电磁场理论与微波技术摸拟试卷

一、单项选择题（本大题共 15 小题，每小题 2 分，共 30 分）
在每小题的四个备选答案中，选出一个正确答案，并将正确答案的序号填在题干的括号内。

1．设一个矢量场 $x\bar{i}+(2y+1)\bar{j}+3z\bar{k}$ ，则散度为(　　)

A. 0　　　　B. 3
C. 6　　　　D. 9

2．在半径为 a 的一个半圆弧线上均匀分布有电荷 Q，求圆心处的电场强度。(　　)

A. $\dfrac{Q}{12\pi^2\varepsilon_0 a^2}$　　B. $\dfrac{Q}{6\pi^2\varepsilon_0 a^2}$

C. $\dfrac{Q}{2\pi^2\varepsilon_0 a^2}$　　D. $\dfrac{Q}{\pi^2\varepsilon_0 a^2}$

3.电矩为 $\bar{p}=q\bar{l}$ 的电偶极子在均匀电场 $\bar{E}$ 中所受的作用力 $\bar{F}$ 和库仑力矩 $\bar{L}$ 为(　　)

A. $\bar{F}=0,\bar{L}=0$　　B. $\bar{F}=0,\bar{L}=\bar{p}\times\bar{E}$

C. $\bar{F}=q\bar{E},\bar{L}=0$　　D. $\bar{F}=q\bar{E},\bar{L}=\bar{p}\times\bar{E}$

4．C_1 和 C_2 两个电容器，其上分别标明 200PF500V（耐压值）和 300PF900V。把它们串起来，在两端加上 1000V 电压，则(　　)

A．C_1 被击穿，C_2 不被击穿

B．C_1 不被击穿，C_2 被击穿

C．两者都被击穿
D．两者都没有被击穿
C.绝缘体　　D.等离子体
5．在物质中没有自由电子，称这种物质为(　　)
A.导体　　B.半导体
C.绝缘体　　D.等离子体
6．关于稳恒磁场强度 H 的下列说法中哪个是正确的？(　　)
A．H 仅与传导电流有关。
B．若闭合曲线内没有包围传导电流，则曲线上各点的 H 必为零。
C．若闭合曲线上各点 H 均为零，则该曲线所包围传导电流的代数和为零。
D．以闭合曲线 L 为边界的任意曲面的 H 通量均相等。

7.在 $\bar{E}=0,\bar{H}\neq 0$ 的磁介质区域中的磁场满足下列方程(　　)

A. $\nabla\times\bar{H}=0,\nabla\cdot\bar{H}=0$　　B. $\nabla\times\bar{H}=0,\nabla\cdot\bar{H}\neq 0$

C. $\nabla \times \vec{H} \neq 0, \nabla \cdot \vec{H} = 0$　　D. $\nabla \times \vec{H} \neq 0, \nabla \cdot \vec{H} \neq 0$

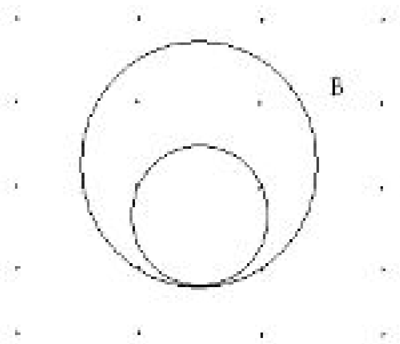
8．匀强磁场，其磁感应强度方向垂直纸面向外，两带电粒子在该磁场中的运动轨迹如图所示，则（　　）

A．两粒子的电荷必然同号。

B．两粒子的电荷可以同号，也可以导号。

C．两粒子的动量大小必然不同

D. 两粒子的运动周期必然不同



9. 在真空中，用铁块做成的单摆在与摆平面垂直的垣定磁场中摆动时，所做运动为（　　）

A．原摆平面内自由摆动　　B．原摆平面内阻尼摆动

C．脱离原摆平面自由摆动　　D．脱离原摆平面阻尼摆动

10．对于各向同性介质，若磁导率为μ，则能量密度 w_m 为(　　)

