浙江大学20__12__－20__13__学年__春夏__学期

《 电磁场与电磁波 》课程期末考试试卷

课程号：___11120010_______，开课学院：___信电系________

考试试卷：√A 卷、B 卷（请在选定项上打√）

考试形式：闭、√开卷（请在选定项上打√），允许带___课本___入场

考试日期：_2013__年__7__月_6__日，考试时间：__120__分钟

诚信考试，沉着应考，杜绝违纪。

考生姓名：______________学号：______________所属院系：________________

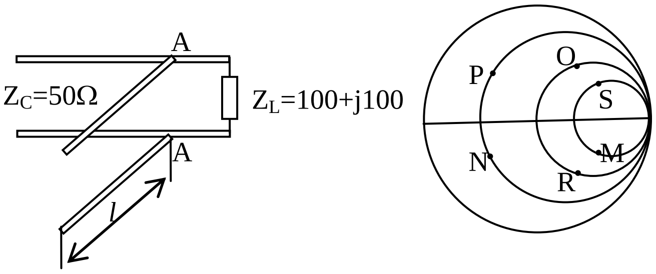
题序	一	二	三	四	五	**总 分**
得分						
评卷人						

一、单项选择题(每小题 2 分，共 40 分)

1. 一圆柱空腔谐振器，在其内部放入一小块介质，问其谐振频率（ A ）

   A. 变小　B. 不变　C. 变大　D. 不一定

2. 如下图所示，一个 100+j100Ω的负载接特征阻抗为 50Ω的传输线时，在阻抗圆图上的位置大致在（ D ）　A. M 点　B. N 点　C. P 点　D. S 点



3. 上题中为了消除负载处的反射，用单可变电纳匹配器进行匹配，在 AA 面处接入一终端开路的传输线，已知负载经过主传输线到达 AA 面处的导纳为上面导纳圆图的 O 点，问并联开路传输线的最短长度 l 为（ C ）

   A. $l<\lambda/4$　B. $l=\lambda/4$　C. $\lambda/4<l<\lambda/2$　D. $l=\lambda/2$

4. 表示光纤端面接收光的能力的性能参数为（ B ）

   A．截止波长　B. 数值孔径　C. 色散　D. 纤芯折射率

5. 各向异性介质是指：（ B ）

A. ε、μ、σ 与电磁波在空间传播的方向性无关；B. ε、μ、σ 与电磁波在空间传播的方向性有关

C. 不同方向的 E、H 不相同　　　D. k、E、H 相互垂直

6. 有关天线增益和天线方向性的描述，不正确的是 （ B ）

A．天线增益考虑了天线材料中的欧姆损耗，而天线方向性则没有；

B．天线增益是馈入天线电磁信号的放大倍数，方向性是指波束的指向方向；

C．方向图主瓣越窄，副瓣越小，天线方向性就越大，天线增益也越高

D．天线方向性和增益都表示了天线把输入功率集中辐射的程度

7. 在传输线上当观察点由负载向信号源方向移动时，对应于阻抗圆图上（ A ）

A．沿等反射系数圆顺时针方向移动　B. 沿等电阻圆移动

C. 沿等反射系数圆逆时针方向移动　D. 沿等电抗圆移动

8. 一平面波以垂直光轴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，$\Delta n=|n_o-n_e|$，则介质厚度为（ C ）时，出射的电磁波为圆极化波。

A. $\dfrac{\lambda}{2\Delta n}$ 的奇数倍　B. $\dfrac{\lambda}{2\Delta n}$ 的偶数倍　C. $\dfrac{\lambda}{4\Delta n}$ 的奇数倍　D. $\dfrac{\lambda}{4\Delta n}$ 的偶数倍

9. 一个 10GHz 的飞机雷达，其所采用的窄波束扫描天线，安装在一个电介质天线罩后面，将天线罩近似看成无耗平板介质板（雷达波束垂直入射），$\varepsilon_r=4$，$\mu_r=1$，则其厚度为（ B ）时，对雷达波束没有反射。

