一、选择题（10×2=20 分）

1. 产生电场的源为（ C ）

A 位移电流和传导电流； B 电荷和传导电流；

C 电荷和变化的磁场； D 位移电流和变化的磁场。

2. 在有源区，静电场电位函数满足的方程是（ A ）

A 泊松方程； B 亥姆霍兹方程；

C 高斯方程； D 拉普拉斯方程。

3. 如果真空中有一个点电荷 q 放在直角坐标系的原点，则坐标 (x, y, z) 处的电位 $\Phi=$（ D ）

A $\frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{q}{x^2+y^2+z^2}$；　　B $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{x^2+y^2+z^2}$；

C $\frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{q}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$；　　D $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$。

4. 某金属在频率为 1MHz 时的穿透深度为 60μm，当频率提高到 4 MHz 时，其穿透深度为（ B ）

A 15μm；　B 30μm；　C 120μm；　D 240μm。

5. 在正弦电磁场中，位移电流应与该处电场的方向一致，其相位（ C ）

A 与电场相同； B 与电场相反；

C 超前电场 90°； D 滞后电场 90°。

6. 一个半径为 a 的导体球，球外为非均匀电介质，介电常数为$\varepsilon=\varepsilon_0\frac{r}{a}$，设导体球的球心与坐标原点重合，则导体球与无穷远点的电容为（ B ）

A $4\pi\varepsilon_0 a$； B $8\pi\varepsilon_0 a$； C $12\pi\varepsilon_0 a$； D $2\pi\varepsilon_0 a$。

7.　对于非磁性介质，平行极化的均匀平面斜入射到介质分界面上，发生全透射的条件为（　B　）

A　反射波平行极化；　　　　B　入射角等于布儒斯特角；

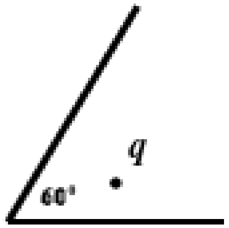
C　入射角等于临界角；　　　D　入射波为左旋园极化。

8.　麦克思韦提出的(　D　)的概念，使在任何状态下的全电流都可保持连续

A　传导电流；　　　B　时变电流；

C　运流电流；　　　D　位移电流。

9. 如图所示的一个电量为 q 的点电荷放在60°导体内坐标(a, d)处，为求解导体包围空间的电位，需要（　C　）个镜像电荷



A　1个；　　B　3个；

C　5个；　　D　8个。

10. 已知良导体的电导率磁导率和介电常数分别为σ μ和ε，则频率为ω的平面电磁波入射到该导体上时的集肤深度为（　A　）

A　$\sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$；　　B　$\sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}}$；　　C　$\sqrt{\frac{1}{2\omega\mu\sigma}}$；　　D　$\sqrt{\frac{2\omega\mu}{\sigma}}$。

二、填空题（18 分，每空 1 分）

1.　设 $\bar{A}=xy\hat{a}_y$ ，$\nabla\cdot\bar{A}=$ <u>x</u>，　$\nabla\times\bar{A}=$ <u>$y\hat{a}_z$</u>，　$\nabla\times\nabla\times\bar{A}=$ <u>$\hat{a}_x$</u> 。

2.　已知标量场为 $f(x,y,z)=x^3+\sin(2y)+1$ ，则通过点 $(1,0,1)$ 的等值面方程为 <u>$x^3+\sin(2y)-1=0$</u> 。

3. 在空间中外加恒定的电场和磁场，电场强度和磁感应强度分别为$\bar{E}$和$\bar{B}$。如果有一个带电 q 的粒子以速度$\bar{v}$通过该空间，那么它受到的洛伦兹力为$F=$ ___$q(\boldsymbol{E}+\bar{v}\times\boldsymbol{B})$___ 。

4. 当平面波入射到两层非磁性介质的分界面上时，如果介质 1 与介质 2 的介电常数分别为ε_1和ε_2，入射角和透射角分别为θ_i和θ_t，那么折射定律的表达式为___$\frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_t}=\frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1}}$___ 。