A. H　　B. H^2

C. μH^2　　D. $\frac{1}{2}\mu H^2$

11．位移电流不同于真实电流的地方在于（　　）

A．位移电流不会产生磁场

B．位移电流不会产生电场

C．位移电流不会产生焦耳热

D．位移电流的方向与真实电流的方向规定不一致

12．波印亭矢量 $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ 的物理义意是（　　）

A．电磁波单位时间内在传播方向上的面能量密度

B．电磁波单位时间内在传播方向上的体能量密度

C．电磁波在传播方向上的体能量密度

D．电磁波单位时间内在传播方向上的能量

13.波在传播方向上，波面走过一个波长的距离时，波面相位改变（　　）

A．0　　B．π

C．2π　　C．4π

14．电磁波的相速度是指（　　）

A．波的等相位面沿电磁波传播方向移动的速度

B．波所携带的能量沿电磁波传播方向移动的速度

C．波所携带的信息沿电磁波传播方向移动的速度

D．相位变化的速度

15.传输线的工作状态与负载有关，当负载短路时，传输线工作的状态为(　　)

A.行波　　B.纯驻波

C.行驻波　　D.混合波

二、多项选择题（本大题共 5 小题，每小题 2 分，共 10 分）

在每小题的四个备选答案中，选出正确答案，并将正确答案的序号填在题干的括号内。

1．高斯定理是指：(　　)

A. $\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\sum q/\varepsilon_0$　　B. $\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=0$

