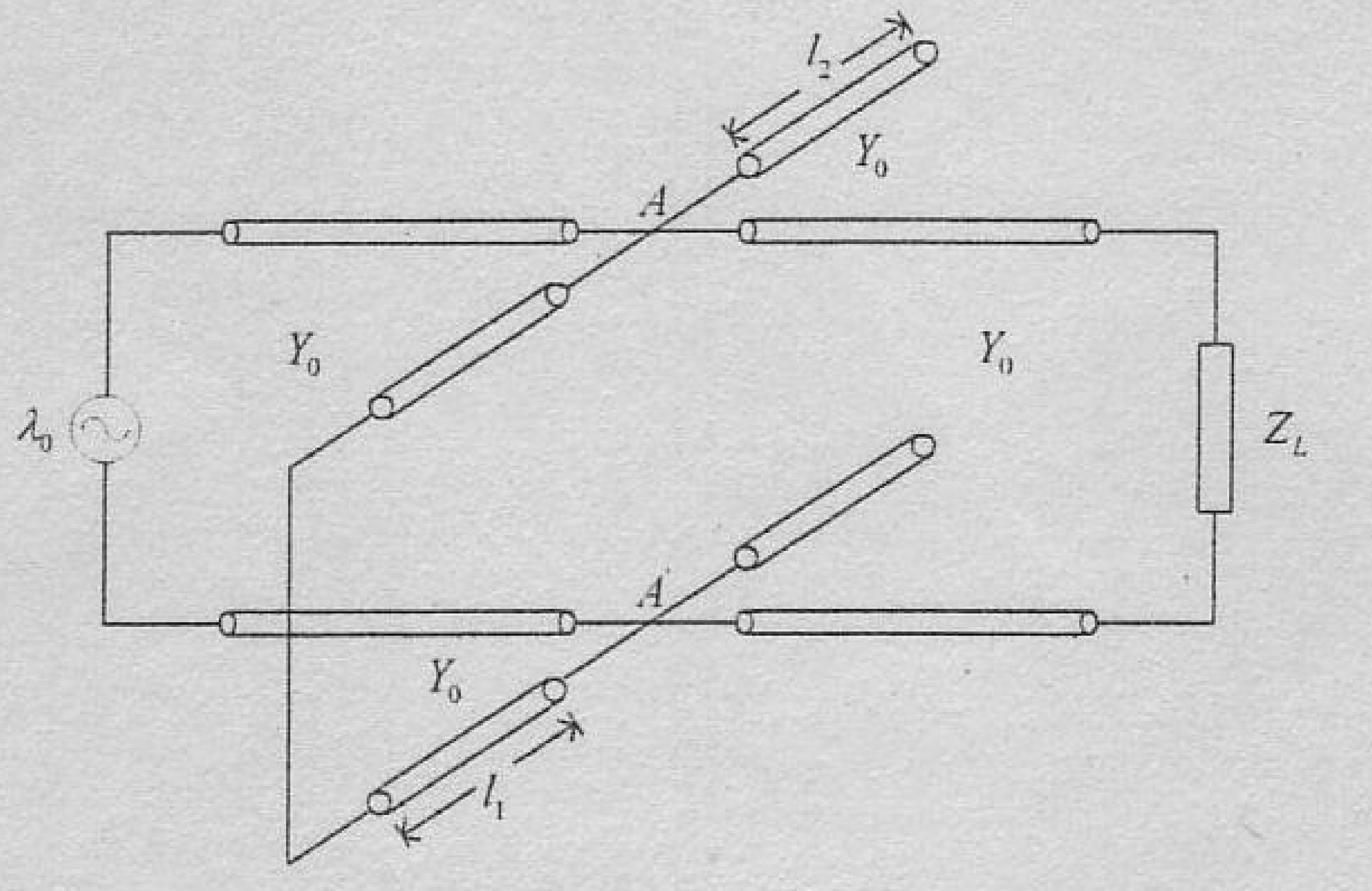
试题名称：　　　　　　　　　　微波技术基础

