浙江大学 20__15__－20__16__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：__信电学院_______

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：_2016___年__4__月__27__日，考试时间：__120___分钟 （10:30-12:30）

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	六	总分
得分							
评卷人							

一、选择题（每题 2 分，共 20 分）：

1. 在各向异性介质中，描述正确的是（ D ）

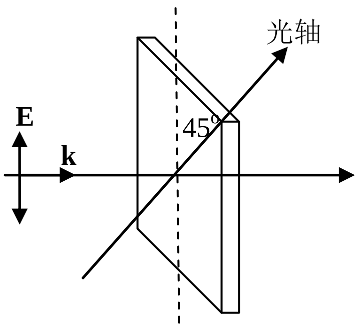
   A. **E**、**H** 和 **k** 的方向相互垂直　　B. **S** 的方向与 **k** 的一致

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

2. 无源空间中，介质 1 侧和介质 2 侧的介电常数分别为 $2\varepsilon_0$ 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（ B ）

   A. 2**x**+3**y**+8**z**　B. 2**x**+3**y**+2**z**　**C.** **x**+1.5**y**+4**z**　D. 4**x**+6**y**+4**z**

3. 一真空波长为λ_0的线极化平面波以与光轴垂直的方向入射单轴电各向异性介质（如图所示），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 $d=\dfrac{\lambda_0}{4(n_o-n_e)}$，则出射的电磁波为（ A ）



   A. 圆极化波　　B. 线极化波，极化方向旋转了 45 度

   C. 线极化波，极化方向旋转了 90 度　　D. 线极化波，极化方向不变

4. 传输线特征阻抗为 Z_0，负载阻抗为 R_L，且 $Z_0\neq R_L$，若用特性阻抗为 Z_{01} 的 1/4 波长阻抗变换器进行匹配，则匹配条件为（ B ）.

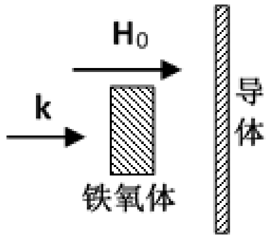
   A. $Z_{01}=Z_0R_L$　B. $Z_{01}=\sqrt{Z_0R_L}$　C. $Z_0=\sqrt{Z_{01}R_L}$　D. $Z_{01}=R_L$

5. 下面的说法<u>不正确</u>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

6. 一恒定磁场 $\mathbf{H}_0$ 加在铁氧体上，一线极化平面波以波矢 k 为 $\mathbf{H}_0$ 方向入射铁氧体，测得透射波的极化方向旋转了 30°。如果在铁氧体后面放置理想导体，将透射波全反射，再次透过氧体后，反射波的极化方向相对于入射波为（　C　）。



A． 没变化　　B. 旋转了 30°　　C. 旋转了 60°度　　D. 旋转了 90°

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

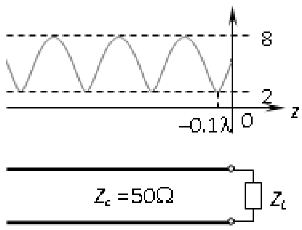
8. 一感性负载经过四分之一阻抗变换器变为（　A　）。

A) 容性　　B) 感性　　C) 纯电阻性　　D) 纯电感性

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. 右图所示为传输线上电压的驻波分布，判别负载 Z_L 是什么性质的阻抗？（　B　）



A. 纯电阻　　　B. 电阻、电容都有

C. 纯电抗　　　D. 电阻、电感都有

二、(10 分) 在 $\varepsilon_r=4$ 的介质中沿 z 轴传播的一个具有给定电场 $\mathbf{E}(z,t)=yE_0\cos(\omega t-kz)$ 的平面波，频率为 2.4GHz，$E_0=30$ V/m，真空相速 $c=3\times10^8$ m/s，求

1） 求磁场 **H** 的振幅和方向

2） 求相速和波长

3） 求位置 z_1=0.5m 和 z_2=1.7m 之间的相移

Solution:

(a) $\eta=\sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0\varepsilon_r}}=60\pi$ ohm　　$H_0=\dfrac{E_0}{\eta}=\dfrac{1}{2\pi}$ A /

方向为 $\overline{z_0}\times\overline{y_0}=-\overline{x}_0$

(b) $\boldsymbol{v_p}=\dfrac{\boldsymbol{c}}{\sqrt{\varepsilon_r}}\mathbf{1.5\times10^8}\ \boldsymbol{m/s}$　　$\lambda=\dfrac{\boldsymbol{v_p}}{\boldsymbol{f}}=\mathbf{0.0625}\boldsymbol{m}$