C. $\nabla\cdot\vec{D}=\rho$　　D. $\nabla\cdot\vec{B}=0$

2．两通电平行导线之间（　　）

A．有力的相互作用

B．电流方向相同时互相吸引

C．相互作用力为超距

D．力的方向与大小可由毕奥-萨伐尔定律来求

3．电介质极化是因为介质在外场的作用下内部（　　）

A．无极分子正电和负电中心分离

B．有极分子排列有序

C．有自由电荷顺电场移动

D．有电子空穴对

4. 波导中的波型可分为以下几种（　　）

A．TM　　B．TE　　C．TEM　　D．色散波型

5．微波处理方法有（　　）

A．场方程求解法

B．路分析法

C．运用分布参数理论

D．运用集总参数理论

三、判断题（本大题共 5 小题，每小题 2 分，共 10 分）

确定以下说法的正确性，将正确的标记为√，错误的标记为×，并写出正确答案。答案标记按序号填在题干的括号内。

1．电场可由电荷激发，因而电场依赖于电荷并跟电荷同时存在。（　　）

2. 在均匀介质中，即使极化不均匀，但只要在没有自由电荷的地方，就没有束缚电荷。（　　）

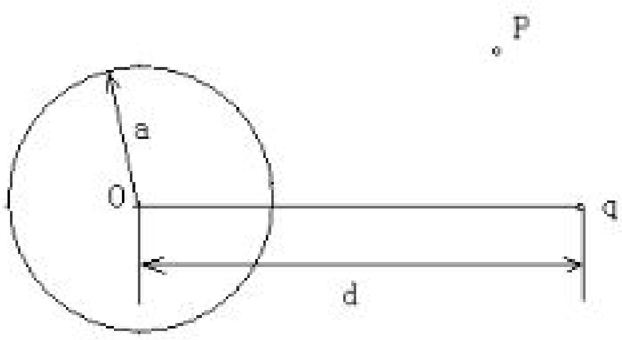
3．在矩型波导内，不可能有沿轴向传输的 TEM 波型。（　　）

4．用复数来表示和求解物理量时，只能用其实部。（　　）

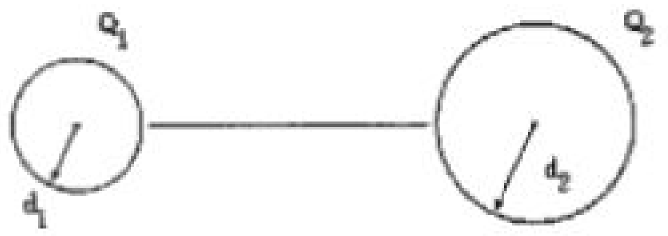
5．电荷在磁场中运动，磁场只改变电荷的运动方向，因而磁场对其不做功。（　　）

四、计算题（本大题共 5 小题，每小题 10 分，共 50 分）

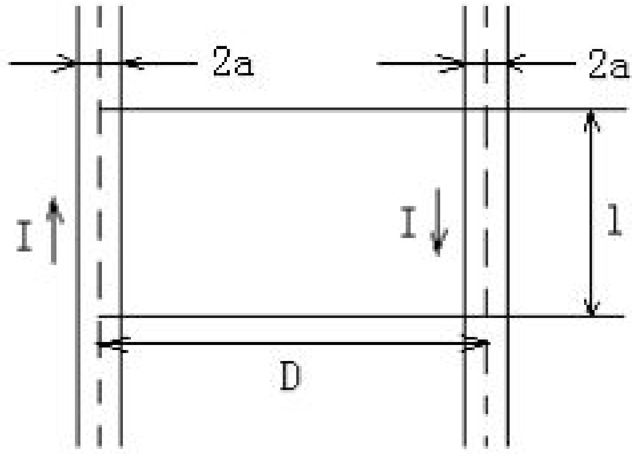
1. 如图，有一本身不带电且对地绝缘的导体球和球外一带电量为 q 的点电荷，求空间中除导体球和点电荷外任一点 P 处的电场强度表达式。



2. 用一根导线把两个半径分别为d_1和d_2的球形导体连接起来，导体间的距离比两个球体的半径大很多，因而可以视两个导体球上的电荷为均匀分布。已知两导体球的总电量为Q，求各导体球的带电量Q_1和Q_2。



3．如图，求l长的两线传输线的电感（a<<D）。



4．一根半径为a的长圆柱形介质棒放入均匀磁场$\vec{B}_0=\vec{a}_z B_0$中与z轴平行。设棒以角速度ω绕轴作速旋转，求介质内的极化强度、体积内和表面上单位长度的极化电荷。

