

2026 春电磁学 H 期末试题

共 4 题，每题 25 分，满分 100 分

每题 5 小问，每小问 5 分

声明：本试卷为回忆版，题目表述与原卷可能不完全一致。

第一题 Maxwell 线圈、梯度场与电磁感应

- (1) 单个圆形载流线圈，半径为 R ，通有电流 I ，轴线取为 z 轴。求轴线上磁场 $\mathbf{B}(z)$ 。
- (2) Maxwell 线圈：两相同圆线圈，半径均为 R ，分别位于 $z = \pm b$ ，两线圈电流大小相同、方向相反。求中心附近轴线上轴向磁场的一阶近似。



- (3) 求中心附近径向磁场的一阶近似。
- (4) 若线圈电流 $I = kt$ ，求中心附近感应电场 $\mathbf{E}$ 。
- (5) 在 Maxwell 线圈中心附近放置一小圆线圈，半径 $a \ll b, R$ ，其法向（磁矩方向）与轴线夹角为 θ 。求小线圈与两个大线圈之间的总互感。

第二题 磁介质与磁化

(1) 均匀磁化球 $\mathbf{M} = M\hat{\mathbf{z}}$ ，求：

- 磁化面电流；
- 球内外磁场 B_{in} 、 B_{out} 。

(2) 线性均匀磁介质球（相对磁导率 μ_r ）半径为 R ，置于均匀外磁场 $\mathbf{B}_0$ 中。求磁感应强度 $\mathbf{B}$ 与磁化强度 $\mathbf{M}$ 。

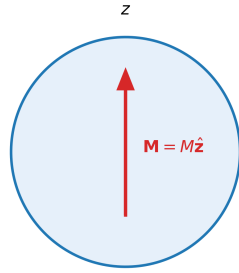


图 3 均匀磁化球

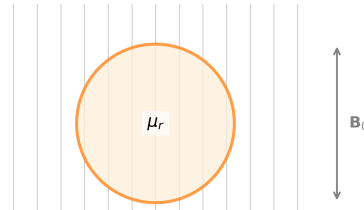
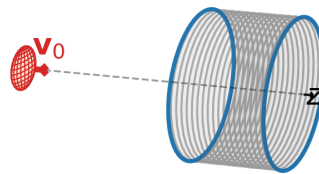


图 4 均匀外磁场中的磁介质球

(3) 讨论 $\mu_r > 1$ 、 $\mu_r < 1$ 、 $\mu_r \rightarrow 0$ 、 $\mu_r \rightarrow \infty$ 四种情形下， $\mathbf{B}$ 和 $\mathbf{H}$ 相对于真空外场 $\mathbf{B}_0$ 、 $\mathbf{H}_0$ 的变化。

(4) 有限长细螺线管：半径 a 、长度 L ($a \ll L$)、匝密度 n 、电流 I 。从无穷远处轴线上飞来一磁介质小球 ($\mu_r < 1$)，半径 $R \ll a, L$ ，质量 m_0 ，初速度 $\mathbf{v}_0$ 平行轴线指向螺线管。求小球能穿过螺线管的临界速度 v_c 。



(5) 若 $v = \frac{1}{10}v_c$ ，把螺线管磁场视为磁矩场，求小球回头位置。

第三题 长螺线管中的时变电磁场

长螺线管：长度 L 、匝密度 n 、半径 $a \ll L$ ，电流 $I = kt$ ，内部为真空。

- (1) 求螺线管内外磁场 $\mathbf{B}$ 以及内外感应电场 $\mathbf{E}$ 。
- (2) 求螺线管内部电磁场总能量。
- (3) 求单位面积应力以及螺线管上半表面所受的总电磁力。
- (4) 计算表面处的 Poynting 矢量，证明流入螺线管内部的电磁能流率等于内部电磁场能量变化率。
- (5) 若插入导体占据整个内部空间，导体电导率为 σ ，磁导率为 μ 。求总焦耳热功率。

第四题 Maxwell 方程与平面电磁波

(1) 写出 Maxwell 方程组的微分形式。

(2) 均匀无耗介质： ε 、 μ 、 $\sigma = 0$ 。设

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 e^{-i(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r})}, \quad \mathbf{H} = \mathbf{H}_0 e^{-i(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r})}.$$

将 Maxwell 方程组化简（原卷就是这么问的）。

(3) 求波速与波阻抗 $\eta = \frac{E}{H}$ 。

(4) 均匀导电介质： ε 、 μ 、 σ ，无自由电荷。设

$$\mathbf{E} = E(z) e^{-i\omega t} \hat{\mathbf{x}}, \quad \mathbf{H} = H(z) e^{-i\omega t} \hat{\mathbf{y}}.$$

写出电场 E 和磁场 H 满足的微分方程（原卷就是这么问的）。

(5) 设

$$\mathbf{E} = E_0 e^{i(k'z - \omega t)} \hat{\mathbf{x}}, \quad \mathbf{H} = H_0 e^{i(k'z - \omega t)} \hat{\mathbf{y}}.$$

求 k' 与波阻抗 η 。（可使用矢量恒等式 $\mathbf{a} \times (\mathbf{b} \times \mathbf{c})$ 及 $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E}$ 。）