5. 写出欧姆定律的微分形式 $\vec{J}=\sigma\vec{E}$ 焦耳定律的微分形式 $p=\vec{J}\cdot\vec{E}$ 。

6. 写出时变电磁场的坡印亭矢量 $\vec{S}=\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}$ 和时域的坡印亭定理

$$-\frac{\partial}{\partial t}\int_V\left(\frac{1}{2}\mu H^2+\frac{1}{2}\varepsilon E^2\right)\mathrm{d}V=\oint_S \boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}+\int_V\sigma E^2\,\mathrm{d}V$$ 。

或 $$-\frac{\partial}{\partial t}\int_V\left(\frac{1}{2}\boldsymbol{B}\cdot\boldsymbol{H}+\frac{1}{2}\boldsymbol{E}\cdot\boldsymbol{D}\right)\mathrm{d}V=\oint_S \boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}+\int_V\boldsymbol{J}\cdot\boldsymbol{E}\,\mathrm{d}V$$

7. 写出时变电磁场边界条件的矢量形式 $\hat{n}\times(\bar{E}_2-\bar{E}_1)=0$ ，______ $\hat{n}\cdot(\bar{D}_2-\bar{D}_1)=\rho_s$ ，$\hat{n}\times(\bar{H}_2-\bar{H}_1)=\bar{J}_s$ ，$\hat{n}\cdot(\bar{B}_2-\bar{B}_1)=0$ 。

8. 均匀平面波由空气（z<0）斜入射到理想导体平面（z=0），已知入射波的磁场为 $\bar{H}_i=0.1\hat{a}_y e^{-j4\pi(\sqrt{2}x+\sqrt{2}z)}[A/m]$ 则入射波的电场强度 $\bar{E}_i=-\eta_0\hat{a}_{ik}\times\bar{H}=6\sqrt{2}\pi(\hat{a}_x-\hat{a}_z)e^{-j4\pi(\sqrt{2}x+\sqrt{2}z)}$ ；反射波电场强度为 $\bar{E}_r=-6\sqrt{2}\pi(\hat{a}_x+\hat{a}_z)e^{-j4\pi(\sqrt{2}x-\sqrt{2}z)}$ 。

9. 均匀平面电磁波由空气（z<0）入射到无限大理想介质界面（z=0），入射波的电场复矢量为$\vec{E}_i=(\sqrt{3}\hat{a}_x+\hat{a}_z)e^{j2\pi(x-\sqrt{3}z)}$ （V/m），已知理想介质区域（z>0）的相对磁导率$\mu_r=1$，相对介电常数$\varepsilon_r=2.25$，请计算入射角θ_i $\underline{=30^\circ}$ ；透射波的相位常数k_2 $\underline{=6\pi\ 1/m}$ ；

三、计算题（1×10=10 分）

内、外半径分别为 a、b 的无限长空心圆柱中均匀分布着轴向电流 I，求柱内外的磁感应强度。

解：使用柱坐标系，使圆柱轴线在 z 轴，电流密度矢量沿轴向 $\boldsymbol{J} = J\hat{a}_z$，大小为

$$\begin{aligned} r < a, &\quad J = 0 \\ a < r < b, &\quad J = \frac{I}{\pi(b^2 - a^2)} \\ r > b, &\quad J = 0 \end{aligned} \qquad （2 分）$$

根据问题的对称性，可知磁场强度 $\bar{B}$ 只有圆周 ϕ 方向的分量，$\bar{B} = B_\phi \hat{a}_\phi$

使用安培环路定理计算不同区域的磁场强度 $\oint_C \bar{B}\cdot d\bar{l} = \mu_0 \oint_S \bar{J}\cdot d\bar{S}$ （2 分）

取轴线为圆心，半径为r的圆环

$r<a$时， $\oint_C \bar{B}\cdot d\bar{l} = 2\pi r B_\phi$， $\mu_0 \oint_S \bar{J}\cdot d\bar{S} = 0$， 可得 $\bar{B} = 0$ （2 分）

$a<r<b$时， $\oint_C \bar{B}\cdot d\bar{l} = 2\pi r B_\phi$， $\mu_0 \oint_S \bar{J}\cdot d\bar{S} = \mu_0 \int_0^r J dS = \mu_0 J\pi(r^2 - a^2) = \mu_0 I \frac{r^2 - a^2}{b^2 - a^2}$

