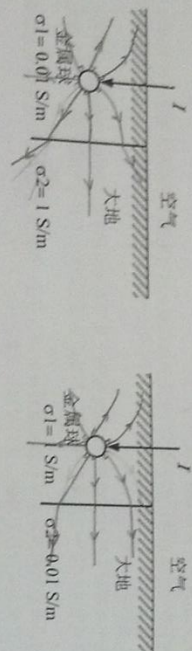
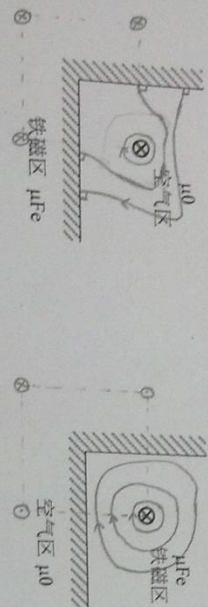


1. 作图题 (共 24 分)

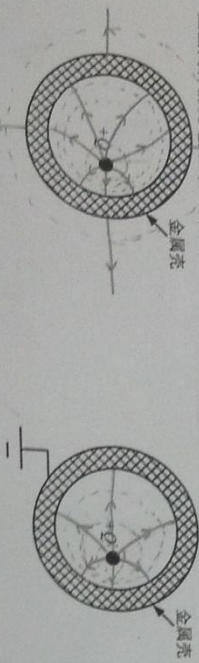
1) 假设金属球注入电流 I , 画出下图大地中电流线分布示意图 (共 6 分)



2) 画出下图两种情况下镜像电流, 并画出电流所在区域的 B 线分布示意图, 图中铁磁区的磁导率为无穷大。 (6 分)



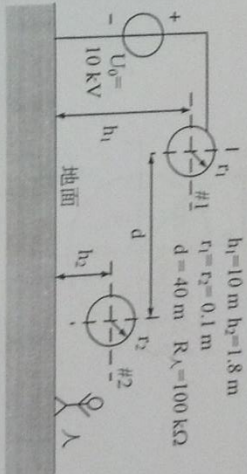
3) 画出两种情况电力线和等位线 (共 6 分)



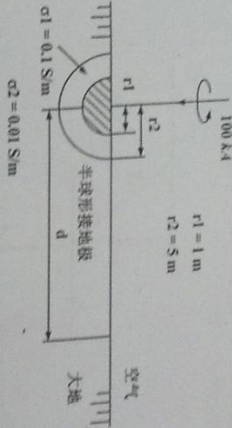
4) 非闭合圆环位于时变电磁场中, 分别画出感应电场和库仑电场分布 (6 分)



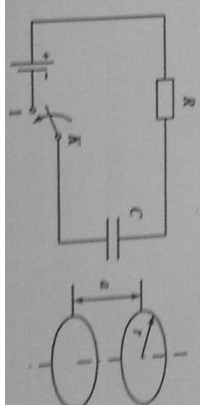
2. 大地上方有两条平行的导体, 其几何参数如下图所示, 求 (1) #1 和 #2 导体构成的单位长度的电容矩阵; (2) 设两导线长度为 1 km, 且 #1 导体上接有 10 kV 的电压源, 若人接触到 #2 导体, 试求人体中流过电流的最大值。 (10 分)



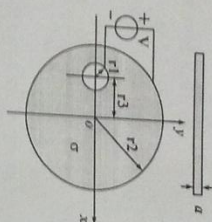
3. 半球形接地埋置于大地中, 大地土壤半球形分层如下图所示。所有参数已标注于图中。 (1) 计算半球形接地埋置情况下的安全距离 d 。 (10 分)



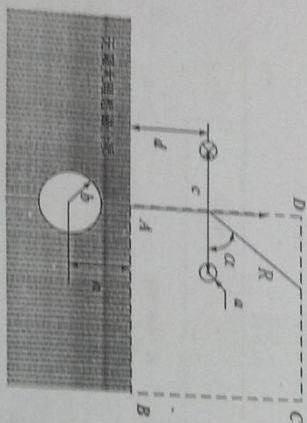
4. 如下图所示 RC 电路, 电容无初始储能。将开关拨至位置 1 充电, 电容的尺寸和图所示, 不考虑电容的边缘效应和瞬态电流的辐射效应, (1) 电容中的位移电流密度矢量; (2) 采用坡印廷矢量计算电容吸收功率的随时间变化的表达式; (3) 电容器的侧面画出电场、磁场和坡印廷矢量; (4) 电容从电源获得的总能量 (16 分)



