

合肥工业大学
2019-2020第二学期
试卷（A）

课程名称：工程电磁场

课程代码：0420022B

课程性质：必修

学分：2

专业班级：2018级电气工程

考试日期：2020年5月17日

命题教师：命题小组

考试形式：闭卷

系（所或教研室）主任审批签名：马明娜

总分：100

解题注意事项:

1、题目要求计算出数值结果的, 数值结果必须用小数表示, 并按要求保留有效数字, 例如, 保留 3 位有效数字: 0.123, 1.23。大于 10000 或小于 0.001 的数值结果一律用科学记数法表示, 例如: 将 12300 和 0.000123 保留 3 位有效数字分别写成 1.23×10^4 , 1.23×10^{-4} ;

2、题目不要求计算出数值结果的, 一律用题给物理量和物理常数(如 ϵ_0 、 μ_0)、 π 等表示, 并化简。

3、凡物理量为矢量的, 手写字母顶部必须加矢量箭头, 其表达式一律写为矢量式。例如: 求得某电场强度

$\vec{E} = a\hat{e}_x + b\hat{e}_y + c\hat{e}_z$ (单位), 或保留 3 位有效数字的数值结果: $\vec{E} =$

$0.123\hat{e}_x + 0.456\hat{e}_y + 0.789\hat{e}_z$ (单位);

又如, 圆柱坐标系中, 求得某磁感应强度: $\vec{B} = a\hat{e}_\rho + b\hat{e}_\varphi + c\hat{e}_z$ (单位)。

1 (20 分)、矢量分析和场论:

(1) 求标量场 $f(\rho, \varphi, z) = \rho^2 \cos \varphi + z^2 \sin \varphi$ (圆柱坐标系) 的梯度; (4 分)

(2) 求矢量场 $\mathbf{F} = yz^2 \hat{\mathbf{e}}_x + zx^2 \hat{\mathbf{e}}_y + xy^2 \hat{\mathbf{e}}_z$ 的散度和旋度; (6 分)

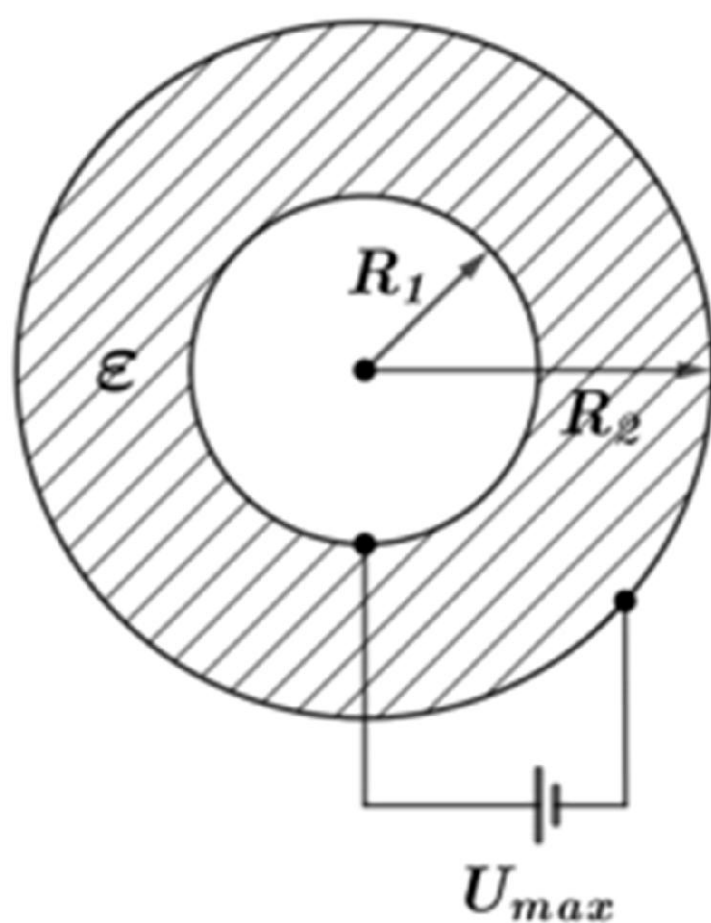
(3) 设 S 为上半球面, $x^2 + y^2 + z^2 = a^2 (z \geq 0)$ 其法向单位矢量 $\hat{\mathbf{e}}_n$ 与 z 轴夹角为锐角, 求矢量场 $\mathbf{r} = x \hat{\mathbf{e}}_x + y \hat{\mathbf{e}}_y + z \hat{\mathbf{e}}_z$ 沿 $\hat{\mathbf{e}}_n$ 所指的方向穿过 S 的通量。(5 分)

