电子科技大学

2015 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目：813 电磁场与电磁波

注：所有答案必须写在答题纸上，做在试卷或草稿纸上无效。

一、填空题（每空 2 分，共 30 分）

1．在介电常数 $\varepsilon=2.5\varepsilon_0$ 的电介质中，已知电场强度 $\vec{E}=\vec{e}_x 2x+\vec{e}_y y+\vec{e}_z 3z\ \text{V/m}$，则介质中的自由电荷体密度为 $\rho=$____________ C/m^3、极化（束缚）电荷体密度为 $\rho_p=$____________ C/m^3。

2. 如图 1 所示，由两平行的半无限长直线和半圆弧中的线电流 I 在半圆弧的圆心 P 点所产生的磁场强度 $H=$____________ A/m。

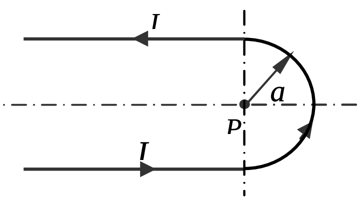


图 1

3．设 $x>0$ 的半空间为空气、$x<0$ 的半空间是磁导率 $\mu=2.5\mu_0$ 的磁介质，在分界面上，已知空气中的磁场强度 $\vec{H}_1=\vec{e}_x 4+\vec{e}_z 2\ \text{A/m}$，则磁介质表面上的磁化电流密度 $\vec{J}_{MS}=$____________ A/m。

4. 频率为 30MHz 的均匀平面波在导电媒质中传播，已知 $\varepsilon=5\varepsilon_0$、$\mu=\mu_0$ 及 $\dfrac{\sigma}{\omega\varepsilon}=10^4$，则此电磁波的波长 $\lambda=$____________ m，趋肤深度 $\delta=$____________ m。

5．设 $z<0$ 的半空间为空气、$z>0$ 的半空间为理想介质（介电常数 $\varepsilon=3\varepsilon_0$、磁导率 $\mu=\mu_0$、电导率 $\sigma=0$），均匀平面波由空气中入射到与理想介质的分界平面上，已知入射波的磁场强度复矢量为 $\vec{H}_\text{i}(y,z)=\vec{e}_x 0.1\text{e}^{-j2\pi(\sqrt{3}y+z)}\ \text{A/m}$，则折射(透射)角 $\theta_\text{t}=$____________、折射(透射)波磁场强度的振幅 $H_\text{tm}=$____________ A/m。

6．设 $x>0$ 的半空间为空气、$x<0$ 的半空间为理想介质（介电常数 $\varepsilon=4\varepsilon_0$、磁导率 $\mu=\mu_0$、电导率 $\sigma=0$），均匀平面波由理想介质中入射到与空气的分界平面上，已知入射波的电场强度 $\vec{E}_\text{i}(x,z)=\vec{e}_y 10e^{-j\pi(4x+3z)}\ \text{V/m}$，则空气中折射(透射)波的相速度 $v_p=$____________ m/s。

7. $z<0$ 的半空间为空气，$z>0$ 的半空间为理想介质（$\varepsilon=\varepsilon_r\varepsilon_0$、$\mu=\mu_0$、$\sigma=0$），当电场振幅为 $E_\text{im}=10\text{V/m}$ 的均匀平面波从空气中垂直入射到介质表面上时，在空气中测到合成波电场振幅的最大值 $|E_1|_\text{max}=12\ \text{V/m}$，且第一个最大值点距介质表面 0.5m。则该电磁波的频率 $f=$____________ Hz、介质的相对介电常数 $\varepsilon_r=$____________ ，空气中合成波的驻波比 $S=$____________。

8. 在自由空间中，已知均匀平面波的磁场强度 $\vec{H}(x,y)=(-\vec{e}_x+\vec{e}_y\sqrt{3}+\vec{e}_z j2)\mathrm{e}^{-j\pi(\sqrt{3}x+y)}$ A/m，则此均匀平面波是________________极化波。

9. 电偶极子辐射场的平均功率流密度随距离 r 按 __________ 变化，随方向按__________变化。

二、简述题（每题 8 分，共 40 分）

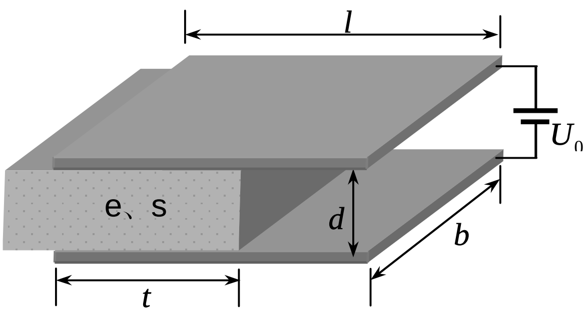
1. 在时变电磁场中是如何引入动态位 $\vec{A}$ 和 φ 的？$\vec{A}$ 和 φ 不唯一的原因是什么？
2. 简述静电场边值问题的唯一性定理，并举例说明唯一性定理在求解静电场边值问题中的重要作用。
3. 矩形波导是一个沿 z 轴方向无限长的导体腔，波导中电磁波的传播特性由因子 $e^{j\omega t-\gamma z}$ 决定，其中 $\gamma=2\pi\sqrt{\mu\varepsilon}\sqrt{f_c^2-f^2}$，$f$ 为电磁波的频率，f_c 为波导的截止频率。试分析 f 取不同值时波导中电磁波的传播特性。
4. 什么是 TEM 波？什么是均匀平面波？两者之间有什么关系？
5. 电介质均匀极化与均匀电介质的极化这两个概念有何区别？其中可能出现什么样的极化（束缚）电荷分布？

