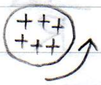
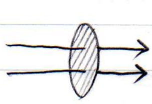
1) 定常電流.

電流 … 電荷の流れ
current

(1876 H. Rowland (※)



帯電させた円板を回転させたら磁場ができた.
⇓
電流は電荷の流れ)



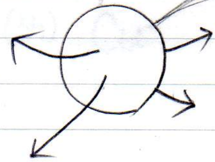
・電流 I : 単位時間あたりにある面を通過する電気量

$$[I] = C/s \equiv A \ (\text{アンペア})$$

電流密度 j : 単位時間あたりに、単位面積を通過する電気量
(A/cm^2 とか A/m^2 とか)

・電流の保存則.

C : 閉曲面



$$\boxed{\int_{C上} \boldsymbol{j}\cdot d\boldsymbol{S} = -\frac{d}{dt}(\text{C内の全電気量})}$$

$$Q = \int_{C上} \rho(r)\, dv$$

$$\therefore \frac{d}{dt} Q = \int_{C内} \frac{\partial \rho(r)}{\partial t} dv$$

一方、$\int_{C上} \boldsymbol{j}\cdot d\boldsymbol{S} = \int_{C内} \mathrm{div}\, \boldsymbol{j}\, dv$ (Gauss's theory)

$$\int_{C内} \mathrm{div}\, \boldsymbol{j}\, dv = -\int_{C内} \dot{\rho}(r)\, dv$$

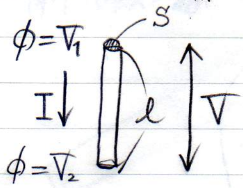
Cは任意 $\boxed{\mathrm{div}\, \boldsymbol{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0}$ 電流(の荷)の保存則.
(連続の式)

特に $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ の場合、$\boxed{\mathrm{div}\, \boldsymbol{j} = 0}$ ⇒ 定常電流
(電気がよどみなく流れる)

以後、§2 では定常電流を考える.

$$\boxed{\mathrm{div}\, \boldsymbol{j} = 0}$$ (定常電流の保存則)

・オームの法則 G. Ohm (1827)



導体上の2点に電位差を与える ― 静電場ではない。

$$\text{電流}\quad I = \frac{1}{R}(V_1 - V_2) = \frac{V}{R}$$

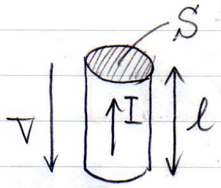
R：(電気)抵抗　$[R] = \Omega$ (オーム)

$$\left(\frac{1}{R} \equiv G \ \text{コンダクタンス} \qquad [G] = S \ \text{ジーメンス} \quad ℧ \ \text{モー (mho)} \right)$$

$$R = \rho \frac{l}{S} \qquad \rho：\text{抵抗率 (resistivity)}$$

→ 物質のみの関数

$$\overset{\text{コンダクタンス}}{G} = \sigma \frac{S}{l} \qquad \rho^{-1} = \sigma：\text{電気伝導度 (conductivity)}$$



$$\begin{cases} V = El \\ I = jS \\ R = \rho \dfrac{l}{S} \end{cases} \qquad V = IR \ \text{より、}$$

$$El = jS\rho\frac{l}{S}$$

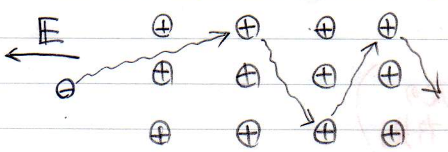
$$\begin{cases} E = j\rho \\ j = \sigma E \end{cases} \quad \left(\sigma = \frac{1}{\rho}\right)$$

一般に、 $\boxed{j = \sigma E}$ (オームの法則の近接作用的表現)

(連続的な電流分布にも使える)

・Ohmの法則の電子論的解釈

(1897 電子 J.J. Thomson
1900)



運動方程式

$$m\frac{dv}{dt} = -eE - \frac{m}{\tau}v$$