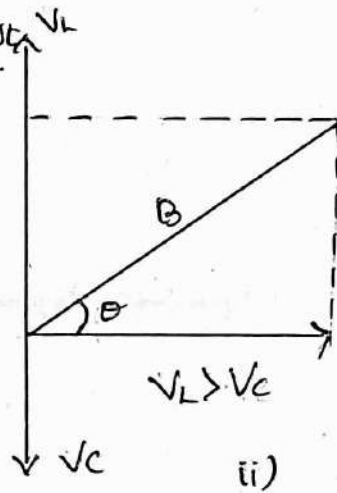


$$E = RI_0 \sin \omega t + L \omega I_0 \cos \omega t + \frac{1}{C} \omega I_0 \cos \omega t$$

$$= I_0 \left[ R \sin \omega t + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \cos \omega t \right]$$

$$= I_0 \sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}$$

$$\left[ \sin \omega t \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}} + \cos \omega t \frac{\left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)}{\sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}} \right]$$



$$\frac{R}{\sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}} = \cos \theta, \quad \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{\sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}} = \sin \theta, \quad \tan \theta = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$$

$$E = I_0 \sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2} [\sin \omega t \cos \theta + \cos \omega t \sin \theta]$$

$$= I_0 \sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2} \sin(\omega t + \theta) \text{ when } \sin(\omega t + \theta) = 1$$

$E = E_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}$ , Here  $\sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}$  is the impedance the circuit

$$\therefore Z = R + j \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) = \sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}$$

cases: 1) when  $L\omega > \frac{1}{C\omega}$  the EMF will lead the current by  $\theta$  whose  $\tan^{-1} \left( \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \right)$ , 2) when  $L\omega < \frac{1}{C\omega}$  the EMF will lag

behind the current by  $\phi$  where  $\tan^{-1}\left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)$

When  $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ ,  $\phi = 0$ .

### Parallel Resonance circuit:

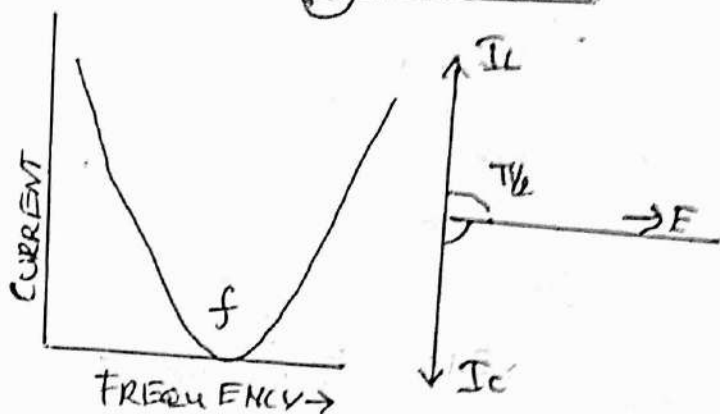
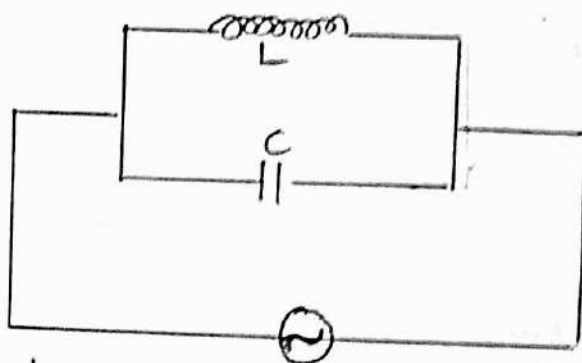
When an inductance  $L$  of negligible resistance and capacitance  $C$  are parallel to an AC supply. The total current in the circuit =  $I_C - I_L$  or  $I_L - I_C$  and is either leading behind the EMF as the case may be.

$$I_L = \frac{E}{L\omega} \text{ and } I_C = EC\omega$$

When  $I_L = I_C$ ,  $\frac{E}{L\omega} = EC\omega$

$$\therefore \omega^2 = \frac{1}{LC} \text{ But } \omega = 2\pi f$$

$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ or } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



### Q - Quality Factor:-

The quality factor for a circuit containing  $R, L$  and  $C$  is given by  $Q = 2\pi \left[ \frac{\text{Maximum Energy stored}}{\text{Energy dissipated per cycle}} \right]$

i) For circuit containing  $R$  and  $L$  the maximum energy =  $\frac{1}{2} LI_{\text{max}}^2$   
The energy dissipated by cycle of time period  $T$

$$= \left( \frac{I_{\text{max}}^2 R}{2} \right) T, \quad Q = 2\pi \left[ \frac{\frac{1}{2} LI_{\text{max}}^2}{\left( \frac{I_{\text{max}}^2 R}{2} \right) T} \right] = \frac{2\pi L}{RT}$$

But  $T = \frac{1}{f}$ ,  $Q = \frac{2\pi f L}{R} = \frac{L\omega}{R}$

ii) For a circuit containing  $R$  and  $C$  maximum Energy stored =  $\frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} C \left[ \frac{I_{\text{max}}}{C\omega} \right]^2 = \frac{I_{\text{max}}^2}{2C\omega^2}$

Energy dissipated per cycle of time period  $T$

$$= \left( \frac{I_{\max}^2 R}{2} \right) T$$

$$Q = \frac{2\pi \left[ \frac{I_{\max}^2}{2(\omega^2)} \right]}{\left( \frac{I_{\max}^2 R}{2} \right) T} = \frac{2\pi}{\omega^2 CR T} \quad \text{But } T = \frac{1}{f}$$

$$Q = \frac{2\pi f}{\omega^2 CR} = \frac{\omega}{\omega^2 CR \cdot \omega CR}$$

iii) In a circuit containing  $R, L$  and  $C$  in series, at resonance a constant of energy stored.

$$\text{Here } \frac{1}{2} C V_{\max}^2 = \frac{1}{2} L I_{\max}^2$$

$\therefore$  Quality factor,

$$Q = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR}$$

In an LCR series circuit, the current  $I$  depends upon frequency  $f$ . If a graph is plotted between  $I$  and  $\omega$ , first  $I$  increases reaches a maximum value of resonance and then decreases. At  $\omega_0$  the current is maximum  $I_0$ . The points  $A$  and  $B$  on the graph are called half power points because at  $I = 0.707 I_0$  the power is half.

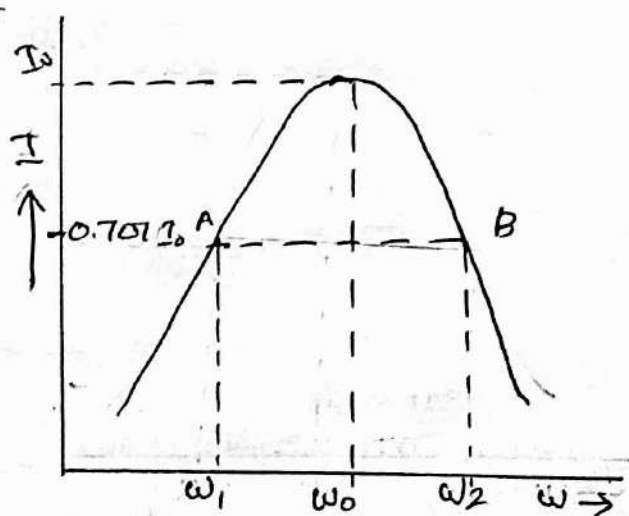
Now, the quality factor is the ratio of  $\omega_0$  and  $\omega_2 - \omega_1$ ,

$$Q = \left( \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} \right) = \frac{2\pi f_0}{2\pi (f_2 - f_1)}$$

$$\text{also, } Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

$f_2 - f_1$  is also called band width (BW)

$$Q = \frac{f_0}{(BW)}$$



Note. At lower half power point,

$$R = \left( \frac{1}{C\omega_1} - L\omega_1 \right) \text{ and higher half power point}$$

$$R = \left( L\omega_2 - \frac{1}{C\omega_2} \right)$$

# UNIT-III

## DC AND AC CIRCUITS

1. மின்னிறைவு - மின்தூல தொண்ட சுற்று: (L-R Circuit):

மின்னொட்ட உளர்ச்சி (Growth of current):

தன் மின்னிறைவு  $L$  தொண்ட சுருள், மின்தூல  $R$ , மின்னிறைவுக்கு உறை  $E$  தொண்ட மின்தூலம், சாறு  $K$  சூகையவை படத்தில் காட்டியவாறு தொடராக கிணைக்கப்பட்டுள்ளது. சாறுகைய சூடியவுடன் சுற்றியுள்ள மின்னொட்டலானது குறுகைய காலத்தில் 0 லுக்கு உச்ச மதியி  $i_0$  அடைகிறது. சாறு சூடிய  $t$  தொடக்குப்பின் சுற்றியுள்ள மின்னொட்டம்  $i$  எனக் தொண்டவாம். சுருள்  $L$ -ல் தொன்றும் சூண்டு மின்தூலக்குகிறை  $L \cdot \frac{di}{dt}$  மின்னொட்ட உளர்ச்சியை எதிர்த்துகிறது. எனவே மின்னொட்டத்தை எதிர்த்தும் எதிர்த்து மின்தூலக்குகிறை  $(E - L \cdot \frac{di}{dt})$  ஆகும்.

$$\text{ஆம் வகையான பட } (E - L \cdot \frac{di}{dt}) = Ri$$

$$\therefore L \cdot \frac{di}{dt} + Ri = E \quad \dots \dots (1)$$

மின்னொட்டம் உச்ச மதியி  $i_0$  அடையுள்ளபடி

$$L \cdot \frac{di}{dt} = 0 \quad \dots \dots (1)$$

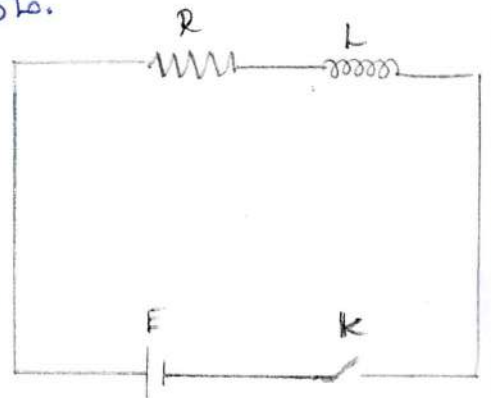
$$\therefore E = Ri_0 \quad \dots \dots (2)$$

சமன்பாடு (2) உ சமன்பாடு (1)ல் மதியில் எதிர்த்து

$$L \cdot \frac{di}{dt} + Ri = Ri_0$$

$$\therefore R(i_0 - i) = L \frac{di}{dt}$$

$$\therefore \frac{di}{i_0 - i} = \frac{R}{L} dt \quad \dots \dots (3)$$



சமன்பாடு (3) ஐ தொகுத்துக்கொடுக்க சரியாக,

$$-\log(i_0 - i) = \frac{R}{L} \cdot t + C \dots (4)$$

இங்கு C தொகுத்துக்கொடுக்க மாறிலி

t=0 ஐக் கொள்ளப்போகிறீர்கள் i=0

$$C = -\log i_0 \dots (5)$$

C-ஐ மதிப்பிடுகிறீர்கள் சமன்பாடு (4) ல் பதிலாக சரியாக,

$$-\log(i_0 - i) = \frac{R}{L} t - \log i_0$$

சரிவாக  $\log(i_0 - i) - \log i_0 = -\frac{R}{L} \cdot t$

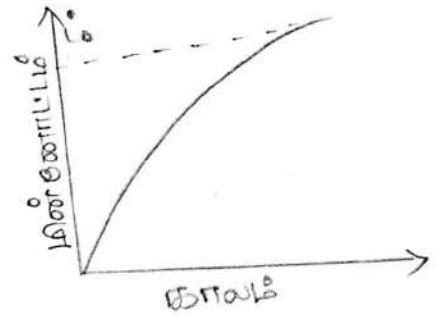
$$\therefore \log\left(\frac{i_0 - i}{i_0}\right) = -\frac{R}{L} \cdot t$$

$$\frac{i_0 - i}{i_0} = e^{-(R/L) \cdot t}$$

$$\therefore i_0 - i = i_0 e^{-(R/L) \cdot t}$$

$$\therefore i = i_0 (1 - e^{-(R/L) \cdot t}) \dots (6)$$

சமன்பாடு (6) சற்றுவி சற்றுவி மின்னோட்ட உள்நிழலியைக்



கருகிறது.

### ii) மின்னோட்டச் சிதைவு (Decay of current)

புலத்தில் காட்டப்பட்ட சாற்றிணைக் கருகுவோம். சாற்றி

முடப்பட்ட நிலையில் சாற்றிணை உடனடியாகச் சரியாகும் உச்ச மின்னோட்டம்

i\_0 ஆகும். சாற்றியைத் திறந்தால் சாற்றியுள்ள மின்னோட்டம் விரை

E=0 ஆகும். மின்னோட்டமானது உச்சமதிப்பு i\_0 வரிக் குறுகிய

காலத்தில் 0-ஐ அடைகிறது.

$$\therefore L \cdot \frac{di}{dt} + Ri = 0$$

சரிவாக  $\frac{di}{i} = -\frac{R}{L} \cdot dt \dots (1)$

சமன்பாடு (1) ஐ தொகுத்துக்கொடுக்க சரியாக,

$$\log i = -\frac{R}{L} \cdot t + C \dots (2)$$

கிரேடு C தொகையாகக் கம் செய்ய மாறிலி

$$t=0 \text{ எண்ணி } i=i_0$$

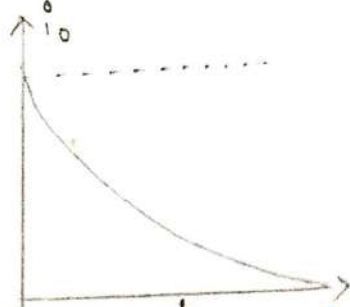
$$\therefore \log i_0 = C \quad \dots \dots (3)$$

மீண்டும் (3) ஐ மீண்டும் (2) ல் பதிலீடு செய்ய,

$$\log i = -\frac{R}{L} \cdot t + \log i_0 \quad \dots \dots (4)$$

$$\log \frac{i}{i_0} = -\frac{R}{L} \cdot t$$

$$\log \frac{i}{i_0} = C \left( \frac{R}{L} \right) \cdot t \quad \dots \dots (5)$$



மீண்டும் (5) சாதிக்கக் கிரேடு t தொகைக் கிடைக்க மின் சுற்றில் செய்யும் மின்னோட்டத்தைக் கண்காண்க. மின்னோட்ட சிதைவின் மூலம் t-க்கும் i-க்கும் உள்ள தொடர்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டம் எஃக்பாறண்சியல் சிதைவுகிறது. காரணம் கால முடிவில் மின்னோட்டம் சூழி மதிப்பை அடைகிறது.

$$t = \frac{L}{R} \text{ எண்ணி,}$$

$$i = i_0 e^{-1} = 0.368 i_0 \quad \dots \dots (6)$$

மின்னோட்ட மதிப்பைக் கிடைக்க அதன் உச்ச மதிப்பிலிருந்து 0.368 ஆக சிதைவதற்கு எடுக்கக்கூடிய காலம் ஒரு மீட்டர் காலமாறிலி எனப்படும்.

