

中山大学本科生期末考试

考试科目：《电磁学》（A 卷）

学年学期：2018 学年第 2 学期

学院/系：物理学院

考试方式：闭卷/开卷

年级专业：18 级 物理学

任课老师：郭东辉、王伟良

警示

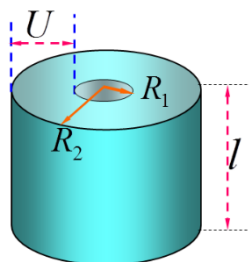
《中山大学授予学士学位工作细则》第八条：“考试作弊者，不授予学士学位。”

-----以下为试题区域，共 8 道大题，总分 100 分，考生请在答题纸上作答-----

一些可能要用到的常数：电子电荷 $-1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ ，真空介电常数 $8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{Nm}^2$ ，真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2$ ，普朗克常数 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ ，真空中的光速 $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ ，圆周率 3.1415926

1. 一内、外半径分别为 R_1 和 R_2 的圆筒，长度 $l \gg R_2$ ，其电阻率 ρ ，若筒内外电势差为 U ，且筒内缘电势高，圆柱体中径向的电流强度为多少？（9 分）

答：



解法一：

$$dR = \rho \frac{dr}{S} = \rho \frac{dr}{2\pi r l}$$

$$R = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\rho dr}{2\pi r l} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$$I = \frac{U}{R} = 2\pi l U / \rho \ln \frac{R_2}{R_1}$$

解法二：

$$j = \frac{I}{2\pi r l} = \frac{E}{\rho}$$

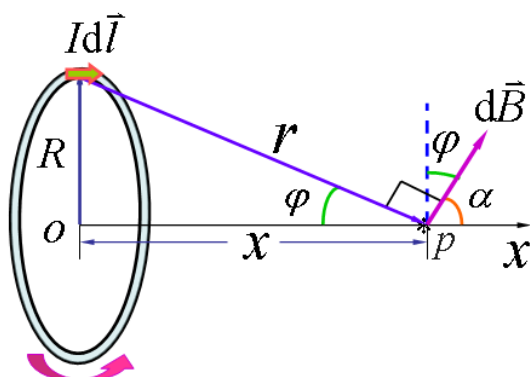
$$E = \frac{I \rho}{2\pi r l}$$

$$U = \int \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{I \rho dr}{2\pi l r} = \frac{I \rho}{2\pi l} \ln \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow I = \frac{2\pi l}{\rho \ln \frac{R_2}{R_1}}$$

每行 3 分

2. 一圆形电流圈，半径为 R ，电流为 I ，求在它轴线上与其圆心相距 x 处的磁感应强度

$\vec{B}(x)$ 。(10 分)



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_l \frac{\sin \varphi dl}{r^2} \hat{x} = \frac{\mu_0 IR}{4\pi r^3} 2\pi R \hat{x} = \frac{\mu_0 IR^2}{2r^3} \hat{x} = \frac{\mu_0 IR^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \hat{x}$$

每个等号 2 分，方向 2 分。写出了毕奥-萨伐尔定律也得 2 分。

3. 法拉第圆盘发电机是一个在磁场中转动的导体圆盘。设圆盘的半径为 R ，它的轴线与均匀外磁场 \vec{B} 平行，它以角速度 ω （方向与磁场相同）绕轴线转动。

1) 求盘边与盘心的电势差 U (10 分)。

2) 当 $R=15\text{ cm}$, $B=0.60\text{ T}$, 转速为每秒 30 圈时, U 等于多少? (5 分)

3) 盘边与盘心哪处电势高? (3 分) 当盘反向转时, 它们的高低是否也会反过来? (2 分)

解:

1) $U = \int_0^R \vec{E} dr = \int_0^R B \omega r dr = \int_0^R B \omega r dr = \frac{1}{2} B \omega R^2$ 每写对一个等号可得 2 分。并不是要等式一样才得分, 比如写出 $\vec{E} = B\vec{v}$ 就相当于写对了第二个等号, 应得 2 分。

2) $U = \frac{1}{2} 0.60\text{ T} \frac{30 \times 2\pi}{1} (0.15\text{ m})^2 = 1.3\text{ V}$ 每写对一个等号可得 2 分。有效数字错扣 2 分。

3) 盘边电势高, 会。

4. 长直密绕螺线管, 内部为空气, 已知长度 l , 横截面积 S , 匝数 N , 忽略边缘效应求其自感 (14 分)

答:

