浙江大学 20_18_－20_19_学年_春夏_学期

《 电磁场与电磁波 》课程期末考试试卷

课程号：___85120060___，开课学院：___信息与电子工程学院___

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：_2019_年_7_月_3_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	六	总 分
得分							
评卷人							

一、 单项选择题(每小题 2 分，共 30 分)

1. 关于电磁波，下面说法正确的是（D ）

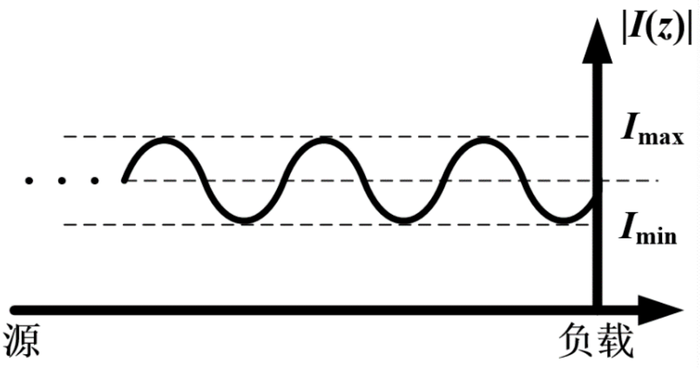
A. 声波、微波、紫外线、可见光都是电磁波；

B. 电磁波的传播必须有介质，其传播信息最大速度为光速；

C. 静电场和恒定磁场由于麦克斯韦方程的限制，也是相互耦合的；

D. 平面电磁波是指等相位面为一个平面的电磁波。

2. 若驻波如下面左图，则负载阻抗应位于下面阻抗圆图的第几象限（A ）



A. 第一象限　　B. 第二象限　　C. 第三象限　　D. 第四象限

3. 两同轴线内外径相同，填充介质的介电常数为ε，若ε=2.5的同轴线要和ε=9.6的同轴线实现阻抗匹配，需连接同样粗细、四分之一波长的同轴线，若这三段同轴线磁导率相同，则该同轴线的ε为（B ）

A．6.05　　B．4.9　　C．6.6　　D．5.2

4. 若电场为 $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) = \boldsymbol{x}_0 \cos y$，那么下列说法正确的是（B ）

