浙江大学 20_10_–20_11_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：_2011___年__6__月_28__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。建议 30 分钟之内完成)

1. 时变电磁场的波动性是指（ A ）

A. 时变的电场和磁场互相激励，彼此为源，由近及远向外传播

B. 电场以电荷为源，由近及远向外传播　C. 磁场以电流为源，由近及远向外传播

D. 电场和磁场的源互相独立，互不相干

2. 根据有限区域内的矢量场的亥姆霍兹定理，任意矢量场可以由（ D ）唯一地确定

A. 其散度和旋度　B. 由其散度和边界条件

C. 其旋度和边界条件　D. 其散度、旋度和边界条件

3. 比较位移电流与传导电流，下列陈述中，不正确的是（ A ）

A. 两者都是电荷的定向运动　B．两者都能产生涡旋磁场

C．位移电流与传导电流不同，它不产生焦耳热损耗

D．传导电流只能存在于导体中，而位移电流可以存在于真空、导体、电介质中

4. 以下关于平面波在导电介质中传播的描述不正确的是（ C ）

A. 电场和磁场的振幅沿着传播方向呈指数衰减　B. 等相位面为无限大平面

C. 电场与磁场同相，本征阻抗为实数

D. 电场强度、磁场强度与波的传播方向相互垂直

5. 平面波以某不为零的角度由介质 1(ε_1， μ_0)入射到介质 2（ ε_2， μ_0)表面上，则(C)是反射波为零的必要条件。

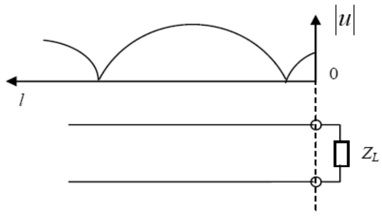
A. $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ B. $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$ C. 入射波电场与入射面平行 D. 入射波电场与入射面垂直

6. 对圆波导而言，(B)

A.. TE_{mn} 和 TM_{mn} 模（$m,n \neq 0$）简并 B. TE_{0n} 和 TM_{1n} 模简并

C. TM_{0n} 存在极化简并 D. TE_{0n} 存在极化简并

7. 如图所示，判别负载 Z_L 是什么性质的阻抗？（ B ）

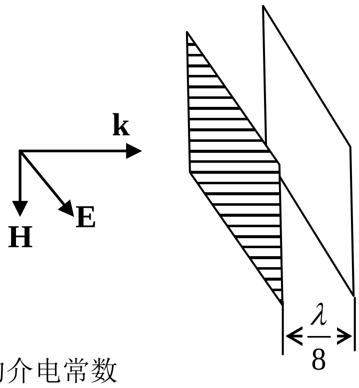


A. 纯电阻 B. 纯电容 C. 纯电感 D. 电阻、电抗都有

8. 相速是电磁波相位点的运动速度。群速是信号包络运动的速度，也是电磁能流运动的速度。同轴线中传播的 TEM 模，其相速度和群速度的关系为 （ C ）

A. 相速大于群速 B. 相速小于群速 C. 相速等于群速 D. 不一定

9. 如图所示，一理想导体平板前 $\lambda/8$ 处放置一个与水平方向成 45°的金属栅，若一水平极化的平面波入射，则反射波为 （ D ）?



A. 水平极化波 B. 垂直极化波 C. 右旋圆极化波

D. 左旋圆极化波

10. 矩形波导中传播模式的有效介电常数 (B) 填充介质的介电常数

A. 大于 B. 小于 C. 等于 D. 不一定

11. 光纤包层需要满足的基本要求是(A)

A. 为了产生全内反射，包层折射率必须比纤芯低 B. 包层不能透光，防止光的泄漏

C. 必须是塑料，使得光纤柔软 D. 包层折射率必须比空气低

12. 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， $d = \dfrac{\lambda_0}{4\sqrt{\varepsilon_{r2}}}$，假设这三种介质的磁导率均为μ0，现有一均匀平面波从介质 1 垂直投射到介质板上，下列哪种情况时，没有反射。(B)

A. $\varepsilon_{r1} = \varepsilon_{r3}$ B. $\varepsilon_{r2} = \sqrt{\varepsilon_{r1}\varepsilon_{r3}}$ C. $\varepsilon_{r2} = (\varepsilon_{r1} + \varepsilon_{r3})/2$ D. $\varepsilon_{r2} = \sqrt{\varepsilon_{r1}^2 + \varepsilon_{r3}^2}$

