浙江大学 20_13_－20_14_学年_春夏_学期

《 电磁场与电磁波 》课程期中考试试卷

课程号：__11120010______，开课学院：___信电系_______

考试形式：一纸开卷，允许带一张 A4 大小手写稿入场

考试日期：2014 年 4 月 23 日，考试时间：120 分钟 （14:00-16:00）

诚信考试，沉着应考，杜绝违纪。

考生姓名：______________学号：______________所属专业：________________

题序	一	二	三	四	五	总分
得分						
评卷人						

一、选择题（每题 2 分，共 20 分）：

1. 两个同频同方向传播的极化方向相互垂直的线极化波，如果（ D ），则合成的波一定是圆极化波。

A．两者的相位差为 0 和 π　　B．两者振幅相同

C．两者的相位差为±π/2　　D．同时满足 B 和 C

2. 在各向异性介质中，描述正确的是（ C ）

A. **E**、**H** 和 **k** 的方向相互垂直　　B. **S** 的方向与 **k** 的一致

C. **D**、**B** 和 **k** 的方向相互垂直　　D. **D** 的方向与 **E** 的方向一致

3. 在自由空间传播的电磁波电场有两个分量分别为 $E_y = E_m\cos(\omega t - kx)$ 和 $E_z = 2E_m\sin(\omega t - kx)$，该电磁波为（ D ）

A. 左旋圆极化波　　B. 右旋圆极化波　　C. 左旋椭圆极化波　　D. 右旋椭圆极化波

4. 终端开路的 50Ω传输线，驻小最小点位置在 (B)

A. 终端处　　B. 离终端λ/4 处　　C. 离终端λ/2 处　　D. 离终端λ处

5. 一传输线其终端反射系数为 0.5，则驻波系数为 (C)

A. 1　　B. 2　　C. 3　　D. 4

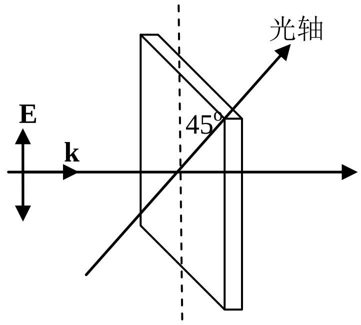
6. 传输线特征阻抗为 50Ω，电压为 $U(z) = 10e^{-jkz} + 5e^{jkz}$，则电流 $I(z)$为（ A ）：

A. $0.2e^{-jkz} - 0.1e^{jkz}$　　B. $0.2e^{-jkz} + 0.1e^{jkz}$　　C. $0.1e^{-jkz} - 0.2e^{jkz}$　　D. $0.1e^{-jkz} + 0.2e^{jkz}$

7. 无源空间中，两介质介电常数分别为 $2\varepsilon_0$ 和 $4\varepsilon_0$，两介质交界面的法向为 **z**，已知介质 1 侧的电场为 $\mathbf{E}_1$=2**x**+3**y**+4**z**，则介质 2 侧的电场 $\mathbf{E}_2$ 为 (A)

A. $2\mathbf{x}+3\mathbf{y}+2\mathbf{z}$　B. $2\mathbf{x}+3\mathbf{y}+8\mathbf{z}$　**C.** $\mathbf{x}+1.5\mathbf{y}+4\mathbf{z}$　D. $4\mathbf{x}+6\mathbf{y}+4\mathbf{z}$

8. 如图所示，一真空波长为λ0 的线极化平面波以光轴垂直的方向入射单轴电各向异性介质，电磁波的极化方向与光轴成 45 度。已知各向异性介质的 o 光折射率为 n_o，e 光折射率为 n_e，$n_o>n_e$，介质厚度 $d=\dfrac{\lambda_0}{2(n_o-n_e)}$，则出射的电磁波为（　D　）



