

南京大学 现代工程与应用科学学院 全日制统招本科生

电动力学 期末考试试卷 闭卷

考试日期：2024 年 1 月 10 日 考试时长：2 小时

考生年级：_____ 考生专业：_____ 考生学号：_____ 考生姓名：_____

题号	一	二	三	四	五	总分
分数	25	15	10	25	25	100
得分						

一、(25 分) 在空间中有一个半径为 R 的球体，其电荷分布为：

本题得分

$$\rho(r, \theta, \varphi) = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{A}{r^2} \cos \theta & r \geq R \end{cases}$$

其中， A 为常数， r 、 θ 和 φ 分别是球坐标系中的径向、极角和方位角。请回答以下问题：

- (a) 计算球体的总电荷量。
- (b) 计算球体上的电场强度 \vec{E} 。
- (c) 计算球体外的电势 ϕ 。
- (d) 确定球体内各一点处的电势和电场强度。
- (e) 计算球体的电势能。

二、(15 分) 在均匀、无限长的圆柱形电容器中，有一个半径为 a 、高为 h 的圆柱形介质，介质的相对介电常数为 ϵ_r 。设圆柱形电容器的半径为 R ，电容器的电势差为 V 。请回答以下问题：

本题得分	
------	--

- (a) 计算圆柱形介质中的电场强度 \vec{E} 。
- (b) 计算介质中的电荷密度 ρ 。
- (c) 确定电容器内、外各一点处的电势和电场强度。
- (d) 计算圆柱形介质中的电势能。
- (e) 计算圆柱形电容器的电容。

三、(10 分) 在均匀磁场 $\vec{B} = B_0 \hat{z}$ 中，一个带电粒子以速度 $\vec{v} = v_0 \hat{x}$ 进入磁场。请回答以下问题：

本题得分	
------	--

- (a) 确定带电粒子的运动轨迹。
- (b) 计算带电粒子绕磁场旋转的周期 T 。
- (c) 计算带电粒子的轨道半径 r 。
- (d) 计算带电粒子的角频率 ω 。

四、(25 分) 在实验室参考系中，一束质量为 m ，速度为 v 的电子束射向一靶，发生完全非弹性碰撞，产生了两个质量为 m 的粒子。设碰撞发生前，电子束与靶的相对速度为 u 。

本题得分	
------	--

- (a) 求碰撞后两个粒子的速度大小和方向。
- (b) 求碰撞后两个粒子的总能量，以碰撞前的总能量为基准。
- (c) 假设电子束的能量是 E ，计算 E 与 m 之比，使得两个粒子的总能量等于 $2mc^2$ ，其中 c 为光速。
- (d) 假设 u 的大小为 $0.9c$ ，计算碰撞后两个粒子的相对速度大小。
- (e) 以实验室参考系为基准，计算碰撞前后的动量守恒。
- (f) 以实验室参考系为基准，计算碰撞前后的能量守恒。
- (g) 计算两个粒子的相对速度，以实验室参考系为基准。
- (h) 假设一个观察者以速度 v' 运动相对于实验室参考系，根据洛伦兹变换，计算碰撞前后两个粒子的速度。
- (i) 计算观察者在实验室参考系中看到碰撞前后的能量。
- (j) 计算观察者在实验室参考系中看到碰撞前后的动量。

五、(25 分) 在椭球坐标系中，有一个无限大的均匀带电平面位于 $z = 0$ 处，电荷密度为 ρ_s 。现在在椭球坐标系中另一点 $P(x, y, z)$ 放置一个点电荷 q 。

本题得分	
------	--

- (a) 利用电像法，求解点电荷 q 在椭球坐标系中的电势。
- (b) 利用电像法，求解点电荷 q 在椭球坐标系中的电场强度。
- (c) 假设椭球坐标系的参数为 a, b, c ，计算电势公式中电像点的坐标 (x', y', z') 。
- (d) 计算点电荷 q 产生的电势在椭球坐标系中的展开式，并给出前两项。
- (e) 计算点电荷 q 产生的电场在椭球坐标系中的展开式，并给出前两项。