プラズマ物理基礎試験問題

【注意】以下の選択肢で問いを選びなさい。
（１）【1】（配点 48）と【2】、【3】（配点 52）
（２）【1】（配点 48）と【4】（配点 52）

【問1】 次の語句を説明せよ。（説明のための用紙スペースは自由に使って良い）

(ア) Debye 長（Debye Distance）
(イ) Larmor 半径（Larmor Radius）
(ウ) 位相（Phase）
(エ) 群速度（Group Velocity）
(オ) 位相速度（Phase Velocity）
(カ) プラズマの温度（Plasma Temperature）
(キ) プラズマ振動(Plasma Oscillation)
(ク) 電子プラズマ波(Electron Plasma Wave)

【問 2】サイクロトロン運動を導出しなさい。
磁場および電場が存在する場合、粒子の運動は普通の旋回中心でも Larmor 運動にあらたな効果が加わる。E= 0 とすると運動方程式は、

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = q\vec{v} \times \vec{B} \tag{1}$$

となる。ｚをＢの方向に仮定しなさい。（$\vec{B} = B\hat{z}$）次にｘ、ｙ、ｚ方向の上記運動方程式の成分を求めなさい。$\dot{v}_x\left(=\frac{dv}{dt}\right)$, $\dot{v}_y$について解いて、さらにそれぞれを時間微分します。そうすると$\ddot{v}_x\left(=\frac{dv}{dt}\right)$, $\ddot{v}_y$の二次微分方程式をｘ、ｙ成分に対して求めることが出来ます。

この微分方程式の解は、

$$v_{x,y} = v_\perp \exp(\pm i\omega_c t + \delta_{x,y})$$

で表されます。此処でω_cは、サイクロトロン周波数になります。ω_cを求めなさい。

位相δは適当に選べば0にとるこができるので$v_x = v_\perp \exp(i\omega_c t) = \dot{x}$ とおける。$v_y = \frac{m}{qB}\dot{v}_x$とおける。両方をそれぞれ積分して Larmor 半径を求めなさい。

【問 3】有限な電場がある場合は、粒子の運動は、

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

である。E(電界)は、x-z 平面にとる。すると $E_y = 0$ となる。ここで z 成分のv_zを導出しなさい。次に、$\frac{dv_x}{dt}$, $\frac{dv_y}{dt}$を求めなさい。

次に$\ddot{v}_x$, $\ddot{v}_y$を求めなさい。ここから ExB ドリフトを求めなさい。

【問4】 プラズマ振動を求めなさい。

運動方程式と連続の式は、

$$mn_e[\frac{\partial \vec{v}_e}{\partial t} + (\vec{v}_e \cdot \nabla)\vec{v}_e] = -en_0\vec{E}$$

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + \nabla \cdot (n_e \vec{v}_e) = 0$$

で与えられる。Poisson の方程式は、

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\partial \vec{E}}{\partial \vec{x}} = 4\pi e(n_i - n_e)$$ を与える。

線形化を以下のようにとり、プラズマ振動を導出しなさい。

$$n_e = n_0 + n_1, \quad \vec{v}_e = \vec{v}_0 + \vec{v}_1, \quad \vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_1$$