## 2. மின்னோட்டம் - மின்னோட்ட தொகை சுற்று

(i) மின்னோட்ட வளர்ச்சி: (Growth of charge):

\* மின்னோட்டத்தின் C தொகை மின்னோட்டம்,

மின்னோட்ட R, மின்னோட்ட வளர்ச்சி E தொகை மின்னோட்டம், சாதிக்க ஆகியவை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. சாதிக்க முடியும் குறுகிய காலத்தில் மின்னோட்டம் மின்னோட்டம் சாதிக்கக்கூடிய உச்ச மதிப்பு

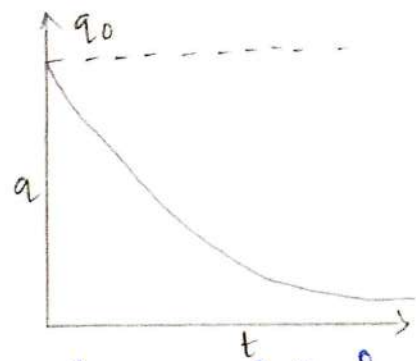
90-ஐ அடைகிறது. சாதிக்க முடியும் t-தொகைக் கிடைக்க மின்னோட்டம் வளர்ச்சி மின்னோட்டம் 90-ஐ அடையும், மின்னோட்டம் i அடையும்

எகாள்லாம். மின்சேக்கியன் தகடுதட்டிலையுள்ள மின்னகூத்து  
 சவறுபாடு  $q/c$  மின்னியக்கிவிதை  $E - \text{ஐ}$  எதிர்த்திறகு. என்செ  
 சிறீறியுள்ள சவயுறு மின்னகூத்தம்  $(E - q/c)$  சப்தம். சிதனாலி  
 சதானீறும் மின்னோட்டம்  $i$  என்னை, மின்சுதலயன்

$$\log \frac{q}{q_0} = - \frac{t}{CR}$$

$$\therefore \frac{q}{q_0} = e^{-t/CR}$$

$$\therefore q = q_0 e^{-t/CR}$$



கிச்சமன்பாட்டிலிருந்து மின்னோட்டமானது எக்டொரணன் சியல்  
 முறையால் சிதைவுறுகிறது. என்பகு சதானகிறது.

$$t = CR \text{ என்னை}$$

$$q = q_0 e^{-1}$$

$$q = 0.368 q_0$$

மின்னோட்டமானது சிதன் உச்ச மதிப்பிலிருந்து 0.368 ிந்து  
 குறைவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் சநரம் கால மாறில என்மீட்டம்.

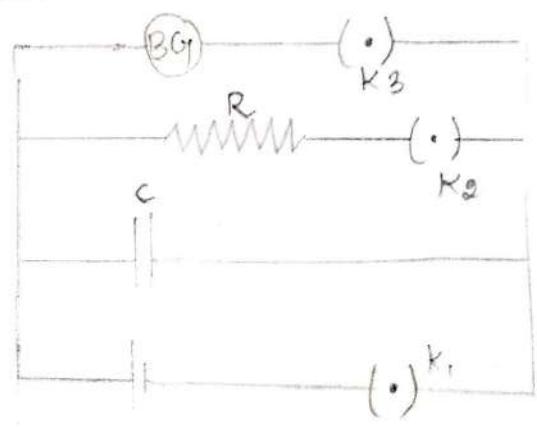
### 3. கசிவு முறையால் உயர்மினிதடை காணல் (High resistance by leakage)

\* மின்சேக்கித்திறன்  $C$  எகாண்ட வுரு மின்சேக்கி சதன்  
 உச்ச மதிப்பு  $q_0$  ிந்து மின்னோட்டப்படுகிறது. மின்  $t$  சநாடி  
 சநரத்தற்கு மின்தடை  $R$  உழியாத மின்னாற்றக்கம் சதலயசீசெய்வகாண்  
 எகாள்லாம்.  $t$  சநாடிக்குப்பின் மின்சேக்கியுள்ள மின்னோட்டம்

$$q = q_0 e^{-t/CR}$$

$$\frac{q}{q_0} = e^{-t/CR}$$

$$\log \frac{q}{q_0} = - \frac{t}{CR}$$



$$\therefore R = \frac{t}{c \log \frac{q_0}{a}}$$

$$\therefore R = \frac{1}{c \times 2.303 \times \log_{10} \frac{q_0}{a}} \dots \dots (1)$$

மின்செக்கி  $c$  ஒரு மின்கலக் கட்டை சாவி  $K_1$  மூலம் திறக்கப்பட்டுள்ளது. மின்செக்கியின் துகடுகட்கிடையே உயர் மின் தடை  $R$ , சாவி  $K_2$  மூலம் திறக்கப்பட்டுள்ளது. மின்செக்கியின் துகடுகள் சாவி  $K_3$  மூலம் மூடப்பட்டு ஒரு  $B.G$  உடன் படிக் கிவ் திறக்கப்பட்டுள்ளது.

சாவி  $K_1$  மூலம் மின்செக்கியின் உச்சமதிப்பு  $q_0$  மீது மின்செக்கி உயரும். இப்போது  $K_1$  மூலம் திறக்கி,  $K_3$  மூலம் மின்செக்கியின் மின்செக்கியின் மின்செக்கியின்  $B.G$  உட்கொண்ட மின்செக்கியின்  $B.G$  -ல் திறக்கி உயரும் அல்லது  $0$  அல்ல ,

$$q_0 \propto 0 \dots \dots (2)$$

மீண்டும் சாவி  $K_1$  மூலம் மின்செக்கியின் உயர் மதிப்பு  $q_0$  -மீது மின்செக்கி உயரும். அடுத்து  $K_1$  மூலம் திறக்கி,  $K_2$  மூலம்  $t$  -நேரத்திற்கு மின் தடை  $R$  உட்கொண்ட மின்செக்கியின் மின்செக்கியின் மின்செக்கியின்  $K_2$  மூலம் திறக்கி  $K_3$  மூலம் மூடப்பட்டு, மின்செக்கியின் மின்செக்கியின்  $B.G$  உட்கொண்ட மின்செக்கியின்  $B.G$  -ல் திறக்கி உயரும் அல்லது  $0$  அல்ல ,

$$q \propto 0 \dots \dots (3)$$

மேலே உள்ள (1) மூலம் (2) மூலம் உயர் மதிப்பு ,

$$\frac{q_0}{a} = \frac{0}{0} \dots \dots (4)$$

மேலே உள்ள (1) -ல் பதிலிட மதிப்பு ,



$$R = \frac{1}{C \times 0.303 \times \log \frac{Q_0}{Q}} \dots (5)$$

$t, C, Q_0, Q$  ஆகியவற்றின் மதிப்பு  $t$  தகவலாகவும் உயர் மின்னோட்டை  $R$  கணக்கிடலாம். ஆனால் சோதனையால் பல மாறுபட்ட காலநிலைகளுக்கு மூலகம்  $Q$  அளவிட வேண்டும்.

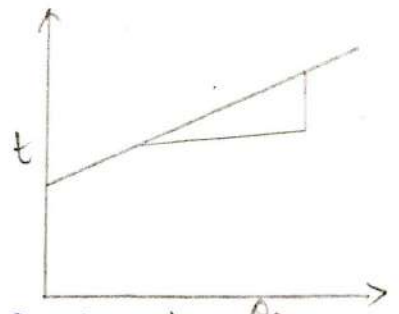
இப்போது  $t$ -க்கும்,  $\log \frac{Q_0}{Q}$ -க்கும்

உறையும் உரைவடிவ வேண்டும். சிறு படத்தில்

காலடியாவாறு ஒரு சந்தர்ப்பகாலாட்டம். இதற்கு

சந்தர்ப்பகாலாட்டம் உறையும்  $\frac{t}{\log \frac{Q_0}{Q}}$  காண வேண்டும்.  $\log \frac{Q_0}{Q}$

இதனைச் சமன்பாடு (5)-ல் பதிலீடு செய்து, உயர் மின்னோட்டை  $R$  கணக்கிடலாம்.



#### 4. மின்நிலைமம், மின்னோட்டம்

மின்னோட்டை கொண்ட சந்தர்ப்ப (L-C-R circuit)

i) மின்னோட்டின் வளர்ச்சி (Growth of charge):-

\* தன் மின் நிலைமம்  $L$  கொண்ட சந்தர்ப்ப, மின்னோட்டின்

மின்னோட்டின்  $C$  கொண்ட மின்னோட்டம், மின்னோட்டை  $R$

ஆகியவை மின்னோட்டின் மூலகம்  $E$  கொண்ட மின்னோட்டின்

சாதி  $K$  உடனடியாக படத்தில் காலடியாவாறு தகவலாக கிணைக்கி-

படங்கள். சாதி  $K$  மூலப்பகுதியாக, சந்தர்ப்பின் உடனடியாக

மின்னோட்டம் சமீப, மின்னோட்டின் மின்னோட்டை கிணைக்கி.

(ii) மின்னோட்டின் அடைதல் (Decay of charge):

\* மின்னோட்டின் அதன் உச்ச மதிப்பு  $Q_0$ -க்கு மின்னோட்டின்

மின் நிலைமம்  $L$ , மின்னோட்டை  $R$  உடனடியாக மின்னோட்டின் மூலகம்  $E$  சமீப உதாசனம். சமீப உதாசனம்  $t$  தகவலுக்குப் மின்

சுற்றியுள்ள மின்னோட்டம்  $i$  எனவும், மின்னூட்டம்  $q$  எனவும் கொள்வோம்.

$$\therefore L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = 0$$

ஆனால்,  $i = \frac{dq}{dt}$ ;  $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$

$$\therefore L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

சமீபத்தில்  $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0 \dots\dots(1)$

$\frac{R}{L} = 2b$  எனவும்  $\frac{1}{LC} = k^2$  எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 2b \frac{dq}{dt} + k^2 q = 0 \dots\dots(2)$$

சமன்பாடு (2) ன் தீர்வு கீழ்க்கண்டவாறு அடையும்.

$$q = e^{-bt} \left( A e^{\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} + B e^{-\sqrt{b^2 + k^2} \cdot t} \right) \dots\dots(3)$$

$A, B$  ஆகியவை மாறிலிகள். ஆரம்ப நியந்தனையளிக்கும் கிடைப்பின் மதிப்பினைக் காண வேண்டும்.

$t=0$  எனின்  $q = q_0$

இதனை சமன்பாடு (3) ல் பதிலிட செய்வ

$$q_0 = A + B \dots\dots(4)$$

சமன்பாடு (3) ல் பதிக்கீட்டை செய்வ

$$\frac{dq}{dt} = e^{-bt} \left[ \sqrt{b^2 - k^2} \cdot A e^{\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} - \sqrt{b^2 - k^2} \cdot B e^{\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} \right]$$

$$- b e^{-bt} \left[ A e^{\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} + B e^{\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} \right] \dots\dots(5)$$

$t=0$  எனின்  $\frac{dq}{dt} = 0$

திருணர் சமன்பாடு (5) ல் பதிலீடு செய்தல்

$$0 = \sqrt{b^2 - k^2} (A - B) - b(A + B)$$

ஆனால்  $A + B = q_0$

$$\therefore 0 = \sqrt{b^2 - k^2} (A - B) - bq_0$$

$$\therefore A - B = \frac{bq_0}{\sqrt{b^2 - k^2}} \dots \dots (6)$$

சமன்பாடு (4) , (6) ஆகியவற்றிலிருந்து,

$$A = \frac{1}{2} q_0 \left( 1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}} \right) \dots \dots (7)$$

$$B = \frac{1}{2} q_0 \left( 1 - \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}} \right) \dots \dots (8)$$

A, B ஆகியவற்றின் மதிப்பினை சமன்பாடு (3) ல் பதிலீடு செய்தல்,

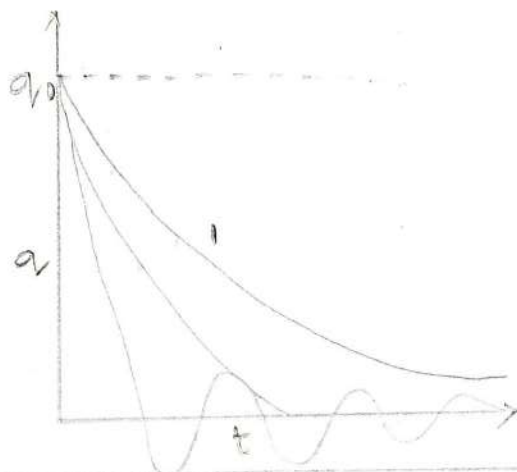
$$q = e^{-bt} \left[ \frac{1}{2} q_0 \left( 1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}} \right) e^{\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} q_0 \left( 1 - \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}} \right) e^{-\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} \right]$$

$$\therefore q = \frac{1}{2} q_0 e^{-bt} \left[ \left( 1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}} e^{\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} \right) \right.$$

$$\left. + \left( 1 - \frac{b}{\sqrt{b^2 - k^2}} \right) e^{-\sqrt{b^2 - k^2} \cdot t} \right] \dots \dots (9)$$

புள்ளி: 1



$b^2 < k^2$  அதாவது  $\frac{R^2}{4L^2} > \frac{1}{LC}$ . கிரேபாக  $\sqrt{b^2 - k^2}$  க்கு மதிப்பு

உடையதாகும். எனவே மின்னோட்டம் உடனடியாக மின்னிறக்கம் அடைகிறது. இந்த மின்னிறக்கம் அலைமற்றது. கிடைசுட்டியில் உணர்வுகாடு (1) க்கு காலப்பெருக்கம்.

நிபந்தனை 2:

$$b^2 = k^2 \text{ அதாவது } \frac{R^2}{4L^2} = \frac{1}{LC}$$

கிரேபாக சமன்பாடு (9) ல் பதிலீடு செய்ய

$$q = q_0 e^{-bt} \quad \dots \dots (10)$$

எனவே மின்னிறக்கம் துடிப்புடைய மின்னிறக்கமாகும். கிடைசுட்டியில் அலைமற்றது அல்ல. அலைமற்றது அல்ல. மின்னிறக்கம் குறுகிய காலத்தில் அடைகிறது. கிடைசுட்டியில் உணர்வுகாடு (2) க்கு காலப்பெருக்கம்.