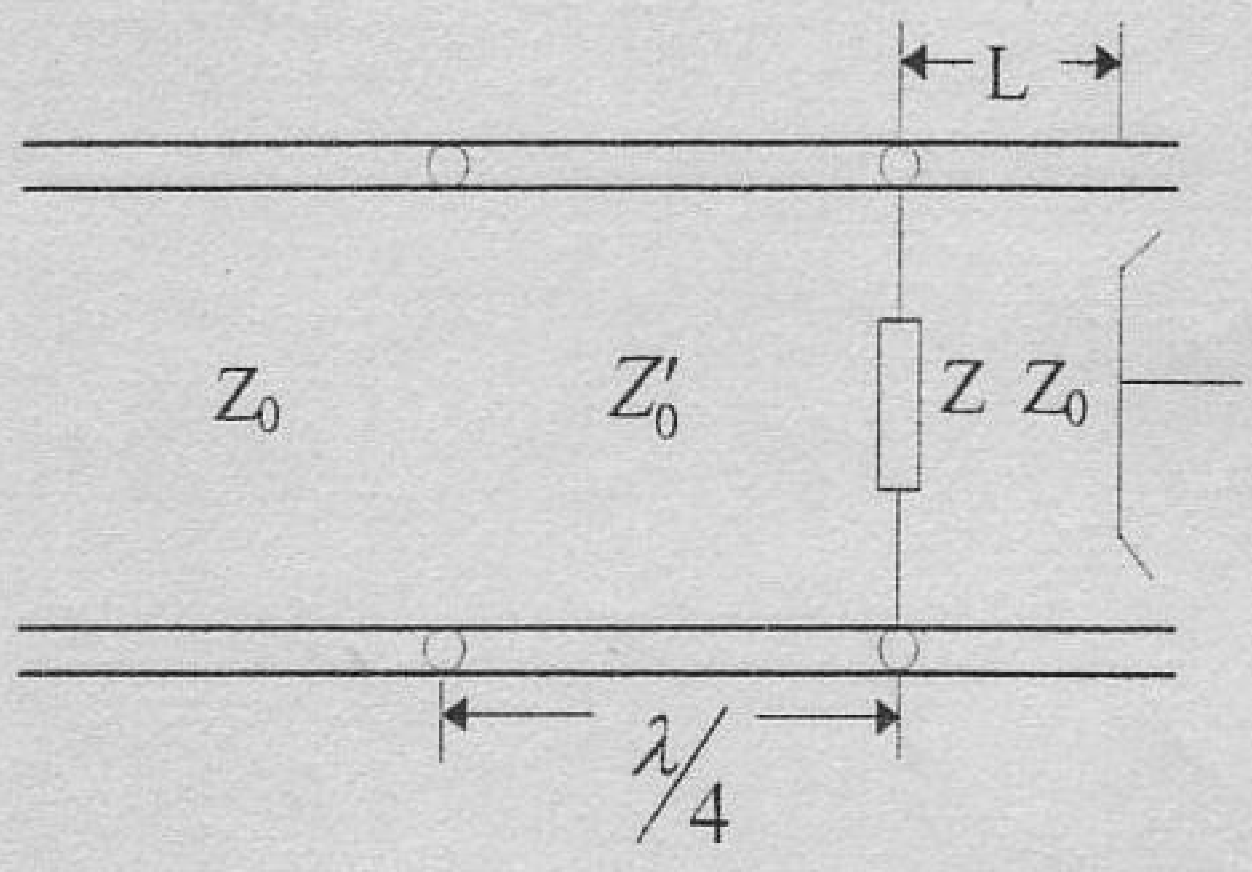
1 金属波导中波的截止条件是什么？介质波导中表面波的截止条件是什么？它们各包含什么物理含义？ （12分）

