

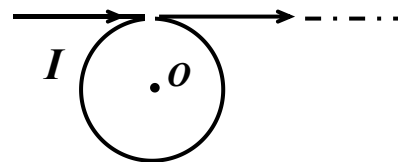
电磁学期中考试 B 卷 (01 年 11 月 24 日)

_____系 学号_____姓名_____成绩_____

一、填空题:(40 分)

1 在均匀电场各点电势梯度是否相等? 是 各点的电势是否相等? 否。

2. 有一载流为 I 的长细导线弯曲成如图所示, 圆周半径为 R , 求圆心 O 处磁感应强度的大小 $\frac{\mu_0 I}{2R} - \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$ 方向垂直于纸面朝外。

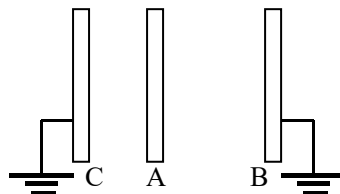


3. 如图所示, 三块金属板 A、B、C, 面积都是 20 厘米^2 , A 和 B 相距 4.0 毫米 , A 和 C 相距 2.0 毫米 , B 和 C 两板都接地。如果使 A 板带正电, 电量为 $3.0 \times 10^{-7} \text{ 库仑}$, 并忽略边缘效应。试求: 金属板 B 和 C 上的感应电量。

$$Q_B = 1.0 \times 10^{-7} \text{ C} \quad \sigma_B = -0.5 \times 10^{-5} \text{ C/m}^2$$

$$Q_C = 2.0 \times 10^{-7} \text{ C} \quad \sigma_C = 1.0 \times 10^{-5} \text{ C/m}^2$$

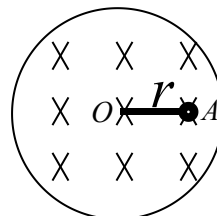
$$A \text{ 板相对于地的电势 } U_A = (1.0 \times 10^{-5} / 8.85 \times 10^{-12}) \times 1.0 \times 10^{-3} = 2.25 \times 10^3 \text{ V}$$



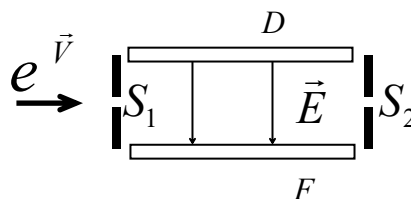
4. 如图所示, 半径为 R 的圆柱形区域内有一均匀磁场, 但它随时间变化率 $dB/dt = k > 0$, 求静止的电子在圆内 ($OA = r$) 处受的

$$\text{力的大小为 } E 2\pi R = k\pi R^2 \quad E = kR/2$$

力的方向 电子受力方向朝下。



5. 两平行金属板 D、F 间有均匀电场 E , 为了使速率为 V 的电子从孔 S_1 入射, 从孔 S_2 飞出, 须在两金属板间加上均匀磁场, 该磁场的方向应该是 垂直于纸面朝里 磁感应强度的大小应等于 $VB = E \quad B = E/V$



$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \iiint_V \rho dV, \quad \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0, \quad \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}, \quad \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \iint_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S}.$$

二、计算题 (60 分)

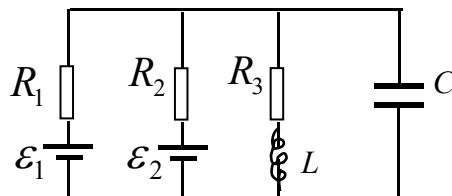
1、如图所示, $R_1 = R_2 = R_3 = 2\Omega$, $\varepsilon_2 = 2 \text{ 伏特}$, $L = 10^{-3} \text{ 亨利}$, $C = 10^{-3} \text{ 法拉}$, 稳态时通过 R_2 的电流为零。求通过的 R_1 电流 I_1 是多少? 电源电动势 ε_1 是多少伏特? 电感 L 中储存的磁能及电容 C 上储存的电能为多少焦耳?

$$I_1 = \varepsilon_2 / R_3 = 1 \text{ A}$$

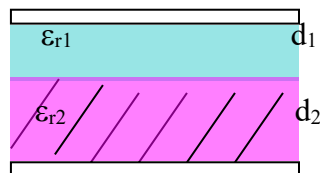
$$\varepsilon_1 - I_1 R_1 - \varepsilon_2 = 0 \quad \therefore \varepsilon_1 = 4 \text{ V}$$

$$W_L = \frac{1}{2} L I^2 = 0.5 \times 10^{-3} \times 1 = 5.0 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$W_C = \frac{1}{2} C U^2 = 0.5 \times 10^{-3} \times 2^2 = 2.0 \times 10^{-3} \text{ J}$$



2、如图平行板电容器(极板面积 S)中,充满两层厚度分别为 d_1 和 d_2 、相对介电常数分别为 ϵ_{r1} 和 ϵ_{r2} 的均匀电介质,电容器充电后极板电荷面密度为 σ ,试求:



