



広島大学

一定の時間ごとに衝突するモデルの電子論が的中

入試問題

前期日程

物理〔Ⅲ〕問1、問3

〔Ⅲ〕 直線状で一定断面積の導線について、その電気抵抗の機構を理解するため、次のようなモデルを考える。導線に電圧を加えたとき、導線内の個々の自由電子が電場の強さ E に比例する一定加速度を受けながら、導線の長さ方向に沿った直線上を運動し、周期的に導線内の原子と衝突して速度が0に戻るとする。このモデルでは、衝突直前の速度を $\frac{1}{2}$ 倍した速度が平均速度となる。電場の向きを正、電子の質量を m 、電子の電荷を $-e$ ($e > 0$)、導線内の自由電子の数密度を n 、導線の断面積を S として、以下の問いに答えよ。

問1 自由電子の加速度の大きさを求めよ。ただし自由電子が衝突により速度を失う瞬間は除いて考えること。

問2 A案では、自由電子と原子との衝突は、電場の強さ E に関係なく、自由電子が一定距離 d 進むごとに起こると仮定して立式する。以下の問いに答えよ。導き方も示すこと。

- 自由電子の直線運動の平均速度 v_A を、 m 、 e 、 E 、 d を用いて表せ。
- 導線を通る電流の大きさ I_A を、 m 、 e 、 E 、 n 、 S 、 d を用いて表せ。

問3 B案では、自由電子と原子との衝突は、電場の強さ E に関係なく、一定の時間間隔 T ごとに起こると仮定して立式する。以下の問いに答えよ。導き方も示すこと。

- 自由電子の直線運動の平均速度 v_B を、 m 、 e 、 E 、 T を用いて表せ。
- 導線を通る電流の大きさ I_B を、 m 、 e 、 E 、 n 、 S 、 T を用いて表せ。

問4 導線を通る電流の大きさが導線に加える電圧に比例する、オームの法則が成り立つとき、これに合致するモデルとして、A案とB案のどちらがより適切か、より適切な案のアルファベットを解答欄に記入し、その理由を説明せよ。

河合塾

直前講習 広大物理テスト

第1講〔Ⅲ〕問1(2)、(7)

〔Ⅲ〕 電子論と自己誘導・相互誘導に関する以下の問いに答えよ。

問1 導体中の自由電子は、正イオンと衝突しながらいろいろな方向に運動している。導体の両端に電圧をかけると、自由電子は電場(電界)からの力を受けて、全体的に電場と逆向きに運動し、電流が生じる。導体にかかる電圧と流れる電流、および導体中で発生するジュール熱との関係を以下のモデルによって導こう。

図1のような断面積 S 、長さ l の導体 X を考える。導体の長さ方向の両端に電位差 V を与える。

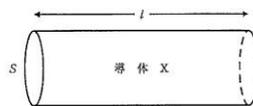


図1

今、1個の自由電子(電荷の大きさを e 、質量を m)に着目する。自由電子は導体 X の長さ方向にのみ運動し、図2のように速さが時間変化するとしよう。すなわち、自由電子は電場からの力を受けて加速され、時間 T で速さ v_0 に達する。この時、自由電子は導体中の正イオンと衝突し、その運動エネルギーを失い、一旦速さが0になる。自由電子が失った運動エネルギーは、正イオンの熱運動のエネルギーに変換される。以下の問いに答えよ。

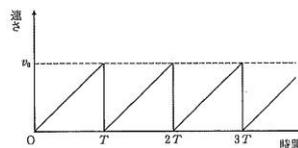


図2

(1) 導体中に生じる電場の強さ E を、 l 、 S 、 V のうち必要なものを用いて表せ。

(2) v_0 を、 e 、 l 、 m 、 S 、 T 、 V のうち必要なものを用いて表せ。

(7) 導体を通る電流 I を e 、 l 、 m 、 n 、 S 、 v_0 のうち必要なものを用いて表せ。導き方も記せ。

これらのことから、単位時間当たり発生するジュール熱 P が IV に等しいことがわかる。