A. 该电场为无旋场；

B. 对应磁场随时间变化；

C. 该电场所在区域有电荷源；

D. 以上说法均错。

5. 下面关于平面波的描述，正确的是（D ）

A．高斯光束是平面波的一种；

B．平面波的波速一定等于自由空间波速；

C．天线发射的电磁波在远区为平面波；

D．平面波既可以是 TE 波也可以是 TM 波。

6. 有一圆形气球，电荷均匀分布在其表面上，在此气球被吹大的过程中，球外的电场强度将（C ）

A. 增大　　B. 线性减小　　C. 不变　　D. 以 $1/4\pi r^2$ 减小

7. 若介质的相对介电常数为4，电导率为1000S/m，在其内部施加一10GHz的电场，则介质内（C ）

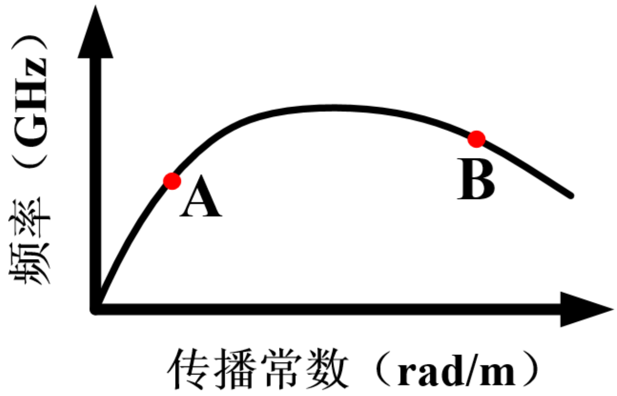
A．位移电流幅度远小于传导电流幅度；

B. 位移电流与传导电流的相位差为 180 度；

C. 直流时只有传导电流；

D．位移电流和传导电流均造成损耗。

8. 如果在某种导波结构中色散曲线如下，下列说法正确的是（B ）



A. 该色散曲线上 A 点和 B 点表明该点相速度大于群速度；

B. 在图上 B 点群速度与相速度方向相反；

C. 该导波结构一定有损耗；

D. 该导波结构工作于 TEM 模。

9. 矩形波导横截面的长边为 a，宽边为 0.25a，那么以下哪些模式是简并的？（C ）

A. TE_{10} 和 TE_{02}　　B. TE_{52} 和 TE_{71}　　C. TE_{50} 和 TE_{31}　　D. 以上无正确选项

10. 圆极化的均匀平面波从 $\varepsilon_r = 3$，$\mu_r = 1$ 的理想介质斜入射到与空气的分界面，下列可能发生的现象有（B ）

A. 可能全反射，也可能全透射　　B. 可能全反射，不可能全透射

C. 不可能全反射，可能全透射　　D. 不可能全反射，也不可能全透射

11. 关于圆波导，下面说法**错误**的是（C ）

A. 圆波导中 TE 模表示为 TE_{mn} 时，m 表示场沿圆周分布的驻波数，n 表示场沿半径分布的半驻波数或场的最大值个数；

B. 汽车在隧道中接收不到电台信号，是因为隧道可等效成圆波导，而信号频率在此圆波导截止频率以下；

C. 圆波导的 TE_{11} 模和矩形波导的 TE_{10} 模场分布类似，因而可直接将两者连接并且无反射；

D. 圆波导不适合用来做传输系统。

12. 关于趋肤效应，下面说法**错误**的是（C ）

A. 趋肤效应导致同一导体在不同频率下的等效电阻不同；

B. 趋肤深度随导体电导率增加而减小；

C. 导体电阻随频率增加而减小；

D. 微带线的金属厚度应大于趋肤深度，使其传输损耗较小。

13. 关于光纤，下列说法**错误**的是（C ）

A. 光纤是一种介质光波导，其包层折射率必须比纤芯低，从而实现全内反射；

B. 梯度光纤中的模间色散要比阶跃光纤小得多，因而具有更高的传输带宽；

C. 光纤可以单模工作在 LP_{01}，LP_{01} 模具有低频截止的特性；

D. 光纤中传播的电磁波是准 TEM 模。

14. 矩形谐振腔的内截面几何尺寸为22.86 mm × 10.16 mm × 25 mm，谐振腔材料为铜，电导率为5.8×10^{7} S/m，腔中最大电场强度振幅为1000 V/m，腔工作在最低模。下面说法**错误**的是（C ）

A. 谐振波长为33.74 mm　　　　B. 固有品质因数Q约为7814.6

C. 腔中储能为8.5×10^{-12} J　　　　D. 腔中损耗能量为4.6×10^{-5} J

15. 天线概念中**错误**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。

二、　填空题(每空 2 分，共 10 分)

1. 写出复矢量 $\boldsymbol{E}=\left[je^{jkz}\boldsymbol{x}_0+(2+j)e^{jkz}\boldsymbol{y}_0\right]$ 的时谐矢量表示：

_____$-\sin(\omega t+kz)\boldsymbol{x}_0+[2\cos(\omega t+kz)-\sin(\omega t+kz)]\boldsymbol{y}_0$_________

2. 对于终端开路的传输线，当其长度小于四分之一波长时，相当于电阻、电感还是电容？________电容_________；对于终端短路的传输线，当其长度小于四分之一波长时，相当于电阻、电感还是电容？________电感_________。

3. 导电介质的波阻抗是复数，它的相角 φ 的取值范围是

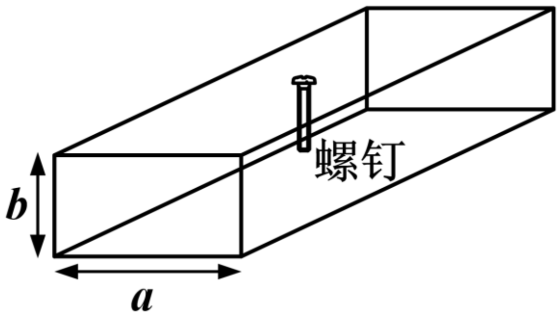
________(0, π/4)___________________

4. 电基本振子辐射的能量对波源而言是一种损耗，利用电路理论等效为一个阻抗，工作波长 λ_0、长度为 dl 的电基本振子的辐射电阻为______$80\pi^2(\frac{dl}{\lambda_0})^2$__________________

三、（15 分）矩形波导长边 $a = 22.86$ mm，宽边 $b = 10.16$ mm。

（1）试求该波导 TE_{10} 模式的截止频率 f_c、截止波长 λ_c、单模工作频段，作出 TE_{10} 模式在波导横截面上的电场矢量分布图。

（2）矩形波导无限长，在长边中心插入一螺钉，当螺钉足够长时，会形成 LC 串联谐振，作出此时矩形波导及螺钉的等效电路图；假设 L = 10 nH，C = 25.2 fF，试求解 10 GHz 时螺钉所在面处的反射系数大小，并作出在波导单模工作频率的**反射系数幅度示意图**。



