

電磁理論 I A & I B (A クラス) ミニッツレポート①	2011 年 4 月 13 日	学籍番号		氏名		評点	
-------------------------------------	-----------------	------	--	----	--	----	--

(1) 次の物理量の中から (a) スカラー場、(b) ベクトル場に分けなさい。( ) 内に a と b どちらかを記入しなさい。(15 点)

質量(a)	密度(a)	電位(a)	力(b)	標高(a)
速度(b)	温度(a)	流速(b)	磁場(b)	電解(b)
座標(a)	気圧(a)	重量(a)	加速度(b)	エネルギー(a)

## (2) 計算問題

(i) クーロン数を求める。

$$\textcircled{1} \text{体積}[\text{cm}^3] = \text{半径の 2 乗}[\text{cm}^2] \cdot \pi \cdot \text{長さ}[\text{cm}]$$

$$\longrightarrow 0.1[\text{cm}] \cdot 0.1[\text{cm}] \cdot 3.14 \cdot 0.1[\text{cm}] = 3.14 \times 10^{-3}[\text{cm}^3]$$

$$\textcircled{2} \text{質量}[\text{g}] = \text{体積}[\text{cm}^3] \cdot \text{密度}[\text{g/cc}] \longrightarrow 3.14 \times 10^{-3}[\text{cm}^3] \cdot 9[\text{g/cc}] = 2.826 \times 10^{-2}[\text{g}]$$

$$\textcircled{3} \text{物質}[\text{mol}] = \text{質量}[\text{g}] \div \text{原子量}[\text{g}] \longrightarrow 2.826 \times 10^{-2}[\text{g}] \div 63 = 4.486 \times 10^{-4}[\text{mol}]$$

$$\textcircled{4} \text{原子の個数}[\text{個}] = \text{物質}[\text{mol}] \cdot \text{アボガドロ数}[\text{個}]$$

$$\longrightarrow 4.486 \times 10^{-4}[\text{mol}] \cdot 6.02 \times 10^{23} = 2.700 \times 10^{20}[\text{個}]$$

この物体には銅原子が  $0.86 \times 10^{20}$  [個] 存在する。

原子数 (原子番号) より原子 1 つあたりの電子の個数が分かる。原子番号 29 より 1 つの銅原子には 29 個の電子が存在する。

$$\textcircled{5} \text{電子の個数}[\text{個}] = \text{原子の個数}[\text{個}] \cdot \text{原子数} \longrightarrow 2.700 \times 10^{20}[\text{個}] \times 29 = 7.831 \times 10^{21}[\text{個}]$$

$$\textcircled{6} \text{クーロン数}[\text{C}] = \text{電子の個数}[\text{個}] \cdot \text{1つの電子あたりのクーロン数}[\text{C/個}]$$

$$\longrightarrow 7.831 \times 10^{21}[\text{個}] \cdot 1.6 \times 10^{-19} \div 1250[\text{C}]$$

したがって、**導体中に含まれる電子のクーロン数は 1250[C] である。**

(ii) 移動速度を求める。

電流はある面を単位時間に通過する電荷の量である。

$$I = S\sigma v \quad (I: \text{電流}[\text{A}] \quad \sigma: \text{単位体積あたりの電荷(クーロン数)}[\text{C/m}^3] \quad S: \text{導体の断面積}[\text{m}^2] \quad v: \text{移動速度})$$

ここで、 $S\sigma = S \cdot (Q/S) = Q[\text{C/mm}]$  (※長さ 1mm の導体なので単位に注意する)

Q は導体中の全電子の電荷(クーロン数) つまり (i) で求めた 1250[C] と同じ値である。Q=1250[C/mm]。

今回の場合、有効な自由電子量は全電子の 10% であるため、導体中の電子の 10% が移動したものと考えられる。したがって、自由電子の電荷: Q' (クーロン数) は 125[C/mm] である。

$$\text{よって、} I = S\sigma v = Q'v$$

$$v = I \div Q = 1[\text{A}] \div 125[\text{C/mm}] = 0.008[\text{mm/s}] \\ = \underline{8.0[\mu\text{m/s}]} \quad (8.0 \times 10^{-6}[\text{m/s}])$$

(3)空間内に、ある距離を隔てて置かれた2本の電線がある。いま、両方の電線に電流が流れるスイッチを押したとする。すると2つの線電流の間にアンペアの力が働く。この力がどのように働き始めるかを説明しながら、遠隔作用と近接作用について簡単に説明せよ。(30点)

(答えの例)

スイッチを入れると瞬時にアンペアの力が働く(遠隔作用)のではなく、ジワジワと(と言っても高速で)マイナス極から電荷がドミノ倒しのように電線を伝わり、もう1本の電線に磁場が形成される。その力により電線間にジワジワと力がかかり始める。やがて、 $t=(\text{電線の距離})/(\text{高速})$ オーダーの時間が経過すると完全なアンペアの力となる。これが、近接作用の考え方。

つまり、場が形成される、というところがポイントで、クーロン力  $F = \frac{qq'}{4\pi\epsilon^2}$  が瞬時に発生するので

はなく、 $F = qE$  の  $E = \frac{q'}{4\pi\epsilon^2}$  が、まず場として形成され、そこに  $q$  が来ると(あると)力が働く、という考え方が近接作用を取り入れた場の理論。

<採点のポイント>

- ・ 電流の流れ方 (ジワジワ)
- ・ 空間に電場が形成
- ・ 遠隔作用 (瞬時)

(4)粒子の共存度とは何か。電子銃による干渉実験の結果を用いて簡単に説明せよ。(30点)

(答えの例)

この実験によると、電子は1個1個入射しているにもかかわらず、あたかも2箇所のスリットを2個の電子が通過し干渉したかのような干渉縞が観測される。これは、1個の電子が両方のスリットを透過したと考えざるを得ず、電子を粒と考えることそのものに無理があるといえる。電子を波(確立波)と考え、それが両方のスリットを通過し、干渉したと考えることが合理的であり、この通過強度を共存度と表現する。共存度とは、一般的には **Schroedinger** 方程式を解いて得られる波動関数そのものであることが知られている。

<採点のポイント>

- ・ 1個の電子を入射
- ・ 波として両方を通過
- ・ 共存度は波動関数そのもの