

[物理学基礎]

以下の問 (1) ~ (7) に答えよ.

電離した原子 (または分子) 気体は, 自由に動くことができる電子と正の電荷をもつイオンから成り, プラズマと呼ばれる. 電子の質量を m , 電荷を $-e$, プラズマ中の電子の粒子密度を N とする. 電子に比べてイオンの質量ははるかに大きいので, イオンの運動は考えなくてよい.

図 1 のように, 電離した電子が一斉に x だけ変位したとき, プラズマの両端にはそれぞれ面積あたり $\pm\sigma = \pm Nex$ の電荷が現れる. この電荷分布は帯電した平行板コンデンサと同じであり, プラズマ内には電場 $E = \sigma/\epsilon_0$ が生じる. ϵ_0 は真空での誘電率とする. 誘起されたこの電場により, 電子は復元力を受けて振動する.

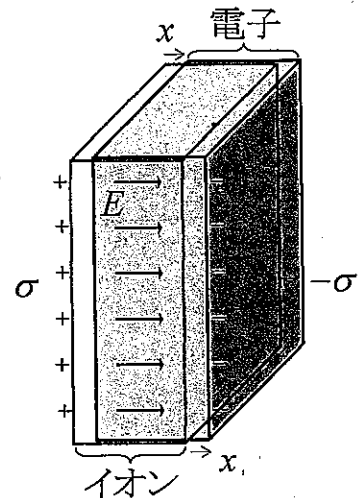


図 1. 電荷の分離と電場の様子

- (1) Gauss の法則を用いて, 下線部の関係式を導け.
- (2) 電子の運動方程式を立てよ.
- (3) この系の固有振動数 ω_p を求めよ.

次に, 一様なプラズマに振動数 ω の電波が侵入するときの屈折率を考える. ただし, 磁場による影響はないものとする.

- (4) 光の電場が $E(t) = E_0 \exp(-i\omega t)$ によって時間変化するとき, 入射した光に追従してプラズマが $x(t) = x_0 \exp(-i\omega t)$ の振動をする際の振幅 x_0 を求めよ.
- (5) 電束密度 $D(t) = \epsilon_0 E(t) + P(t) = \epsilon E(t)$ の関係を用いて誘電率 ϵ を求めよ. ここで, 分極は $P(t) = -Nex(t)$ により与えられる.
- (6) 問 (5) で求めた誘電率 ϵ の ω 依存性の概形をグラフに記せ.
- (7) 屈折率 n は比誘電率 ϵ/ϵ_0 の平方根により与えられる. 電波がプラズマ内に侵入しないで反射するのは, ω がどのような条件を満たすときか.