

Introduction to Plasma Physics_25fall_MJX

2026 年 1 月 17 日

注: $\hbar\alpha$ 回忆版, 很可能存在错漏, 描述与原卷存在差异

一、简答:

1. 等离子体耦合强度 $\Gamma = \frac{\text{库伦相互作用能}}{\text{无归热运动平均动能}} = \frac{1}{3}N_D^{-2/3}$, 说明为什么可以将等离子体当作理想气体处理。(原卷为 $\Gamma = \frac{1}{3}N_D^{2/3}$)
2. 给出均匀磁场中电子与离子回旋半径之比, 电子、离子温度分别为 T_e, T_i 。
3. 给出均匀磁场和电场中的电子、离子漂移速度, 给出总的漂移电流。
4. 推导不均匀磁场中粒子的磁场梯度漂移。
5. 磁化等离子体中, 波矢方向近似垂直与磁场方向时的波模, 给出色散关系。
6. 给出电磁流体中的磁压、比压。
7. 无碰撞等离子体的分布函数 $f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$ 满足 $\frac{df}{dt} = 0$, 给出 f 满足的方程。
8. 离子声孤立子是典型的等离子体中的非线性波, 给出其最小传播速度 (最小马赫数)。

二、在无磁场或平行磁场方向的条件下推导 Boltzmann 关系。

三、给出图 1 中可能的波模:

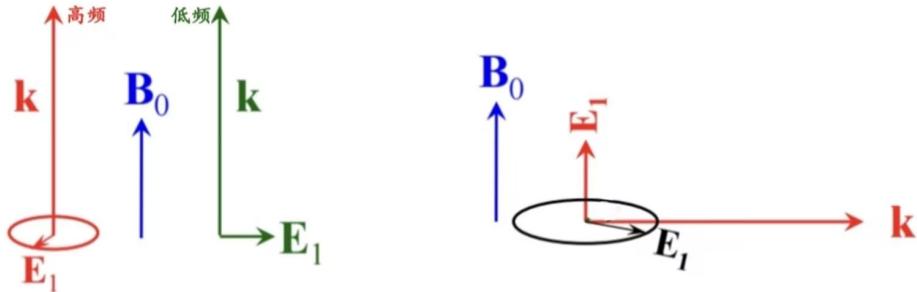


图 1: 题 3

四、(1) 从流体方程推导带碰撞的无磁化冷等离子体的介电常数 ϵ 和极化率 χ_α 。已知碰撞频率 ν_α , 平衡态 $T_\alpha = 0, v_{\alpha 0} = 0$;

(2) 求电磁波的波矢 k , 给出其实部虚部。假设 $\nu_\alpha \ll \omega$ 。

五、三极扩散: 考虑弱电离非磁化等离子体中电子与中性原子或分子结合形成负离子, 已知收尾速度

$v_\alpha = \mu_\alpha E - D_\alpha \frac{\nabla n_\alpha}{n_\alpha}$, 其中迁移率和扩散系数 $\mu_\alpha = \frac{q_\alpha}{m_\alpha \nu_\alpha}$, $D_\alpha = \frac{T_\alpha}{m_\alpha \nu_\alpha}$, 简单起见认为正负离子 ν_i, m_i, T_i 相同。平衡态时等离子体处处电流守恒、保持准中性。

- (1) 仿照双极扩散描述三极扩散的物理图像和过程;
- (2) 求三极扩散电场表达式和电子的收尾速度;
- (3) 证明电子的分布近似满足 Boltzmann 条件。