

平成 23 年度 後期 プラズマ物理 試験問題

次の各問いに答え、その解答をそれぞれ別々の解答用紙に記入せよ。(必要ならば裏面を使っても構わない。)

問 1

荷電粒子の多体系としての「プラズマ」が示す”集団的な振る舞い”の中で基本的な(1)「Debye 遮蔽」と(2)「プラズマ振動」についてそれぞれ説明せよ。

問 2

(1) トロイダル磁場のみの単純トーラス磁場配位ではプラズマを閉じ込めることはできない。その理由を荷電粒子のドリフトの観点から説明せよ。

(2) トーラス状のプラズマを閉じ込めるためにはどのような磁場配位にすればよいか答えよ。

問 3

一様磁場 \vec{B} 中で、電子と 1 種類の正イオンからなる 2 成分プラズマを考え、それぞれを流体とみなす 2 流体モデル (電荷 q_j 、密度 n_j 、圧力 p_j 、 $j = e, i$ はプラズマ粒子の種類を表す添字) を考える。それらのプラズマ流体の運動の時間スケールはクーロン衝突時間よりも十分長く、また、クーロン衝突時間はラーマー回転周期よりも十分長いとする。平衡状態において、電場 \vec{E} 、圧力勾配 $\vec{\nabla} p$ およびクーロン衝突による摩擦力 \vec{R}_j を考慮して、磁場を横切るそれぞれの流体の速度 $\vec{V}_{\perp j}$ がこれらに起因した 3 つの項からなることを示せ。さらに、それらの特徴をそれぞれ述べよ。

問 4

プラズマ中の磁気流体力学的不安定性の中で「テアリング不安定性」と呼ばれている不安定性がある。どのような不安定性か説明せよ。

問 5

一様な静磁場 ($\vec{B}_0 = B_0 \hat{z}$) 中の一様密度 (n_0) の冷たい 2 成分プラズマ中を磁場に平行方向 (z 方向) に伝播する波について考える。電子の質量を m_e 、電荷を $-e$ 、正イオンの質量を m_i 、電荷を $+e$ とする。

- (1) 冷たいプラズマ中を磁場に平行方向に伝播する波には 2 つのモードがある。それぞれの分散式を求め、横軸を波数 k 、縦軸を周波数 ω としたグラフに概略を図示せよ。
- (2) 波の周波数 ω が遮断周波数よりも高い場合には直線偏波した波の電場の方向が波の伝播距離 L に比例して回転する現象が見られる。この現象を何と呼ぶか書け。また、その回転角 Ψ の大きさを式で表せ。ただし、波の周波数は電子サイクロトロン周波数 ω_{ce} よりも十分に大きいとする。