A. 1 cm　B. 1.5 cm　C. 2 cm　D. 2.5cm

10. 常用的传输系统中，可以传播 TEM 波的是（ D ）

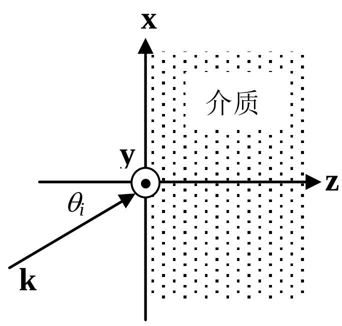
A. 圆波导　B. 光纤　C. 微带线　D.同轴线

11. 长度为 l 的传输线将负载连接到振荡频率为 f 的正弦电压源，假定线路上的波速为 2×10^8m/s，对于以下情况，可以忽略传输线影响的是（ A ）

A. l=20cm,　f=10kHz　B. l=50km,　f=600Hz

C. l=20cm,　f=300MHz　D. l=1mm,　f=100GHz

12. 一个平面波具有以下电场 $E=(\hat{x}j100\sqrt{3}+\hat{y}100-\hat{z}j100)e^{-j\pi x-j\sqrt{3}\pi z}$，如右图所示，则其极化状态为（ D ）



A. 左旋圆极化　B. 右旋圆极化

C. 左旋椭圆极化　D. 右旋椭圆极化

13. 单模光纤比多模光纤通信容量大的原因是单模光纤不存在（ D ）

A. 材料色散　B. 瑞利散射　C. 波导色散　D. 模式色散

14. 有一个二单元天线阵，两个单元为线天线，沿 z 轴排列，相隔距离为 d，天线的激励幅度相同，相位差为ψ，哪种情况下，沿 z 轴的辐射为零（ C ）

A. $\psi=\pi/2$, $d=\lambda/2$　　B. $\psi=\pi$, $d=\lambda/2$　　C. $\psi=\pi/2$, $d=\lambda/4$　　D. $\psi=\pi$, $d=\lambda/4$

