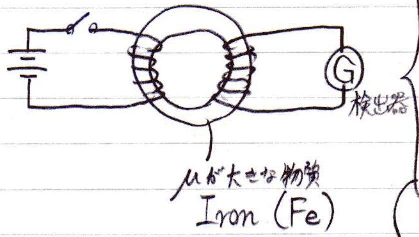
§3 電磁誘導

1) 電磁誘導

電流 $\longrightarrow$ 磁場 (Oersted, 1820)

$\longleftarrow$?

- 1831.8.29, Farady



(1) 一方のコイルの電流の強さを変化させたとき

(2) 一方のコイルに一定の電流を流しておき、他方のコイルの位置を動かしたとき

(3) 一方のコイルを磁石のそばに置き、その磁石を動かしたとき。

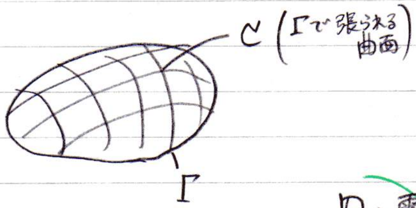
$\Rightarrow$ 電流が発生　電磁誘導

- Lentz　それにより流れる電流は、磁束の変化をさまたげる方向　(レンツの方向)

- F.E. Neuman が定式化。

$$\boxed{V = -k\frac{d\Phi}{dt}}$$

Φ: (鎖交)磁束



$$\Phi = \int_{C上} \mathbf{B}\cdot d\mathbf{S}$$

$\mathrm{div}\,\mathbf{B} = 0$ なので、曲面によらず、同じ値をもつ。

$\mathbf{D}$: ~~電束密度~~

$\mathrm{div}\,\mathbf{D} = \rho$　$\int_{C上} \mathbf{D}\cdot d\mathbf{S}$

$$[\Phi] = T\,m^2$$
$$\equiv W \quad (ウェーバー)$$

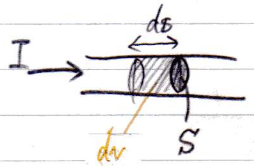
$$\left\{\begin{array}{l} V \text{ in Volt} \\ \Phi \text{ in Weber} \end{array}\right\} \Rightarrow k = 1$$

(MKSA)
SI

$$\boxed{V = -\frac{d\Phi}{dt}} \quad \text{(MKSA)}$$

∘ローレンツ力

アンペールの力 $d\mathbb{F} = I\, d\mathbf{s} \times \mathbb{B}$ （磁場$\mathbb{B}$から電流素片$d\mathbf{s}$が受ける力）



$I = jS$ 　S：電流が流れている断面積

単位体積が受ける力：$\mathbb{F}$

体積 dv が受ける力 ： $\mathbb{F}dv$

$$\mathbb{F}dv = d\mathbb{F} = I\, d\mathbf{s} \times \mathbb{B}$$
$$= jS\, d\mathbf{s} \times \mathbb{B}$$
$$= (\mathbf{j} \times \mathbb{B})\underbrace{(S \cdot d\mathbf{s})}_{dv}$$
$$= (\mathbf{j} \times \mathbb{B})\, dv$$

∴ 単位体積あたり $\boxed{\mathbb{F} = \mathbf{j} \times \mathbb{B}}$

∘荷電粒子

単位体積あたり n個 (charge : q)

$$\mathbf{j} = nq\mathbf{v} \quad (\mathbf{v}\text{：速度})$$

$$\therefore\ \mathbb{F} = nq\mathbf{v} \times \mathbb{B}$$

⇓

1個あたり. $\boxed{\mathbf{f} = q\mathbf{v} \times \mathbb{B}}$ ローレンツ力

$\mathbf{f} \propto \mathbf{v} \times \mathbb{B} \perp \mathbf{v}$

ローレンツ力は仕事をしない

$\left(\mathbf{f} = q(\mathbb{E} + \mathbf{v} \times \mathbb{B})\right.$ ：広義のローレンツ力$\left.\right)$

(例)

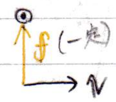
磁場中の電子

$\mathbb{B} = (0, 0, B)$

$$m\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -e\mathbf{v} \times \mathbb{B}$$

↓ (配布プリント, 例題A)

円運動 (サイクロトロン運動)



$\boxed{\omega_c = \dfrac{eB}{m}}$ サイクロトロン周波数