13. 在传输 TE_{10} 模的矩形波导中，当填充介质（$\varepsilon_r\varepsilon_0$，$\mu_0$）后（$\varepsilon_r>1$），设工作频率不变，则其特征阻抗将 (B)。

A. 变大　B. 变小　C. 不变　D. 不一定

14. 以下关于均匀平面波的描述错误的是（ D ）

A. 在与波传播方向垂直的无限大平面内，电场和磁场的方向、振幅和相位都相同

B．电场和磁场在空间相互垂直且与电磁波传播方向成右手螺旋关系

C. 均匀平面波是 TEM 波　D. 在均匀介质中传播的平面波都是均匀平面波

15. 关于理想导体表面的垂直入射，下列描述<u>不正确</u>的是 (D)

A. 在理想导体表面上，垂直入射波发生全反射　B．合成波的电场和磁场均为驻波

C．分界面上有表面电流存在　D．合成波的相位沿传播方向是连续变化的

16. 在不同磁介质分界面上磁感应强度 **B** 法向分量和磁场强度 **H** 的法向分量分别是(C)

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

17. 已知一平面波，电场方向为 **x**+2**y**+**z**，磁场方向为 2**x**-**y**，问以哪个方向为纵向时，可看成 TE 波 (D)

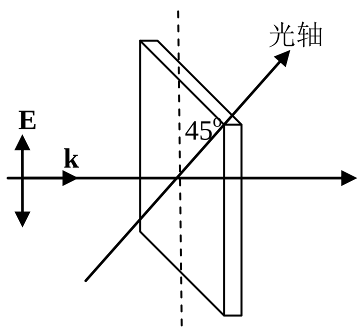
A. **x**+2**y** 方向　B. **y**+2**z** 方向　C. **z** 方向　D. **y**-2**z** 方向

18. 已知空气中均匀平面波的磁场 $\mathbf{H}=\mathbf{y}_0 H_0\cos(\omega t+kz)$，则电场 **E** 为 (B)

A. $\mathbf{z}_0 120\pi H_0\cos(\omega t+kz)$　B. $-\mathbf{x}_0 120\pi H_0\cos(\omega t+kz)$

C. $\mathbf{x}_0 120\pi H_0\cos(\omega t+kz)$　D. $-\mathbf{z}_0 120\pi H_0\cos(\omega t+kz)$

19. 如图所示，一真空波长为λ_0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_0，e 光折射率为 n_e，$n_0>n_e$，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

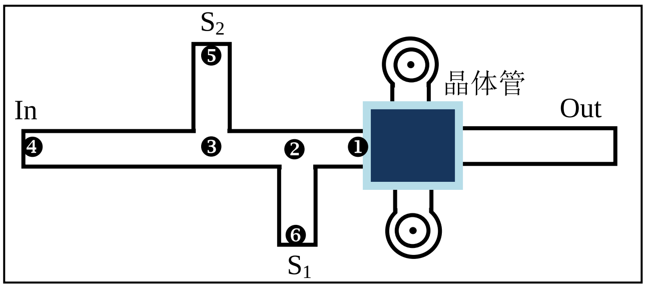
C. 线极化波，极化方向不变　D. 线极化波，极化方向旋转了 90 度

20. 天线增益是如何获得的？（ B ）

A．在天线系统中使用功率放大器　B．使天线的辐射变得更集中

C．使用高效率的天线馈线　D．使用低驻波比的设备

二、（15 分）如下图为微波放大器的输入匹配电路。用双电纳匹配器进行匹配，两并联开路支线 S_1、S_2 的间距为 7.5mm，第一个并联支线 S_1 离开晶体管输入端为 6.04mm。已知微带线的有效相对介电常数为 4，特征阻抗为 50Ω，工作频率为 5GHz。测得晶体管输入端❶处的电压反射系数为 $0.75\angle -150°$。



(1) 求微带线的波导波长 λ_g

解：$\lambda_g = \dfrac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{re}}} = \dfrac{3\times10^8}{2\times5\times10^9} = 0.03$m=3cm