解： （1）

$$f_c = \frac{c}{2a} = 6.56\ \text{GHz}$$ 2分

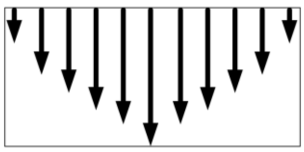
$$\lambda_c = 2a = 45.72\ \text{mm}$$ 1分

第二个模式为TE_{20}模

$$f_{c1} = \frac{c}{a} = 13.12\ \text{GHz}$$

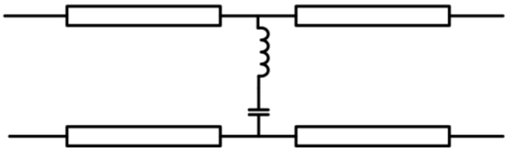
故单模工作频段为[6.56 GHz, 13.12 GHz] 2分

$$k_z = \sqrt{\omega^2\mu_0\varepsilon_0 - \left(\frac{\pi}{a}\right)^2}:$$



2 分

（2）



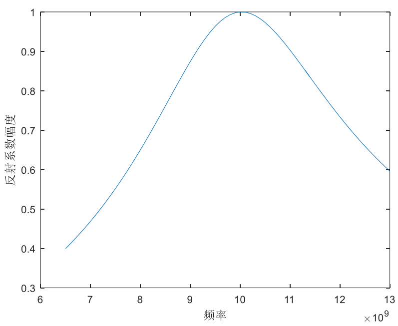
2 分

$$Z_{in}=Z_c \parallel \left(j\omega L+\frac{1}{j\omega C}\right), Z_c=\frac{\omega\mu_0}{k_z}$$ 2分

$$\Gamma=\frac{Z_{in}-Z_c}{Z_{in}+Z_c}$$ 2分

10GHz 处，$|\Gamma|=1$ 1 分

反射系数幅度示意图：

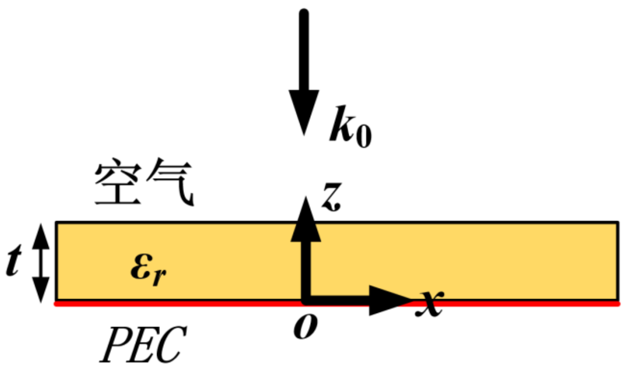


1 分

四、（15分）介质底面有一完纯导体，如下图所示。介质的厚度为t，相对介电常数为ε_r，有一垂直入射的平面TEM波，电场为$\boldsymbol{E}=\left[je^{jk_0z}\boldsymbol{x}_0+(1+j)e^{jk_0z}\boldsymbol{y}_0\right]$。

（1）判定该电场的极化，求解入射磁场表达式及入射复数坡印廷功率流。

（2）若$\varepsilon_r=4$，$t=7.5$ mm，分别求解5 GHz和10 GHz，介质上表面的反射系数。



解：（1）传播方向沿$-z$方向，

$$\boldsymbol{E}=\left[e^{jk_0z+j\frac{\pi}{2}}\boldsymbol{x}_0+\sqrt{2}e^{jk_0z+j\frac{\pi}{4}}\boldsymbol{y}_0\right]$$，左旋椭圆极化波

2分

$$\boldsymbol{H}=\frac{-\boldsymbol{z}_0\times\boldsymbol{E}}{\eta_0}=\left[-\frac{j}{377}\boldsymbol{y}_0+\frac{1+j}{377}\boldsymbol{x}_0\right]e^{jk_0z}$$ 3分

$$\boldsymbol{S}=\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}^*=-\frac{3}{377}\boldsymbol{z}_0$$ 3分

（2）从介质上表面向PEC看去，输入阻抗：

$$Z_{in}=j\frac{\eta_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}\tan\left(\frac{2\pi f\sqrt{\varepsilon_r}}{c}t\right)$$ 3分