நிபந்தனை - 3:

$b^2 < k^2$  எனின்,  $b^2 - k^2$  க்கு மின்னிறக்கம்,  $\sqrt{k^2 - b^2} = \omega$

எனின்  $\sqrt{b^2 - k^2} = j\omega$  க்கு  $j = \sqrt{-1}$ . கிரேபாக சமன்பாடு (9) க்கு பதிலீடு செய்ய,

$$q = \frac{1}{2} q_0 e^{-bt} \left[ \left(1 + \frac{b}{j\omega}\right) e^{j\omega t} + \left(1 - \frac{b}{j\omega}\right) e^{-j\omega t} \right]$$

$$= q_0 e^{-bt} \left[ \frac{e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}}{2} + \frac{b}{\omega} \left[ \frac{e^{j\omega t} - e^{-j\omega t}}{2j} \right] \right]$$

$$= q_0 e^{-bt} \left[ \cos \omega t + \frac{b}{\omega} \sin \omega t \right]$$

$$= \frac{q_0 e^{-bt}}{\omega} \left[ \omega \cos \omega t + b \sin \omega t \right]$$

$$= \frac{q_0 e^{-bt}}{\omega} \left[ \frac{\omega}{k} \cos \omega t + \frac{b}{k} \sin \omega t \right] \dots \dots (11)$$

$\frac{\omega}{k} = \sin \theta$  எனவும்,  $\frac{b}{k} = \cos \theta$  எனவும் கொண்டால்

$$q = \frac{q_0 e^{-bt}}{\omega} [\cos \omega t \cdot \sin \theta + \sin \omega t \cdot \cos \theta]$$

$$\therefore q = \frac{q_0 e^{-bt} \cdot k}{\omega} \sin(\omega t + \theta) \dots \dots (12)$$

$b = \frac{R}{2L}$ ,  $k^2 = \frac{1}{LC}$  என்பதை சமன்பாடு (12) -ல் பதிலிடுவதால்

$$q = \frac{q_0 e^{-\frac{R}{2L}t} \cdot \sqrt{1/LC}}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \cdot \sin \left[ \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \cdot t + \theta \right] \dots \dots (13)$$

$$\text{கிடைக்கும் } \tan \theta = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}{\frac{R}{2L}}$$

சமன்பாடு (13) லிருந்து, மின்னிறக்கம் துடையது எனவே கிடைக்கலாம். கிடைக்கும் வகைகளில் (3)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கிடைக்கும் எனவே,

துடையது எனவே கிடைக்கும் காரணி  $e^{-\frac{Rt}{2L}}$  காரணமாகும்.

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

$$\text{அதிர்வெண் } f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \dots \dots (14)$$

மின்சக்தி குறைவாக இருக்கும்போது  $\frac{R^2}{4L^2}$  மறக்கவிடக்கூடாது.

- நக்கல்.

$$\therefore \text{அதிர்வெண் } f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \dots \dots (15)$$

## UNIT - IV

### ELECTROMAGNETIC INDUCTION

#### 1. Fundamental of Electromagnetic induction

##### a. introduction

Oersted discovered the magnetic field around the current carrying conductor. Ampere derived the equation for the magnetic field intensity. Faraday thought the possibility of producing an electric current in a changing magnetic field. In 1831 Faraday discovered that a current can be produced when a magnet is brought near a closed circuit i.e whenever there is a relative motion between the conductor and a magnet, current is produced. The current produced in the conductor in this way is called the induced current and the e.m.f that causes this current is known as induced e.m.f. This phenomenon is known as electromagnetic induction. The working of transformer and dynamo is based on the principle of electromagnetic induction.

##### b. Laws of Electromagnetic Induction

Faraday enunciated two laws of electromagnetic induction based on this experiments. These two laws are called Faraday's laws of electromagnetic induction.

(i) Faraday's first law: whenever the magnetic flux associated with any closed circuit changes, an induced current flows through the circuit which lasts only so long as the change lasts.

(ii) The magnetic of the induced e.m.f produced in a coil is directly proportional to rate of change of the magnetic flux through the coil.

$$e \propto \frac{d\phi}{dt}$$

Here  $\phi$  is the magnetic flux through the circuit.

$\therefore$  Induced e.m.f,  $e = -d\phi/dt$ . The negative sign gives the directions of induced e.m.f. These laws are also called Neumann's law.

## 2. Self Induction

### a. Introduction

When a current flows through a coil, a magnetic field is produced around the coil. If there is a change in current flowing through the coil there is a change in magnetic flux linked with the coil. Due to this an induced e.m.f is produced. Thus a varying current flowing through a coil, induces an e.m.f in the same coil. This phenomenon is known as self induction.

### b. self inductance

The magnetic flux  $\phi$  linked with a coil is directly proportional to the current  $i$  flowing through the coil.

$$\therefore \phi \propto i$$

$$\text{(or)} \quad \phi = Li \dots \dots \dots (1)$$

where  $L$  is a constant known as self inductance of the coil.

If  $i=1$  ampere, then  $\phi = L$ . From this we can define the self inductance.

The self inductance or "efficient of self induction" of a coil is defined as the magnetic flux linked with the coil when a unit current flows through it.

$$\text{From eqn (1)} \quad \frac{d\phi}{dt} = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$\text{But induced e.m.f } e = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore e = -L \cdot \frac{di}{dt} \quad \dots \dots \dots (2)$$

If  $\frac{di}{dt} = 1$ , then  $e = -L$

From this also we can define self inductance in terms of induced e.m.f.

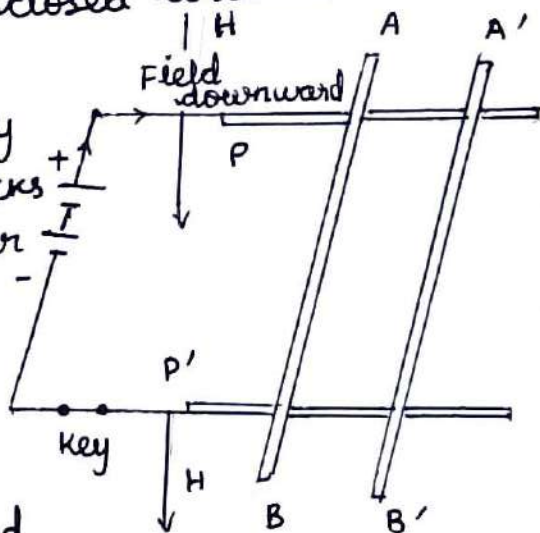
The co-efficient of self inductance of a coil is equal to the induced e.m.f in the coil if the rate of change of current in the coil is unity.

unit: The unit of self inductance is volt/amp/sec. It is called henry. In equ (2),  $di/dt = 1$  amp/sec and  $e = 1$  volt, then  $L = 1$  Henry.

### Magnetic of the induced EMF (Neumann's Law)

It was first given by Neumann's and later by Faraday that the magnitude of the induced EMF is equal to the rate of change of magnetic flux or magnetic lines of induction in a closed circuit.

Consider two thick copper strips PQ and P'Q' connected to a battery through a key. These two copper strips form parallel rails and AB is a copper strip that can slide on the rails. When a current is passed through the circuit and a magnetic field acts perpendicular to the plane of the rails in the vertically downward direction, the force F acts on the conductor AB and moves it distance dx in the time dt.



If  $l$  is the distance between two rails, then, the force on AB =  $\mu H I l$ , where  $\mu$  is the permeability of the medium.

$$\text{work done} = \mu H I l dx$$

$$\text{Rate of the doing work} = \frac{W}{dt} = \frac{\mu H I l \cdot dx}{dt}$$



But the magnetic induction per unit area =  $B = \mu H$

$\therefore$  change in magnetic flux =  $d\phi = B \times l \cdot dx = \mu H I dx$

$\therefore$  Rate of doing work =  $\frac{I d\phi}{dt}$

If  $R$  is the resistance of the circuit and  $E$  is the EMF of the energy supplied by the battery =  $E I dt$ .

and the work done in heating the circuit =  $I^2 R \cdot dt$

$\therefore$  Total work done = Work done in heating + work done in conductor AB.

$$= I^2 R dt + I \frac{d\phi}{dt} \cdot dt$$

Equating (i) and (ii),

$$E I dt = I^2 R \cdot dt + I \frac{d\phi}{dt} \cdot dt$$

$$\therefore E = IR + \frac{d\phi}{dt} \quad (\text{or}) \quad I = \frac{E - \frac{d\phi}{dt}}{R}$$

This shows that the EMF ( $E$ ) of the circuits is opposed by an EMF.  $\frac{d\phi}{dt}$ .

$$\therefore \text{Induced EMF } e = - \frac{d\phi}{dt}$$

Thus, the induced EMF is equal to the rate of change of magnetic of threading the circuit. Moreover the -ve sign indicates that the induced the opposes the change in magnetic flux.

### Self-Inductance of a long solenoid

Suppose there is a solenoid of length  $l$ , number of turns  $N$ , area of cross section  $A$ , current flowing  $I$  and permeability  $\mu$ ,

$$\text{field inside } H = \frac{NI}{l}$$

$$\therefore \text{Flux through each turn} = \mu H A = \frac{NI \mu A}{l}$$

$$\text{Total flux through } N \text{ turns} = N \times \frac{NI \mu A}{l}$$

$$\therefore \phi = \frac{N^2 I \mu A}{l} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{But } \phi = LI \quad \dots \dots \dots (2)$$

Comparing (i) and (ii),  $L = \frac{N^2 \cdot \mu A}{l}$  henry

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{l} \text{ henry} \quad \dots \dots \dots (3)$$

For an air core solenoid  $\mu_r = 1$  and  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

$$\therefore L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \text{ henry.}$$

In general, if there is a core consisting of a number of media of relative permeabilities  $\mu_{r1}, \mu_{r2}, \dots$  etc, and area of cross-section  $A_1, A_2, A_3, \dots$  etc.

$$L = \frac{\mu_0 N^2}{l} [\mu_{r1} A_1 + \mu_{r2} A_2 + \mu_{r3} A_3 + \dots] \text{ henry}$$

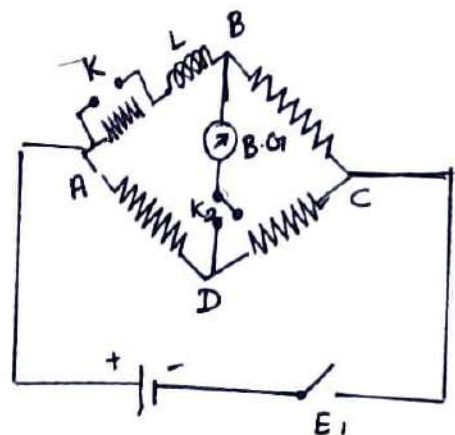
### Determination of self-inductance by Rayleigh's

#### Method.

The inductance  $L$  to be measured is placed in one of the wheatstone's bridge. In this case, post office box is pretented. a galvanometer used is a ballistic galvanometer and not dead beat. The resistance  $r$  in the arm  $AB$  is a standard resistance  $0.1, 0.01$  or  $0.001$  ohm.

The key  $K$  is closed so that the inductance  $L$  and its resistance are in circuit. The battery key  $K_1$  is closed first

and the galvanometer key  $K_2$  is closed after some time and the resistance the arms are adjusted so that there is no deflection in the



galvanometer. Now, both the keys  $K_1$  and  $K_2$  are opened when the key  $K_2$  is closed first and  $K_1$  is closed afterwards, a throw  $\theta_1$  is obtained in the galvanometer. The balance is disturbed because an extra EMF,  $L \frac{dI}{dt}$  is produced in the arm AB while the current is growing.

Any change in EMF in the arm AB produces a proportionate EMF in the galvanometer circuit and thus a proportionate current flows in a galvanometer circuit.

$$L = \kappa E \quad \text{----- (1)}$$

The current in the galvanometer due to the induced

EMF,  $L \frac{dI}{dt}$  is  $\kappa L \frac{dI}{dt}$  and the total charge through the ballistic galvanometer,

$$q = \int_0^{I_0} \kappa L \frac{dI}{dt} \cdot dt = \kappa L \int_0^{I_0} dI = \kappa L I_0 \quad \text{---- (2)}$$

$$q = \frac{CT}{2\pi nAB} \theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \text{----- (3)}$$

where  $C$ ,  $T$ ,  $n$ ,  $A$  and  $B$  have the usual meaning.

$$\kappa L I_0 = \frac{CT}{2\pi nAB} \cdot \theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \text{----- (4)}$$

The key  $K_1$  is opened and the resistance  $r$  is introduced in the arm AB. Close  $K_2$  afterwards and note the steady deflection  $\theta_2$  in the galvanometer. Resistance  $r$  produces an additional P.D. =  $I_0 r$  in the arm AB.

$\therefore$  The current through the galvanometer due to the extra P.D. across the AB =  $\kappa I_0 r$ .

$$\text{For a steady deflection, } \kappa I_0 r = \frac{C}{nAB} \theta_2$$

Here,  $\frac{c}{nAB}$  is the current reduction factor of the galvanometer

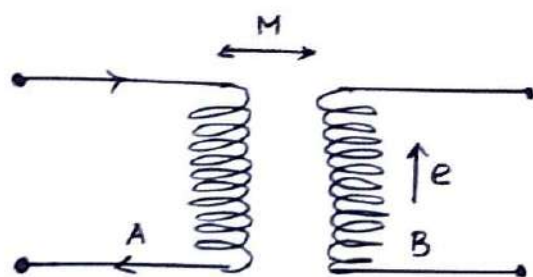
$$\text{Dividing (i) by (ii), } \frac{L}{r} = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{\theta_1}{\theta_2} (1 + \lambda/2)$$

$$\therefore L = \frac{rT}{2\pi} \frac{\theta_1}{\theta_2} (1 + \lambda/2)$$

This method is seldom used at present for practical purposes. But the first method available for the determination of self-inductance is self-inductance is usually determined by A.C bridges viz. (i) Owen's bridge (ii) Anderson's bridge.

### Mutual Induction

Consider two coils A and B adjacent to each other. When the current in the circuit A changes, there is change in the magnetic flux linked with it, and an emf is induced in the circuit B. This phenomenon is called mutual inductance and the pair of circuits which show it are said to have mutual inductance. If there is any change in the circuit in B, an emf is induced in the circuit A. This shows that mutual inductance is truly mutual. Such circuits are known as coupled circuits. Moreover, the magnetic flux linked with the circuit B depends upon the current in the circuit A.



Mutual induction

Shows that mutual inductance is truly mutual. Such circuits are known as coupled circuits. Moreover, the magnetic flux linked with the circuit B depends upon the current in the circuit A.

$$\therefore \text{Magnetic flux } \phi \propto I \text{ or } \phi = MI$$

where M is coefficient of mutual inductance If  $I = 1$   
 $\phi = M$

Therefore, the coefficient of mutual inductance of two circuits numerically equal to the magnetic flux one circuit, when a unit passes in the other.

Differentiating (i) with respect to time,  $\frac{d\phi}{dt} = M \frac{dI}{dt}$

Induced EMF  $e = - \frac{d\phi}{dt} = -M \frac{dI}{dt}$

$$e = -M \frac{dI}{dt}$$

Therefore, the coefficient of mutual inductance between two circuits is numerically equal to the induced EMF in one circuit when the rate of change of the current in the other circuit is unity.

If  $e = 1$  volt,  $\frac{dI}{dt} = 1$  ampere/s then  $M = 1$  henry.

### Determination of Mutual Inductance

The two coils PP and SS are joined in the circuit as shown in fig. The points C and D are joined. The key K is pressed and the throw  $\theta_1$  in the ballistic galvanometer is observed. Suppose, the mutual inductance of the two coils =  $M$ , the maximum current in the primary circuit =  $I_0$  and the resistance of the secondary circuit =  $R$

Induced EMF across the secondary coil =  $M \frac{dI}{dt}$

$\therefore$  Total charge through the secondary circuit,

$$q = \frac{M \int \frac{dI}{dt} \cdot dt}{R} = \frac{MI_0}{R}$$

$$\frac{MI_0}{R} = \frac{CT}{2\pi nAB} \theta_1 \left(1 + \lambda/2\right) \dots \dots \dots (1)$$

where  $C, T, n, A$  and  $B$  have the usual meaning.  
 Now,  $C$  and  $D$  are disconnected, and  $C$  is connected to  $A$  and  $D$  to  $B$ . Note the steady deflection  $\theta_2$  in the galvanometer. The current  $I_0$  through the primary circuit remains unchanged.