2 已知信号源的工作波长为λ_0，为了抑制信号源的三次谐波功率进入负载，支节l_1和l_2应取何值？ （18分）



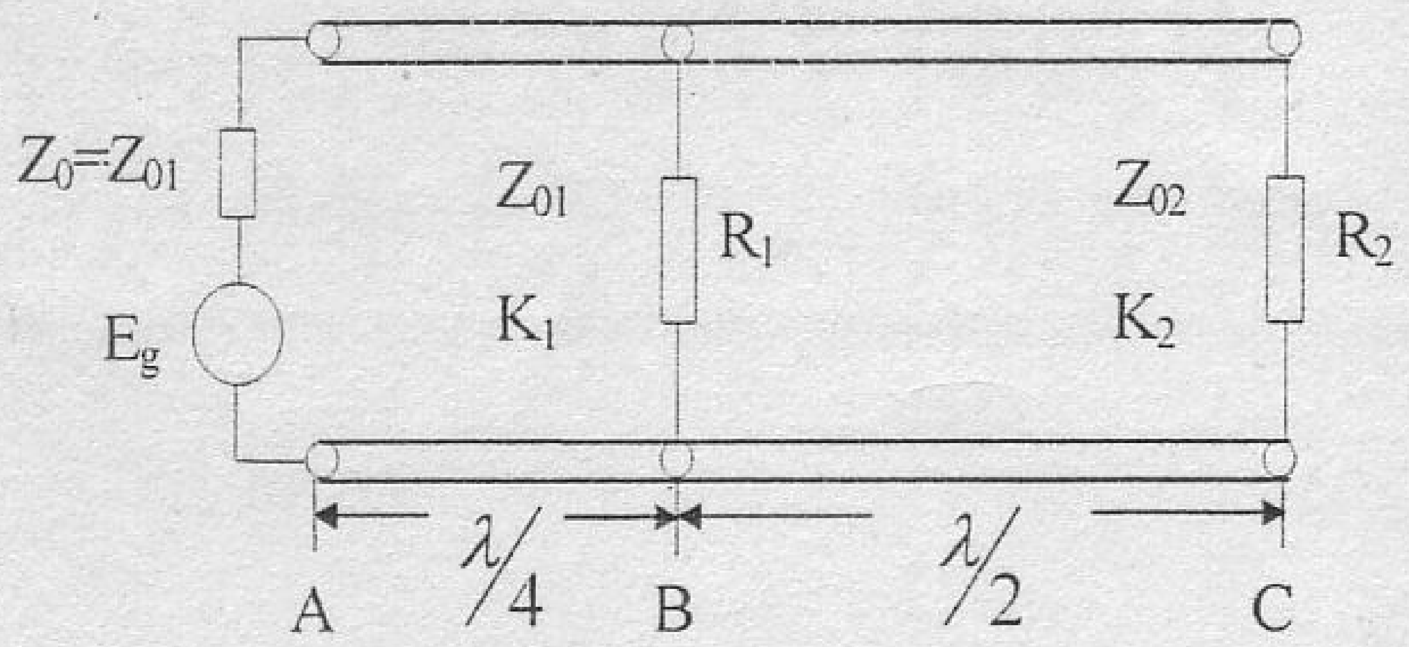
第3题图

3 如图所示同轴线上并接阻抗 Z=R+jX，今用短路活塞和$\lambda/4$阻抗变换器进行调配。求匹配时活塞的位置 L 和$\lambda/4$阻抗变换器的特性阻抗Z_0'。（25分）



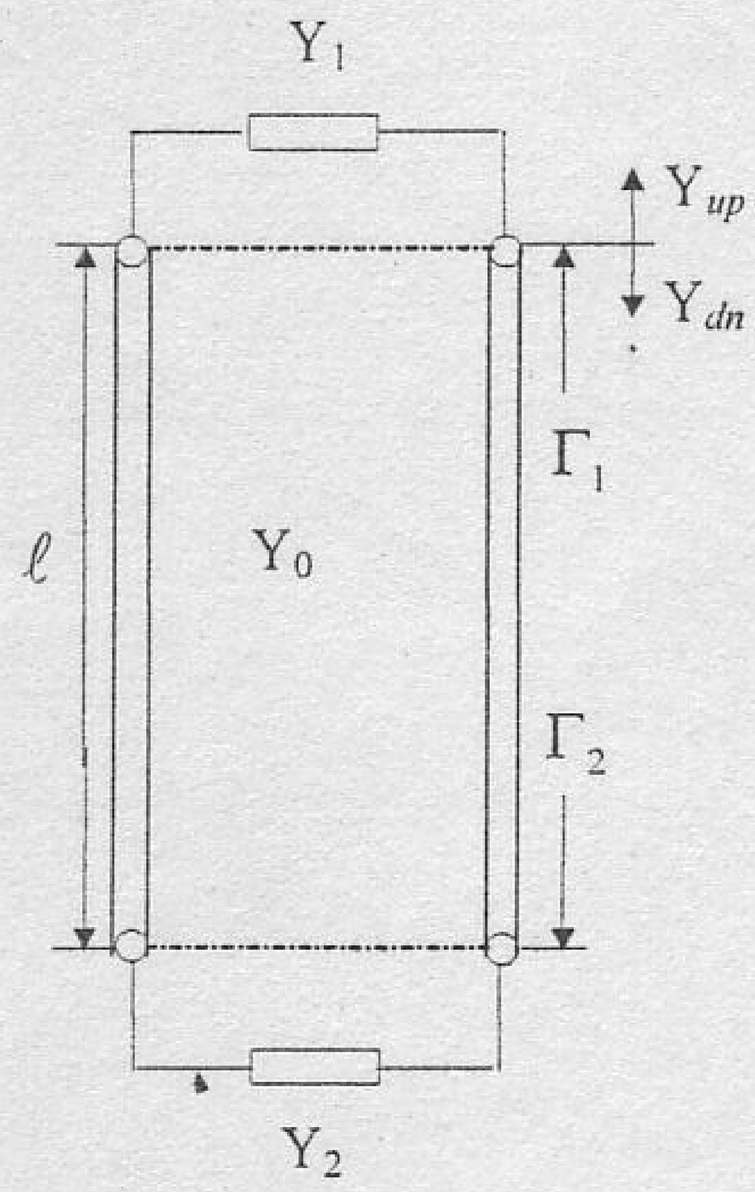
第3题图

4 如图所示，以知 Z_{01}=20欧姆，Z_{02}=50欧姆，电源电动势(最大值)E_g=60V，今得知 Z_{01} 和 Z_{02} 线上的行波系数分别为 K_1=0.5，K_2=0.4，且 B 点为电压波节。求电阻 R_1 和 R_2 的大小及 R_2 的吸收功率，并给出沿线电压、电流的驻波分布。 （40分）