（c） $k=\frac{2\pi}{\lambda}=32\pi$ rad/m　　　$\Delta\varphi=k\Delta z=38.4\pi rad$

三、（10 分）海水的电导率 σ=4 S/m，相对介电常数 ε_r=81，设海水中电场大小为 $E=E_m\cos(\omega t)$，则频率 f=1MHz 时，求

1）海水中的传导电流密度；

2）海水中的位移电流密度。

Solution：

1） $J=\sigma E=4E_m\cos(\omega t)$

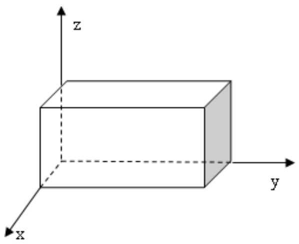
2） $J_D=\frac{\partial D}{\partial t}=-\varepsilon_0\varepsilon_r\omega E_m\sin(\omega t)=-1.62\pi\cdot10^8\varepsilon_0 E_m\sin(\omega t)$

四、（10 分）自由空间中的电场表达式为：$\mathbf{E}=\hat{x}1000e^{-jkz}V/m$，式中 $k=\omega\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}=0.42rad/m$，求：

(1) 瞬时坡印廷矢量；

(2) 平均坡印廷矢量；

(3)任意时刻流入下图示平行六面体（沿着 z 方向长 1m，横截面积为 0.25m^2）中的净功率



Solution：

所有解中 $\omega=kc=1.26\times10^8 rad/s$ 代入

（1） $\vec{H}=\hat{y}2.65e^{-jkz}A/m$， $\vec{H}(z,t)=\hat{y}2.65\cos(\omega t-kz)A/m$

$\vec{E}(z,t)=\hat{x}1000\cos(\omega t-kz)V/m$

瞬时坡印廷矢量

$\vec{S}=\vec{E}\times\vec{H}=\vec{z}2650\cos^2(\omega t-kz)\quad W/m^2$

（2）平均坡印廷矢量

$$\vec{S}_{av}=\hat{z}\frac{\omega}{2\pi}\int_0^{2\pi/\omega}2650\cos^2\left(\omega t-kz\right)dt=\hat{z}1325W/m^2$$

$$<\mathrm{S(t)}>=\frac{1}{2}\mathrm{Re}\left\{E\times H^*\right\}=\hat{z}1325W/m^2$$

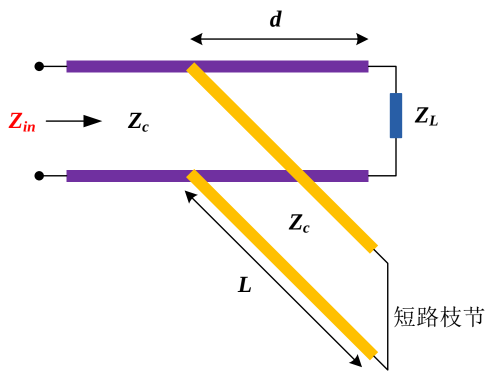
（3）

$$P=-\oint_s\vec{S}\cdot\vec{e}_n dS=-[\vec{S}\cdot-(\vec{e}_z)\big|_{z=0}+\vec{S}\cdot\vec{e}_z\big|_{z=1}]\times 0.25$$
$$=2650\times 0.25[\cos^2(\omega t)-\cos^2(\omega t-0.42)]$$
$$=-270.2\sin(2\omega t-0.42)W$$