$r$  is a standard resistance = 0.1 or 0.01 ohm

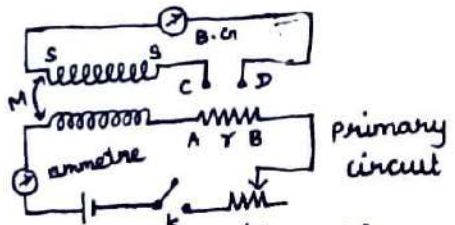
$\therefore$  P.D across  $r = I_0 r$

current through the secondary circuit  $\frac{I_0 r}{R}$

$$\therefore \frac{I_0 r}{R} = \frac{C}{nAB} \theta_2 \text{ ----- (2)}$$

where  $\frac{C}{nAB}$  is the current reduction factor of the galvanometer.

Dividing (i) by (ii),  $\frac{M}{r} = \frac{T\theta_1(1 + \lambda/2)}{2\pi\theta_2}$



$$M = \frac{rT\theta_1(1 + \lambda/2)}{2\pi\theta_2} \text{ ----- (3)}$$

Knowing the time period  $T$  and the logarithmic decrement  $\lambda$  of the ballistic phenometer;  $M$  can be calculated.

Coefficient of coupling

The mutual inductance between a pair of coil can be calculated in terms of self inductance of each coil. Consider two coils where are so close together that the effective flux in one coil is completely linked with the other. The mutual inductance.

$$M = \frac{\Phi_{12}}{I_2} = \frac{\Phi_{21}}{I_1} \quad \text{----- (1)}$$

From definition, the self inductance of the coil is given by,

$$L_1 = \frac{\Phi_1}{I_1} \quad \text{----- (2)}$$

$$L_2 = \frac{\Phi_2}{I_2} \quad \text{----- (3)}$$

since all the flux of coil-2 links with coil-1

$$\frac{\Phi_{12}}{I_2} = \frac{\Phi_2}{I_2}$$

$$\text{similarly, } \frac{\Phi_{21}}{I_1} = \frac{\Phi_1}{I_1}$$

$$\therefore M = \frac{\Phi_2}{I_1} = \frac{\Phi_1}{I_2}$$

$$\therefore M^2 = \frac{\Phi_1}{I_1} \cdot \frac{\Phi_2}{I_2} = L_1 L_2$$

$$\therefore M_{\text{max}} = \sqrt{L_1 L_2} \quad \text{----- (4)}$$

This relation is true only when the whole of the effective flux from one coil links with other. In practice this condition is never fulfilled, although it is approximately true if the coils are very close together. The ratio  $M / \sqrt{L_1 L_2}$  is known as the coefficient of coupling and is denoted by  $k$ .

$$\therefore k = M / \sqrt{L_1 L_2} \quad \text{----- (5)}$$

The value of  $k$  depends upon the shape of the coil and their relative position. The value of  $k$  lies between 0 and 1.

If  $k=0$ , no flux passes through the coil.

# UNIT : 4

## மின்காந்தத் தூண்டல்

அறிமுகம் :-

மின்னோட்டத்துடன் தொடர்புடைய காந்தப்புலத்தின் எதிரொலி என்பவர்களைக் கண்டறிந்தார். கித்தூடு எதிரொலியானது நிகழ்வு உண்மையானது என்பது ஆராயப்பட்டது. அதாவது காந்தப் புலத்தினால் பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் தோற்றுவிக்கலாம் என்ற கண்டுபிடிப்பு. 1831-ல்  $\therefore$  பாரடே என்பவர் கிது உண்மை எனக் கண்டறிந்தார்.

கடத்திக்ளும் காந்த புலத்திற்குமிடையே காப்பு கியக்கம் உள்ள போது காப்பு மின்னோட்டம் தோன்றுகிறது எனக் கண்டார். இவ்வாறு தோன்றுகின்ற மின்னோட்டம் தூண்டு மின்னோட்டம் (Induced current) எனவும் கிதனை தோற்றுவிக்கின்ற மின்னோட்டம் உண்டாக மின்னியக்கு அளவு தூண்டு மின்னியக்கு அளவு எனவும், கிந்த நிகழ்வுகளை மின்காந்தத் தூண்டல் எனவும் அழைப்பர்.

மின்காந்த தூண்டல் விதிகள் :-

(Laws of Electromagnetic Induction):

$\therefore$  பாரடே விதிகள் :-

(1) ஓர் மூலக் காந்தப் புலம் தொடர்பு கண்டுகொள்ள காந்தப் புலம் மாறும்போது, கித்தூற்றில் மின்னியக்கு அளவு தோன்றுகிறது. காந்தப் புலம் மாறிக் கண்டுகொள்ளும் போது மட்டும் தூண்டு மின்னியக்கு அளவு தோன்றுகிறது.

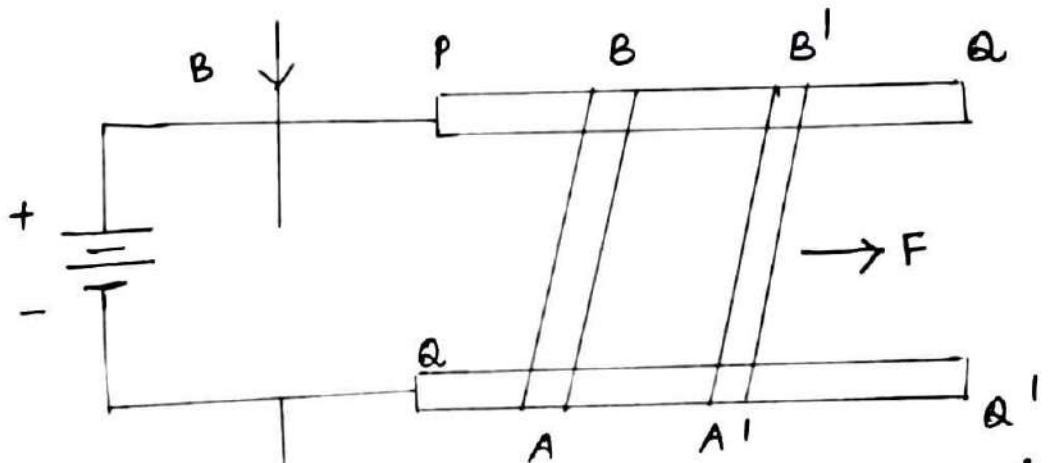


2. காண்டு மின்னியக்டு விசை, காந்தப் ஸாய மஹ்யுபாட்டு வீதத்தின் சாதிர் குறிக்டுச் சமஸா஑ கிடுக்டும் .

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

இதணா சூயுஸமண் விதி ஂணயும் அஸ்யுப்பர் .

காண்டு மின்னியக்டு விசைக்காண கோணவ  
(Expression for Induced EMF)



PQ, P'Q' ஂணு கிடு கிணணயாண உஸோக்ட் தண்டவாணங்கணின் ஸுணகண் ஒரு மின்கவத்துடன் கிணணக்டுப் பட்டுள்ளது . கிணணக்ட் தண்டவாணங்கணின் மீது உஸாய்விண்றி நகரக்டவய கக்ட்டி AB அஸமக்டப்பட்டுள்ளது . காந்தப் ஸலஸாணது தண்டவாணங்கணின் தளத்திக்குச் சகவ்டுத்தா஑ கீழ் தோக்டிச் சகயற்படுகிறது .

இந்தச் சக்திண வஸுயாக i யும்பியர் மின்ணாட்டம் சகஸ்யும் ஸாது AB-ன் மீது சகயற்படும் விசை F யுடும் . இந்த விசையின் சகயற்பாட்டஸல் கக்ட்டி AB நகரகிண்ற குாரம் dx . AB ஂன் நீளம் l ஂணின் , விசை  $F = BIl$

இந்த வினாக்களில் AB-க்கும், B-க்கும் எக்சுத்தாச அளக்கிறது.

$$\therefore \text{எக்சுய்ப்பட்ட வேலை} = BIl \cdot dx \dots (1)$$

ஒரு நொடியின் எக்சுய்ப்பட்ட வேலை

$$= \frac{W}{dt} = \frac{BIl dx}{dt} \dots (2)$$

பரப்பளவின் ஏற்படும் மாற்றம் =  $l \cdot dx \dots (3)$

காந்தப்புலம் மாற்றம்  $d\phi = B l dx$

எக்சுய்ப்பட்ட வேலை வீதம் =  $i \cdot \frac{d\phi}{dt} \dots (4)$

மின்சூலத்தின் மின்னியங்கு வினா F அளவும், மின்னோட்டம்  $i$  அளவும் கண்கண்டால் மின் சூலத்தால் தோன்றும் ஆற்றல்  $Eidt$  ஆகும்.

$\therefore$  எக்சுய்ப்பட்ட மொத்த வேலை = செய்ப்படுத்த எக்சுய்ப்பட்ட வேலை + கடத்திய நகர்த்த எக்சுய்ப்பட்ட வேலை

$$\therefore Eidt = i^2 R dt + i \cdot \frac{d\phi}{dt} \cdot dt$$

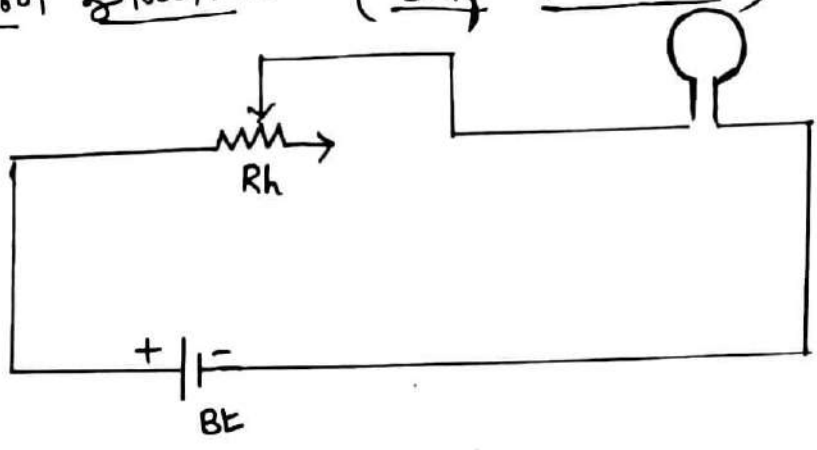
$$\therefore E = iR + \frac{d\phi}{dt} \dots (5)$$

$$iR = E - \frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore i = \frac{E - \frac{d\phi}{dt}}{R} \dots (6)$$

இதிலிருந்து மின்சூலத்தின் மின்னியங்கு வினா, தூண்டு அளவு

தன்மின் தூண்டல் (Self Induction)



ஒரு கடத்தியின் வழியாக மின்னோட்டம் எதிர்ப்பும்போது அந்தக் கடத்தியைச் சுற்றி காந்தப் புலம் தோன்றுகிறது. கடத்தியின் வழியாக எதிர்ப்பின்றி மின்னோட்டத்தை மாற்றும் போது, அதனுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கிற காந்தப் புலம் மாறுகிறது. காந்தப் புல மாற்றத்தால் தூண்டு மின்னியக்கு விசை தோன்றுகிறது.

ஒரு கடத்தியின் வழியாகச் செல்கின்ற மின்னோட்டம் மாறும்போது, அந்தக் கடத்தியில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தோன்றுகின்றது. இவ்வாறான தன் மின் தூண்டல் என்பது.

ஒரு வரிச்சுருளின் தன் மின் தூண்டல்  
(Self Inductance of a Solenoid)

நீளம்  $l$ -ம், குறுக்கு பரப்பளவு  $a$ -ம், சுற்றுகள்  $n$ -ம் கொண்ட நீளமான வரிச்சுருளைக் கருதுவோம். வரிச்சுருளின் வழியாக  $i$  ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செல்வதாகக் கருதுவோம்.

வரிச்சுருளின் உள்ள புள்ளியிலுள்ள காந்தப் புலம்

$$\text{அடர்த்தி} = \frac{\mu_0 n i}{l}$$

வரிசீகருளியுள்ள ஓவ்வொரு சுற்றுகருடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம்

$$= \text{காந்த பாயம் அடர்த்தி} \times \text{கூடு வலட்டு பரப்பளவு}$$

$$= \frac{\mu n i a}{l}$$

n சுற்றுகருள் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம்

$$\phi = \frac{\mu n i a}{l} \times n = \frac{\mu n^2 i a}{l} \longrightarrow (1)$$

வாயுமையான படி,  $\phi = Li \longrightarrow (2)$

இங்கு L என்பது வரிசீகருளின் தன்மின் நிலைம எண் சமன்பாடு (1), (2) ஆகியவற்றை ஒப்பிட

$$L = \frac{\mu n^2 a}{l} \longrightarrow (3)$$

வரிசீகருள், காப்பு உட்கூறும் (relative permeability)  $\mu_r$  கொண்ட பொருளின் மீது சுற்றப்பட்டுள்ளது.

$$L = \frac{\mu_r \mu n^2 a}{l} \text{ எனினும்}$$

$$(or) L = \frac{\mu n^2 a}{l} \quad [ \because \mu = \mu_r \mu_0 ]$$

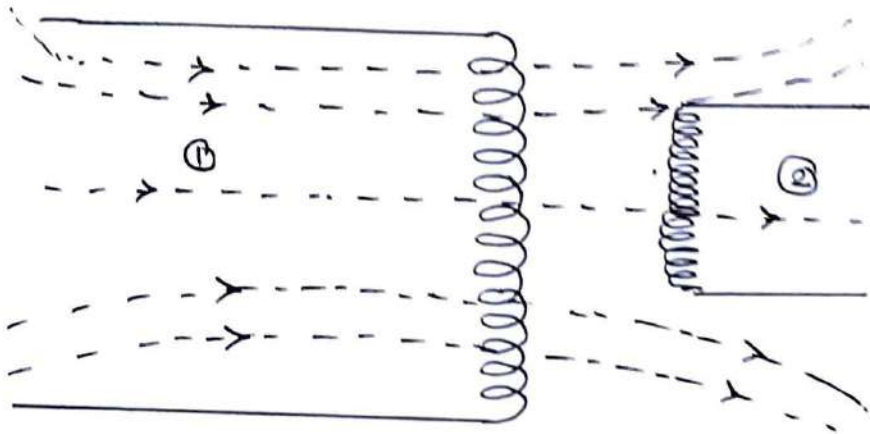
வரிசீகருளின் உள்ளகம் காற்றாக இருக்கும்போது

$$\mu_r = 1, \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

பரிமாற்று மின் தூண்டல் :

ஒருக்கொருபுள் மாற்றப்படுகின்ற இரு சுருள்சுருள்

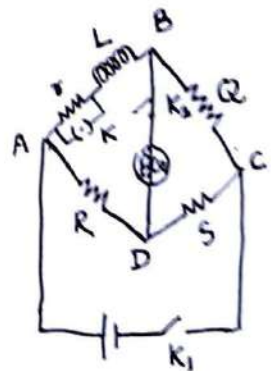
கருதுவோம். சுருள்-1 வாய்ப்பாக மின்னோட்டம் செல்வதால் கருதுவோம். எனவே, இதனைச் சார்ந்தி பட்டம் 4-8 வ் காலடியவாறு காந்தப் பாயம் தொன்றுகிறது. இதில் ஒரு பகுதி சுருள்-2 வாய்ப்பாக செல்கிறது. சுருள்-1 வாய்ப்பாக செல்லின்றி மின்னோட்டம் மாறும் பொழுது, சுருள்-2 உடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கின்ற காந்தப் பாயமும் மாறுகிறது. இதனால் சுருள் 2-வ் மின்னியக்கு விசை தொன்றுகிறது. இதனை பரிமாற்று மின் தூண்டல் மின்னியக்கு விசை என்பர். கிந்த நிகழ்வினை பரிமாற்று மின் தூண்டல் என்பர்.