5. 一圆形金属板的电导率为 σ , 板中有一偏心的圆孔, 板厚度为 a , 其它参数已标注在下图中。在金属板内外圆周上施加电压 V , (1) 画出电流线分布以及等位线分布; (2) 如果用实验方法确定该板的电阻, 应如何进行, 描述实验步骤。(5分)



6. 无限大理想绝缘介质中有一个无限长的空洞, 其上方导线构成回路, 所需参数已经标注在下图中, 计算 (1)、回路的电感; (2) 设回路直流电流为 I , 求图中左侧导线单位长度上所受的电力。(10分)



7. 题图和相关的参数与第6题相同, (1)、若以矢量磁位为求解变量, BC边和CD边距离导线最近, 写出区域ABCD满足的边值问题; (2)、设BC边和CD边距离导线最近, 将CD边的边界条件用 R 和 α 近似表示。(10分)

8. 判断题 (15分, 每小题1分)

- 1) 麦克斯韦方程组微分形式共4个方程, 这4个方程是相互独立的, 它们完整地描述了宏观的电磁现象 (X);
- 2) 电流密度不等于零的地方, 电荷的体密度也不等于零 (X);
- 3) 平行平面场中, 等 A 线就是 B 线, 同时, 等 A 线上各点 B 的大小也相等 (✓);
- 4) 时变场中任意闭合回路中存在时变的磁通, 所以, 两点之间的电位差不能唯一确定 (✓);
- 5) 由流场中, 若由中流质不均匀, 则速度场中的位不满足 Laplace 方程 (X)。

靠近时, 根据能量守恒, 回路 I_1 和回路 I_2 的总能量 $w = w_1 + w_2$ (X);
7) 从能量传递的角度看, 电磁能量并不是在导线内部进行传输的, 导线起到了引导能量流动方向的作用 (✓);

8) 麦克斯韦第二方程 $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$ 是从法拉第电磁感应定律导出的, 啊? 该方程的 E 为感应电场强度 (X);

9) 磁场分界面切线条件: $H_n - H_{n'} = J_t$, 由于传导电流和磁化电流都对磁场有贡献, 因此式中 J_t 包括传导电流和磁化电流 (X);

10) 对于静电独立系统, 多导体系统电位和电荷量之间可用部分电容矩阵描述, 电容矩阵中所有元素都大于零; 与此类似, 多个载流导体中电流和磁链之间可用电感矩阵描述, 电感矩阵中所有元素也都大于零 (✓);

11) 两个线圈处于线性磁介质中, 两个线圈之间的互感总满足如下关系: $M_{12} = M_{21}$ (X)

12) 位移电流和传导电流都有磁效应, 都是磁场强度的源, 与传导电流不同, 位移电流无焦耳热效应 (✓)

13) 静电屏蔽的思路是通过金属壳隔断外界的电场线, 以保证壳体内不受外界电场力影响, 因此, 只要金属壳没有缝隙, 就可以起到屏蔽作用, (X)

14) 根据安培环路定律, H 只与传导电流有关, 与电流周围的磁介质无关 (X)

15) 在二维平行平面静磁场中, 磁力线与边界垂直, 如果用矢量磁位表示, 其等价于矢量磁位的齐次第二类边界条件 (✓)

(科目:) 数 学 作 业 纸

编号:

班级:

姓名:

第

1. 作用题正确

2. 设 #1 号导体单位长电荷为 q_1 , #2 号导体单位长电荷为 q_2

$$\begin{cases} \varphi_1 = C_{01}\varphi_1 + C_{12}\varphi_2 \\ \varphi_2 = C_{21}\varphi_1 + C_{02}\varphi_2 \end{cases} \quad (*)$$

令 $q_1=1, q_2=0$

利用电轴法:

$q_1=1$

$q_2=0$

$-q_2$

$-q_1=0$

$$\text{则 } \varphi_1 = \frac{q_1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_1}{r_1} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_1}{r_1}$$

$$\varphi_2 = \frac{q_2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}}$$

$$\text{代入 } (*), \begin{cases} 1 = C_{01} \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_1}{r_1} + C_{12} \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}} \\ 0 = C_{21} \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}} + C_{02} \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}} \end{cases} \quad (1)$$

令 $q_1=0, q_2=1$

$$\text{则 } \varphi_1 = \frac{q_2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}}$$

$$\varphi_2 = \frac{q_2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_2}{r_2} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_2}{r_2}$$

实现 PWM 电路的多重化? 多重化后有何优点?