A. 圆极化波　　B. 线极化波，极化方向旋转了 45 度

C. 线极化波，极化方向不变　　D. 线极化波，极化方向旋转了 90 度

9. 一圆极化波垂直投射于一理想导体平板上，入射电场 $\mathbf{E}=E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{-jkz}$，则反射波电场为（　D　）

A. $\mathbf{E}=E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{-jkz}$　　B. $\mathbf{E}=E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{jkz}$

C. $\mathbf{E}=-E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{-jkz}$　　D. $\mathbf{E}=-E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{jkz}$

10. 空气中放置一单层介质板，已知介质板的 $\varepsilon=\varepsilon_r\varepsilon_0$，则介质板的厚度应为（　C　）时，可使频率为 f_0 的电磁波（真空波长 λ_0）在垂直入射于板面时没有反射。

A. $\dfrac{\sqrt{\varepsilon_r}\lambda_0}{2}$　　B. $\dfrac{\sqrt{\varepsilon_r}\lambda_0}{4}$　　C. $\dfrac{\lambda_0}{2\sqrt{\varepsilon_r}}$　　D. $\dfrac{\lambda_0}{4\sqrt{\varepsilon_r}}$

二、填空题（每题 2 分，共 20 分）：

1. 某线极化波由空气中斜入射到无损耗介质（ε=3ε_0、μ=μ_0、σ=0）的交界面上，如果要使反射波的振幅为零，则入射波的极化方向应__平行___（垂直、平行）于入射面（波矢和界面法线组成的平面），入射角为__60°__。

2. 均匀平面电磁波由空气中垂直入射到与无损耗介质（ε=2.25ε_0、μ=μ_0、σ=0）的分界平面上时，反射系数为_-0.2__，透射系数为__0.8__。

3. 在理想导体的表面上，磁感应强度（B）矢量总是平行于导体表面，电场强度（E）矢量总是垂直于导体表面。

4. 已知在介电常数为ε=2ε_0 的均匀介质中存在电场强度分布 $\mathbf{E}=\hat{\mathbf{x}}x+\hat{\mathbf{y}}(2y+x^2)$，则介质中的自由电荷体密度为__6$\varepsilon_0$____。

5. 趋肤深度等于电磁波振幅衰减到表面值的__1/e______所经过的距离。对于同一电磁波，导体的电导率较大，其趋肤深度越___小_____。

6. 在无界理想介质中传播的均匀平面电磁波，电场与磁场的相位________（相同，不同），幅度随传播距离的增加而__________（不变，衰减）。

7. 在导电介质中传播的均匀平面波，电场和磁场的相位__________（相同，不同），幅度随传播距

离的增加________（不变，衰减）。

8. 电磁波的传播速度随频率变化的现象称为色散效应。理想介质是__________（色散介质，非色散介质）；导电介质是_________（色散介质，非色散介质）。

9. 某损耗介质中存在沿 x 方向极化、沿 y 方向传播的平面波，如果该波的衰减常数为α、相位常数为β（$k=\beta-j\alpha$）、电场振幅为 E_0，则该波的电场强度表达式为 **E**= __$\hat{\mathbf{x}}E_0e^{-\alpha y}e^{-j\beta y}$______________。

10. 在相对介电常数分别为ε_{r1}与ε_{r3}的无耗介质中间放置一块厚度为 d、相对介电常数为ε_{r2}的介质板，假设这三种介质的磁导率均为μ_0, 现有一真空波长为λ_0的均匀平面波从介质 1 垂直投射到介质板上，要求介质板上没反射，则介质板厚度 d=$\dfrac{\lambda_0}{4\sqrt{\varepsilon_{r2}}}$，相对介电常数$\varepsilon_{r2}$= $\sqrt{\varepsilon_{r1}\varepsilon_{r3}}$ 。

三、已知自由空间中均匀平面波的电场为：$\mathbf{E}(\mathbf{r})=\left(\mathbf{x}_0+\mathbf{y}_0+j\sqrt{5}\mathbf{z}_0\right)e^{-j(2x-2y)}\text{V/m}$，试求：