第 4 题图

5 某谐振器的等效电路如图所示，试证明谐振条件：
$Y_{up}+Y_{dn}=0$ 和 $\Gamma_1\Gamma_2 e^{-2j\beta\ell}=1$ 是等价的。 （**15** 分）



第 5 题图

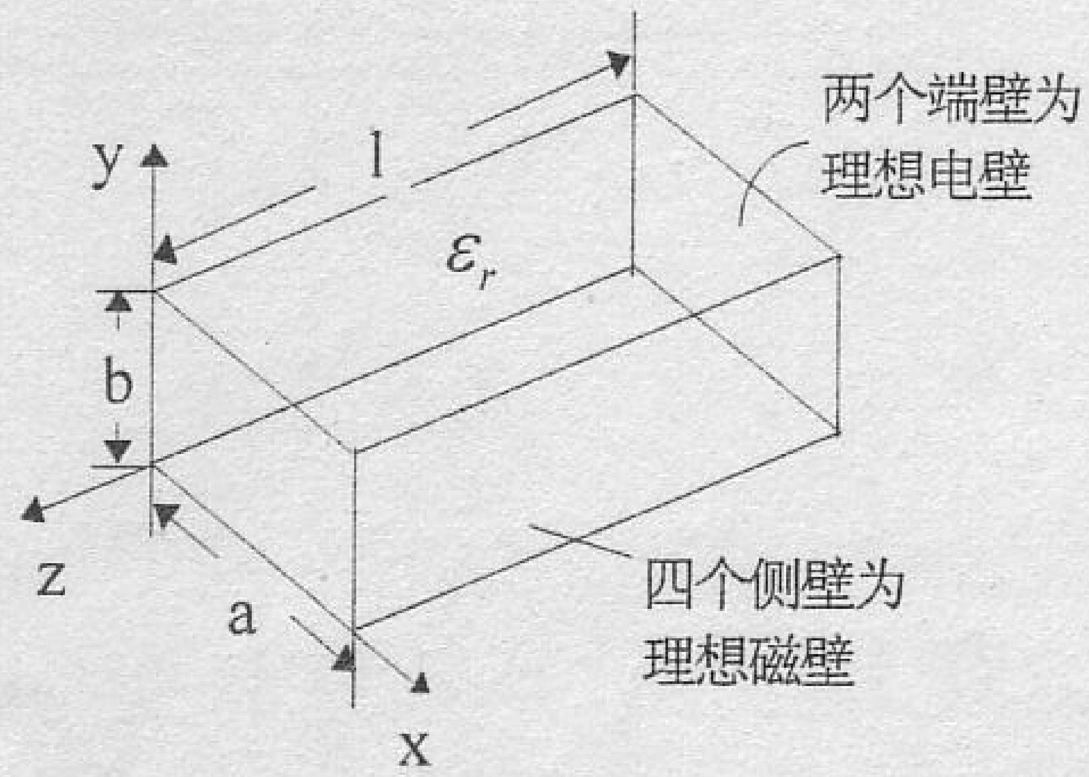
6 设有一矩形腔如图所示，其四个侧壁为理想磁壁，两个端壁为理想电壁，腔内介质均匀填充，腔的尺寸为 a×b×l。 （**40** 分）

(1)列出磁波 H_Z 和电波 E_Z 应满足的方程和边界条件;

(2)求出 H_Z 和 H_E 的表达式;

(3)求出该谐振腔谐振波长的表达式;

(4)当腔的尺寸满足 l>a>b 时该腔的主模是什么模？给出主模的场结构图。



第 6 题图

试题名称：微波技术基础

1. 金属波导中波的截止条件是 $\beta=0$ 即 $k_0=k_c$

物理含义：$\gamma=\sqrt{k_c^2-k_0^2}$

当 $k_0>k_c$ 时，$\gamma=j\beta$，$e^{-\gamma z}=e^{-j\beta z}$ 波传播

当 $k_0<k_c$ 时，$\gamma=\alpha$ $e^{-\gamma z}=e^{-\alpha z}$ 随着z变大波的幅度变小

此时为消失模

$\therefore \beta=0$ 即 $k_0=k_c$ 是波的传播状态与消失状态的临界点。

介质波导中表面波的截止条件是 $k_{c2}=0$

（k_{c2} 是垂直于介质表面方向上的波数）

物理含义：$\gamma_{c2}=\sqrt{k_{02}^2-\beta^2}$

当 $k_{02}>\beta$ 时，$\gamma_{c2}=k_{c2}>0$ 说明波沿介质表面方向传播，是辐射模

当 $k_{02}<\beta$ 时 $\gamma_{c2}=-jk_{c2}$，$e^{-j\gamma_{c2}x}=e^{-k_{c2}x}$ 是表面波

$\therefore$ $k_{02}=\beta$ 即 $\gamma_{c2}=k_{c2}=0$ 是表面波与辐射波的分界点。

2. 要使三次谐波（波长为 $\lambda_0/3$）被抑制

可选 $l_1=\frac{1}{2}\cdot\frac{\lambda_0}{3}=\lambda_0/6$

同时要选 l_2 使 λ_0 信号通过，即.