சோதனை தீர்மானக தன் மின் நிலைம எண் காணல்.

செயல் முறை

வார்டு செலவு எண்டவர் வீடென்ட் சமனசாற்றுகை கக்குவகதைப் பயன்படுத்த தன் மின்நிலைம எண்ணை அளக்கலாம். தன்மின் நிலைம எண் அளவிடுவதற்கான சாற்றுபட்டம் (4.6) வ் காலட்டப்படுகின்றது. தன் மின் நிலைம எண் காணவேண்டிய சுருள் L, குறைந்த மன்தடை r-உடன் தொடர்பாக இணைத்து வீடென்ட் சார்ந்தின் 4யம் AB வ் அமைக்கப்படுகின்றது. r-ன் குறைகடனை L & B இணைக்கப்படுகின்ற சாவி K-யனை பயன்படுத்த, மன்தடை r-னை AB-யுடன் தொடர்புள்ளதாகவொ



அவ்வகூ ததாட்புந்நதாதவோ தசய்யவாம்.  $\mathcal{L}$ -ன் மண்தடை குணயாத திருப்பதாய், தூது தாந்நிவூன்ள மண்தொடடத்தை அய்வனவாகப் பாதிக்காது. டயங்கன் BC, AD, DC ஆகயவற்றில் தூண்டலற்ற மண்தடைப் படடிகள் Q, R, S திணைக்கப்படமுள்ளதீ. A -஁தும் C-஁குமதடைய ஔர் மண்திவமுடம், சாவி  $K_1$ -ம் திணைக்கப்படமுள்ளதீ. B; D திணைக்கடகிதடைய ஔரு B, G-ம் சாவி  $K_2$  ம் திணைக்கப்படமுள்ளதீ.

஁தலில் சாவி  $K$ -யணை துடி மண்தடை  $\mathcal{L}$  தாந்தப் டயத்தீவிருங்கு தீக்கப்படுகிறது. தமத்த மண்தை சாவி  $K_1$  ஁ துடி, மண்து B, G சாவி  $K_2$ -஁ துடம்புாக, B, G ல் வனகல் தில்லாதவாறு Q, R, S ஆகயவற்றிவூன்ள மண்தடைகணைச் சாதசய்ய வேண்தம். திப்புகூ தாந்நு திணைம மண்தொடடத்தீற்குச் சரி தசய்யப்படமுள்ளதீ.

திப்புகூ ஁தலில் தாண்வணாமீடடர் சாவி  $K_2$  ஁ துடி, மண்து சாவி  $K_1$ -஁ துடம்புாக B, G ல் திடர் சாவல் அவ்வகூ உதை தோண்றுகிறது. சாருளில் மண்தொடடடம் தாதியிணைருங்கு தடமு மதிப்பணை தடையுட்புகூ தோண்றுகண்து மண்தீயக்கு விதையாவ் தோண்றுகிறது. சாருள் L-ல் தூண்டலால் தோண்றுகண்து அதிகப்படியான மண்தீயக்கு விதைய L  $\frac{di}{dt}$  ஆதும். திதணால் அதிகப்படியான வாகதாச்சார மண்தொடடடம் தோண்றுகிறது. தாண்வணாமீடடர் வடியாகத் தசல்ஷம் திடர் மண்தொடடடம்  $kL \frac{di}{dt}$  ஆதும். திங்கு K ஔரு மாரிலி. தண்டவே, B-G ண் வடியாக  $dt$  தடரம் தசல்ஷம் மண்தொடடடம்.

$$dq = i \cdot dt = kL \frac{di}{dt} \cdot dt = kL di \longrightarrow \textcircled{1}$$

மண்திணைமத் சாருள் வடியாக தசல்ஷம் மண்தொடடடம் தாதிவீருங் - து திணையணை மதிப்பு  $i_0$ . தடையுட்புகூ, B, G -வடியாகத் தசல்ஷம் மண்தொடடடம்,

$$q = \int dq = \int_0^{i_0} kL di = kL i_0 \longrightarrow \textcircled{2}$$

திந்த மண்தொடடடம் B, G ண் வடியாக தசல்ஷம்புகூ தோண்றுகண்து உதை O, தண்தீன்.

$$q = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{C}{NBA} \theta_1 (1 + \lambda/2) \longrightarrow (3)$$

சமன்பாடு (2), (3) ஆகியவற்றை ஒப்பிட,

$$KLi_0 = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{C}{NBA} \cdot \theta_1 (1 + \lambda/2) \longrightarrow (4)$$

சமன்பாடு (4)-ல்  $K, i_0$  ஆகியவற்றின் திசுக்கிணர்வு தன், மண் நிலைம எண்  $L$  கணக்கிடலாம். சாவி  $K$ -னை நிக் கும்போது மண்தடை  $r$  சிற்ற  $AB$ -உடன் தொடர்பு கொள்கிறது. மண்தடை  $r$ -ன் மதிப்பு மகக் குறைவாக இருப்பதால்,  $y$ யம்  $AB$ -ஆளின் மண்தொடர்பு  $i_0$  அதிகமாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை. கருத்து  $y$ யத்தில் அதிகப்படியாகத் தொன்றுகின்ற மண்தொடர்பு வேறுபாடு  $i_0 r$  ஆகும். கிணர்வு தொன்றுகின்ற கோணத்தின் மண்தொடர்பு  $Ki_0 r$  ஆகும். கிணர்வு தொன்றுகின்ற மண்தொடர்பு  $B$ -யின் உழியாக எவ்வளவு போது தொன்றுகின்ற நிலையான உலகம்  $\theta_2$  எனின்.

$$Ki_0 r = \frac{C}{NBA} \theta_2 \longrightarrow (5)$$

சமன்பாடு (4) ஐ சமன்பாடு (5) ல்

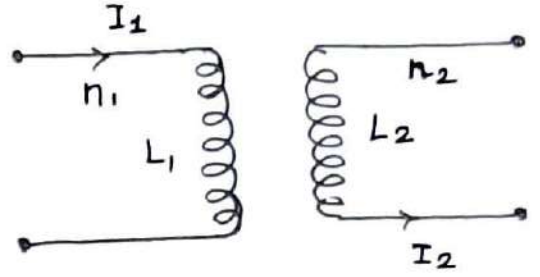
$$\frac{L}{r} = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{\theta_1 (1 + \lambda/2)}{\theta_2}$$

$$\therefore L = \frac{Tr}{2\pi} \cdot \frac{\theta_1 (1 + \lambda/2)}{\theta_2} \longrightarrow (6)$$

இதிலிருந்து சிற்றின் தன் மண் நிலைம எண்  $L$  கணக்கிடலாம்.

## Coefficient of coupling (இணைப்பெண்)

இரு சுற்றுக்களுக்கிடையேயான பரிமாற்று மின்  
 நிலைம எண்ணிணை, ஒவ்வொரு சுற்றின் தன் மின் நிலைம  
 எண் அளவில் காணக்கூடியவை. தன் மின் நிலைம எண்கள்  
 $L_1, L_2$  கொண்டிரு சுற்றுக்களைக் கருதுவோம். இவற்றிடையேயான  
 சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை  $n_1, n_2$   
 எனவும், இவற்றின் வழியாகத் தன்  
 -கின்ற மின்னோட்டங்கள்  $I_1, I_2$   
 எனவும் கொள்வோம். இந்த  
 மின்னோட்டங்கள் இரண்டு சுற்று  
 -களுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கின்ற  
 காந்த பாயங்கள்  $\phi_1, \phi_2$  எனக்  
 கொள்வோம்.



உரையாற்றுவதில் படி,

$$L_1 = \frac{n_1 \phi_1}{I_1} \longrightarrow \textcircled{1}$$

$$L_2 = \frac{n_2 \phi_2}{I_2} \longrightarrow \textcircled{2}$$

$$M_1 = \frac{n_1 \phi_{12}}{I_2} \longrightarrow \textcircled{3}$$

$$M_2 = \frac{n_2 \phi_{21}}{I_1} \longrightarrow \textcircled{4}$$

சுருள்-2 ஆனது பாயம் மூலகம் சுருள்-1 உடன் தொடர்பு  
 கொண்டிருக்கால்,

$$\phi_{12} = \phi_2 ; \phi_{21} = \phi_1 \longrightarrow \textcircled{5}$$

$M_{12} = M_{21} = M$  எனின்,

$$M = \frac{n_1 \phi_2}{I_2} = \frac{n_2 \phi_1}{I_1} \longrightarrow \textcircled{6}$$

$$\therefore M^2 = \frac{n_1 n_2 \phi_1 \phi_2}{I_1 I_2}$$



$$= \frac{n_1 \phi_1}{I_1} \cdot \frac{n_2 \phi_2}{I_2}$$

$$M^2 = L_1 L_2$$

$$M = \sqrt{L_1 L_2} \longrightarrow (8)$$

ஒரு சுற்றியுள்ள மொத்தப் பாயும் அடுத்த சுற்றிடன் தொடர்பு  
கொண்டிருப்பதால்  $M$ -ன் மதிப்பு பெருமமாகும். பொதுவாக  $\phi$ ன்  
 $K$  பகுதி சுருளின் வழியாக செல்லும்.

$$\therefore \phi_{21} = K_1 \phi_1 \longrightarrow (9)$$

$$\phi_{12} = K_2 \phi_2$$

$$\therefore M_1 M_2 = M^2 = \frac{n_1 n_2 K_1 K_2 \phi_1 \phi_2}{I_1 I_2}$$

$$M^2 = K_1 K_2 L_1 L_2$$

$$\text{அல்லது } M = K \sqrt{L_1 L_2}$$

இங்கு  $K$  ஒரு மாறிலி. இதன் மதிப்பு சுருளின் வழியேயும்  
அவற்றின் காப்பு நிலையையும் காட்டுகிறது. இதன் மதிப்பு 0  
-ஊடாக 1 வரை அடையும். இதனை இணைப்பெண் என்பர்.

$$\therefore K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \longrightarrow (12)$$

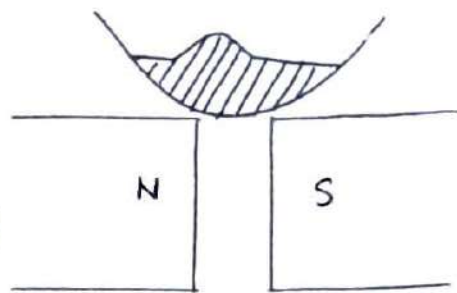
$K=1$  எனின் ஒரு சுற்றியுள்ள பாயும் மிகவும் கீரண்டவது  
சுருளின் தொடர்பு கொண்டிருக்கும்.  $K=0$  எனின் ஒரு சுருளின்  
பாயம் மற்றதுடன் சிறிதுகூட தொடர்பு கொள்வதில்லை.

## UNIT - V : Magnetic properties of Materials

Properties of para, Dia - and Ferromagnetic materials:

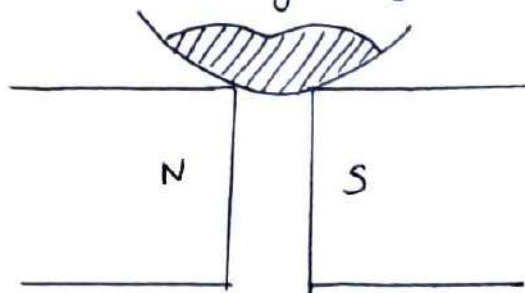
(i) paramagnetic substances :

paramagnetic substances are those which tend to move from weaker to stronger parts of the magnetising field. paramagnetic substances are aluminum, Platinum, chromium, oxygen, manganese, solutions of salts of nickel, iron and oxygen. A paramagnetic liquid contained in a watch glass if placed on two pole pieces very than one another, the liquid shows an elevation in the middle as shown in the figure. The permeability of a paramagnetic materials is  $> \mu_0$  and the susceptibility has small positive value. The susceptibility of the material is inversely proportional to the absolute temperature thus obeying Curie law.



(ii) Diamagnetic substances :

Diamagnetic substances tend to move from stronger to weaker parts of the magnetic field. Diamagnetic substances are bismuth, copper, mercury, antimony, gold, water, alcohol, air and hydrogen. A diamagnetic liquid contained in a watch glass if placed over two very near magnetic poles show a depression in the middle. The susceptibility of a diamagnetic material has a low negative value



The susceptibility does not change with field strength or temperature. The permeability of a diamagnetic material is  $< \mu_0$

(iii) Ferromagnetic substance :

Ferromagnetic substances are those which are attracted magnets and can also be magnetised. Ferromagnetic materials are iron, cobalt, nickel, steel and their alloys. The susceptibility has a large positive value and the permeability is also large at a temperature beyond the curie point the substances behaves as a paramagnetic substances.

cycle of magnetisation and Hysteresis :

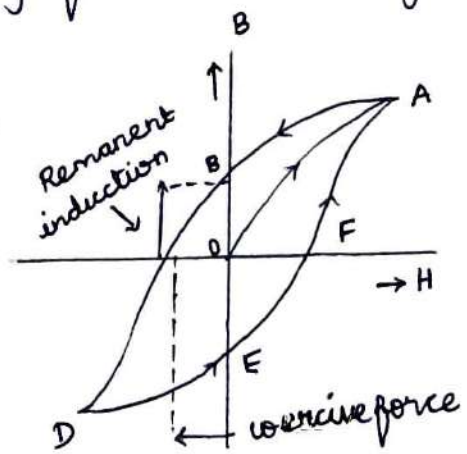
If a ferromagnetic materials say

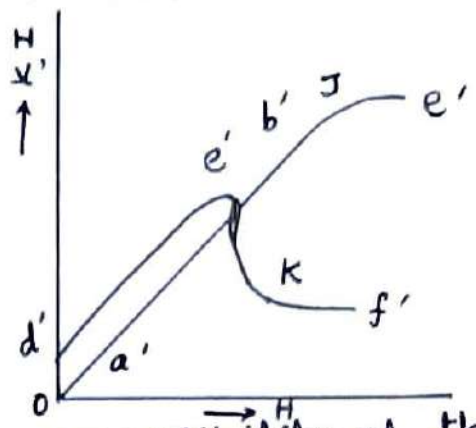
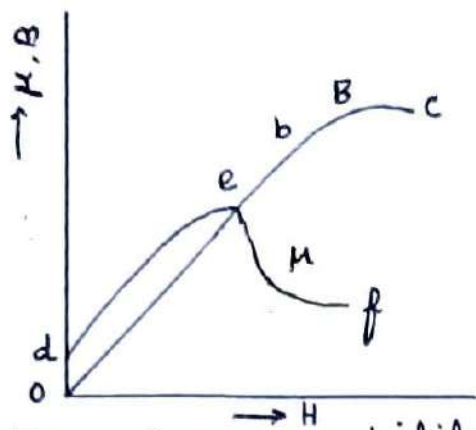
iron is slowly magnetised by gradually increasing the intensity of the magnetising field  $H$ . the magnetic induction increases. The  $B-H$

curve is represented in figure.

