

§§ オーム則

マクロ $V = IR$ ①
[V] [A][Ω]

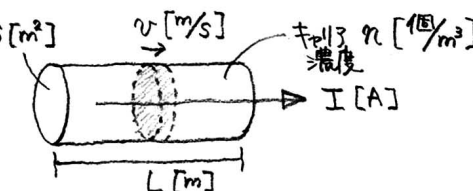
$\downarrow$
 $\frac{V}{L} = \frac{I}{S} \cdot \left(\frac{S}{L} R\right)$

ミクロ $E = J \rho$ ②
[V/m] [A/m][Ωm]

$R = \rho \frac{L}{S}$

$\sigma = \frac{1}{\rho}$

$J = \sigma E$ ③
[A/m]



§§ 電流密度 J

電流 電荷密度 × 1秒で通過する体積
 $I = (ne) \langle Sv \rangle$ ④

$J = \frac{I}{S} = nev$ ④

(参) $D = \epsilon E$ ⑤
つまり 誘電体中に電流が流れるため...
 $\frac{J}{\sigma} = \frac{D}{\epsilon} (=E)$

§§ 移動度 μ

③④より $nev = \sigma E$

$v = \frac{\sigma}{ne} E = \frac{1}{nep} E$

つまり キャリア速度 ∝ 電場

$\sigma = nep \mu$ ⑥
 $\mu = \frac{1}{ne^2 \tau} E$ ⑤ Mの定義
[m^2/V.s]

§§ 散乱時間 τ

ある瞬間における物質内のキャリアの平均速度 v は、
個々のキャリアが (散乱を待たずに) 加速した時間 τ の平均で決定している

運動量 カバ積
 $m v = (eE) \tau$ ⑦

$v = \frac{e \tau}{m} E (= \mu E)$ ⑥

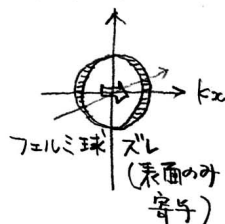


$\mu = \tau \left(\frac{e}{m}\right)$ μの本質

↓
散乱時間 × 比電荷

§§ 平均自由行程 l

$v_F = \frac{\hbar k_F}{m}$, $k_F = (3\pi^2 n)^{1/3}$



$l = v_F \tau = \frac{\hbar}{m} (3\pi^2 n)^{1/3} \tau$

原子100個の間隔
〜 数10nm @ RT
数cm @ 1K

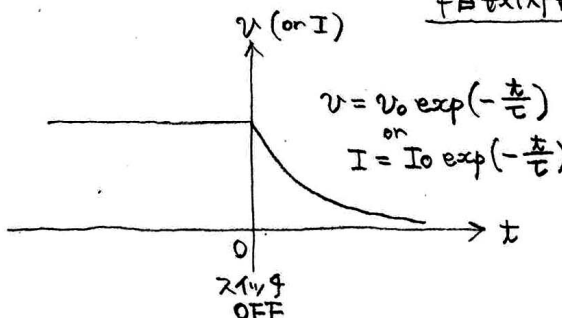
散乱時間 τ 考察

ω=0 で電圧(電場)をスイッチOFFする。

↓
個々の電子(キャリア)は確率的に散乱される

(散乱は、ほぼ弾性的のため、電子は |v| を保ち、たまに方向を変えるだけであるが、方向はランダムのため、平均化すれば $m \vec{v} = 0$ になるとみられる)

つまり集団としてみれば 速度(=電流)は指数関数的に減衰する。



この減衰の時間 τ が 散乱時間

このことは、電子が受ける力は 電場による力 と 散乱抵抗による力

$F = eE - \frac{m v}{\tau}$

であることを示している

つまり $F = ma$ より

$a = \frac{dv}{dt} = \frac{e}{m} E - \frac{v}{\tau}$ であり、

平衡状態では、これが 0 となるので

$\frac{e}{m} E = \frac{v}{\tau}$

$\tau = \frac{e \tau}{m} E$ ⑧

と表す //