当 f = 5 GHz 时：

$Z_{in}=\infty$，$\Gamma=\dfrac{Z_{in}-\eta_0}{Z_{in}+\eta_0}=1$ 2 分

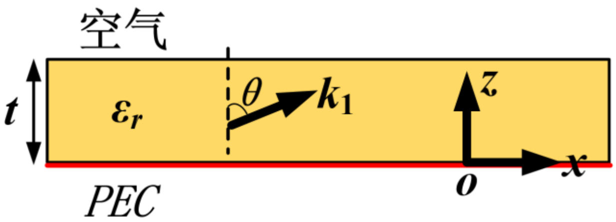
当 f = 10 GHz 时：

$Z_{in}=0$，$\Gamma=\dfrac{Z_{in}-\eta_0}{Z_{in}+\eta_0}=-1$ 2 分

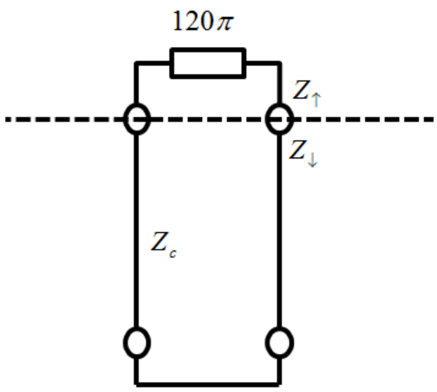
五、（15 分）介质底面有一完纯导体，如下图所示。介质的厚度为 t，相对介电常数为 $\varepsilon_r=4$，有一以 θ 角度从介质内向介质外入射的平面波，电场指向 $\boldsymbol{y}$ 方向。

（1）当 θ 在何范围内，可以使得电磁功率无法辐射到自由空间远场区域？

（2）利用横向谐振条件列出该结构沿介质与空气交界面传播的 TE 波的色散方程。



解：（1）$\theta>\sin^{-1}\left(\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}}\right)=\dfrac{\pi}{6}$ 3 分



（2）

$$Z_\uparrow=\frac{\omega\mu_0}{\sqrt{k_0^2-k_x^2}}$$ 3分

$$Z_\downarrow=j\frac{\omega\mu_0}{\sqrt{k_0^2\varepsilon_r-k_x^2}}\tan\left(\sqrt{k_0^2\varepsilon_r-k_x^2}\,t\right)$$ 3分

色散方程为：

$$\frac{1}{Z_\uparrow}+\frac{1}{Z_\downarrow}=0$$ 3 分

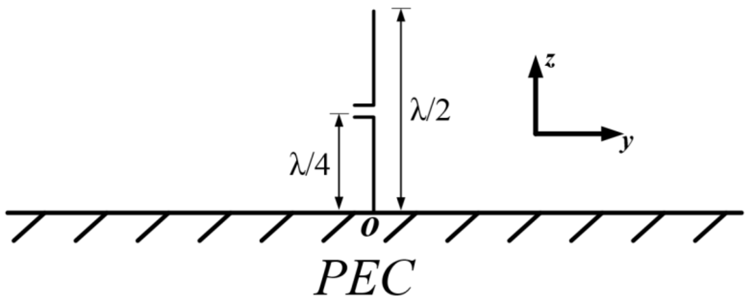
化简可得

$$\frac{j\sqrt{4k_0^2-k_x^2}}{\sqrt{k_0^2-k_x^2}}=\tan\left(\sqrt{4k_0^2-k_x^2}t\right)\qquad 3\text{ 分}$$

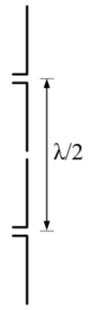
六、（15 分）垂直放置于无限大理想导体平面上的半波对称振子天线，如下图所示，坐标原点在天线与地平面交点。求：

（1）用镜像原理，求天线空间方向函数（提示：需求出二元阵的阵因子）。

（2）画出 *yoz* 平面上电场的辐射方向示意图。



解：（1）由镜像原理，在上半空间的辐射场，可以等效为二元阵分析，如下图所示：



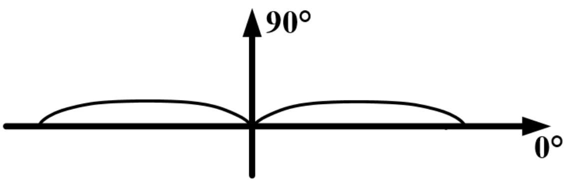
由方向图乘积定理，得方向函数：

$$\vec{E}_1=\upsilon_0\eta_0\frac{{}^{jk(r-\frac{1}{4}\lambda\cos\theta)}}{2\pi r\sin\theta}\cos(\frac{\pi}{2}\cos\theta)\qquad 3分$$

$$\vec{E}_2=\upsilon_0\eta_0\frac{{}^{jk(r+\frac{1}{4}\lambda\cos\theta)}}{2\pi r\sin\theta}\cos(\frac{\pi}{2}\cos\theta)\qquad 3分$$

$$F(\theta)=F_1(\theta)F_a(\theta)=\frac{\cos\left(\dfrac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta}\bullet\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)=\frac{\cos^2\left(\dfrac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta}\qquad 4\text{ 分}$$

（2）E 面（包含 z 轴的平面）：



5 分