可得 $\bar{B} = \frac{\mu_0 I (r^2 - a^2)}{2\pi r (b^2 - a^2)} \hat{a}_\phi$ （2 分）

$r>b$时， $\oint_C \bar{B}\cdot d\bar{l} = 2\pi r B_\phi$， 可得 $\bar{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ （2 分）

四、概念题（1×10=10 分）

在无源区，在均匀、线性、各向同性介质中，写出正弦电磁场的麦克斯韦方程组复数形式，并推导电场强度和磁场强度满足的波动方程。

解：对于正弦电磁场，可由复数形式的麦克斯韦方程导出复数形式的波动方程，无源区麦克斯韦方程组为

$$\begin{cases}\nabla\times\vec{H}=j\omega\vec{D}\\ \nabla\times\vec{E}=-j\omega\vec{B}\\ \nabla\cdot\vec{B}=0\\ \nabla\cdot\vec{D}=0\end{cases}$$ 本构关系 $$\begin{cases}\vec{D}=\varepsilon\vec{E}\\ \vec{B}=\mu\vec{H}\end{cases}$$，可得 $$\begin{cases}\nabla\times\vec{H}=j\omega\varepsilon\vec{E} & (1)\\ \nabla\times\vec{E}=-j\omega\mu\vec{H} & (2)\\ \nabla\cdot\vec{H}=0 & (3)\\ \nabla\cdot\vec{E}=0 & (4)\end{cases}$$ （5 分）

对（1）式左右两端取旋度 $\nabla\times\nabla\times\vec{H}=\nabla(\nabla\cdot\vec{H})-\nabla^2\vec{H}=j\omega\varepsilon\nabla\times\vec{E}$

将（2）式和（3）式代入可得 $\nabla^2\vec{H}+\omega^2\mu\varepsilon\vec{H}=0$

同理可得 $\nabla^2 \vec{E} + \omega^2 \mu\varepsilon \vec{E} = 0$

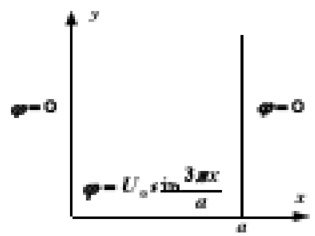
令 $k = \omega\sqrt{\mu\varepsilon}$，可得波动方程为

$$\nabla^2 \vec{H} + k^2 \vec{H} = 0$$
$$\nabla^2 \vec{E} + k^2 \vec{E} = 0$$

（5分）

五、计算题（1×10=10 分）

一个截面如图所示的长槽，向 y 方向无限延伸，两侧边的电位为零，槽内 $y\to\infty$， $\varphi=0$， 底部电位为$\varphi(x,0)=U_0\sin\frac{3\pi x}{a}$， 求槽内电位。



第七题用图

解：分离变量为$\varphi=X(x)Y(y)$

根据 x 坐标的周期边界要求，选取 $X(x)=a_1\sin k_x x+a_2\cos k_x x$ （3 分）

根据边界条件由 $x=0,\ \varphi(0,y)=0$，得 $a_2=0$；

由 $x=a,\ \varphi(0,y)=0$，得 $k_x=n\pi/a \quad (n=1,2,3,\ldots..)$

根 据 y 坐 标 的 无 限 边 界 要 求 ， 可 选 取 $Y(y)=c_1e^{-k_x y}$ （3 分）

可得基本乘积解为 $\varphi_n=X_n(x)Y_n(y)=C_n\sin\frac{n\pi}{a}xe^{-\frac{n\pi}{a}y}$

为满足边界条件，选取基本解的叠加构成电位的表达式为

$$\varphi=\sum_{n=1}^{\infty}\varphi_n=\sum_{n=1}^{\infty}C_n\sin\frac{n\pi}{a}xe^{-\frac{n\pi}{a}y}$$ （2 分）

由 $y=0,\quad \varphi(x,0)=U_0$，可得 $U_0\sin\frac{3\pi x}{a}=\sum_{n=1}^{\infty}C_n\sin\frac{n\pi}{a}x$