1）波的传播方向、波长；

2）磁场强度的复数表达式和瞬时表达式；

3）时间平均坡印亭矢量；

4）极化状态。

解：(1) 将题给的 $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ 与 $\mathbf{E}(\mathbf{r})=\mathbf{E}_0e^{-jk\cdot r}$ 比较，得：

$$\mathbf{E}_0=\mathbf{x}_0+\mathbf{y}_0+j\sqrt{5}\mathbf{z}_0, \quad \mathbf{k}=2\mathbf{x}_0-2\mathbf{y}_0=2\sqrt{2}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\mathbf{x}_0-\frac{\sqrt{2}}{2}\mathbf{y}_0\right)$$

所以波的传播方向 $\kappa=\dfrac{k}{|k|}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}(\mathbf{x}_0-\mathbf{y}_0)$、波长 $\lambda=\dfrac{2\pi}{|k|}=\dfrac{2\pi}{2\sqrt{2}}=2.22(m)$

(2)

$$\mathbf{H}(\mathbf{r})=\frac{1}{\eta_0}\kappa\times\mathbf{E}(\mathbf{r})=\frac{1}{120\pi}\frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{x}_0-\mathbf{y}_0)\times\left(\mathbf{x}_0+\mathbf{y}_0+j\sqrt{5}\mathbf{z}_0\right)e^{-j(2x-2y)}$$

$$=\frac{1}{120\pi}\frac{1}{\sqrt{2}}\left(-j\sqrt{5}\mathbf{x}_0-j\sqrt{5}\mathbf{y}_0+2\mathbf{z}_0\right)e^{-j(2x-2y)}$$

$$\mathbf{H}(\mathbf{r},t)=\frac{1}{120\pi}\frac{1}{\sqrt{2}}\mathrm{Re}\left\{\left(-j\sqrt{5}\mathbf{x}_0-j\sqrt{5}\mathbf{y}_0+2\mathbf{z}_0\right)e^{-j(2x-2y)}e^{j\omega t}\right\}$$

$$=\frac{1}{120\pi}\frac{1}{\sqrt{2}}[\sqrt{5}\sin(\omega t-2x+2y)(\mathbf{x}_0+\mathbf{y}_0)+2\cos(\omega t-2x+2y)\mathbf{z}_0]$$

(3)

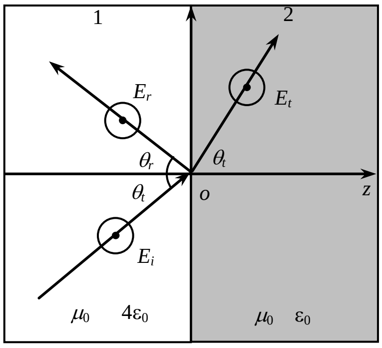
$$<s(r,t)>=\frac{1}{2}\mathrm{Re}\{\mathbf{E}(\mathbf{r})\times\mathbf{H}(\mathbf{r})^*\}$$

$$=\frac{1}{2}\mathrm{Re}\{\left(\mathbf{x}_0+\mathbf{y}_0+j\sqrt{5}\mathbf{z}_0\right)\times\frac{1}{120\pi}\frac{1}{\sqrt{2}}\left(j\sqrt{5}\mathbf{x}_0+j\sqrt{5}\mathbf{y}_0+2\mathbf{z}_0\right)\}$$

$$=\frac{7}{240\sqrt{2}\pi}(\mathbf{x}_0-\mathbf{y}_0)$$

(4) 左旋椭圆极化波

四、 在 $\varepsilon_r=4$， $\mu_r=1$的半无界介质中，有一均匀平面波入射到 z=0 处与空气相交的边界上。已知介质中入射波的电场为：$\mathbf{E}_i(r)=\mathbf{y}_0 3\times10^{-4}e^{-j(x+\sqrt{3}z)}V/m$，求：