五、（20 分）负载端阻抗为 $Z_L=(30+j60)\Omega$，传输线特征阻抗为 50Ω。

1）（4 分）计算其导纳，并用 y_L 在下面的**导纳圆图**上标出其位置；

2）（16 分）用单可变电纳匹配器进行匹配，用圆图决定可变电纳匹配器到负载的距离 d，以及并联短路支线长度 L；



Solution：

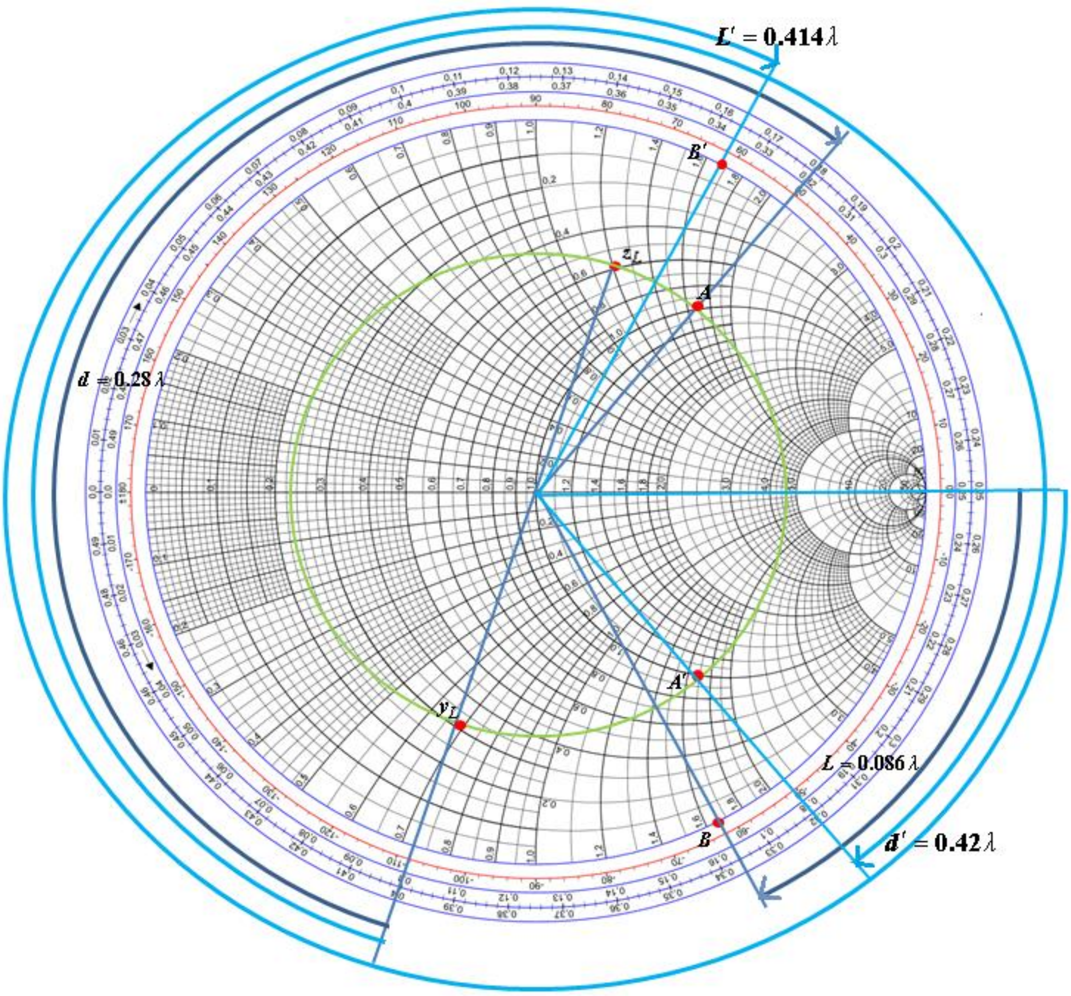
（1）$$Y_L=\frac{1}{Z_L}=\frac{1}{30+j60}S=\frac{1}{150}(1-2j)S$$

归一化负载阻抗 $z_L=\frac{Z_L}{Z_0}=\frac{30+j60}{50}=0.6+j1.2$，在阻抗圆图上找到 z_L，过 z_L 点作反射系数圆，连接圆图中心点与 z_L 点，反向延长该直线与反射系数圆的交点即为 y_L， $y_L=0.33-j0.67$

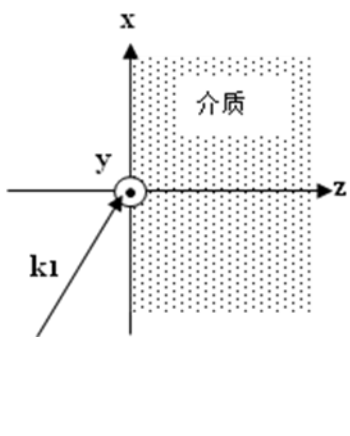
（2）找到反射系数圆与 $g=1$ 的圆的交点 A 与 A'， $A=1+j1.65$， $A'=1-j1.65$ 。