The portion  $OA$  represents the initial magnetisation of the specimen. when the value of the magnetising field is changed from  $+H$  to  $-H$  and back to

$+H$  variation in magnetic induction is given by the curve  $ABCDEFA$ . This closed curve is called the hysteresis-loop. The permeability of the specimen,  $\mu = B/H$  is in general function of  $H$ . The incremental permeability at any point on the curve is given by  $dB/dH$  i.e. the slope of the curve at that point. The slope  $dI/dH$  at any point on the  $I-H$  curve measures the incremental susceptibility. Fig (i) and (ii) give the





variation of permeability and susceptibility of the material with change in the magnetising field  $H$ . The corresponding values of  $B$  and  $I$  are also given in the figures. The incremental susceptibility of the material with change in the magnetic field  $H$ . The corresponding values of  $B$  and  $I$  are also given in the figures. The incremental susceptibility  $\frac{dI}{dH}$  becomes zero when the specimen has attained saturation. The susceptibility of the material increases rapidly for low magnetising field ( $d'e'$ ) and decrease thereafter. This is due to the fact that the value of  $I$  remains constant but  $H$  is increased and hence the ratio  $I/H$  decreases in fig  $OB$  measures the retentivity of the materials is the residual intensity of magnetisation left in the specimen when the magnetising field is switched off.  $OC$  measures the coercivity of the material field needed to make the intensity of magnetisation zero. The magnetised state of the material at the points  $O$  and  $C$  is not the same, though the value of  $I$  is zero at both the points. At  $C$ , a small variation of  $H$ , produces a large change in the value of  $I$  but this is not the case at the point  $O$ . The values of the retentivity, coercivity, saturation value of  $I$  and the areas of the  $I-H$  and  $B-H$  hysteresis loops give roughly an idea of the nature of the

magnetic materials. These values determine their suitability for use in specific electro-magnetic appliances (e.g.)... transformers, electro-magnets, permanent magnets, cores of dynamos, motors... etc...

The I-H and B-H curves show that the values of I and B do not become zero when the magnetising field is withdrawn. Their property of the material to retain its magnetism on the logging of I or B behind H is called hysteresis.

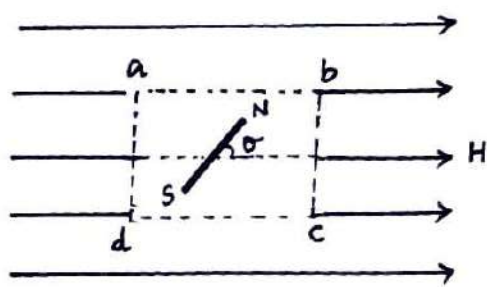
### Loss of Energy per cycle (Hysteresis loss)

When a ferromagnetic material is taken through a cycle of magnetisation, there is expenditure of energy. This energy cannot be recovered and is dissipated in the form of heat in the specimen. When a specimen is placed in a magnetic field, induced magnetism is acquired by it. The

molecular magnets are oriented and reoriented. When the material is taken through a cycle of magnetisation and this molecular motion results in the production of heat. To calculate this

loss of energy per cycle consider a unit volume ABCD of the magnetic material placed in a magnetising field of intensity H.

Let us NS be the molecular magnet of magnetic moment M inclined at an angle  $\theta$  to the direction of the magnetising field. The component of the magnetic moment parallel to the direction of the field is  $M \cos \theta$  and the perpendicular component is  $M \sin \theta$ . The total magnetic



of all the molecular magnets per unit volume parallel to the direction of the field =  $\sum M \cos \theta$

However, the perpendicular component  $\sum M \sin \theta = 0$

But, the magnetic moment per unit volume of the specimen  $\sum M \cos \theta$  is equal to the intensity of magnetism

$$I, \quad \therefore I = \sum M \cos \theta$$

Differentiating this with respect to  $\theta$

$$dI = \sum M [-(\sin \theta) d\theta]$$

$$dI = -\sum M \sin \theta \cdot d\theta \quad \dots \dots \dots (1)$$

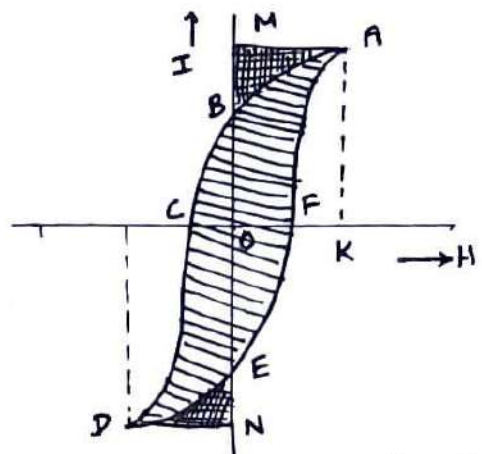
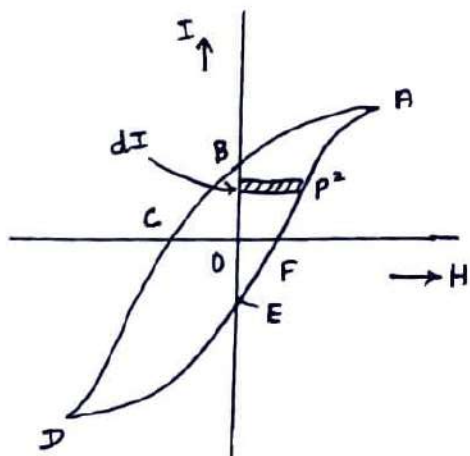
The couple acting on a molecular magnet inclined at an angle  $\theta$  with the direction of the field =  $MH \sin \theta$   
 The work done in rotating this magnet by a small angle  $d\theta = MH \sin \theta (-d\theta)$ . The negative sign shows that  $d\theta$  is the decrease in the angle.

$\therefore$  Work done in rotating all the molecular magnets in unit volume =  $-\sum MH \sin \theta \cdot d\theta \quad \dots \dots \dots (2)$

$$= H [-\sum M \sin \theta \cdot d\theta] \quad \dots \dots \dots (3)$$

From equation (1) and (3) work done in increasing the intensity of magnetism by  $dI = H dI$

If the intensity of magnetisation is changed from  $I_1$  to  $I_2$ , work done =  $\int_{I_1}^{I_2} H \cdot dI \rightarrow (4)$



Let ABCDEFA represent the I-H curve of the material. Consider two very near points p and q on the curve.

As the points are very near, the value of  $H$  is constant. and let the increase in the value of  $I$  be  $dI$ . According to equation (iv), the amount of work done of the specimen to increase the intensity of magnetisation, by  $dI = \int H \cdot dI$  and this is equal to the area of the small rectangular strip  $pqrS$ .

consider the complete cycle (i) The work done on the specimen when the value of  $H$  increases from zero to  $K = \int_E^M H \cdot dI = \text{Area of the figure EFAMBOE}$ .

(ii) Work done by the specimen when  $H$  decreases to zero  $= \int_M^B H \cdot dI = \text{Area of the figure AMBA}$ .

(iii) Work done on the specimen when  $H$  increases from zero to  $L$  in the opposite direction  $= \int_B^N H \cdot dI = \text{Area of the figure BCDNEOB}$

(iv) Work done by the specimen when  $H$  decrease to zero  $= \int_N^E H \cdot dI = \text{Area of the figure DNED}$

The work done on the specimen per unit volume when taken through a complete cycle of magnetisation is equal to the area enclosed by the  $I = H$  loop. The larger the area of the loop, the higher will be the loss of energy per unit volume per cycle.

### I-H and B-H curves for a magnetic material magnetometer method:-

The magnetic properties of a material in relation to  $H$  and the corresponding values of  $\mu$  and  $\chi$  can be studied by drawing the  $I-H$  and  $B-H$  curves for the material. The specimen to be studied is taken in the form of a long thin

rod and kept vertically along the axis of a long uniformly wound vertical solenoid. The amount of magnetisation of the specimen is calculated from the deflection of the magnetometer needle.

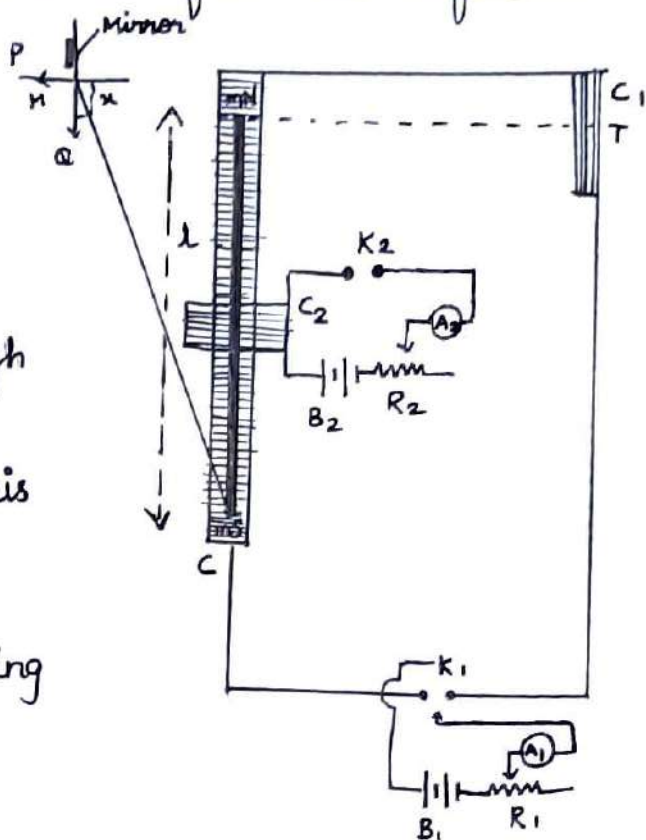
The experimental arrangement is shown in fig. C is a long vertical solenoid of  $n$  turns per unit length. If a current of  $I_1$  amperes is passed through the solenoid. The magnetic intensity at a point on the axis of the solenoid.

$$H' = nI_1$$

The intensity of the magnetising field  $H$  is given by

$$H = H' - DI \quad \text{--- (1)}$$

Where  $D$  is the demagnetising factor due to the end poles of the specimen.  $I$  and is the intensity of magnetisation of the specimen for the current  $I_1$ . In the figure the length of the needle is perpendicular to the plane of the paper.  $M$  is the centre of the needle.  $NS$  is the specimen, which is placed along the axis of the solenoid  $C$  and the length of the specimen is smaller than the length of the solenoid so that it is well within in solenoid.  $C_1$  is a coil connected in series with the solenoid  $C$  and placed such that the axis of the coil is along the line joining  $MN$ .  $C_2$  is a second coil of wire wound over  $C$  and insulated from it. The direction and the strength of current through  $C_2$  are adjusted so that the magnetic intensity produced by this coil is equal and opposite





to the vertical component of the earth's magnetic field.

The solenoid  $C$  and the coil  $C_1$  are connected in series with a battery  $B_1$ , a rheostat  $R_1$ , an ammeter  $A_1$  and a reversing key  $K_1$ . Before passing current through  $C$  all magnetic materials in the neighbourhood are removed.

If a current is passed through the solenoid, the specimen gets magnetised and let the pole strength acquired by it be  $m$  units. Let the direction of the current through  $C$  at any instant be such, that the specimen acquires north polarity upwards and south polarity downwards.

Magnetic intensity at  $M$ , due to the north pole

$$= \left( \frac{1}{4\pi\mu_0} \right) \frac{m}{r^2} \text{ along } M.$$

Magnetic intensity at  $M$ , due to the south pole

$$= \left( \frac{1}{4\pi\mu_0} \right) \frac{m}{\sqrt{(r^2+l^2)^2}} = \left( \frac{1}{4\pi\mu_0} \right) \frac{m}{r^2+l^2} \text{ along } mO$$

The intensity at  $M$  due to the south pole can be resolved into two components parallel to the ground

$$= \left( \frac{1}{4\pi\mu_0} \right) \frac{m}{(r^2+l^2)} \cos \alpha \text{ along } MR, \text{ and perpendicular}$$

to the ground =  $\left( \frac{1}{4\pi\mu_0} \right) \frac{m}{(r^2+l^2)} \sin \alpha$  along  $MQ$ . The

component along  $MQ$  has no influence on the deflection of the needle. Hence, the resultant magnetic intensity at  $M$ , due to the magnetisation of the specimen,

$$F = \left( \frac{1}{4\pi\mu_0} \right) \left[ \frac{m}{r^2} - \frac{m}{(r^2+l^2)} \cos \alpha \right] \text{ along } ME$$

$$\text{But, } \cos \alpha = \frac{r}{(r^2+l^2)^{1/2}}$$

$$\therefore F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \left[ \frac{m}{r^2} - \frac{m}{(r^2+l^2)} \times \frac{r}{(r^2+l^2)^{1/2}} \right]$$

$$= \frac{m}{4\pi\mu_0} \left[ \frac{1}{r^2} - \frac{r}{(r^2+l^2)^{3/2}} \right]$$

The magnetic needle is influenced by two perpendicular magnetic fields  $F$  and  $H_0$ . If the needle comes to rest at an angle  $\theta$  with direction of  $H_0$ . then, according to tangent law in magnetism,  $F = H_0 \tan \theta$

$$\therefore \frac{m}{4\pi\mu_0} \left[ \frac{1}{r^2} - \frac{r}{(r^2+l^2)^{3/2}} \right] = H_0 \tan \theta$$

$$\therefore m = \frac{4\pi\mu_0 H_0 \tan \theta}{\left[ \frac{1}{r^2} - \frac{r}{(r^2+l^2)^{3/2}} \right]}$$

To calculate the value of  $H_0$ , the specimen is removed and the solenoid  $c$  is disconnected from the circuit.

A current is passed only through the coil  $c$ , and for a known value of current flowing through it, the deflection  $\theta_1$  of the needle is noted; Then,

$$F' = H_0 \tan \theta_1, \quad \text{But } F' = \frac{n_1 a_1^2 I}{2(a_1^2 + x_1^2)^{3/2}}$$

$$\therefore H_0 \tan \theta = \frac{n_1 a_1^2 I}{2(a_1^2 + x_1^2)^{3/2}}$$

$$H_0 = \frac{n_1 a_1^2 I}{2 \tan \theta (a_1^2 + x_1^2)^{3/2}}$$

If  $a$  is the area of cross-section of the specimen then the intensity of magnetisation,

$$I = \frac{m}{a}$$

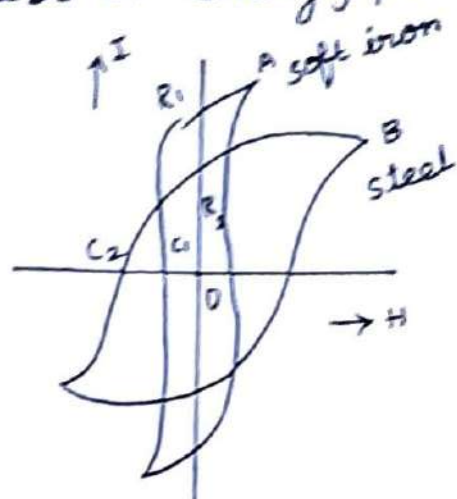
Thus, for different values of the current  $I$ , passing through  $c$  the corresponding values of  $H$  and  $I$  are known and a graph is drawn between  $H$  along the  $x$ -axis and  $I$  along the  $y$ -axis.