（1）入射波的波长、相速、频率；

（2）入射角、反射角和折射角；、

（3）空气中的透射波电场 $E_t(r)$ 和磁场 $H_t(r)$ 在传播方向上的波长和频率，在 Z 方向传输的平均功率密度。

解：（1）由 $\mathbf{k}_i\cdot\mathbf{r}=x+\sqrt{3}z$ 得入射波的波矢量为：

$$\mathbf{k}_i=\mathbf{x}_0+\mathbf{z}_0\sqrt{3}$$

即 $k_i=\sqrt{1+3}=2$， $k_{ix}=1$， $k_{iz}=\sqrt{3}$，故入射波的波长为：

$$\lambda_i=\frac{2\pi}{k_i}=\frac{2\pi}{2}=3.142m$$

相速为： $v_p=\dfrac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_r\varepsilon_0}}=\dfrac{c}{\sqrt{4}}=1.5\times10^8 m/s$

频率为： $f=\dfrac{v_p}{\lambda_i}=\dfrac{1.5\times10^8}{3.142}=47.75\times10^6 Hz$

入射波的磁场为： $\mathbf{H}_i(r)=\dfrac{1}{\eta_1}\kappa_i\times\mathbf{E}_i(r)$

$$=\frac{1}{60\pi}\frac{1}{2}(\mathbf{x}_0+\mathbf{z}_0\sqrt{3})\times\mathbf{y}_0 3\times10^{-4}e^{-j(x+\sqrt{3}z)}$$

$$=\frac{10^{-4}}{40\pi}\left(-\mathbf{x}_0\sqrt{3}+\mathbf{z}_0\right)e^{-j(x+\sqrt{3}z)}A/m$$

（2）由 $k_{ix}=k_i\sin\theta_i$ 得， $1=2\sin\theta_i$，故入射角为：

$$\theta_i=\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)=30^\circ$$

反射角为： $\theta_r=\theta_i=30^\circ$

又据折射定律： $n_1\sin\theta_i=n_2\sin\theta_t$

式中的： $n_1=c\sqrt{\mu_0 4\varepsilon_0}=2$， $n_2=\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}=1$

故折射角为：

$$\theta_t=\sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}\sin\theta_i\right)=\sin^{-1}\left(2\sin30^\circ\right)=90^\circ$$

（3）透射系数：

$$T=\frac{2\mu_2 k_{iz}}{\mu_2 k_{iz}+\mu_1 k_{tz}}=\frac{2k_{iz}}{k_{iz}+k_{tz}}=2$$

式中：

$$k_{iz}=k_i\cos\theta_i=2\cos30^\circ=\sqrt{3}$$
$$k_{tz}=k_t\cos\theta_t=0$$

故空气中透射波的电场为：

$$\mathbf{E}_t(\mathbf{r}) = \mathbf{y}_0 T \times 3\times 10^{-4} e^{-jk_t \cdot r}$$
$$= \mathbf{y}_0 6\times 10^{-4} e^{-j(k_{tx}x + k_{tx}z)}$$
$$= \mathbf{y}_0 6\times 10^{-4} e^{-jx}$$

磁场为： $$\mathbf{H}_t(\mathbf{r}) = \frac{1}{\eta_2}\kappa_t \times \mathbf{E}_t(\mathbf{r})$$

式中的： $$\kappa_t = \frac{\mathbf{k}_t}{k_t} = \frac{\mathbf{x}_0 k_{tx} + \mathbf{z}_0 k_{tz}}{k_t} = \mathbf{x}_0$$

故： $$\mathbf{H}_t(\mathbf{r}) = \frac{1}{120\pi}\mathbf{x}_0 \times \mathbf{y}_0 6\times 10^{-4} e^{-jx} = \mathbf{z}_0 \frac{10^{-4}}{20\pi} e^{-jx}$$