电路在进行多重化时, 首先将 N 个结构相同的主电路单元串联或采用相同的 PWM 调制方法, 但每个单元的 PWM 载波相位依次错开, 单元的 PWM 脉冲也依次错开 $360^\circ/N$ 。多重化后可以在开关频率不变的条件下, 使输出功率及等效

(科目:) 数 学 作 业 纸

编号:

班级:

姓名:

第

$$\text{代入(1)中} \begin{cases} 0 = C_{10} \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}} + C_{12} \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}} \frac{r_2}{2h_2} \\ 1 = C_{11} \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_2 \sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}}{r_2 \sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}} + C_{12} \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_2}{r_2} \end{cases} \quad (2)$$

由(1)(2)得: $C_{10} = 1.0435 \times 10^{-11} \text{F}$, $C_{11} = 1.5456 \times 10^{-11} \text{F}$, $C_{12} = C_{21} = 6.1913 \times 10^{-19} \text{F}$

$$\text{则} \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0435 \times 10^{-11} \\ 6.1913 \times 10^{-19} \end{bmatrix}$$

(2) 设 φ_1, φ_2 参数如上, $\varphi_2 = 0$ (由题知)

$$\text{则} \varphi_1 = \frac{q_1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_1}{r_1} = 10 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{2\pi\epsilon_0 \times 10 \times 10^3}{\ln \frac{2h_1}{r_1}} = \frac{2\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 10 \times 10^3}{\ln \frac{2 \times 10}{0.1}} = 1.0495 \times 10^{-7} \text{ C/m}$$

$$\begin{aligned} \text{则} \varphi_2 &= \frac{q_1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{\sqrt{(h_1+h_2)^2+d^2}}{\sqrt{(h_1-h_2)^2+d^2}} \\ &= \frac{1.0495 \times 10^{-7}}{2\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} \ln \frac{\sqrt{(10+1.8)^2+40^2}}{\sqrt{(10-1.8)^2+40^2}} \\ &= 39.90 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\text{则电流} I = \frac{\varphi_2}{R} = \frac{39.9}{100 \times 10^3} = 3.99 \times 10^{-4} \text{ A}$$

(科目:) 数 学 作 业 纸

编号:

班级:

姓名:

第 页

5. (1) 利用镜像法:



$$\oint \vec{J} \cdot d\vec{s} = 2I$$

$$\text{得: } J \cdot 4\pi r^2 = 2I \Rightarrow J = \frac{I}{2\pi r^2}$$

$$\text{则 1 中: } E_1 = \frac{J}{\epsilon_1} = \frac{I}{2\pi \epsilon_1 r^2}$$

$$2 \text{ 中: } E_2 = \frac{J}{\epsilon_2} = \frac{I}{2\pi \epsilon_2 r^2}$$

$$\text{电压 } U = \int_{r_1}^{r_2} E_1 \cdot dr + \int_{r_2}^{\infty} E_2 \cdot dr$$

$$= \int_{r_1}^{r_2} \frac{I}{2\pi \epsilon_1 r^2} dr + \int_{r_2}^{\infty} \frac{I}{2\pi \epsilon_2 r^2} dr$$

$$= \frac{I}{2\pi \epsilon_1} \times \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{I}{2\pi \epsilon_2 r_2}$$

$$\therefore \text{接地电阻 } R = \frac{U}{I} = \frac{1}{2\pi \epsilon_1} \times \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{1}{2\pi \epsilon_2 r_2}$$

$$= \frac{1}{2\pi \times 0.1} \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{5} \right) + \frac{1}{2\pi \times 0.01 \times 5}$$

$$= 4456 \Omega$$

$$(2) \text{ 电场强度 } E = \frac{I}{2\pi \epsilon_0 r^2}, \text{ 设跨地电压为 } U_0$$

$$\text{则 } U_0 = \int_a^b E \cdot dr$$

$$= \int_a^b \frac{I}{2\pi \epsilon_0 r^2} dr = \frac{I}{2\pi \epsilon_0} \times \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