5．写出均匀理想介质中的时谐电磁场方程（即麦克斯韦方程组），导出波动方程（即亥姆霍兹方程）。

参考答案：

一、单项选择题（每小题2分，共30分）

1．D；2．C；3. B；4．C；5．C；

6．C；7. C；8．B；9. B；10．D；

11．C；12．A；13. A；14．A；15. B。

二、多项选择题（每小题2分，共10分）

1．AC；2．ABD；3．AB；4. ABC；5．ABC。

三、判断题（每小题2分，共10分）

1．×；正：电场可独立于电荷而存在。

2．√

3．√

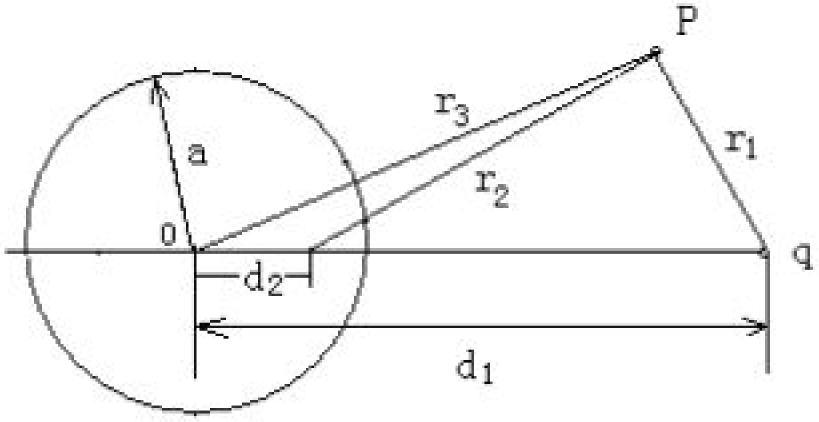
4．×；正：即可用实部也可用虚部。

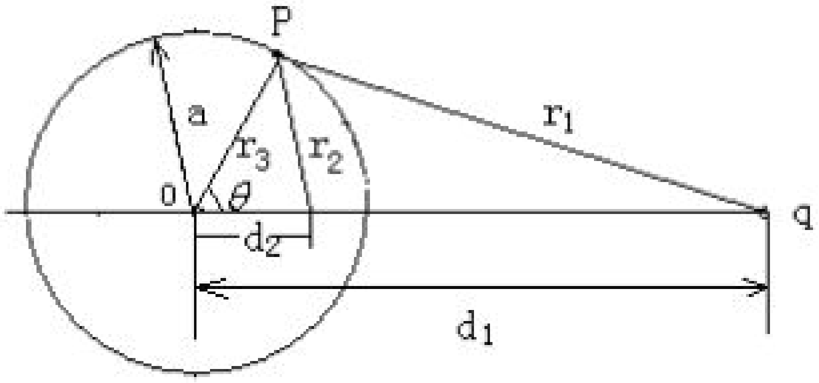
5．√。

四、计算题（每小题10分，共50分）

1、解：

第一步：作图(1分)





第二步：假设镜像电荷（4 分）

$$\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2+\vec{E}_3=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r_1^3}\vec{r}+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'}{r_2^3}\vec{r}_1+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'}{r_3^3}\vec{r}_2 \tag{1}$$

第三步：利用边界条件求解（4 分）

先考虑接地导体球。

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r_1}-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'}{r_2}=0 \tag{2}$$

$$r_1^2=a^2+d_1^2-2d_1a\cos\theta \tag{3}$$

$$r_2^2=a^2+d_2^2-2d_2a\cos\theta \tag{4}$$

将（3）、（4）式代入（2）中，得：

$$\left[q^2(d_2^2+a^2)-q'^2(d_1^2+a^2)\right]+2a(q'^2d_1-q^2d_2)\cos\theta=0$$

上式必须对所有的 θ 都成立。则

$$\begin{cases} q^2(d_2^2+a^2)-q'^2(d_1^2+a^2)=0 \\ q'^2d_1-q^2d_2=0 \end{cases}$$

解得

$$d_2=\frac{a^2}{d_1} \tag{5}$$

$$q'=-\frac{a}{d_1}q \tag{6}$$

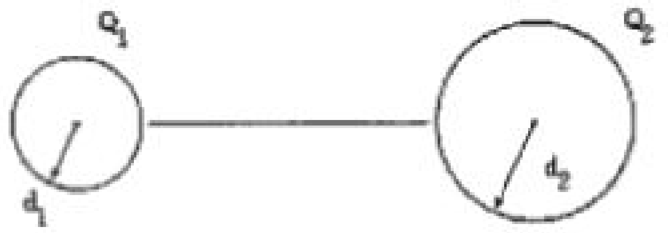
第四步：得出结论（1 分）
再将（5）、（6）式代入（1）式即是问题的最后解。其中

$$r_1^2 = r^2 + d_1^2 - 2d_1 r\cos\theta$$

$$r_2^2 = r^2 + d_2^2 - 2d_2 r\cos\theta$$

$$r_3 = r$$

r 为 P 点的坐标。
2、解：

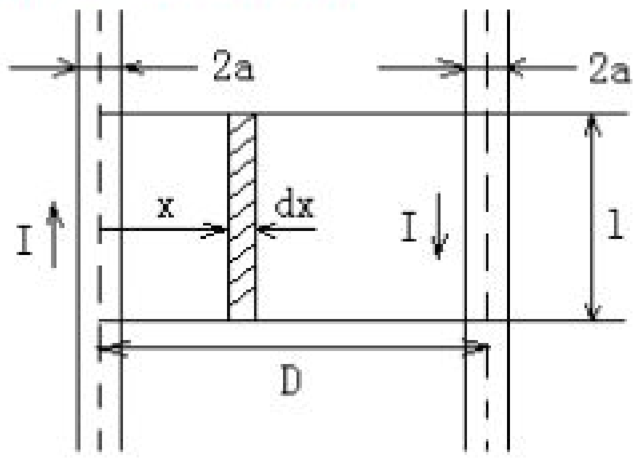


两导体球应为等势体，又考虑到已知条件、电容的定义及球形电容的计算式子，有

$Q_1 + Q_2 = Q$，$\dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{Q_2}{C_2}$，$C_1 = 4\pi\varepsilon_0 d_1$，$C_2 = 4\pi\varepsilon_0 d_2$