$$-jY_0\cot\beta_0 l_1 + jY_0\,tg\,\beta_0 l_2 = 0$$

$$\therefore\quad \cot\beta_0 l_1 = tg\,\beta_0 l_2$$

$$tg\,\beta_0 l_2 = \cot\frac{\pi}{3} = tg\frac{\pi}{6}$$

$$\therefore\quad \beta_0 l_2 = \frac{\pi}{6} \qquad l_2 = \lambda_0/12$$

或先选 l_2 段终端短路 即 $l_2 = \lambda_0/12$ 　$\left(l_2 = \frac{1}{4}\cdot\frac{\lambda_0}{3}\right)$

则由 $\cot\beta_0 l_1 = tg\,\beta_0\frac{\lambda_0}{12} = tg\frac{\pi}{6} = \cot\frac{\pi}{3}$

$$\beta_0 l_1 = \frac{\pi}{3} \qquad l_1 = \frac{\lambda_0}{6}$$

3.

$$Z = R + jX \qquad Y = \frac{1}{Z} = G + Bj = \frac{1}{R+jX} = \frac{R-jX}{R^2+X^2}$$

$$Y_1 = -Bj \qquad Z_1 = \frac{1}{Y_1} = \frac{1}{B}j$$

$$Z_1 = jZ_0\,tg\,\beta l = \frac{1}{B}j \qquad tg\,\beta l = \frac{1}{BZ_0}$$

$$\therefore\quad l = \frac{\lambda}{2\pi}tg^{-1}\frac{1}{BZ_0} + \frac{n\lambda}{2}$$

$$Y_2 = Y_1 + Y = G \qquad Z_2 = \frac{1}{G}$$

$\therefore\quad Z_0' = \sqrt{Z_2 Z_0} = \sqrt{Z_0/G}$　其中 $G = \frac{R}{R^2+X^2}$　　$B = -\frac{X}{R^2+X^2}$

即：$Z_0' = \sqrt{Z_0(R^2+X^2)/R}$　　$l = \frac{-\lambda}{2\pi}tg^{-1}\frac{R^2+X^2}{XZ_0} + n\frac{\lambda}{2}$

4. B点为波节点.

∴ $Z_1 = R_1 // R_2 = R_{min} = k_1 Z_{01} = 10\,(\Omega)$

∴ $Z_2 = R_2 = k_2 Z_{02} = 20\,(\Omega)$

$\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 10$ ∴ $R_1 = 20\,(\Omega)$

$Z_{in} = Z_{01}^2 / Z_1 = 40\,(\Omega)$

$U_1 = \frac{E_g Z_{in}}{Z_g + Z_{in}} = \frac{60 \times 40}{20 + 40} = 40\,(V)$ $I_1 = \frac{U_1}{Z_{in}} = \frac{40}{40} = 1\,(A)$

∵ B为波节. 经 $\lambda/4$ A为波腹.