(4) 求矢量场 $\mathbf{A} = -y \hat{\mathbf{e}}_x + x \hat{\mathbf{e}}_y + c \hat{\mathbf{e}}_z$ (c 为常数) 沿曲线 $x^2 + y^2 = R^2, z = 0$ (旋转方向与 z 轴成右手关系) 的环量。(5 分)

2 (15 分)、已知真空中有一静电场，其电位函数为 $\phi = 2x^2y + 20z - 4\ln(x^2 + y^2)$ (单位: V)，求在场点 M 处 (坐标 (6, -2.5, 3), 单位: m) 的电位 ϕ 、电场强度 E 、电位移矢量 D 及电荷密度 ρ 。(注: 计算出数值结果, 物理量为矢量的写成矢量式, 注明物理量单位, 用国际单位制, 至少保留 3 位有效数字, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$)

3 (10 分)、一圆柱形电容器，内外导体间充有电介质，其击穿场强为 250 kV/cm ，外导体的半径 R_2 为 4 cm 。试问：(1) 内导体的半径 R_1 为何值时，该电容器能承受的电压最大？

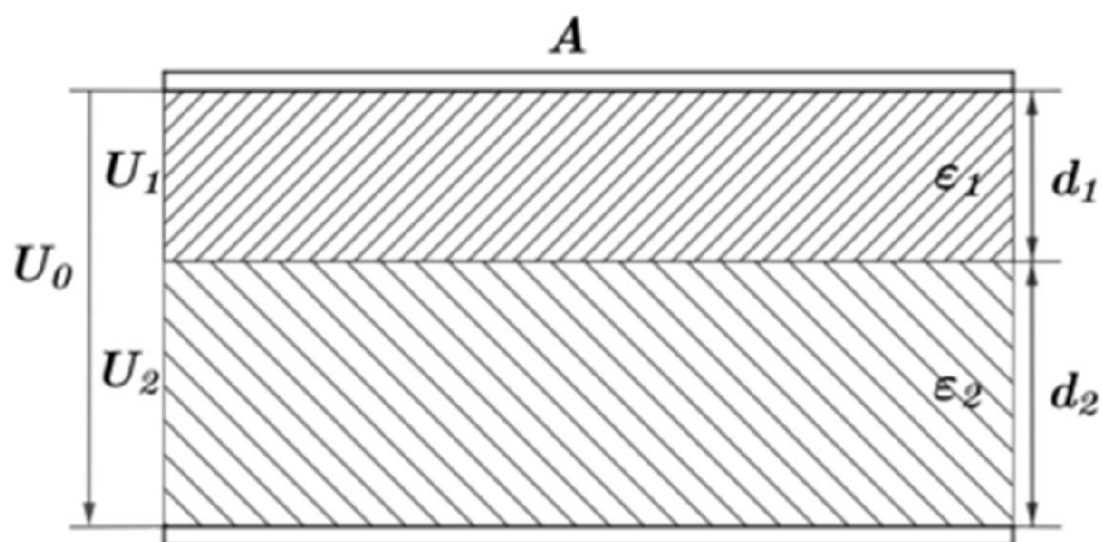
(2) 并求此最大电压值 U_{max} (注：计算出数值结果，单位分别用 cm 和 kV ，保留 4 位有效数字)



4 (10 分)、如图所示, 一平行板电容器的极板面积为 A , 电极之间距离为 d , 电极之间绝缘材料是由电容率为 ϵ_1 和 ϵ_2 的两种电介质组成, 厚度分别为 d_1 和 d_2 。设两极板之间电压为 U_0 。求:

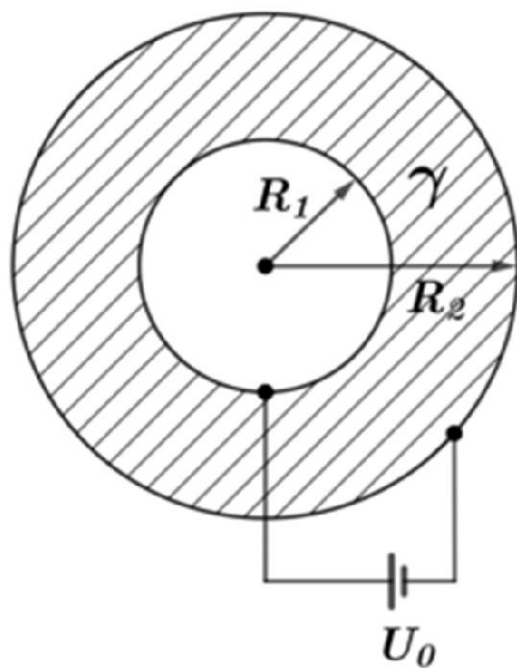
(1) 每种电介质界面之间电压 (即 U_1 和 U_2);

(2) 两种电介质中电场能量密度 w_1 和 w_2 之比。

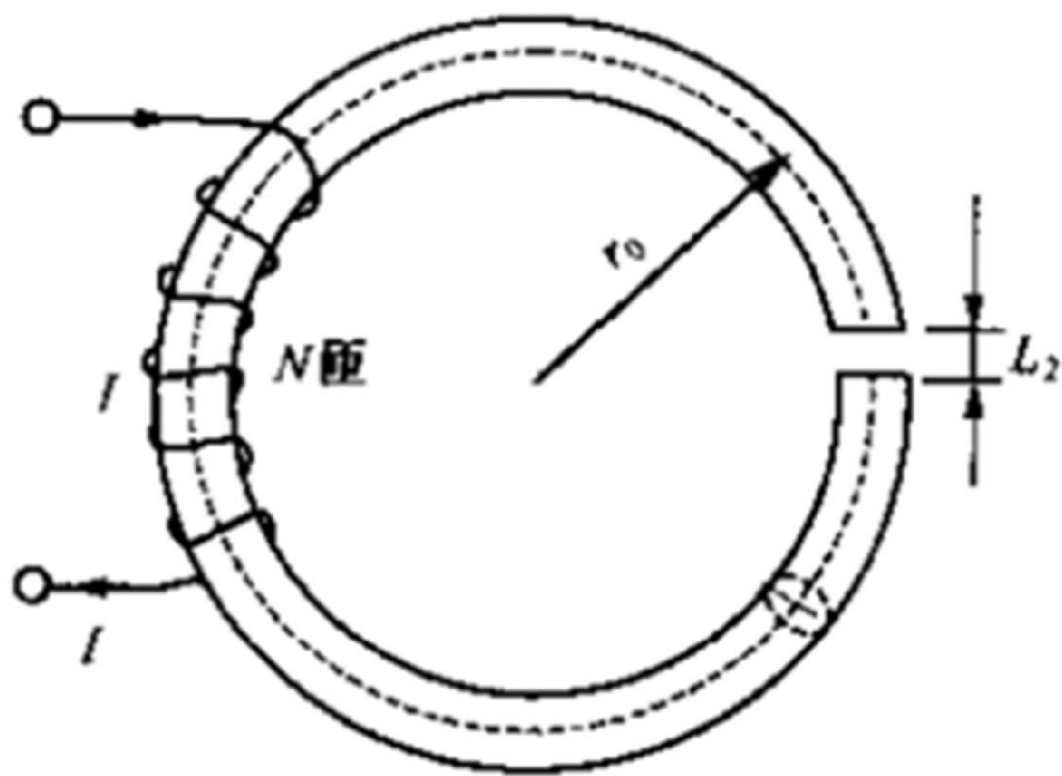


5 (15 分)、如图所示, 一长度为 1 m , 内外导体的半径分别为 $R_1 = 5\text{ cm}$, $R_2 = 10\text{ cm}$ 的圆柱形电容器, 在内外导体之间充满的非理想介质具有电导率 $\gamma = 10^{-9}\text{ S/m}$ 。若在内外导体之间加电压 $U_0 = 1000\text{ V}$, 求:

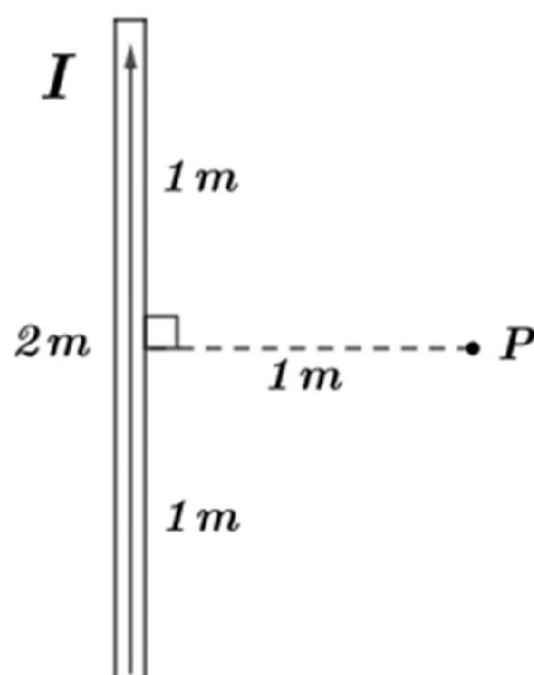
- (1) 介质中距离圆柱电容器轴线 ρ 处任一点的电位 $\phi(\rho)$ 和电场强度 $E(\rho)$; (计算结果用 ρ 表示, 物理量为矢量的写成矢量式, 注明单位, 数值系数至少保留 4 位有效数字)
- (2) 介质中的漏电导 G 。(计算出数值结果, 注明单位, 保留 3 位有效数字)



6 (10 分)、一个环形电磁铁如图所示，铁心中心线的长度 $l_1=500\text{ mm}$ ，空气隙长度 $l_2=20\text{ mm}$ ，铁心是相对磁导率 $\mu_r=5\,000$ 的硅钢。线圈中通有电流 $I=3\text{ A}$ ，忽略漏磁通，要在空气隙中得到 $B=3\,000\text{ G}$ 的磁场，求绕在铁心上的线圈的匝数 N 。（注：计算出数值结果，匝数 N 为整数， $1\text{ T}=1\times 10^4\text{ G}$ ， $\mu_0=12.566\times 10^{-7}\text{ T}\cdot\text{m/A}$ ）



7 (10 分)、如图所示, 长度为 2 米的一有限长直导线通有电流 I , 设 P 点位于该导线垂直平分线上距离导线 1 米处, 求: (1) P 点的磁矢位 A ; (2) 由磁矢位求出 P 点的磁感应强度 B 。(注: 1、设磁矢位 A 的参考点在无穷远点; 2、计算结果写成矢量式; 3、可能用到的积分: $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2+a^2}} = \ln(x + \sqrt{x^2+a^2}) + C$; $\int \frac{1}{\sin \theta} d\theta = \ln(\frac{1}{\sin \theta} - \operatorname{ctg} \theta) + C$; 4、计算结果要化简, 可能出现的 π 和 μ_0 不用代入数值计算, 数值系数保留 3 位有效数字)



8 (10 分)、如图所示, 一长直空心圆柱导线, 内半径为 a , 外半径为 b , 导体材料的磁导率为 μ_0 , 求其单位长度的内自感 L_i (注: 1、假设导线沿轴向均匀流过电流, 即电流垂直于图中环形截面, 且在该环形截面上均匀分布; 2、计算结果中可能出现的 π 和 μ_0 不用代入数值计算)。