15. 有关复介电常数$\varepsilon'=\varepsilon+i\dfrac{\sigma}{\omega}$的描述正确的是（ A ）

A. 实数部分代表位移电流的贡献，它不能引起电磁波功率的耗散；虚数部分是传导电流的贡献，它引起能量耗散。

B. 实数部分代表传导电流的贡献，它不能引起电磁波功率的耗散；虚数部分是位移电流的贡献，它引起能量耗散。

C. 实数部分代表位移电流的贡献，它引起电磁波功率的耗散；虚数部分是传导电流的贡献，它不能引起能量耗散。

D. 实数部分代表传导电流的贡献，它引起电磁波功率的耗散；虚数部分是位移电流的贡献，它不能引起能量耗散。

16. 矩形波导管边长分别为 a、b（已知$a>b$），内填相对介电常数为 4 的介质，该波导管能传播的电磁波最大真空波长为（ C ）。

A. $2a$　　B. $2b$　　C. $4a$　　D. $4b$

17. 在不同介质分界面上电场强度的法向分量和切向分量分别是（ B ）

A．都是连续的；　B. 不连续的；连续的　C. 连续的；不连续的　D．都不连续

18. 下面对于趋肤效应的说法**错误**的是（ D ）

A. 趋肤深度是指波进入到导体内，幅度衰减为导体表面幅度的 1/e 处的深度

B. 媒质导电性越好，趋肤深度越小。　C. 频率越高，趋肤深度越小。

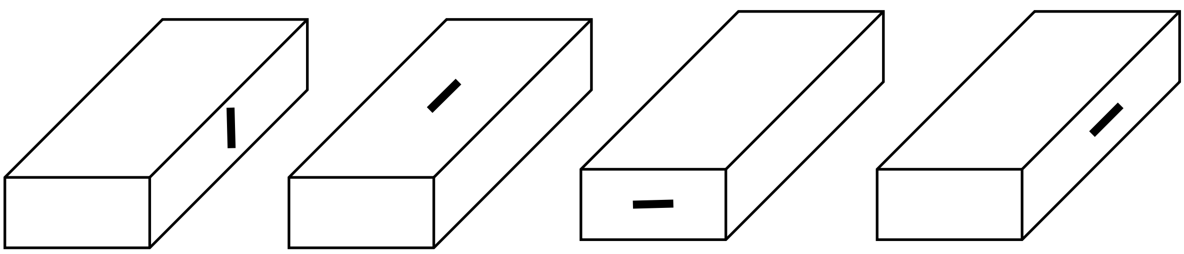
D. 媒质导电性越好，波在媒质中的衰减越慢。

19. 下面的说法**不正确**的是（ C ）

A. 相速是指信号恒定相位点的移动速度　　B. 在导电媒质中，相速与频率有关

C. 相速代表信号的能量传播的速度　　D. 群速是指信号包络上恒定相位点的移动速度

20. 下列四个由空气填充的矩形谐振腔，谐振于 TE_{102} 模式，在壁上不同位置开同样尺寸的狭缝，问品质因素 Q 最小的是（ C ）



A　　B　　C　　D

二、计算题（每题 15 分，共 60 分）

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

试求：（1）波的传播方向（提示：求出 b, c，然后写出波矢方向）；波长、极化状态

（2）该平面波的磁场

（3）时间平均坡印亭功率流<S(t)>

解：由题意得波矢量：$\mathbf{k}=\mathbf{x}_0 2+\mathbf{y}_0 b+\mathbf{z}_0 c$，考虑平面波的电场与传播方向垂直，故$\mathbf{k}\cdot\mathbf{E}=0$，即：

$$\mathbf{k}\cdot\mathbf{E}_0=(2\mathbf{x}_0+b\mathbf{y}_0+c\mathbf{z}_0)\cdot\left(j\sqrt{2}\mathbf{x}_0+2\mathbf{y}_0+j\sqrt{2}\mathbf{z}_0\right)=2\sqrt{2j}+2b+j\sqrt{2}c=0$$

则： $b=0,\ \ c=-2$

因此，波矢量$\mathbf{k}=2\mathbf{x}_0-2\mathbf{z}_0$，则波传播方向的单位矢量为：$\kappa=\dfrac{\mathbf{k}}{k}=\dfrac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{x}_0-\mathbf{z}_0)$

波长为：$\lambda=\dfrac{2\pi}{k}=\dfrac{2\pi}{\sqrt{8}}=2.22m$

另外，电场的复振幅可写为：$\mathbf{E}_0=\mathbf{y}_0 2+\mathbf{j}\left(\sqrt{2}\mathbf{x}_0+\sqrt{2}\mathbf{z}_0\right)$

则： $|E_{0R}|=|E_{0I}|=2$ 该均匀平面波是左旋圆极化波。

（2）与$\mathbf{E}(\mathbf{r})$相应的磁场为：$\mathbf{H}(\mathbf{r})=\dfrac{1}{\eta_0}\kappa\times\mathbf{E}(\mathbf{r})$

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

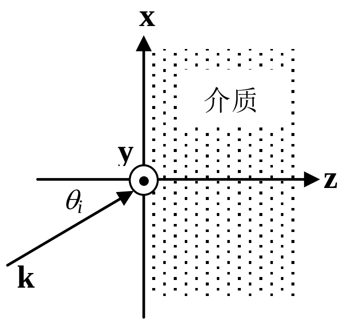
$$=\frac{1}{120\pi}\left(\sqrt{2}\mathbf{x}_0-2j\mathbf{y}_0+\sqrt{2}\mathbf{z}_0\right)e^{-j(2x-2z)}$$

（3）

$$\langle\mathbf{S(t)}\rangle=\frac{1}{2}\mathrm{Re}\left\{\mathbf{E}\times\mathbf{H}^*\right\}=\left(\mathbf{j}\sqrt{2}\mathbf{x}_0+\mathbf{y}_0 2+\mathbf{j}\sqrt{2}\mathbf{z}_0\right)\times\left[\frac{1}{120\pi}\left(\sqrt{2}\mathbf{x}_0+2\mathbf{j}\mathbf{y}_0+\sqrt{2}\mathbf{z}_0\right)\right]$$

$$=\frac{1}{2}\frac{\mathbf{E}_0{}^2}{120\pi}\kappa=\frac{1}{2}\frac{8}{120\pi}\frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{x}_0-\mathbf{z}_0)=\frac{\sqrt{2}}{60\pi}(\mathbf{x}_0-\mathbf{z}_0)$$

2、一个线极化平面波从自由空间入射到$\varepsilon_r=3$，$\mu_r=1$的介质分界面上，波矢 $\mathbf{k}$ 在 x-z 平面内（如图）。如果入射波的电场与入射面（x-z 平面）的夹角为 45°，问：（1）入射角θ_i为多少时，反射波中只有垂直极化波；（2）此时反射波的平均功率流是入射波的百分之几？



解：

（1）因为入射波的电场与入射面的夹角为 45°，可分解为等量 TE 波和 TM 波的叠加。要使得反射波中只有垂直极化波，即要求入射角为布儒斯特角，此时，TM 波的反射为 0，所以

$\theta_i=\arctan\left(\sqrt{\dfrac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}}\right)=\arctan\sqrt{3}$，$\theta_i=\dfrac{\pi}{3}$时，反射波只有垂直极化波。