- (1) 两电介质中的电位移矢量;
- (2) 两电介质中的电场强度矢量;
- (3) 两电介质中的电场能量;
- (4) 两层电介质交界面上的极化电荷面密度;
- (5) 该电容器的电容。

$$\because DS = S\sigma \quad \therefore D_1 = D_2 = \sigma \quad \because D = \epsilon_0 \epsilon_r E \quad \therefore E_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_{r1}} \quad E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}$$

$$\because W = \frac{1}{2} EDV \quad \therefore W_1 = \frac{1}{2} E_1 D_1 V_1 = \frac{\sigma^2 S d_1}{2 \epsilon_0 \epsilon_{r1}} \quad \therefore W_2 = \frac{1}{2} E_2 D_2 V_2 = \frac{\sigma^2 S d_2}{2 \epsilon_0 \epsilon_{r2}}$$

$$\because P = \epsilon_0 \chi_e E \quad \epsilon_r = \chi_e + 1 \quad \sigma' = P_n$$

$$\therefore \sigma'_1 = (\epsilon_{r1} - 1) \frac{\sigma}{\epsilon_{r1}} \quad \therefore \sigma'_2 = (\epsilon_{r2} - 1) \frac{\sigma}{\epsilon_{r2}} \quad \therefore \sigma' = \sigma'_1 + \sigma'_2 = \frac{\epsilon_{r2} - \epsilon_{r1}}{\epsilon_{r1} \epsilon_{r2}} \sigma$$

$$\therefore C = \frac{Q}{U} = \frac{\sigma S}{E_1 d_1 + E_2 d_2} = \frac{\sigma S \epsilon_0 \epsilon_{r1} \epsilon_{r2}}{\sigma d_1 \epsilon_{r2} + \sigma d_2 \epsilon_{r1}} = \frac{S \epsilon_0 \epsilon_{r1} \epsilon_{r2}}{d_1 \epsilon_{r2} + d_2 \epsilon_{r1}}$$

3、一根长电缆由半径为 R_1 的导体圆柱, 以及内外半径分别为 R_2 和 R_3 的同轴导体圆筒构成。电流 I 从一导体流去, 从另一导体流回, 电流都均匀地分布在其横截面上。设 r 为到轴线的垂直距离, 试求磁感应强度随 r 的变化。

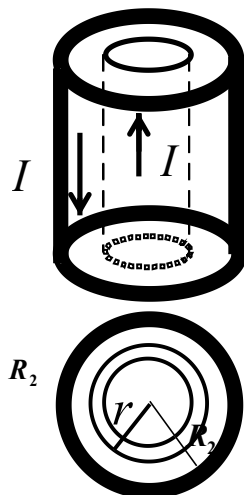
$$\because \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I \quad 2\pi r H = I \quad \therefore H = \frac{I}{2\pi r} \quad R_1 \leq r \leq R_2$$

$$\because B = \mu_0 \mu_r H \quad \therefore B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad R_1 \leq r \leq R_2$$

$$\because \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I \quad 2\pi r H = \frac{I \pi r^2}{\pi R_1^2} \quad \therefore H = \frac{I r}{2\pi R_1^2} \quad \therefore B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R_1^2} \quad r \leq R_1$$

$$2\pi r H = I - \frac{I \pi (r^2 - R_1^2)}{\pi (R_2^2 - R_1^2)} \quad \therefore H = \frac{I (R_2^2 - r^2)}{(R_2^2 - R_1^2)} \quad \therefore B = \frac{\mu_0 I (R_2^2 - r^2)}{(R_2^2 - R_1^2)} \quad R_1 \leq r \leq R_2$$

$$2\pi r H = 0 \quad \therefore H = 0 \quad \therefore B = 0 \quad r \geq R_2$$



4、有一个平绕于圆筒上的螺旋线圈, 长 10 厘米, 直径 1.0 厘米, 共有线圈 1000 匝, 用 32 号漆包线绕制, 漆包线的电阻是 247 欧姆/千米(20℃)。若把这线圈接在一个电动势为 2.0 伏特的蓄电池上, 问

- (1) 线圈的自感系数、电阻和时间常数各是多少?
- (2) 线圈中通电开始时的电流增长率是多少?
- (3) 线圈中的电流达到稳定后, 稳定电流是多少?
- (4) 在稳定后线圈中所储存的磁能密度是多少?

$$l = 2\pi r \times N = N \pi D = 10\pi \quad \therefore R = 10\pi \times 0.247 = 2.47 \times \pi = 7.76 \text{ 欧姆}$$

$$\because L = \mu_0 n^2 V \quad \therefore L = \mu_0 \times 10^8 \times \pi \times (0.5 \times 10^{-2})^2 \times 0.1 = 10^{-4} \times \pi^2 = 0.99 \times 10^{-3} \text{ 亨利}$$

$$\because \tau = \frac{L}{R} = (10^{-4} \times \pi^2) / (\pi \times 2.47) = 1.27 \times 10^{-4} \text{ 秒}$$

$$\because i = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L} t}) \quad \therefore i = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L} t})|_{t=0} = 0$$

$$W_L = \frac{1}{2} L I^2 = 0.5 \times 0.99 \times 10^{-3} \times 0.257^2 \text{ A} = 3.27 \times 10^{-5} \text{ J}$$