利用三角函数的正交归一性，可知只有当$n=3$时，$C_3=U_0$，其余系数$C_n(n\neq 3)=0$

最终可得槽中电位为 $\varphi=U_0\sin\left(\frac{3\pi}{a}x\right)e^{-\frac{3\pi}{a}y}$ （2分）

六、计算题（1×10=10 分）

在$\mu_r=1$，$\varepsilon_r=9$的理想介质中传播着磁场强度

$\bar{H}=\frac{1}{12\pi}(1.5\hat{a}_x-\hat{a}_y-\hat{a}_z)\cos[\omega t-\pi x-\pi y+Az)]$ （A/m）的均匀平面电磁波，试求：

1）常数ω和 A；　2）波的传播方向，电磁波的波长和频率；

3）求平面电磁波电场强度的复数形式；

解：1）可以写出磁场强度的复数形式　$\bar{H}=\frac{1}{12\pi}(1.5\hat{a}_x-\hat{a}_y-\hat{a}_z)e^{-j\pi(x+y-Az)}$

可知传播矢量为　$\bar{k}=\pi(\hat{a}_x+\hat{a}_y-A\hat{a}_z)$　根据均匀平面波的定义 $\bar{k}\cdot\bar{H}=0$

$\bar{k}\cdot\bar{H}=\pi(a_x+a_y-Aa_z)\cdot\frac{1}{12\pi}(1.5a_x-a_y-a_z)=\frac{1}{12}(1.5-1+A)=0$

即　$A=-0.5$　（2 分）

传播矢量为 $\bar{k}=\pi(\hat{a}_x+\hat{a}_y+0.5\hat{a}_z)$ 1/m，波数 $k=|\bar{k}|=1.5\pi(1/m)$

而 $\omega=kc/\sqrt{\varepsilon_r}=2\pi f=1.5\pi\times10^8\ \ (rad/sec)$ （2 分）

2）波矢量 $\hat{a}_k=\frac{2}{3}\hat{a}_x+\frac{2}{3}\hat{a}_y+\frac{1}{3}\hat{a}_z$，波长 $\lambda=\frac{2\pi}{k}=\frac{4}{3}m$，频率 $f=7.5\times10^7Hz$（3 分）

3）若已知 $\varepsilon_r=9$，且 $\mu_r=1$，可得波阻抗 $\eta=\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}=\eta_0\sqrt{\frac{\mu_r}{\varepsilon_r}}=40\pi(\Omega)$

电场强度复数形式 $\bar{E}=-\eta\hat{a}_k\times\bar{H}=\frac{5}{9}(2\hat{a}_x-7\hat{a}_y+10\hat{a}_z)e^{-j\pi(x+y+0.5z)}\quad V/m$ （3 分）

时域形式 $\bar{E}=\frac{5}{9}(2\hat{a}_x-7\hat{a}_y+10\hat{a}_z)\cos[2\pi\times10^8t-\pi(x+y+0.5z)]\quad V/m$

七、计算题（1×10=10 分）

给出以下均匀平面波表达式

1） $\bar{E}=\hat{a}_x 2je^{-jkz}+\hat{a}_y 2e^{-jkz}$；　　2） $\bar{E}=10(3\hat{a}_x+4\hat{a}_y-5j\hat{a}_z)e^{jk(8x-6y)}$；

3） $\bar{E}=\hat{a}_x j2E_0\sin\theta\cos(k_x\cos\theta)e^{jk_z\sin\theta}$；

4） $\bar{E}=\hat{a}_x 3\cos\left(\omega t+kz+\frac{\pi}{4}\right)-\hat{a}_y 4\sin(\omega t+kz)$

5） $\bar{E}=\hat{a}_x E_0 k\left(\frac{\pi}{a}\right)\sin\left(\frac{\pi}{a}x\right)\sin(kz-\omega t)+\hat{a}_y E_0\cos\left(\frac{\pi}{a}x\right)\cos(kz-\omega t)$。