## Difference in the magnetic properties of Iron and steel (use of Hysteresis curves)

The hysteresis curves (I-H and B-H loops) of a ferromagnetic materials provide a very useful information regarding the magnetic properties of a material in regard to retentivity, coercivity, susceptibility, permeability and the loss in energy per cycle of magnetisation.

curves A and B represent the I-H curves for soft iron and steel respectively.

A study of the curves gives the following information regarding their magnetic properties.



(i) The retentivity of soft iron ( $OR_1$ ) is more than that for steel ( $OR_2$ ) i.e., in the absence of any mechanical disturbance or rough handling, iron retains more of its magnetic property than steel.

(ii) The coercivity ( $OC_1$ ) for iron is less than that for steel ( $OC_2$ ) i.e., the strength of the reverse magnetic field needed to completely demagnetise steel is more than that required for iron. The higher is the value of this coercive force, the harder is the magnetic material.

(iii) For a given magnetising field the intensity of magnetisation is more for iron than for steel. Thus, the susceptibility ( $\chi = I/H$ ) is more for iron than steel for a given value of  $H$ .

(iv) The area of the I-H hysteresis loop for steel is much larger than iron. Thus the loss in energy per cycle per unit volume is more for steel than for iron.



பாராதி காத்தீர்ப் தொகுதிகள் :

பாரதி காத்தீர்ப் தொகுதிகள் காத்தீர்ப் மலந்தீர்ப் கைக்கீடுமேலேயே குறைந்த அளவு காத்தீர்பை வழங்கிறது. பிளாட்டினம், அய்யண்ணியம் மாண்புமிகு, குறைமியம், தூயிர கீடுமேல், திசீகம் உயிரி கைக்கீடுமேல் மாண்புமிகு காத்தீர்ப் தொகுதிகளாக

(i) மெல்லிய சட்ட உய்யண்ணியம் பாரதி காத்தீர்ப் தொகுதிகள் சீரான காத்தீர்ப் மலந்தீர்ப் தொகுதிகளாக உய்யண்ணியம், கிணர் தீர்ப்பான அச்சு காத்தீர்ப் மலந்தீர்ப் மலந்தீர்ப் அமைகிறது.

(ii) பாரதி காத்தீர்ப் தொகுதிகள் சீரான காத்தீர்ப் மலந்தீர்ப் கைக்கீடுமேலேயே, உய்யண்ணிய குறைமிய பகுதியிலிருந்து உய்யண்ணியமான பகுதியை சீரானது நுகர்கிறது.

(iii) குறைமிய கண்ணாடியில் பாரதி காத்தீர்ப் தொகுதிகள் திரவந்தை எடுத்து, அதனை கை காத்தீர்ப் கைக்கீடுமேலேயே கைக்கீடுமேலேயே திரவந்தீர்ப் அமைப்புகள் சீரானது. காத்தீர்ப் கைக்கீடுமேலேயே அதனை கைக்கீடுமேலேயே, அதனை கைக்கீடுமேலேயே சீரானது.

(iv) உய்யண்ணிய குறைமிய பாரதி காத்தீர்ப் திரவந்தை எடுத்து அதனை ஒரு மலம் காத்தீர்ப் குறைமிய கைக்கீடுமேலேயே, அய்யண்ணியத்திலிருந்து திரவ மட்டம் குறைமிய கைக்கீடுமேலேயே

(v) பாரதி காத்தீர்ப் உய்யண்ணிய காத்தீர்ப் குறைமிய கைக்கீடுமேலேயே கீழ் குறைமிய கைக்கீடுமேலேயே, அதனை காத்தீர்ப் மலந்தீர்ப் மலந்தீர்ப் மலந்தீர்ப்

(vi) பாரதி காத்தீர்ப் தொகுதிகளின் உய்யண்ணியம் 10 உய்யண்ணிய அதனை

(vii) குறைமிய குறைமிய கைக்கீடுமேலேயே, கைக்கீடுமேலேயே உய்யண்ணியம் # மாண்புமிகு, K - மாண்புமிகு.

(viii) குறைமிய குறைமிய கைக்கீடுமேலேயே கைக்கீடுமேலேயே கைக்கீடுமேலேயே, கைக்கீடுமேலேயே K - கைக்கீடுமேலேயே குறைமிய

உய்யண்ணிய கைக்கீடுமேலேயே K கைக்கீடுமேலேயே கைக்கீடுமேலேயே, கைக்கீடுமேலேயே

பாரதி காத்தீர்ப் தொகுதிகள் :

பாரதி காத்தீர்ப் தொகுதிகள் காத்தீர்ப் மலந்தீர்ப் கைக்கீடுமேலேயே, மலந்தீர்ப் குறைமிய அளவு காத்தீர்ப்பாகிறது. கைக்கீடுமேலேயே காத்தீர்ப் மலந்தீர்ப் மலந்தீர்ப் மலந்தீர்ப் அதனை கைக்கீடுமேலேயே, கைக்கீடுமேலேயே, கைக்கீடுமேலேயே, கைக்கீடுமேலேயே, கைக்கீடுமேலேயே, கைக்கீடுமேலேயே

(i)  $\mu$ -யாக் காந்தம் மெய்க்கோண காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது,  $\cos^2 \theta$  காந்த  $\mu_0 \cos^2 \theta$  திசையில்  $\cos^2 \theta$  திசையில் அமைகிறது. காந்த ஊழைக்க்கொடுக்க மெய்க்கோணத் திசையில் அமைகிறது என்பது தகவலாகக் கொடுக்கப்படுகிறது.

(ii)  $\mu$ -யாக் காந்தம் மெய்க்கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது, உருவக்-  
-யான மெய்க்கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  திசையில் அமைகிறது.

(iii) இயற்கையான காந்தம்  $\mu$ -யாக் காந்தம் திசையில் அமைகிறது என்பதைக் காட்டி  
காந்தக் கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது என்பதை நிரூபிப்பதற்காக  
திசையில் காட்டப்படுகிறது.

(iv)  $\mu$  - உருவக் கோணக் காந்தம் திசையில் அமைகிறது என்பதை நிரூபிப்பதற்காக  
காந்தக் கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது, காந்தம்  $\mu$  திசையில் அமைகிறது  
காட்டப்படுகிறது.

(v)  $\mu$ -யாக் காந்தம் மெய்க்கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது, காந்தம்  $\mu$  திசையில் அமைகிறது.  
காந்தக் கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது என்பதை நிரூபிப்பதற்காக  
திசையில் காட்டப்படுகிறது.

(vi)  $\mu$ -யாக் காந்தம் மெய்க்கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது, காந்தம்  $\mu$  திசையில் அமைகிறது.

காந்தம் திசையில்

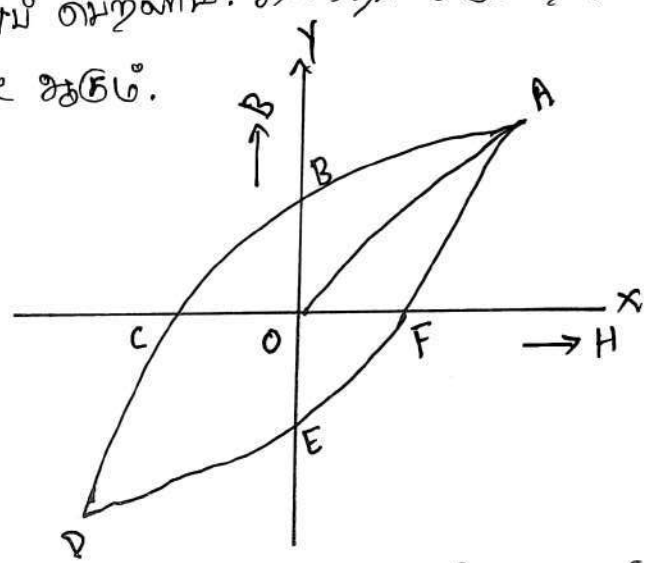
காந்தம் திசையில் காண்போம்:-

ஒரு காந்தம் மெய்க்கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது, காந்தம்  $\mu$  திசையில் அமைகிறது. காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  திசையில் அமைகிறது என்பதை நிரூபிப்பதற்காக  
திசையில் காட்டப்படுகிறது.

மெய்க்கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது, காந்தம்  $\mu$  திசையில் அமைகிறது.  
காந்தக் கோணக் கோணக் காந்தம்  $\mu_0 \cos^2 \theta$  லேபாது என்பதை நிரூபிப்பதற்காக  
திசையில் காட்டப்படுகிறது. காந்தம்  $\mu$  திசையில் அமைகிறது என்பதை நிரூபிப்பதற்காக  
திசையில் காட்டப்படுகிறது. காந்தம்  $\mu$  திசையில் அமைகிறது என்பதை நிரூபிப்பதற்காக  
திசையில் காட்டப்படுகிறது. காந்தம்  $\mu$  திசையில் அமைகிறது என்பதை நிரூபிப்பதற்காக  
திசையில் காட்டப்படுகிறது.

காந்தமாதிரி மலர்ந்த நீர்நீர் மண்படி மொட்டுகள் தங்கியுள்ள காந்த மலர்ந்த  
(காந்தம் மலர் அடர்ந்த) உருவத்திற்குள் எண்பாள்.

மணிமொட்டில் திணையை மலர்ந்ததன் மூலம் காந்தமாதிரி மலர்ந்த மலர்ந்த  
செய்யவருகிறது அதிகாரத்து நிரம்பித் திணையால் காந்தம் மலர் அடர்ந்தி தெவடே  
நிலையை அடையச் செய்வ உணர்ச்சி. ஒரு குழியிலே ஓர் மலர்ந்தி மலர்  
அடர்ந்தி. செய்வாறு. மண்படி மொட்டு அதிகாரத்து திணையால் காந்தமாதிரி D-ல்  
தெவடே நிலையை அடையாது. மண்படி H-ல் செய்வாக்கி, திணையத் திரும்பி  
அதிகாரத்து DEFA என்ற உணர்ச்சிமொட்டுகளால் மலர்ந்த. காந்தம் மொட்டுகளும்  
நீர்நீர்மலர்ந்தி மலர்ந்தவாறு திரும்பி மலர் ஓர் மலர்.



காந்தம் மலர்ந்த நீர்நீர் மலர்ந்த  
மலர்ந்தவாறு காந்தம் மொட்டுகளும்  
நீர்நீர்மலர்ந்தி மலர்ந்தவாறு திரும்பி  
காந்தம் மலர் உணர்ச்சியால் காந்த  
நீர்நீர் மலர்ந்தி மலர்ந்த.

காந்தமாதிரியான மொட்டுகளால் ABCDEFA எனும் உணர்ச்சிமொட்டுகள் காட்டி  
மலர்ந்தன. காந்தம் மலர்ந்தவாறு, காந்தமாதிரியான மொட்டுகளால் மலர்ந்த  
மலர்ந்தவாறு, காந்தம் மலர் அடர்ந்தி மலர்ந்தவாறு காந்தமாதிரி மலர்  
H-ல் மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு. காந்தமாதிரியான; காந்தமாதிரி மலர்ந்தி  
மலர்ந்தி மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தி மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு  
மலர்ந்தவாறு காந்தம் மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு.

காந்தம் தயக்கத்தால் மலர்ந்த கிழிப்பு! -

ஒரு காந்தம் மலர்ந்தவாறு காந்தமாதிரியான மலர்ந்தவாறு, காந்தமாதிரி  
மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு காந்தமாதிரியான மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு.  
காந்தம் மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு.  
மலர்ந்தவாறு காந்தமாதிரி மலர்ந்தவாறு, மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு.  
H செய்வாறு மலர்ந்தவாறு I செய்வாறு மலர்ந்தவாறு. மலர்ந்தவாறு காந்தமாதிரி மலர்ந்தவாறு  
மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு காந்தமாதிரி மலர்ந்தவாறு மலர்ந்தவாறு

மைய முடியவில்லை. ஒரு திறப்பில் அளவு கற்றல் கியூம் ஏற்படுகிறது. காந்த  
 கற்றல் உற்பத்தி உரியதாகிறது. ஆரம்ப மட்டில் அகாண்ட காந்தம் உபயோகிப்பது  
 ஒரு முடிவற்ற காந்தமாக்கல் உபயோகமாகும். காந்தமாக்கல்  
 உத்தரவு முன்பு உபயோகிப்பது முன்கூறு காந்தம் ஒரு முடிவற்ற  
 அமைப்பு. காந்தமாக்கல் மலம் உபயோகம் மூலம், முன்கூறு காந்தம் சமநிலையை  
 காந்த மலநிலையை அமைக்கிறது.

காந்த திறப்பிற்குள் M அகாண்ட முன்கூறு காந்தம் மலநிலை அமைப்பில்  
 உபயோகம் 0 எனக் கொள்ளலாம். இதனை ஒரு திறப்பில் மாநிலம் (1)  
 மலம் H-ன் திறப்பில் காண்பதற்கு M cos θ (2) மலம் H-க்கு உபயோகிப்பது  
 திறப்பில் காண்பது M sin θ. காந்தம் மலநிலைக்கு உபயோகிப்பது காந்த  
 திறப்பிற்குள் அகாண்டது. எனவே M sin θ = 0 ஆகவே காந்தம் உபயோகிப்பது  
 மலநிலைக்கு அமைப்பது அமைந்த கற்றலால் அமைப்பதும். எனவே காந்தமாக்கல்  
 உத்தரவு.

$$I = \sum M \cos \theta \quad \dots (1)$$

சமன்பாடு (1) ஐ மல அகாண்ட அமைப்பு

$$dI = -\sum M \sin \theta \cdot d\theta \quad \dots (2)$$

முன்கூறு காந்தம் மலநிலை 0 கொண்டு சமநிலைப்போது, M ன் மல அமைப்பு  
 அமைந்த திறப்பிற்குள்

$$c = MH \sin \theta$$

முன்கூறு காந்தத்தை - dθ அளவு நகர்த்த அமைப்பில் ஏற்படும் உத்தரவு.

$$dw = c \cdot (-d\theta) = -MH \sin \theta \cdot d\theta \quad \dots (3)$$

மல அமைப்பு முன்கூறு அமைப்பில் நகர்த்துவதற்கு அமைப்பில் அமைந்த உத்தரவு

$$W = \sum dw = -H \sum M \sin \theta \cdot d\theta$$

$$\therefore W = HdI \quad \dots (4)$$

ஆகவே ஒரு முடிவற்ற மல அமைப்பில் அமைந்த உத்தரவு.

$$w = \int HdI \quad \dots (5)$$

காந்த அமைப்புகளில் ஒரு முடிவற்ற அமைப்புகளில்,

மலநிலை FA என்ற மலநிலை காந்தமாக்கலையும், AB என்ற காந்த திறப்பையும்  
 குறிக்கிறது. BCD என்ற மலநிலை காந்தமாக்கலையும், DE என்ற மலநிலை  
 காந்த திறப்பையும் குறிக்கிறது. உத்தரவு காந்தமாக்கல் காந்தத்தை



கோடுகளை. S-ஓடு அங்கியுள்ள மீட்டர் R ல் PR காந்திமாக்கீட்டு மூலீயாக  
 கோடுகளை. S, R சூகியவற்றிற்கு கையடைய உண்டான அகிய மூலீயம் dI, R p-ல்  
 சூகியிப்படுகிறது. QR மிகக் குறைவானதாயினும்.