因此 d 为从 y_L 逆时针旋转到 A 所经过的电长度 $d=0.28\lambda$，同时，短路支节应该引入点电纳为 $-j1.65$，即为图中的 B 点，短路支节的电长度为 $L=0.086\lambda$。

$\boldsymbol{d'}$ 为从 $\boldsymbol{y_L}$ 逆时针旋转到 $\boldsymbol{A'}$ 所经过的电长度 $\boldsymbol{d'} = \mathbf{0.42}\lambda$，同时，短路支节应该引入点电纳为 $\boldsymbol{j1.65}$，即为图中的 $\boldsymbol{B'}$ 点，短路支节的电长度为 $\boldsymbol{L'} = \mathbf{0.414}\lambda$。



六（30 分）一电场为 $\boldsymbol{E} = (\hat{x}j100 + \hat{y}200 - \hat{z}j100\sqrt{3})e^{-j\sqrt{3}\pi x - j\pi z}$ (V/m)的平面波，从空气入射到介质界面（z=0 处），介质的 $\varepsilon_r = 3, \mu_r = 1,$ 求：



1)（9 分）入射波的频率、真空波长、极化特性

2)（10 分）入射波的磁场强度、时间平均功率流密度

3)（3 分）入射角

4)（5 分）反射波的平均功率占入射波功率的百分之几？

5)（3 分）反射波的极化特性？

1）

$$\hat{k}_1=\sqrt{3}\pi\hat{x}+\pi\hat{z},k_{1x}=\sqrt{3}\pi,k_{1z}=\pi;k_1=k_0=2\pi$$

$$\lambda=\frac{2\pi}{k_1}=1m,\ f=\frac{c}{\lambda}=300Hz=300MHz$$

$$E=(\hat{x}j100+\hat{y}200-\hat{z}j\sqrt{3}100)e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z}=E_1+E_2$$

$$E_1=(\hat{x}j100-\hat{z}j\sqrt{3}100)e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z},E_2=\hat{y}200e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z},$$

$E_1\perp E_2\perp k,\frac{E_2}{E_1}=-j$，右旋圆极化波

2） $E_1=(\hat{x}j100-\hat{z}j100\sqrt{3})e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z},H_1=j\hat{y}\frac{200}{\eta_0}e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z}=\hat{y}0.53je^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z}$

$$E_2=\hat{y}200e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z},H_2=(-\hat{x}\frac{100}{\eta_0}+\hat{z}\frac{100\sqrt{3}}{\eta_0})e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z}$$

$$H=(-\hat{x}\frac{100}{\eta_0}+j\hat{y}\frac{200}{\eta_0}+\hat{z}\frac{100\sqrt{3}}{\eta_0})e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z}=\frac{100}{\eta_0}(-\hat{x}+2j\hat{y}+\sqrt{3}\hat{z})e^{-j\sqrt{3}\pi x-j\pi z}$$

$$S(t)=E(t)\times H(t),<\mathrm{S(t)}>=\frac{1}{2}\mathrm{Re}\left\{E\times H^*\right\}$$

$$\boldsymbol{<S(t)>=\frac{1}{2}\mathrm{Re}(E\times H^*)=\frac{10^4}{\eta_0}(4\sqrt{3}\hat{y}+4\hat{z})Wb/m^2}$$

3）$\theta_i=\arctan(\frac{k_x}{k_z})=\arctan(\sqrt{\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}})=\theta_b$，满足布儒斯特角，即此时 E_1(TM 波)的反射为 0，只有 E_2(TE 波)有反射。

4）
$$k_{1x}=\sqrt{3}\pi,k_{1z}=\pi;k_{1x}=k_{2x}=\sqrt{3}\pi$$
$$k_2=\omega\sqrt{\mu\varepsilon}=k_0\sqrt{\mu_r\varepsilon_r}=\sqrt{3}k_0=2\sqrt{3}\pi,k_{2z}=\sqrt{k_2{}^2-k_{2x}{}^2}=3\pi$$
$$\hat{k}_2=\sqrt{3}\pi\hat{x}+3\pi\hat{z}$$
$$\Gamma_2=\frac{k_{z1}-k_{z2}}{k_{z1}-k_{z2}}=\frac{1-3}{1+3}=-0.5$$

TE 波反射波功率站入射波中 TE 波的 1/4，入射波中 TE 波占 1/2，所以反射波的平均功率占入射波功率的 1/8

5）因为 TM 波反射系数为 0，则反射波为 TE 波，是线极化波。