1）、请将复数形式表示的场矢量，变换为瞬时值，或做相反的变换。

2）、请判定它们的极化形式，如果是圆极化波或者椭圆极化波请说明旋向。

解：（1）复数域到时域

$$E(r,t)=\mathrm{Re}\left[(a_x 2e^{j\pi/2}e^{-jkz}+a_y 2e^{-jkz})e^{j\omega t}\right]=a_x 2\cos(\omega t-kz+\pi/2)+a_y 2\cos(\omega t-kz)$$
$$=-a_x 2\sin(\omega t-kz)+a_y 2\cos(\omega t-kz)$$

E_x和E_y不相同，且E_x落后E_y相位$\frac{\pi}{2}$，电磁波+z 方向传播，故为右旋圆极化波；（2 分）

（2）复数域到时域

$$E(r,t)=\mathrm{Re}\left[10(3a_x+4a_y-5ja_z)e^{jk(8x-6y)}e^{j\omega t}\right]$$
$$=10(3a_x+4a_y)\cos(\omega t+8kx-6ky)-50a_z\cos(\omega t+8kx-6ky+\pi/2)$$
$$=10(3a_x+4a_y)\cos(\omega t+8kx-6ky)+50a_z\sin(\omega t+8kx-6ky)$$

$$\vec{E}=50\left[\left(\frac{3}{5}\hat{a}_x+\frac{4}{5}\hat{a}_y\right)-j\hat{a}_z\right]\cdot e^{-j10k\hat{a}_k\cdot\vec{r}}=50\left[\hat{a}_{xy}-j\hat{a}_z\right]\cdot e^{-j10k\hat{a}_k\cdot\vec{r}}$$

可知传播方向矢量 $\hat{a}_k=(-\frac{4}{5}\hat{a}_x+\frac{3}{5}\hat{a}_y)$

在垂直于a_k的平面上，将电场强度分解为$\hat{a}_{xy}$和$\hat{a}_z$两个相互垂直的分量，这两

个分量振幅相等，且 $\hat{a}_{xy}$ 超前 $\hat{a}_{x}$ 相位 90^0，$\hat{a}_{xy} \times \hat{a}_{z} = -\hat{a}_{k}$，因此是左旋圆极化。（2 分）

（3）复数域到时域

$$
\begin{aligned}
\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r},t) &= \mathrm{Re}\left[\boldsymbol{a}_x 2E_0 \sin\theta \cos(k_x \cos\theta) e^{jk_z \sin\theta} e^{j\pi/2} e^{j\omega t}\right] \\
&= \boldsymbol{a}_x 2E_0 \sin\theta \cos(k_x \cos\theta) \cos(\omega t + k_z \sin\theta + \pi/2) \\
&= -\boldsymbol{a}_x 2E_0 \sin\theta \cos(k_x \cos\theta) \sin(\omega t + k_z \sin\theta)
\end{aligned}
$$

（2 分）

电场强度只有一个 x 方向分量，是 x 方向的线极化

（4）时域到复数域

$$\boldsymbol{E}(z) = \boldsymbol{a}_x 3e^{-jkz} e^{j\pi/4} + \boldsymbol{a}_y 4e^{-jkz} e^{j\pi/2} \quad (V/m)$$

$E_{xm} \neq E_{ym}$，且 E_x 落后 E_y 相位 $\frac{\pi}{4}$，电磁波+z 方向传播，故为左旋椭圆极化波。（2 分）

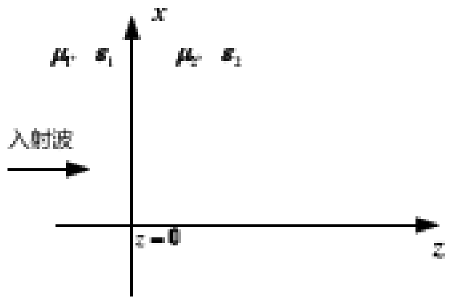
（5）时域到复数域

$$\boldsymbol{E}(\bar{r})=\boldsymbol{a}_x jE_0 k(\pi/a)\sin(\pi x/a)e^{-jkz}+\boldsymbol{a}_y E_0\cos(\pi x/a)e^{-jkz}$$