三、（16 分）如图所示，一个极板边长分别为 l 和 b 的平行板电容器，板间距离为 d，外加电压为 U_0。将电容器中长度为 $t\ (0<t<l)$ 的一段用导电介质（宽度为 b、厚度为 d、介电常数为 ε、电导率为 σ）部分填充，若忽略边缘效应，求：（1）两极板的电容和电阻；（2）填充介质前后电容器中所改变的电场能量；（3）介质体所受到的电场力。

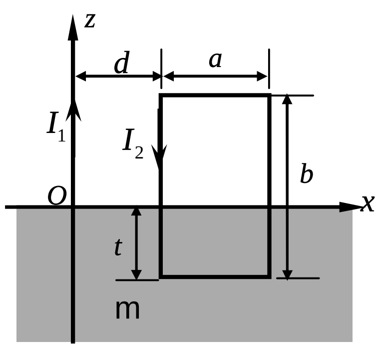
四、（14 分）如图所示，$z>0$ 的半空间为空气，$z<0$ 的半空间中填充磁导率为 μ 的均匀磁介质，无限长直导线中载有电流 I_1，附近有一个边长分别为 a 和 b 的矩形线框。线框与直导线共面，并与直导线相距为 d，其中位于磁介质中的一段的长度为 $t\ (0<t<b)$。

（1）求直导线与线框之间的互感；

（2）若矩形线框载有电流 I_2，求矩形线框受到的磁场力。

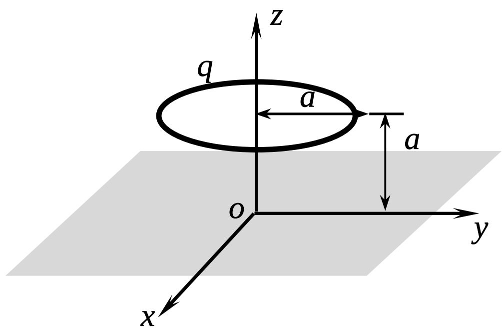


题三图



题四图

五、（14 分）如图所示，在距接地无限大导体平面为a处有一个均匀带电的细圆环，圆环的半径为a、电荷量为q，其轴线与z轴重合。（1）求细圆环中心（即$z=a$）处的电位和电场强度；（2）若在带电细圆环的中心再放置一个点电荷Q，求点电荷Q所受到的电场力。



题五图

六、（16 分）同轴线的内导体半径为a、外导体的内半径为b，内、外导体间为空气。已知内、外导体间的电场强度$\vec{E}(\rho,z,t)=\vec{e}_\rho\dfrac{E_{\rm m}}{\rho}\cos(\omega t-kz)\,\text{V/m}$。（1）求磁场强度$\vec{H}(\rho,z,t)$；（2）求导体表面的电流密度；（3）求同轴线中的平均坡印廷矢量$\vec{S}_{\rm av}$和传输的平均功率$P_{\rm av}$；（4）若已知空气的击穿电场强度为$E_{\rm br}$，求此同轴线能传输的最大平均功率$P_{\rm br}$。

七、（20 分）有一均匀平面波在无界的均匀无损耗媒质中传播，其电场强度为：

$$\vec{E}(\vec{r},t)=(\vec{e}_x 3+\vec{e}_y+\vec{e}_z 4)\cos[6\pi\times10^8 t+(2\pi x+k_y y-\pi z)+\frac{\pi}{4}]\ \text{V/m}$$

求：（1）k_y的值；（2）此电磁波传播方向的单位矢量$\vec{e}_n$；（3）电磁波的频率f、波长λ和相速度v_p；（4）设媒质的$\mu=\mu_0$，求媒质的相对介电常数ε_r；（5）此电磁波的极化方式；（6）若在xoy平面上放置一块无限大的理想导体板，求导体表面上的感应电荷密度ρ_S。

附：圆柱坐标系和球坐标系的$\nabla\cdot\vec{A}$、$\nabla\times\vec{A}$和$\nabla^2 u$

$$\nabla\cdot\vec{A}=\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial\rho}(\rho A_\rho)+\frac{1}{\rho}\frac{\partial A_\phi}{\partial\phi}+\frac{\partial A_z}{\partial z}$$

$$\nabla\cdot\vec{A}=\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}(r^2 A_r)+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta A_\theta)+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial A_\phi}{\partial\phi}$$

$$\nabla\times\vec{A}=\frac{1}{\rho}\begin{vmatrix}\vec{e}_\rho & \rho\vec{e}_\phi & \vec{e}_z\\ \dfrac{\partial}{\partial\rho} & \dfrac{\partial}{\partial\phi} & \dfrac{\partial}{\partial z}\\ A_\rho & \rho A_\phi & A_z\end{vmatrix},\qquad \nabla\times\vec{A}=\frac{1}{r^2\sin\theta}\begin{vmatrix}\vec{e}_r & r\vec{e}_\theta & r\sin\theta\vec{e}_\phi\\ \dfrac{\partial}{\partial r} & \dfrac{\partial}{\partial\theta} & \dfrac{\partial}{\partial\phi}\\ A_r & rA_\theta & r\sin\theta A_\phi\end{vmatrix}$$

$$\nabla^2 u=\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial\rho}(\rho\frac{\partial u}{\partial\rho})+\frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2 u}{\partial\phi^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$\nabla^2 u=\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}(r^2\frac{\partial u}{\partial r})+\frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta\frac{\partial u}{\partial\theta})+\frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial^2 u}{\partial\phi^2}$$

《完》