可见，空气中的透射波沿 x 方向传播，传播方向上的波长为：

$$\lambda_{tx} = \frac{2\pi}{\mathbf{k}_{tx}} = 2\pi = 6.28m$$

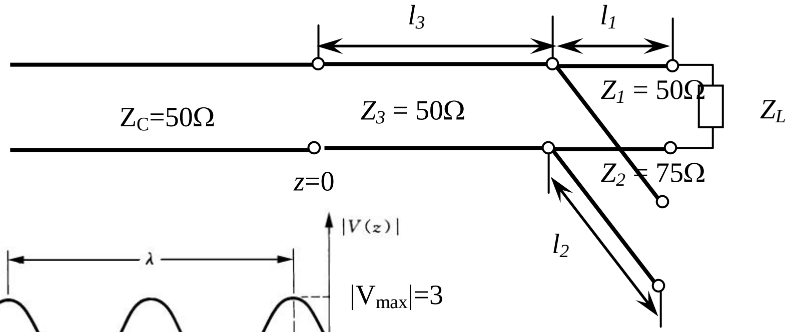
频率为： $$f = \frac{c}{\lambda_{tx}} = \frac{3\times 10^8}{6.28} = 47.75\times 10^6 Hz$$

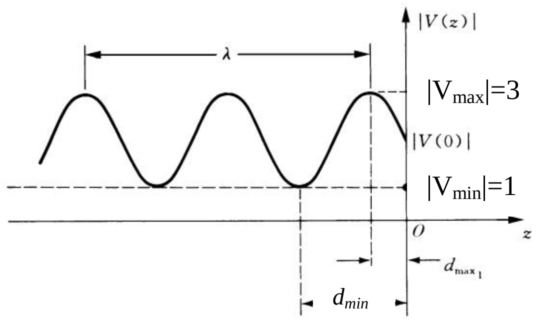
透射波的平均坡印廷矢量为：

$$\mathbf{S}_{avt} = \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[\mathbf{E}_t(\mathbf{r}) \times \mathbf{H}_t^*(\mathbf{r})\right]$$
$$= \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[\mathbf{y}_0 6\times 10^{-4} e^{-jx} \times \mathbf{z}_0 \frac{10^{-4}}{20\pi} e^{jx}\right]$$
$$= \mathbf{x}_0 4.77\times 10^{-10} W/m^2$$

可见，在 z 方向传播的平均功率密度为 0。

五、已知λ=10cm，l_1=1cm, l_2=2cm, l_3=3cm,在 z=0 输入端口左边传输线上测得归一化的 $|V_{\max} = 3|$，$|V_{\min} = 1|$，$d_{\min} = 0.35\lambda$，求终端负载 Z_L=?





解：$\rho=\dfrac{V_{\max}}{V_{\min}}=3, d_{\min}=0.35\lambda \Rightarrow |\Gamma|=0.5, \varphi=0.4\pi$，即为圆图中的 A 点，$z_A$=0.8+j

l_3=3cm=0.3λ, A 点逆时针旋转 0.3λ与反射系数圆相交于点 B，z_B=0.8-j

其对应导纳为 C 点，y_c=0.48+0.61j

l_2=2cm=0.2λ，终端开路的传输线经过 0.2λ后引入的归一化导纳为 3.07j，则负载经过 l_1 后的导纳为 $y_c\times Y_3$-3.07j$\times Y_2$=0.0096-0.0287j，与之对应的归一化导纳为 0.48-1.435j，为图中的 D 点

OD 连线逆时针旋转 0.1λ交以圆图中心 O 点为圆心，OD 为半径的反射系数圆与 E 点，E 点即为负载的归一化导纳点 y_E=5.7615 + 2.3006j

延长 OF 与上述反射系数圆相交于 F 点，F 点即为负载归一化阻抗点 z_f=0.15-0.06j

所以负载阻抗 Z_L=7.5-3j。