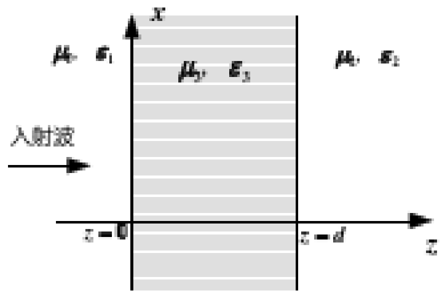
$E_{xm}\neq E_{ym}$，且 E_x 超前 E_y 相位 $\frac{\pi}{2}$，电磁波+z 方向传播，故为右旋椭圆极化波。（2 分）

八、计算题（1×12=12 分）

已知均匀平面电磁波的电场强度为$\bar{E}_i = \hat{a}_x E_0 \sin(\omega t - kz) + \hat{a}_y E_0 \cos(\omega t - kz)$， 将其作为入射波由空气向理想介质平面（$z=0$）垂直入射，坐标系如图（a）所示，介质的电磁参数为$\varepsilon_2 = 9\varepsilon_0, \mu_2 = \mu_0$， 计算:



第十题用图 图（a）



第十题用图 图（b）

1）、反射电磁波电场强度$\bar{E}_r$和透射电磁波电场强度$\bar{E}_t$的复数值表达式;

2）、反射电磁波磁场强度$\vec{H}_r$和透射电磁波磁场强度$\vec{H}_t$的瞬时值表达式$\vec{H}_r(z,t)$和$\vec{H}_t(z,t)$；

3）、判断入射电磁波、反射电磁波和透射电磁波是何种极化波；

4）、计算反射平均功率密度$\vec{S}_{av,r}$和透射平均功率密度$\vec{S}_{av,t}$；

5）、 如果在理想介质分界面处加入厚度为d的电磁介质如图（b）所示，试求交界面（$z=0$）无反射时，插入介质层的厚度d以及相对介电常数ε_{r3}。

解：入射波电场强度的复数形式为 $\vec{E}_i = E_0(-j\hat{a}_x + \hat{a}_y)e^{-jkz}$ 沿着$+z$方向传播；

$z<0$区域，空气波阻抗为 $\eta_1 = \eta_0 = \sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}}$， 波数为$k_1 = k = \omega\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}$

$z>0$区域，空气波阻抗为 $\eta_2=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_2}}=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0\varepsilon_{r2}}}=\frac{1}{3}\eta_0$，（2分）

波数为 $k_2=\omega\sqrt{\mu_2\varepsilon_2}=\omega\sqrt{\mu_0\varepsilon_0\varepsilon_{r2}}=3k$

1)、垂直入射到介质交界面，则可知界面处反射系数和透射系数分别为

反射系数 $\Gamma=\frac{\eta_2-\eta_1}{\eta_2+\eta_1}=-\frac{1}{2}$，透射系数 $\tau=\mathrm{T}=\frac{2\eta_2}{\eta_2+\eta_1}=\frac{1}{2}$

反射波沿着$-z$方向传播，可得反射波电场强度复矢量为

$$\bar{E}_r=E_0(-j\hat{a}_x+\hat{a}_y)\Gamma e^{jk_1z}=\frac{1}{2}E_0(j\hat{a}_x-\hat{a}_y)e^{jkz}$$

透射波沿着$+z$方向传播，可得透射波电场强度复矢量为

$$\bar{E}_t = E_0(-j\hat{a}_x + \hat{a}_y)Te^{-jk_2 z} = \frac{1}{2}E_0(-j\hat{a}_x + \hat{a}_y)e^{-j3kz}$$ （2 分）

2）、根据平面电磁波的定义，可得反射波和透射波磁场强度的复矢量为

$$\bar{H}_r = \frac{1}{\eta_1}\left[(-\hat{a}_z)\times\bar{E}_r\right] = -\frac{1}{2\eta_0}E_0(\hat{a}_x + j\hat{a}_y)e^{jkz}$$

$$\bar{H}_t = \frac{1}{\eta_2}\left[\hat{a}_z\times\bar{E}_t\right] = -\frac{3}{2\eta_0}E_0(\hat{a}_x + j\hat{a}_y)e^{-j3kz}$$