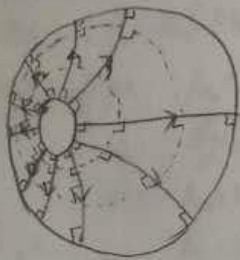
$$\approx \frac{I b}{2\pi \epsilon_0 a^2} = 40 \text{ V}$$

$$\therefore a = \sqrt{\frac{I b}{2\pi \epsilon_0 \times 40}} = \sqrt{\frac{100 \times 10^{-3} \times 0.75}{2\pi \times 0.01 \times 40}} = 172.7$$

(科目:) 数 学 作 业 纸

编号: 班级: 姓名: 第 页

5. (1)



$$\text{则磁通 } \Phi = A_{\#1} \times I - A_{\#2} \times I$$

$$= \frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{C-a}{a} + \frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{\sqrt{4a^2+C^2}}{2d}$$

$$\therefore L_0 = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{C-a}{a} + \frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{\sqrt{4a^2+C^2}}{2d}$$

$$\text{自感 } L = 2L_i + L_0 = \frac{\mu_0}{4\pi} + \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{C-a}{a} + \frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{\sqrt{4a^2+C^2}}{2d}$$

(2) 在回路中串入一个电流表, 测出电流 I ;

用电压表测出全属板内外电压 U

$$\text{则电阻 } R = \frac{U}{I}$$

(2) 如图, 先求另三个电流在 #1 处的 B

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{2\pi \times 2d} - \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{4d^2+C^2}} \times \frac{2d}{\sqrt{4d^2+C^2}}$$

$$B_y = -\frac{\mu_0 I}{2\pi C} - \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{4d^2+C^2}} \times \frac{C}{\sqrt{4d^2+C^2}}$$

6. (1) 利用镜像法:

①

②



$$\begin{aligned} \text{单位长度受力为 } \frac{F}{L} &= \int I_1 d\vec{l} \times \vec{B} \\ &= \vec{I} \cdot \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \end{aligned}$$

③

④

先求外自感 L_0

$$\text{导线磁位 } A_{\#1} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{C-a}{a} + \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{\sqrt{(2d)^2+C^2}}{2d}$$

$$A_{\#2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{a}{C-a} + \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{2d}{\sqrt{(2d)^2+C^2}}$$

(科目:) 数 学 作 业 纸

编号:

班级:

姓名:

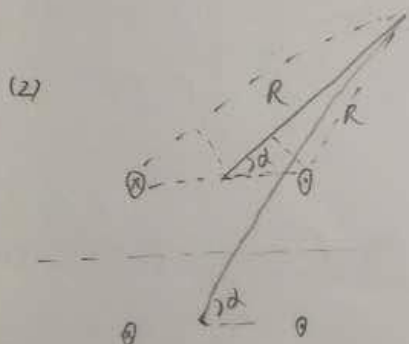
第

页

7. (1) 方程: $\nabla^2 A_z = -\mu_0 J$ (导线内), $\nabla^2 A_z = 0$ (导线外)

$$\text{边界: } \begin{cases} AD: A_z = 0 \\ AB: \frac{\partial A_z}{\partial n} = 0 \\ BC: A_z = 0 \\ CD: A_z = 0 \end{cases}$$

$$\text{导线分界面: } \begin{cases} A_{z1} = A_{z2} \\ \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial A_{z1}}{\partial n} = \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial A_{z2}}{\partial n} \end{cases}$$



由 CD 距导线很远,

则 CD 边上一点到 镜像电流中点的距离也近似为 R,

夹角为 α

$$\text{则 } A_z = 2 \times \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{R - \frac{c}{2} \cos \alpha}{R + \frac{c}{2} \cos \alpha}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{R - \frac{c}{2} \cos \alpha}{R + \frac{c}{2} \cos \alpha}$$

$\frac{1}{2}mv^2 = 0$
 $\Delta U = \dots$

(科目:) 数 学 作 业 纸

编号:

班级:

姓名:

第 页

- | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|-------------------|
| 8. (1) X | (2) X | (3) X | (4) ✓ | (5) ✓ |
| (6) 看不清 | (7) ✓ | (8) X | (9) X | (10) X (电感正负取决于同) |
| (11) ✓ | (12) ✓ | (13) ✓ | (14) X | (15) ✓ |