(2) ❶处的驻波比可直接在圆图的 __F___点读出，其值为___7____。

(3) 晶体管的归一化输入阻抗可直接从圆图的_M__点读出，其实际值为_____7.5-j13____Ω。

(4) 找出实现匹配时（并联开路支线 S_1、S_2 的长度为最短）电路上各点对应导纳圆图上的点，将相应的**导纳圆图**上点的标号填入下面表格

电路上点	1	2	3	4	5	6
对应导纳圆图上点	T	G，R	O	O	E	E

(5) 求匹配时，并联开路支线 S_1、S_2 最短的长度 l_1 与 l_2

解：1）求 S_1 最短的长度 l_1

D 点的归一化电纳值为-j0.62，R 点的归一化电纳值为 j0.40

S_1 引入的归一化电纳值为 j0.40-(-j0.62)=j1.02，

由圆图中读出长度 $l_1=0.126\lambda_g=0.126\times30=3.78$mm

或

D 点的归一化电纳值为-j0.62，G 点的归一化电纳值为-j0.40

S_1 引入的归一化电纳值为-j0.40-(-j0.62)=j0.22

由圆图中读出长度 $l_1=0.0345\lambda_g=0.0345\times30=1.035$mm

2）求 S_2 最短的长度 l_2

P 点的归一化电纳值为-j2

S_2 引入的归一化电纳值为 j2

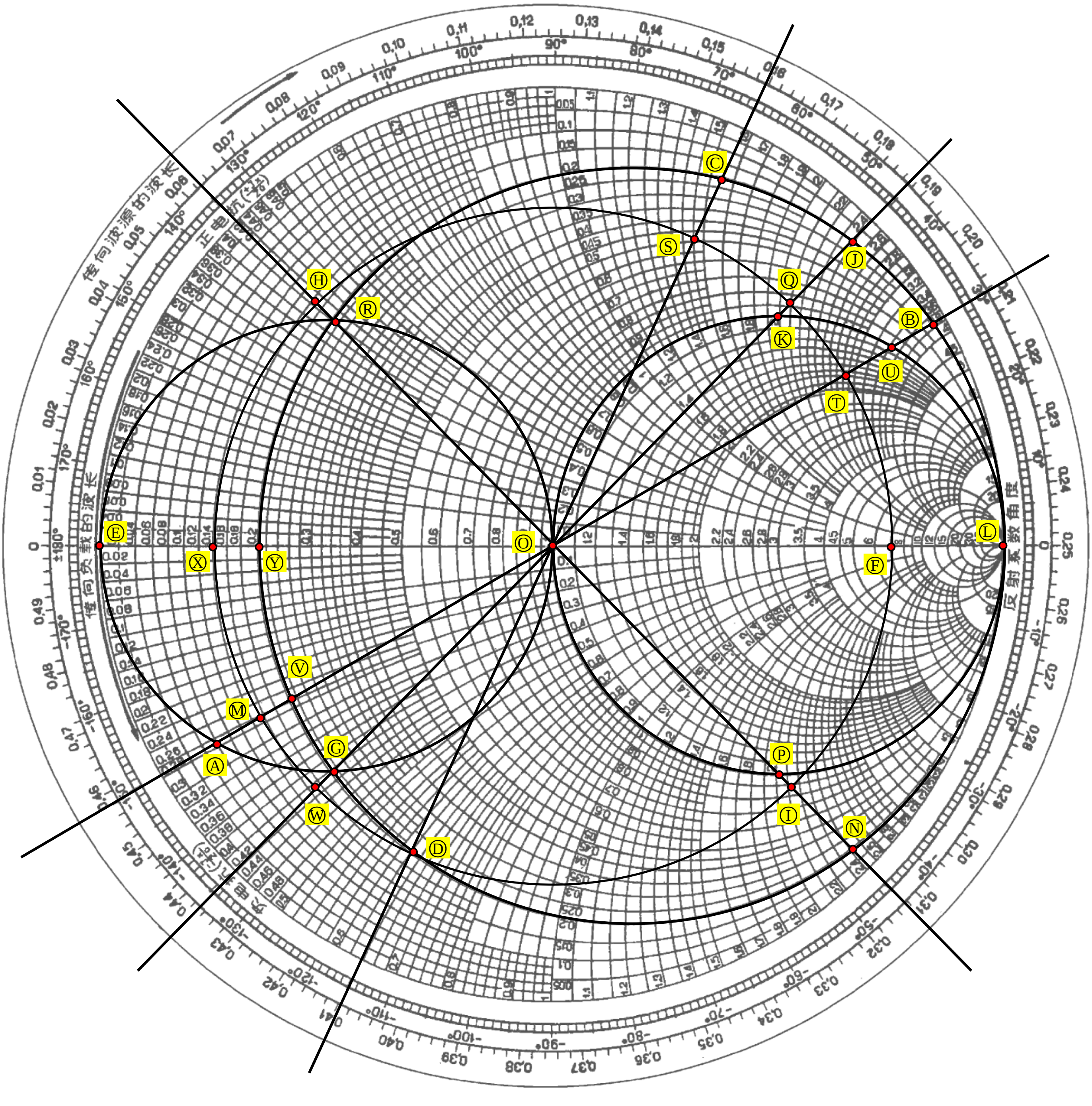
由圆图中读出长度 l_2=0.176λ_g=0.176×30=5.28mm

或

K 点的归一化电纳值为 j2

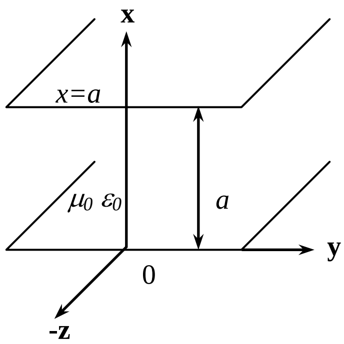
S_2 引入的归一化电纳值为-j2

由圆图中读出长度 l_2=（0.5-0.176）λ_g=0.324×30=9.72mm



传向波源的波长
传向负载的波长
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V
W
X
Y

三.（15 分）如图所示，两块无限大理想导体板，相距为 a，若已知其中的电场 $E_z = E_x = 0$，而满足麦克斯韦方程的 E_y 为：$E_y = E_0\left[\sin k_x x + A\cos k_x x\right]e^{-jk_z z}$。



（1）利用边界条件决定常数 A 和 x 方向传播常数 k_x，写出 E_y 表达式；

（2）求磁场强度表达式 **H**；

（3）x 方向和 z 方向的平均坡印亭功率流；

（4）两块导体板内壁上表面电流密度的表达式。