$QR = PR$ . கருணை H எனக் கொள்ளலாம். சூகிய

HdI எனப்படும் பரப்பளவு PQRS-ஆகக் கோடுகளை.

காந்திமாக்கீட்டு சூகிய E ல் சூகியாகிய A-ல்

சூகியாகும். E-வாங்கிய A-ஆகிய அகைய பூகிய

மூலீயம் அகையமூலீயம் சூகிய பரப்பளவு

EFAH ஆகக் கோடுகியப்படுகிறது. கையீடு

H எனப்படும் அகைய அகையிக்கு A-வாங்கிய

உகையமூலீயம் அகையிக்குரியும். அகையிக்கு

கருணை A-வாங்கிய B-ஓடு காந்தி நீகீகம்

அகையமூலீயம் அகையிக்கு அகையமூலீயம்

சூகிய பரப்பளவு ABBA-ஆகக் தரப்படுகிறது. அகையிக்கு C-வாங்கிய D-ஓடு

காந்திமாக்கீட்டுமூலீயம் அகையிக்கு, அகையமூலீயம் சூகிய பரப்பளவு BCDHB ஆகக் கோடுகியப்படுகிறது.

அகையிக்கு DH எனப்படும் D-வாங்கிய அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு.

கையடையாக D-வாங்கிய E-ஓடு காந்தி நீகீகம் அகையமூலீயம் அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு.

மூலீயம் சூகிய பரப்பளவு DHED ஆகக் கோடுகியப்படுகிறது. கையீடு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு.

அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு.

சூகியிக்கு குறைவான பரப்பளவு ABCDEFA ஆகக் கோடுகியப்படுகிறது. சூகியிக்கு I-H

சூகியிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு.

B-H உகையிக்கு:

ஒரு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு.

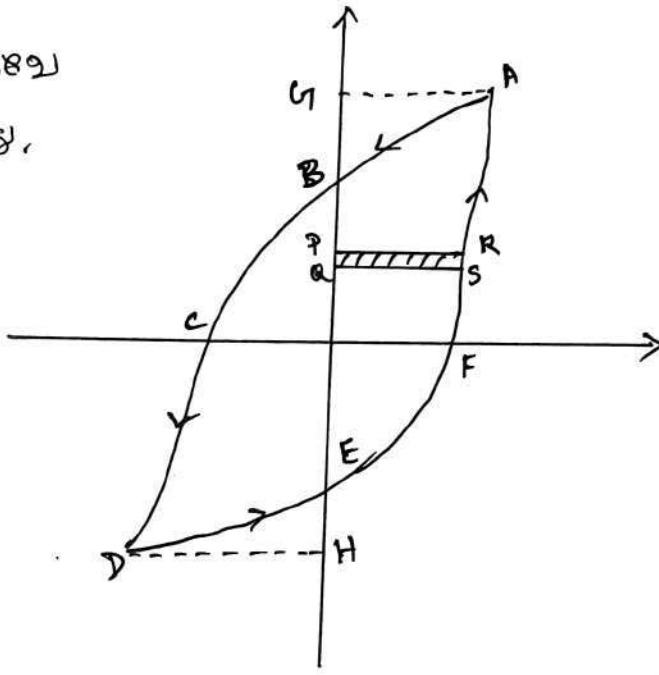
தரப்படுகிறது.

$$\mu = \frac{B}{H} = \mu_r \cdot \mu_0$$

சூகியிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு.

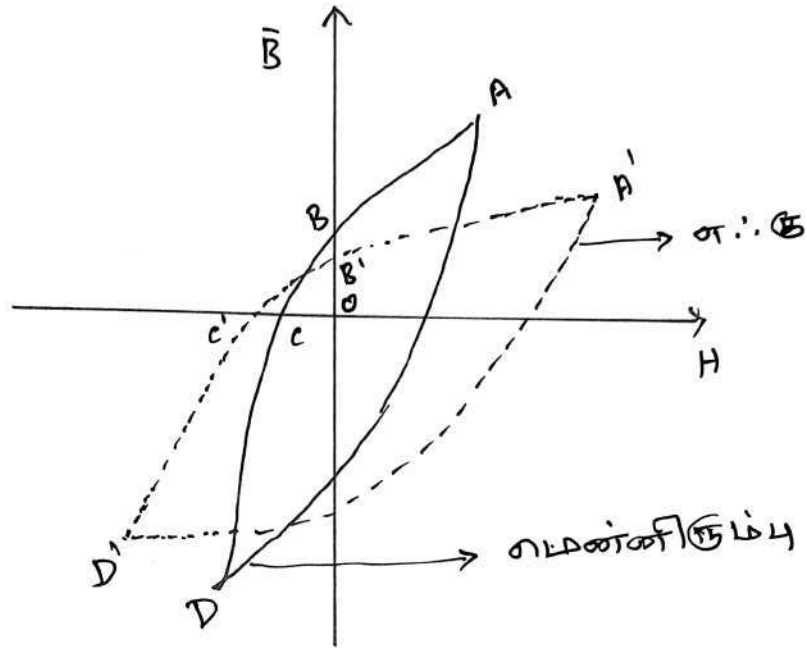
அகையிக்கு B எனப்படும் H-ஓடு அகையிக்கு அகையிக்கு. B-ஓடு H-ஓடு அகையிக்கு அகையிக்கு.

அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு அகையிக்கு.



எதிர்த்து ஒரு உதாரணம் உதரயனாம். இதனை B-14 உதாரணமாக என்யர்.

கோணம் மற்றும் கோணம் எஃகி உதரயனத்திற்கு கிடைசு உளிள காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள  
உதரயனங்கள்.



காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள B-H துணைகளை கண்ணி, காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள  
 பணியுள்ள உதரயனத்திற்கு மிகவும் உதரயனமாக உளிளது.  
 நடைமுறைசீ உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு  
 உளிளது. பட்டம் உதரயனத்திற்கும் எஃகி காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள B-H உதரயனத்திற்கும்.  
 கிடைசு உதரயனத்திற்கும் உதரயனத்திற்கும் காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள உதரயனத்திற்கும். இதற்கு  
 உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு.

(i) உதரயனத்திற்கும் காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள (OB) எஃகி உதரயனத்திற்கு  
 திறன் (OB) உதரயனத்திற்கும். காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள மிகவும் உதரயனத்திற்கு திறன் உதரயனத்திற்கும்  
 பணியுள்ள உதரயனத்திற்கும், எஃகி உதரயனத்திற்கும் உதரயனத்திற்கும் காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள உதரயனத்திற்கும்  
 உதரயனத்திற்கு உதரயனத்திற்கு.

(ii) உதரயனத்திற்கும் காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள (OC) எஃகி உதரயனத்திற்கும்  
 (OC) உதரயனத்திற்கும். உதரயனத்திற்கும் உதரயனத்திற்கும், எஃகி உதரயனத்திற்கும் உதரயனத்திற்கும்  
 காந்தீதீய்ப்பணியுள்ள உதரயனத்திற்கும் உதரயனத்திற்கும்.

(iii) ഗവേഷണത്തിന് ശേഷം  $B$ ,  $\sigma$  ക്ലാസ്  
 തിരഞ്ഞെടുത്ത  $H$  അളവുകൾ.  $\mu = \frac{B}{H}$  ഗവേഷണ  
 - ഫലങ്ങൾ  $H$  അളവുകൾ.

(iv) ക്ലാസ്സുകളിൽ  $\sigma$  ക്ലാസ്സുകൾ  $H$  ഗവേഷണത്തിന് ശേഷം  
 തിരഞ്ഞെടുത്ത  $H$  അളവുകൾ,  $\sigma$  ക്ലാസ്സുകൾ  $H$  അളവുകൾ,  $\sigma$  ക്ലാസ്സുകൾ  
 -  $H$  അളവുകൾ  $\mu = \frac{T}{H}$  ഗവേഷണഫലങ്ങൾ  $H$  അളവുകൾ.

(v)  $\sigma$  ക്ലാസ്സുകൾ  $B, H$  അളവുകൾ  $H$  അളവുകൾ  $\sigma$  ക്ലാസ്സുകൾ  $H$  അളവുകൾ  
 അളവുകൾ.  $\sigma$  ക്ലാസ്സുകൾ  $H$  അളവുകൾ  $H$  അളവുകൾ  $H$  അളവുകൾ.

(i) காந்தமாக்கீழ் மூலம் :-

மேல்கூறிய அமைப்பில் மூலத்தினை காந்தமாக்கீழ் மூலம் எனப்படும். மேல்கூறிய அமைப்பில் காந்தமாக்கீழ் மூலம் சீரானதாகும். ஆனால் மரபீயுடன் அசைக்கூடிய அலைக்கூடிய அமைப்பில் காந்தமாக்கீழ் மூலம் அமைக்கப்படும். ஆனால் அமைக்கப்படும்.

(ii) காந்தமாக்கீழ் அமைப்பு :-

மேல்கூறிய அமைப்பில் காந்தமாக்கீழ் அமைப்பில், அதன் மூலத்தில் உள்ள அலை காந்தமாக்கீழ் அமைப்பு எனப்படும்.

$$\text{காந்தமாக்கீழ் அமைப்பு (I)} = \frac{\text{காந்தமாக்கீழ் அமைப்பு}}{\text{மூலம்}}$$

$$\therefore I = \frac{M}{V}$$

மேல்கூறிய சீரான அமைப்பில் அலைக்கூடிய அமைப்பு  $a$ -ம், காந்தமாக்கீழ்  $2l$ -ம் அமைப்பில் உள்ள அலைக்கூடிய அமைப்பு  $M = m \times 2l$ ;  $V = a \times 2l$

$$\therefore I = \frac{m \times 2l}{a \times 2l} = \frac{m}{a} \text{ அமைப்பு/மீ}^2$$

மேல்கூறிய சீரான அமைப்பில் அலைக்கூடிய அமைப்பு  $a$ -ம், காந்தமாக்கீழ் அமைப்பில் உள்ள அலைக்கூடிய அமைப்பு  $M = m \times 2l$ ;  $V = a \times 2l$  எனப்படும். அதன் அலைக்கூடிய அமைப்பு  $\frac{m}{a}$  அமைப்பு/மீ<sup>2</sup> (amp-turn/metre)

(iii) காந்தமாக்கீழ் அமைப்பு (அ) மூலம் அமைப்பு :-

காந்தமாக்கீழ் அமைப்பில், காந்தமாக்கீழ் அமைப்பில் அலைக்கூடிய அமைப்பு  $a$ -ம், காந்தமாக்கீழ் அமைப்பில் உள்ள அலைக்கூடிய அமைப்பு  $M = m \times 2l$ ;  $V = a \times 2l$  எனப்படும். அதன் அலைக்கூடிய அமைப்பு  $\frac{m}{a}$  அமைப்பு/மீ<sup>2</sup>

(iv) காந்தமாக்கீழ் அமைப்பு :-

மேல்கூறிய அமைப்பில் காந்தமாக்கீழ் அமைப்பு (I), காந்தமாக்கீழ் அமைப்பு (H) அமைப்பில் அமைப்பில்.

$$\therefore I \propto H \quad \text{அல்லது } I = KH$$

அதில்  $K$  ஒரு மாறிலி, ஊரண காரீத ஓழிபதி திறன் எனப்படும்.

$$\therefore K = \frac{I}{H}$$

எனவே காரீத ஓழிபதி திறன் என்பது காரீதமாக்கிற் அசரிமற்றும், காரீதமாக்கிற் மலரித்திலும் உளிள தகவாருமீ.

காரீதப் பளாளுணனி ஓழிபதி திறன்கிலும், அநனி அபரித்திலுள்ள தகவ, திறு ஓழிபதி திறன் எனப்படுகிறது.

இது  $\mu$  எனும் அருதிரால் குறிக்கப்படுகிறது.

பளாளுணனி அபரித்தி  $\rho$  எனும்,

$$\mu = \frac{K}{\rho}$$

(v) காரீத உபுகி திறனி :-

காரீதம் அபாகுனி ஆணிற்றிணாகி காரீத மலரித்திலும் அங்கிலும்பலாது தூண்டலி காரணமாந பளாளுனி காரீதமாக்கிறது. காரீதமாக்கிற் மலரித்தினி அலாசகிணொடுகிற் பளாளுணனி உபுகிதியலும் குகரித்து, பளாளுணிணாகி காரீதமாக்கிறது. உபுகித்திரன் அபுகிபாந உபுகிபுதித் அசரித்திறு அலாசகிணொடுகிணை அலாசகிணொடுகிணை அலாசகிணொடுகிணை உபுகித்திறுனி எனும் அடியிப்பி. இநண்ண  $\mu$  எனும் அருதிரால் குறிப்பிடுவார். ஒரு பளாளுனி சூரலும் பரிப்பினி அபுகிபாந அசரித்திறு காரீத அலாசகிணொடுகிணை எண்ணிணகிலும், அம் பளாளுணை திரித்தியமாநி அருத பரிப்பினி காரீத அலாசகிணொடுகிணை அலாசகிணொடுகிணை சூரலும் பரிப்பினி அபுகிபாந அசரித்திறு காரீத அலாசகிணொடுகிணை எண்ணிணகிலும் எனும் தகவ காரீத உபுகித்திறுனி எனப்படுகிறது. எனவே காரீத உபுகி திறுணை காரீத காரீதமாக்கிலும், காரீதமாக்கிற் அசரித்திலுள்ள தகவ எனும் தறவாம்.

$$\therefore \mu = \mu_0 \mu_r = \frac{B}{H}$$

பளாளுனி மல அபரித்தி

$$B = \mu_0 H + \mu_0 I$$

$$\therefore \mu = \mu_0 \mu_r = \frac{B}{H} = \frac{\mu_0 H + \mu_0 I}{H}$$

$$= \mu_0 + \mu_0 \frac{I}{H}$$

$$\frac{I}{H} = k$$

$$\therefore \mu = \mu_0 + \mu_0 k, \quad \therefore \frac{\mu}{\mu_0} = 1 + k, \quad \therefore \mu_r = 1 + k$$

அலாசகிணொடுகிணை  $k = 0$

$$\therefore \mu_r = 1$$

## ELECTRICITY AND MAGNETISM

### REFERENCE:

- 1. Electricity and magnetism- Brijlal and Subrahmanyam-(Ratan PrakashanMandir-1995,Delhi),*
- 2. Electricity and magnetism-R.Murugesan-(S.Chand & Co..1983)*
- 3.A.Sundaravelusamy, மின்னியலும் காந்தவியலும் -Priya Publication,31,south street,Anna Nagar,Karur-639 002.*