瞬时表达式为

$$\bar{H}_r(z,t) = \mathrm{Re}\left[\bar{H}_r(r)e^{j\omega t}\right] = -\frac{E_0}{2\eta_0}\left[\hat{a}_x\cos(\omega t + kz) + \hat{a}_y\cos\left(\omega t + kz + \frac{\pi}{2}\right)\right]$$
$$= -\frac{E_0}{2\eta_0}\left[\hat{a}_x\cos(\omega t + kz) - \hat{a}_y\sin(\omega t + kz)\right]$$

$$\vec{H}_t(z,t)=\mathrm{Re}\left[\vec{H}_t(r)e^{j\omega t}\right]=-\frac{3E_0}{2\eta_0}\left[\hat{a}_x\cos(\omega t-3kz)+\hat{a}_y\cos\left(\omega t-3kz+\frac{\pi}{2}\right)\right]$$ （2 分）

$$=-\frac{3E_0}{2\eta_0}\left[\hat{a}_x\cos(\omega t-3kz)-\hat{a}_y\sin(\omega t-3kz)\right]$$

3）、入射波沿着$+z$方向传播，$E_{xm}=E_{ym}$， $\varphi_y-\varphi_x=\pi/2$， 左旋圆极化波；

反射波沿着$-z$方向传播，$E_{xm}=E_{ym}$， $\varphi_y-\varphi_x=\pi/2$， 右旋圆极化波；

透射波沿着$+z$方向传播，$E_{xm}=E_{ym}$， $\varphi_y-\varphi_x=\pi/2$，左旋圆极化波。 （2 分）

4）、反射功率时间平均值为

$$\vec{S}_{av,r}=\mathrm{Re}\left[\frac{1}{2}\vec{E}_r\times\vec{H}_r^*\right]=\frac{E_0^2}{8\eta_1}(j\hat{a}_x-\hat{a}_y)\times(j\hat{a}_y-\hat{a}_x)=-\frac{E_0^2}{8\eta_1}\hat{a}_z(1+1)=-\frac{E_0^2}{4\eta_0}\hat{a}_z$$

透射功率时间平均值为

$$\bar{S}_{av,r}=\mathrm{Re}\left[\frac{1}{2}\bar{E}_t\times\bar{H}_t^*\right]=\frac{E_0^2}{8\eta_2}\left(-j\hat{a}_x+\hat{a}_y\right)\times\left(j\hat{a}_y-\hat{a}_x\right)=\frac{E_0^2}{8\eta_2}\hat{a}_z(1+1)=-\frac{3E_0^2}{4\eta_0}\hat{a}_z$$

$S_{av,i}=\frac{E_0^2}{\eta_0}a_z$， $S_{av,r}=-|\Gamma|^2 S_{av,i}=-\frac{E_0^2}{4\eta_0}a_z$， $S_{av,t}=(1-|\Gamma|^2)S_{av,i}=\frac{3E_0^2}{4\eta_0}a_z$ （2 分）

5、$\eta_1\neq\eta_2$，插入介质两侧的介质波阻抗不同，因此交界面无反射的条件为插入介质波阻抗$\eta_3=\sqrt{\eta_1\eta_2}$，插入介质厚度为$d=\frac{\lambda_3}{4}(2n+1),\ \ n=1,2,3,\ldots\ldots$

因为$\eta_3=\sqrt{\frac{\mu_3}{\varepsilon_3}}=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0\varepsilon_{r3}}}=\sqrt{\frac{1}{\varepsilon_{r3}}}\eta_0$， 由$\eta_3=\sqrt{\eta_1\eta_2}$，可得$\varepsilon_{r3}=3$

根据介质 3 中波长与频率的关系可知 $\lambda_3=\frac{v}{f}=\frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{r3}}}=\frac{\lambda_0}{\sqrt{3}}$， $\lambda_0=\frac{c}{f}$

可得插入介质厚度为 $d=\frac{\lambda_0}{4\sqrt{3}}(2n+1),\ n=1,2,3,\ldots\ldots$ （2 分）