(1)解：理想导体表面电场强度切线分量为零，有：

$x = 0$ 处，$E_y = 0$，故必须 $A=0$

$x = a$ 处，$E_y = 0$，故必须 $\sin k_x a = 0$

即：$k_x a = m\pi,\ k_x = \dfrac{m\pi}{a},\quad m = 1, 2, \cdots$

所以：$E_y = E_0 \sin\left(\dfrac{m\pi}{a}x\right)e^{-jk_z z} \quad m = 1, 2, \cdots$

(2)解：根据麦克斯韦第二方程：$\nabla\times\mathbf{E} = -j\omega\mathbf{B} = -j\omega\mu_0\mathbf{H}$

$$\nabla\times\mathbf{E} = \left(-\frac{\partial E_y}{\partial z}\mathbf{x}_0 + \frac{\partial E_y}{\partial x}\mathbf{z}_0\right) = -j\omega\mu_0\mathbf{H}$$

将 E_y 代入得：

$$jk_z E_0 \sin\left(\frac{m\pi}{a}x\right)e^{-jk_z z}\mathbf{x}_0 + \frac{m\pi}{a}E_0\cos\left(\frac{m\pi}{a}x\right)e^{-jk_z z}\mathbf{z}_0 = -j\omega\mu_0\mathbf{H}$$

磁场强度 **H** 有两个分量：

$$H_x = -\frac{k_z E_0}{\omega\mu_0}\sin\left(\frac{m\pi}{a}x\right)e^{-jk_z z}$$

$$H_z = \frac{j}{\omega\mu_0}\frac{m\pi}{a}E_0\cos\left(\frac{m\pi}{a}x\right)e^{-jk_z z}$$

(3)解：

x 方向：$S_x = \dfrac{1}{2}\mathrm{Re}\left(\mathbf{E}_y\times\mathbf{H}_z^*\right) = \dfrac{1}{2}\mathrm{Re}\left[E_0\sin\left(\dfrac{m\pi}{a}x\right)j\dfrac{1}{\omega\mu_0}\dfrac{m\pi}{a}E_0\cos\left(\dfrac{m\pi}{a}x\right)\right] = 0$