$|U_1| = |U|_{max}$ $|U_B| = |U|_{min}$ $|U_B| / |U_1| = k_1$

∴ $|U_B| = 20\,(V)$ 经 $\lambda/2$ ∴ $|U_C| = |U_B| = 20\,(V)$

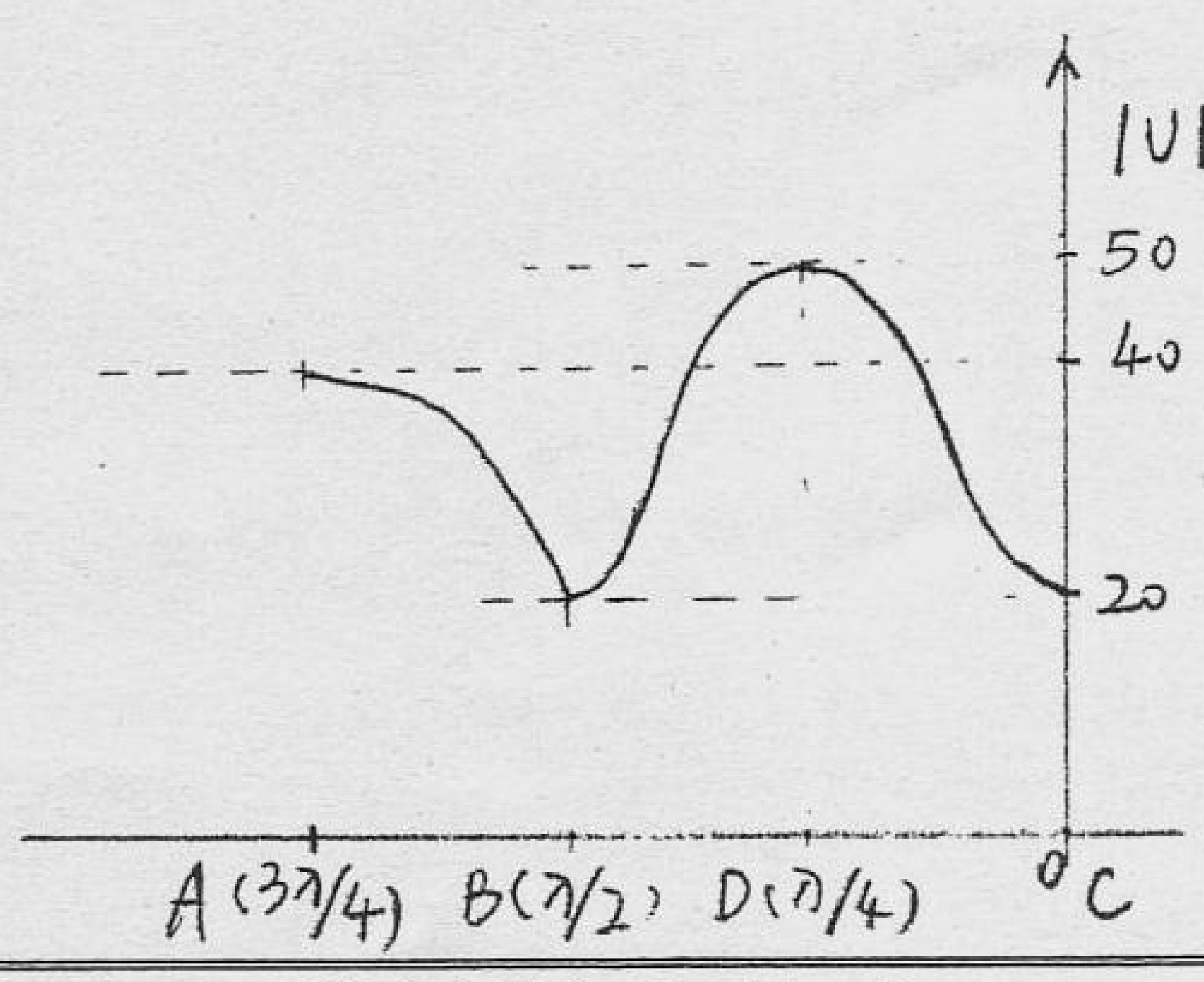
经 $\lambda/4$. D为波腹 $|U_D| = |U_B| / k_2 = 20/0.4 = 50\,(V)$