设电流为 I

$$\psi = N\Phi(3\text{分}) = NBS \quad (3\text{分}) = N\mu_0 \frac{N}{l} IS \quad (3\text{分})$$

$$L = \frac{\psi}{I}(3\text{分}) = \mu_0 \frac{N^2}{l} S(2\text{分})$$

5. 电源 ε 与电阻 R 、电容 C 串联(初始电荷为零), 求开关闭合之后电流随时间的变化。(10 分)

解:

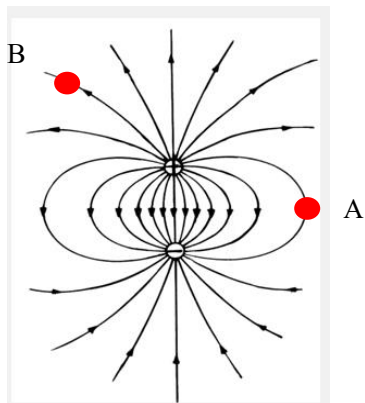
$$\varepsilon - \frac{q}{C} - Ri = 0 \quad (3\text{分})$$

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = \varepsilon \quad (3\text{分})$$

$$q = C\varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (2\text{分})$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2 \text{ 分})$$

6. 两个等量异号电荷，它们在空间形成静电场如图所示。当用导线连接这两个异号电荷，使之放电，导线上将产生焦耳热。画出 A 点、B 点的能流密度方向（画在答题纸上）（8 分）。



7. 一铁环中心线的周长为 30cm，横截面积为 1.0cm^2 ，在环上紧密地绕有 300 匝表面绝缘的导线，当导线中通有电流 32mA 时，通过环的横截面的磁通量为 $2.0 \times 10^{-6}\text{Wb}$ ，求：

（1）铁环内部磁感应强度的大小（4 分）；（2）铁环内部磁场强度的大小（4 分）；（3）铁的磁化率（2.5 分）和绝对磁导率（2.5 分）；（4）铁环磁化强度的大小（4 分）。

解：

$$(1) \quad B = \frac{\Phi}{S} = \frac{2.0 \times 10^{-6} \text{Wb}}{1.0 \times 10^{-4} \text{m}^2} = 2.0 \times 10^{-2} \text{T}$$

(2)

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = NI \quad (2 \text{ 分})$$

$$Hl = NI$$

$$H = \frac{300 \times 32 \times 10^{-3} \text{A}}{0.30 \text{m}} = 32 \text{A/m} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(3) \quad \mu = \frac{B}{H} = \frac{2.0 \times 10^{-2} \text{T}}{32 \text{A/m}} = 6.25 \times 10^{-4} \text{N/A}^2 \approx 6.3 \times 10^{-4} \text{N/A}^2$$

$$\chi_m = \frac{\mu}{\mu_0} - 1 = \frac{6.25 \times 10^{-4} \text{N/A}^2}{4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2} - 1 = 5.0 \times 10^2$$

$$(4) \quad M = \frac{B}{\mu_0} - H \quad (2 \text{ 分}) = \frac{2.0 \times 10^{-2} \text{T}}{4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2} - 32 \text{N/A}^2 = 1.6 \times 10^4 \text{N/A}^2 \quad (2 \text{ 分})$$

8. 真空中一单色电磁波电场振幅为 1.0V/m ，波长为 400nm ，求平均光子流密度（垂直于波矢的面上单位面积单位时间通过的光子数）。提示： $E=cB$ ，一个光子能量为 hc/λ 。（12 分）

答：

$$\bar{S} = \frac{\int_0^T EH dt}{T} \quad (2 \text{ 分}) = E_m \frac{B_m}{\mu_0 T} \int_0^T \cos^2(\omega t) dt \quad (2 \text{ 分}) = \frac{E_m B_m}{2\mu_0} = \frac{E_m^2}{2\mu_0 c} \quad (2 \text{ 分})$$

$$nh\frac{c}{\lambda} = \frac{E_m^2}{2\mu_0 c} \quad (2 \text{ 分})$$

$$n = \frac{\lambda E_m^2}{2h\mu_0 c^2} \quad (2 \text{ 分}) = \frac{400 \times 10^{-9} \text{ m} \times (1.0 \text{ V/m})^2}{2 \times 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2 \times (3.0 \times 10^8 \text{ m/s})^2} \quad (1 \text{ 分}) = 2.7 \times 10^{16} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2} \quad (2 \text{ 分})$$

有效数字错扣 2 分，单位错扣 2 分。