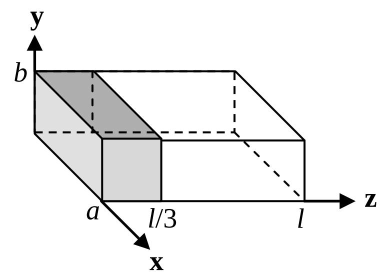
z 方向：$S_z = -\dfrac{1}{2}\mathrm{Re}\left(\mathbf{E}_y\times\mathbf{H}_x^*\right) = \dfrac{1}{2}\mathrm{Re}\left[E_0\sin\left(\dfrac{m\pi}{a}x\right)\dfrac{k_z E_0}{\omega\mu_0}\sin\left(\dfrac{m\pi}{a}x\right)\right] = \dfrac{k_z E_0^2}{2\omega\mu_0}\sin^2\left(\dfrac{m\pi}{a}x\right)$

(4)解：根据 $\mathbf{J}_s = \mathbf{n}\times\mathbf{H}$ 求内壁上的电流分布：

$$\mathbf{J}_s\big|_{x=0} = -\mathbf{y}_0 H_z\big|_{x=0} = -\mathbf{y}_0\frac{j}{\omega\mu_0}\frac{m\pi}{a}E_0 e^{-jk_z z}$$

$$\mathbf{J}_s\big|_{x=a} = \mathbf{y}_0 H_z\big|_{x=a} = \mathbf{y}_0\frac{j}{\omega\mu_0}\frac{m\pi}{a}E_0\cos(m\pi)e^{-jk_z z}$$

四、（15 分）如图所示，矩形空腔谐振器沿 z 方向用ε=3.25ε_0、μ=μ_0的介质填充了 1/3 空间，x 和 y 方向宽度分别为 a=2cm 和 b=1cm。已知谐振频率 f_0=15GHz，工作模式为 TE_{101} 模。问：



(1) x 方向的传播常数和特征阻抗 k_x、Z_{cx}；

(2) 画出 z 方向的等效电路，求各段的传播常数和特征阻抗；

(3) 由横向谐振原理求谐振器 z 方向的长度 l。

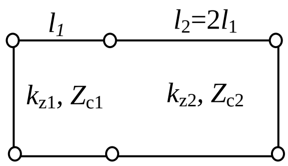
(1)解：

$$k_x = \frac{2\pi}{2a} = \frac{\pi}{2} \quad (\text{cm}^{-1})$$

$$Z_{cx} = \frac{\omega\mu}{k_x} = \frac{4\pi f_0 \mu}{\pi} = 6\times10^{10}\mu \quad (\Omega)$$

(2)解：

$$k_{z1} = \sqrt{\varepsilon_r k_0^2 - k_x^2} = \pi\sqrt{3.25\times\left(\frac{2}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \sqrt{3}\pi \ (\text{cm}^{-1})$$



$$k_{z2} = \sqrt{k_0^2 - k_x^2} = \pi\sqrt{\left(\frac{2}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = 0.5\sqrt{3}\pi \ (\text{cm}^{-1})$$

$$Z_{c1} = \frac{\omega\mu}{k_{z1}} = \frac{2\pi f_0\mu}{\sqrt{3}\pi} = \sqrt{3}\times10^{10}\mu$$

$$Z_{c2} = \frac{\omega\mu}{k_{z2}} = \frac{2\pi f_0\mu}{0.5\sqrt{3}\pi} = 2\sqrt{3}\times10^{10}\mu$$