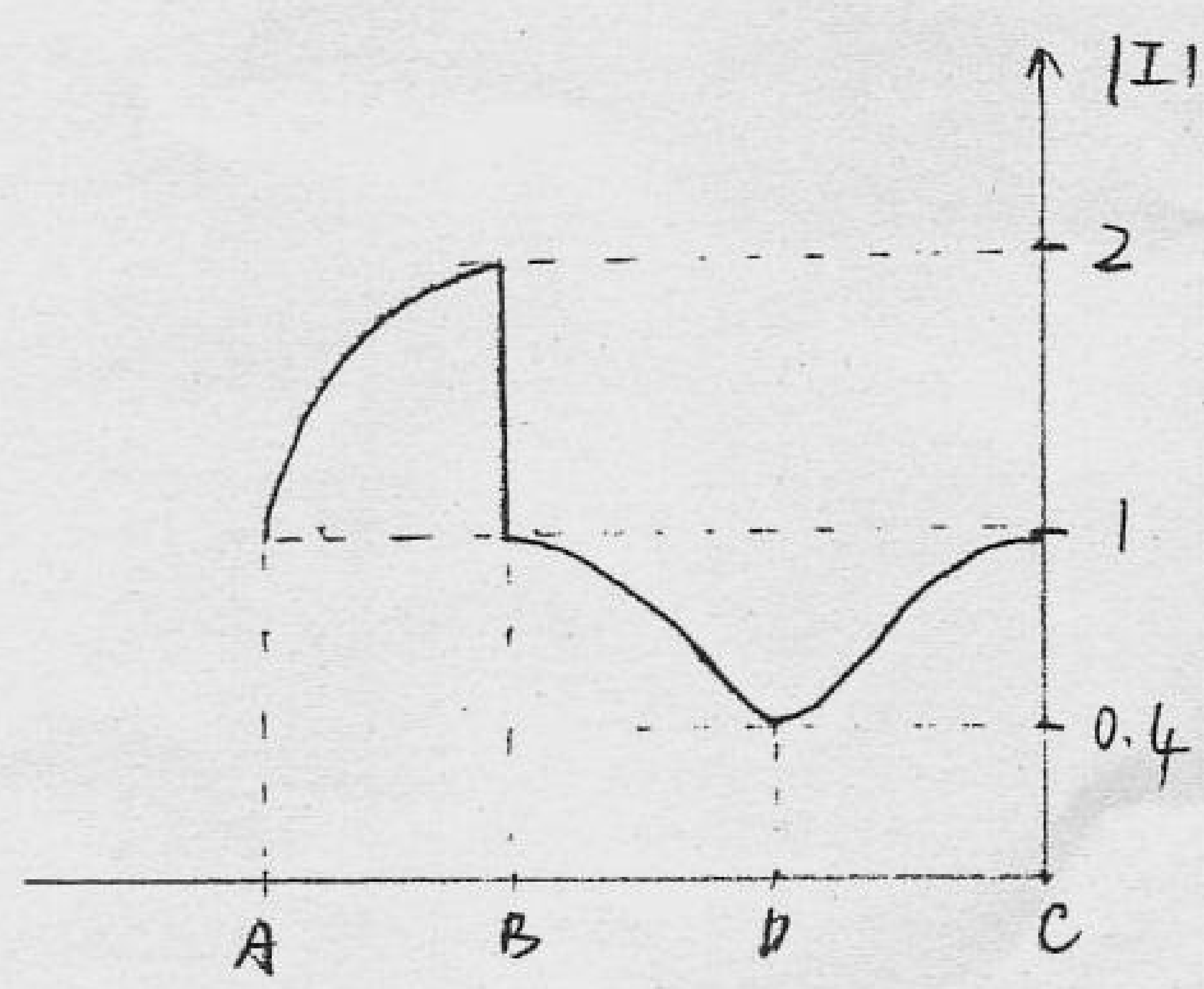
$|I_B| = |U_B| / Z_1 = 2\,(A)$ $|I_B'| = |U_B| / Z_2 = 1\,(A)$

$|I_C| = |U_C / R_2| = 20/20 = 1\,(A)$ $|I_D| = 1 \cdot k_2 = 0.4A$.

∴ $P_{R_2} = \frac{1}{2} |I_C|^2 \times R_2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 20 = 10\,(W)$

驻波分布.





5. 证：若 $Y_{up}+Y_{dn}=0$ 　 $Y_{up}=Y_1$ 　 $Y_{in}=Y_0\dfrac{Y_2+jtg\beta l\,Y_0}{Y_0+Y_2 jtg\beta l}$

$$\Leftrightarrow\ Y_1+Y_0\frac{Y_2+jtg\beta l\cdot Y_0}{Y_0+Y_2 jtg\beta l}=0$$

$$\Leftrightarrow\ Y_1Y_0+Y_0Y_2+j(Y_1Y_2+Y_0)^2 tg\beta l=0$$

$$\Leftrightarrow\ jtg\beta l=-(Y_1Y_0+Y_2Y_0)/(Y_1Y_2+Y_0^2)$$

又 $\Gamma_1=\dfrac{Y_0-Y_1}{Y_0+Y_1}$ 　 $\Gamma_2=\dfrac{Y_0-Y_2}{Y_0+Y_2}$

$$\Gamma_1\Gamma_2e^{-2j\beta l}=1\ \Leftrightarrow\ \frac{(Y_0-Y_1)(Y_0-Y_2)}{(Y_0+Y_1)(Y_0+Y_2)}e^{-2j\beta l}=1$$

$$\Leftrightarrow\ (Y_0-Y_1)(Y_0-Y_2)e^{-j\beta l}=(Y_0+Y_1)(Y_0+Y_2)e^{j\beta l}$$

$$\Leftrightarrow\ (Y_0-Y_1)(Y_0-Y_2)(-j\sin\beta l+\cos\beta l)=(Y_0+Y_1)(Y_0+Y_2)(\cos\beta l+j\sin\beta l)$$

$$\Leftrightarrow\ [(Y_0-Y_1)(Y_0-Y_2)+(Y_0+Y_1)(Y_0+Y_2)]j\sin\beta l$$

$$=[(Y_0-Y_1)(Y_0-Y_2)-(Y_0+Y_1)(Y_0+Y_2)]\cos\beta l$$

$$\Leftrightarrow\ jtg\beta l=\frac{(Y_0-Y_1)(Y_0-Y_2)-(Y_0+Y_1)(Y_0+Y_2)}{(Y_0-Y_1)(Y_0-Y_2)+(Y_0+Y_1)(Y_0+Y_2)}=-\frac{Y_0Y_1+Y_0Y_2}{Y_0^2+Y_1Y_2}$$

$\therefore\ Y_{up}+Y_{dn}=0\ \Leftrightarrow\ \Gamma_1\Gamma_2e^{-2j\beta l}=1$ 　　得证.