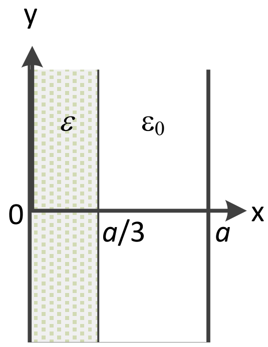
此时， $k_1 = k_0$， $k_{1x} = k_1 \sin\theta_i = \frac{\sqrt{3}}{2} k_0 = k_{2x}$， $k_{1z} = k_1 \cos\theta_i = 0.5 k_0$，

$k_{2z} = \sqrt{k_2{}^2 - k_{2x}{}^2} = 1.5 k_0$

TE 波的反射系数 $\Gamma_2 = \frac{k_{z1} - k_{z2}}{k_{z1} + k_{z2}} = \frac{0.5k_0 - 1.5k_0}{0.5k_0 + 1.5k_0} = -0.5$，即 TE 反射波功率是入射 TE 波的 1/4。

考虑入射波中有等幅 TE 波和 TM 波，所以反射波的平均功率流是入射波的 1/8.

3、如图所示，一平行板波导相距为 a，$x>a/3$ 区域是自由空间(ε_0, μ_0)，$x<a/3$ 区域充满(ε, μ_0)的介质。假设波矢 k 在 x-z 平面，可知，波在 x 方向谐振，沿 z 方向传播。



（1）求该波导最低阶 TE 模（电场 y 方向）的色散关系；

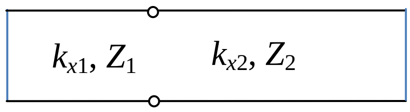
（2）若 $\varepsilon_1 = \varepsilon = 4\varepsilon_0$，$a$=4cm，求截止频率。

1）解：（1）用传输线等效

$$k_{x1} = \sqrt{k_1^2 - k_z^2} = \sqrt{\omega^2 \varepsilon \mu_0 - k_z^2}$$

$$k_{x2} = \sqrt{k_2^2 - k_z^2} = \sqrt{\omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 - k_z^2}$$

$$Y_1 = \frac{k_{x1}}{\omega \mu_0}，\quad Y_2 = \frac{k_{x2}}{\omega \mu_0}$$



以 $x=a/3$ 处为参考面，

$$\overleftarrow{Y} = -jY_1 \mathrm{ctg}(k_{x1} \frac{a}{3})；\quad \overrightarrow{Y} = -jY_2 \mathrm{ctg}(k_{x2} \frac{2a}{3})$$

由 $\overleftarrow{Y} + \overrightarrow{Y} = 0$，

得色散方程： $jY_1 ctg(k_{x1} \frac{a}{3}) + jY_2 ctg(k_{x2} \frac{2a}{3}) = 0$

整理后得：

$$\sqrt{\omega^2 \varepsilon \mu_0 - k_z^2} \mathrm{ctg}(\frac{a}{3} \sqrt{\omega^2 \varepsilon \mu_0 - k_z^2}) + \sqrt{\omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 - k_z^2} \mathrm{ctg}(\frac{2a}{3} \sqrt{\omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 - k_z^2}) = 0$$

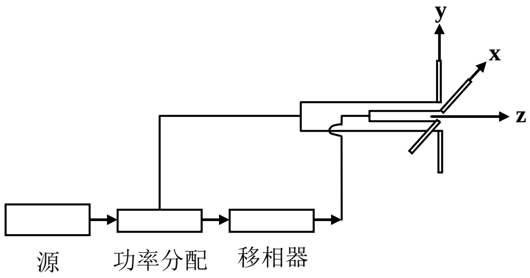
（2）截止时，$k_z = 0$， $k_{x1} = k_1 = \sqrt{\omega^2 \varepsilon \mu_0} = 2k_0$， $k_{x2} = k_2 = \sqrt{\omega^2 \varepsilon_0 \mu_0} = k_0$， $Z_2 = 2Z_1$

$$2k_0 \,\mathrm{ctg}(\frac{a}{3} 2k_0) + k_0 \,\mathrm{ctg}(\frac{2a}{3} k_0) = 0, \Rightarrow \mathrm{ctg}(\frac{2a}{3} k_0) = 0$$

$$k_0 \frac{2a}{3} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda_c(\mathrm{cm})} \times 4 = \pi \Rightarrow \lambda_c = 10.67\mathrm{cm}$$

$$f_c == \frac{c}{\lambda_c} = \frac{3 \times 10^8}{10.67 \times 10^{-2}} = 0.281 \times 10^{10} \mathrm{Hz} = 2.81\mathrm{GHz}$$