(3)解：利用横向谐振原理，取介质交界面为参考面

$$jZ_{c1}\tan k_{c1}l_1 + jZ_{c2}\tan k_{c2}l_2 = 0$$

$$\tan k_{c1}l_1 + 2\tan k_{c2}l_2 = 0$$

$$\tan(\sqrt{3}\pi l_1) + 2\tan(0.5\sqrt{3}\pi 2l_1) = 0$$

$$\tan(\sqrt{3}\pi l_1) = 0$$

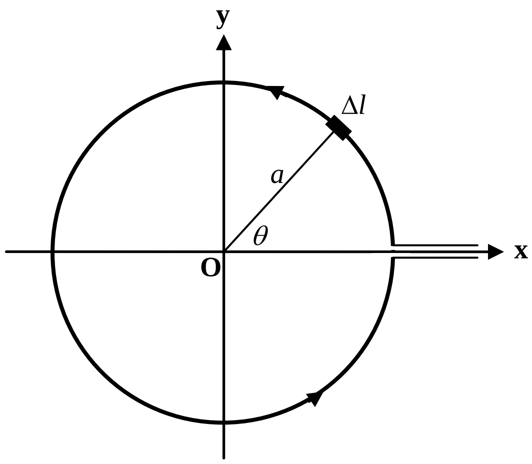
$$\sqrt{3}\pi l_1 = \pi$$

$$l_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}\text{cm}$$

$$l_2 = 2l_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}\text{cm}$$

$$l = l_1 + l_2 = \sqrt{3} = 1.732\text{cm}$$

五、（15 分）如图所示，一环形天线，半径 a （$a >> \lambda$），环线上电流为 $I(\theta)=I_0\sin(ka\theta)$。图中 **z** 方向为和纸面垂直方向。



积分公式

$$\int \sin\alpha\sin(\gamma\alpha)d\alpha=\frac{\gamma\sin\alpha\cos(\gamma\alpha)-\cos\alpha\sin(\gamma\alpha)}{1-\gamma^2}$$

$$\int \cos\alpha\sin(\gamma\alpha)d\alpha=\frac{\gamma\cos\alpha\cos(\gamma\alpha)+\sin\alpha\sin(\gamma\alpha)}{1-\gamma^2}$$

$$\int_0^{2\pi}\sin\alpha\sin(\gamma\alpha)d\alpha=\frac{\sin(2\pi\gamma)}{\gamma^2\text{-}1}$$

$$\int_0^{2\pi}\cos\alpha\sin(\gamma\alpha)d\alpha=\frac{-\gamma\cos(2\pi\gamma)+\gamma}{\gamma^2\text{-}1}$$

(1) 取环线上一小段 $\Delta l=a\Delta\theta$， $\Delta l << \lambda$，写出其在圆心处的辐射磁场和电场（写出 x、y、z 方向的分量）；

(2) 求整个环形天线在圆心处的辐射磁场和电场（写出 x、y、z 方向的分量）。

(1)解：

$$\mathbf{H}=\mathbf{z_0}\frac{jkI\Delta le^{-jka}}{4\pi a}=\mathbf{z_0}\frac{jkI_0\sin(ka\theta)\Delta\theta e^{-jka}}{4\pi}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{E}&=\mathbf{x_0}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI\Delta le^{-jka}}{4\pi a}\sin\theta-\mathbf{y_0}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI\Delta le^{-jka}}{4\pi a}\cos\theta\\&=\mathbf{x_0}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0\sin(ka\theta)\Delta\theta e^{-jka}}{4\pi}\sin\theta-\mathbf{y_0}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0\sin(ka\theta)\Delta\theta e^{-jka}}{4\pi}\cos\theta\\&=(\mathbf{x_0}\sin\theta-\mathbf{y_0}\cos\theta)\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0\sin(ka\theta)\Delta\theta e^{-jka}}{4\pi}\end{aligned}$$

(2)解：

$$\begin{aligned}\mathbf{H}&=\mathbf{z_0}\int_0^{2\pi}\frac{jkI_0\sin(ka\theta)e^{-jka}}{4\pi}d\theta=\mathbf{z_0}\frac{jkI_0e^{-jka}}{4\pi}\left[-\frac{\cos(2\pi ka)-1}{ka}\right]\\&=\mathbf{z_0}\frac{jkI_0e^{-jka}}{4\pi}\left[\frac{1-\cos(2\pi ka)}{ka}\right]=\mathbf{z_0}\frac{jI_0\left[1-\cos(2\pi ka)\right]e^{-jka}}{4\pi a}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{E}&=\int_0^{2\pi}(\mathbf{x_0}\sin\theta-\mathbf{y_0}\cos\theta)\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0\sin(ka\theta)e^{-jka}}{4\pi}d\theta\\&=\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0e^{-jka}}{4\pi}\int_0^{2\pi}(\mathbf{x_0}\sin\theta-\mathbf{y_0}\cos\theta)\sin(ka\theta)d\theta\\&=\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{jkI_0e^{-jka}}{4\pi}(\mathbf{x_0}\frac{\sin(2\pi ka)}{k^2a^2\text{-}1}-\mathbf{y_0}\frac{ka-ka\cos(2\pi ka)}{k^2a^2\text{-}1})\end{aligned}$$