最后有 $Q_1 = \dfrac{d_1}{d_1 + d_2}Q$，$Q_2 = \dfrac{d_2}{d_1 + d_2}Q$。

3、解：
第一步：作图（1 分）



第二步：列出计算公式作图（4 分）

$L = \dfrac{\phi_m}{I}$，$L = L_1 + L_2 + L_3$

第三步：计算（4 分）

$$L_1 = L_3 = \frac{\mu_0 l}{8\pi}$$

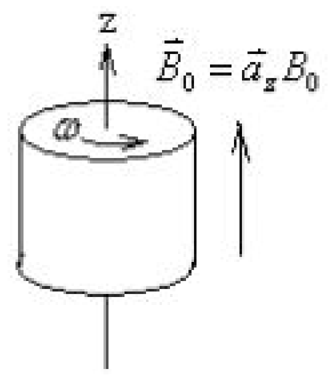
$$L_2 = \frac{1}{I}\int_a^{D-a}\left[\frac{\mu_0 I}{2x} + \frac{\mu_0 I}{2(D-x)}\right]\cdot ld = \frac{\mu_0 l}{\pi}\ln\frac{D}{a}$$

第四步：结论（1 分）

$$L = \frac{\mu_0 l}{4\pi} + \frac{\mu_0 l}{\pi} \ln \frac{D}{a}$$

4、解：

第一步：作图（1 分）



第二步：列出计算公式作图（4 分）

$El = Blv$，，$q_P = -\nabla \cdot \vec{P}$，$q_{SP} = \vec{P} \cdot \vec{n}$

第三步：计算（4 分）

由 $Er = B_0 rv$，得 $E = r\omega B_0$；

由 $P = (\varepsilon - \varepsilon_0)E$，得 $P = (\varepsilon - \varepsilon_0) r\omega B_0$；

由 $q_P = -\nabla \cdot \vec{P}$，得

$$\rho_P = -\frac{1}{r}\left[\frac{\partial}{\partial r}(rP_r) + \frac{\partial}{\partial \theta}P_\theta + \frac{\partial}{\partial z}(rP_z)\right] = -\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rP_r) = -2(\varepsilon - \varepsilon_0)\omega B_0;$$

对于表面，$\rho_P = -2(\varepsilon - \varepsilon_0)\omega B_0$，$q_P = \rho_P V = -2\pi \cdot a^2 (\varepsilon - \varepsilon_0)\omega B_0$

由 $q_{SP} = \vec{P} \cdot \vec{n}$，得 $\rho_{SP} = P_r = (\varepsilon - \varepsilon_0) r\omega B_0$

对于表面，$q_{SP} = \rho_{SP} S = 2\pi \cdot a^2 (\varepsilon - \varepsilon_0)\omega B_0$

第四步：结论（1 分）

$\vec{p} = \vec{a}_r (\varepsilon - \varepsilon_0) r\omega B_0$；$q_P = -2\pi \cdot a^2 (\varepsilon - \varepsilon_0)\omega B_0$；$q_{SP} = 2\pi \cdot a^2 (\varepsilon - \varepsilon_0)\omega B_0$

5、解：

第一步：写出麦氏方程：（4 分）

$$\nabla \times \vec{\mathbf{H}} = J + \frac{\partial \vec{\mathbf{D}}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times \vec{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial t} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot \vec{\mathbf{E}} = \rho \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \tag{4}$$

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \tag{5}$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \tag{6}$$

第二步：波动方程的推导：（6 分）

对（1）式求旋度，有

$$\nabla \times \nabla \times \vec{\mathbf{H}} = \nabla \times (J + \frac{\partial \vec{\mathbf{D}}}{\partial t}) \tag{7}$$

因$\nabla \times \nabla \times \vec{H} = \nabla(\nabla \cdot \vec{H}) - \nabla^2 \vec{H} = -\nabla^2 \vec{H}$（其是运用了（4）和（6）式），再将（2）式代入（7）式，并注意（5）式，可得

$$\nabla^2 \vec{H} - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = -\nabla \times \vec{J}$$

同理可得

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \mu \frac{\partial \vec{J}}{\partial t} + \frac{1}{\varepsilon} \nabla \rho$$