4. 如图所示，有两个在空间原点分别沿 x 轴和 y 轴放置的短振子天线，这两个短振子天线由同一个源激励，激励功率相等，中心激励点电流均为 I_0、振子长度 $l_1=l_2=l$。激励电流的相位可以通过移相器改变。



（1）调整移相器可改变 x 方向取向的短振子天线的激励电流相位 φ_x 与 y 方向取向短振子天线激励电流 φ_y 之差 $\varphi=\varphi_x-\varphi_y$，问 φ 为何值时，该天线系统在+z 轴方向远区的辐射是圆极化波，并说明何时是左旋圆极化波，何时是右旋圆极化波？

（2）证明，当其中一个短振子天线比另一个短振子天线落后π/2 相位，x-y 平面内的辐射方向图是一个圆；并说明此时合成场的极化特性。

解：

（1）短振子天线等同于激励电流为 I_0、长度 $l_1=l_2=l/2$ 的电偶极子，在+z 轴方向的远区，x 方向取向的短振子天线和 y 方向取向的短振子天线对应的 θ=90,

x 方向取向的短振子天线的辐射电场为 $\mathbf{E}_1=-\mathbf{x}_0\sqrt{\dfrac{\mu}{\varepsilon}}\dfrac{jkI_0le^{-jkz}e^{j\varphi_x}}{8\pi z}$

y 方向取向的短振子天线的辐射电场为 $\mathbf{E}_2=-\mathbf{y}_0\sqrt{\dfrac{\mu}{\varepsilon}}\dfrac{jkI_0le^{-jkz}e^{j\varphi_y}}{8\pi z}$

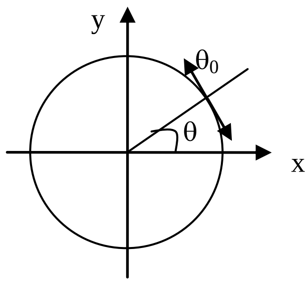
所以+z 轴方向的远区电场 $\mathbf{E}=\mathbf{E}_1+\mathbf{E}_2=-\mathbf{x}_0\sqrt{\dfrac{\mu}{\varepsilon}}\dfrac{jkI_0le^{-jkz}e^{j\phi_x}}{8\pi z}-\mathbf{y}_0\sqrt{\dfrac{\mu}{\varepsilon}}\dfrac{jkI_0le^{-jkz}e^{j\phi_y}}{8\pi z}$

$\varphi=\varphi_x-\varphi_y=\pm\dfrac{\pi}{2}$ 时，z 方向远区辐射的是圆极化波

$\varphi=\varphi_x-\varphi_y=\dfrac{\pi}{2}$，右旋

$\varphi=\varphi_x-\varphi_y=-\dfrac{\pi}{2}$，左旋

（2）在 x-y 平面，



x 方向取向的短振子天线的辐射电场为 $\mathbf{E}_1=\theta_0\sqrt{\dfrac{\mu}{\varepsilon}}\dfrac{jkI_0le^{-jkr}e^{j\varphi_x}}{8\pi z}\sin\theta$

y 方向取向的短振子天线的辐射电场为 $\mathbf{E}_2=-\theta_0\sqrt{\dfrac{\mu}{\varepsilon}}\dfrac{jkI_0le^{-jkr}e^{j\varphi_y}}{8\pi z}\cos\theta$

所以在 x-y 平面，

$$\mathbf{E}=\mathbf{E}_1+\mathbf{E}_2=\theta_0\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0le^{-jkr}e^{j\phi_x}}{8\pi z}\sin\theta-\theta_0\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0le^{-jkr}e^{j\phi_y}}{8\pi z}\cos\theta$$

如果 $\varphi=\varphi_x-\varphi_y=\pm\dfrac{\pi}{2}$，则

$$\mathbf{E}=\mathbf{E}_1+\mathbf{E}_2=\theta_0\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0le^{-jkr}}{8\pi z}(\sin\theta\pm j\cos\theta)=\theta_0\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0le^{-jkr}}{8\pi z}e^{-j\alpha}，\text{其中}(\alpha=tg^{-1}(\frac{\pm\cos\theta}{\sin\theta})$$

其振幅是一个圆，该合成波为线极化波。