

[化学物理 I (基礎)] (全 1 題)

[問題 1]

電磁波に対する金属導体中の電子の応答を考える．以下の問に答えよ．

問 A 電荷 $-e$ 質量 m を持つ電子が、 x 方向の交流電場 $E_x = E_0 \cos \omega t$ による力および速度 \dot{x} に比例した制動力 $-g\dot{x}$ を受けて運動しているとす
る．(交流磁場成分によるローレンツ力は無視できるものとする．) この電子の運動方程式を書け．

問 B 上式において、 $x = x' \cos \omega t + x'' \sin \omega t$ (x' 、 x'' は実数)とおき、
変位 x の時間変化を求めよ．

問 C 上記の運動に従う電子の集団(数密度 N)が作る電流密度 i_x を、 N 、 e 、
 m 、 g 、 E_0 、 ω 、 t を用いて表せ．

問 D マックスウェル方程式の一つ、

$$\text{rot } H - \partial D / \partial t = i_e$$

を、“右辺”が物質中での微視的電流密度、すなわち伝導電流密度と分極電流密度と磁化電流密度の和を表す形に変形せよ．但し、 $D = \epsilon_0 E + P$
および $H = B / \mu_0 - M$ なる関係式を用いること．

問 E 物質中での伝導電流密度 i_e および誘電分極 P が、電場 E と以下の比例関係を持つものとする．

$$i_e = s E$$
$$P = (\epsilon - \epsilon_0) E$$

(但し、 s 、 ϵ は実数)

E が交流電場 $E = E_0 \cos \omega t$ で与えられるとき、問 D で求めた式の右辺の電流密度を E_0 、 ω 、 s 、 ϵ 等を用いて表せ．但し、今考えている物質中では磁化 $M = 0$ であるとする．

問 F 問 C の結果と問 E の結果を比較することにより、問 A の運動に従う数密度 N の電子の集団に対する s および ϵ を求めよ．

問 G 以上の結果に基づくと、交流電場に対する伝導電流と分極電流はそれぞれ電場に対するどういう応答を表すものと考えてるのが適切か．「位相」をキーワードとして 50 字程度で説明せよ．