6. (1) $\nabla^2 H_z+k_0^2H_z=0$ 或 $\nabla_t^2 H_z+k_c^2H_z=0$.

$$\begin{cases}H_z|_{z=0,-l}=0\\ H_z|_{x=0,a}=0\\ H_z|_{y=0,b}=0\end{cases}$$

其中 $k_c^2=k_0^2+\left(\frac{p\pi}{l}\right)^2$

$k_0^2=\omega^2\mu\varepsilon_0\varepsilon_r$

$$\begin{cases} \nabla^2 E_z + k^2 E_z = 0 \text{ 或 } \nabla_t^2 E_z + k_c^2 E_z = 0 & k_c^2 = k_0^2 + \left(\frac{p\pi}{l}\right)^2 \\ \left.\frac{\partial E_z}{\partial z}\right|_{z=0,-l} = 0 \quad \left.\frac{\partial E_z}{\partial x}\right|_{x=0,a} = 0 \quad \left.\frac{\partial E_z}{\partial y}\right|_{y=0,b} = 0 \end{cases}$$

(2) H 波：$\frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} = -k_0^2 H_z$

令 $H_z = X(x)Y(y)Z(z)$

$$X''/X + Y''/Y + Z''/Z = -k_0^2 = -(k_x^2 + k_y^2 + k_z^2)$$

$$X''/X = -k_x^2 \quad Y''/Y = -k_y^2 \quad Z''/Z = -k_z^2$$

$\because X|_{x=0,a} = 0 \quad Y|_{y=0,b} = 0 \quad Z|_{z=0,-l} = 0$

$\therefore X(x) = \sin\frac{m\pi}{a} \quad Y(y) = \sin\frac{n\pi}{b} \quad Z(z) = \sin\frac{p\pi}{l}$

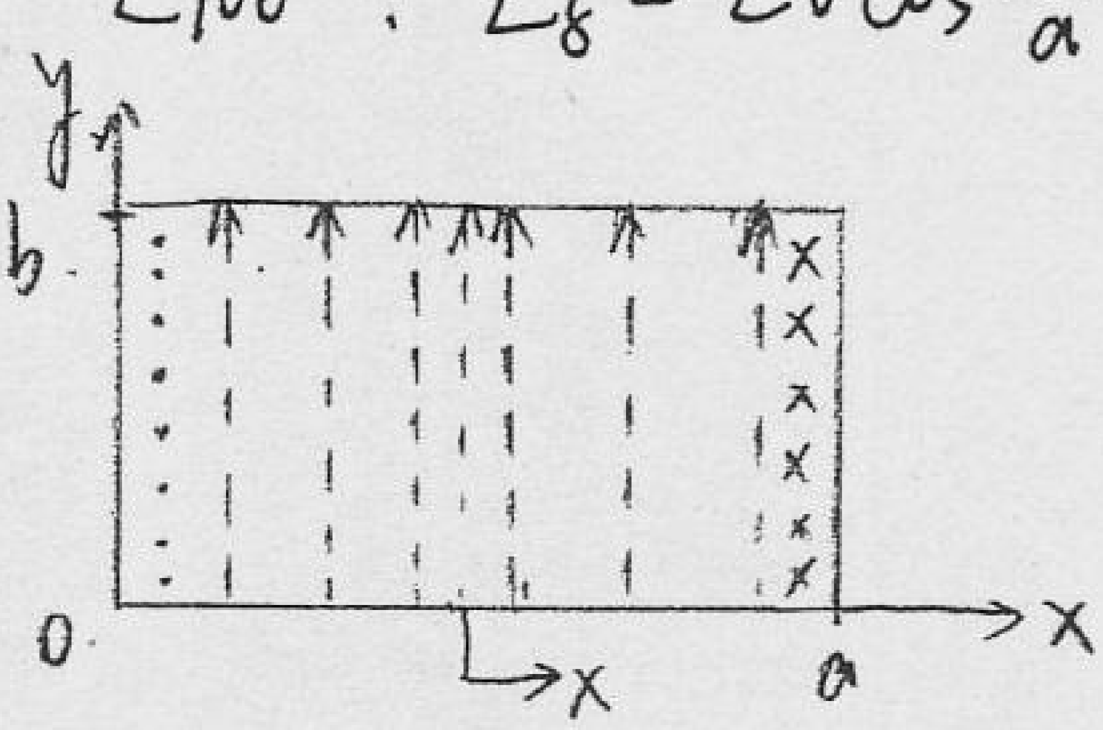
$\therefore H_z = H_0 \sin\frac{m\pi x}{a} \sin\frac{n\pi y}{b} \sin\frac{p\pi z}{l} \qquad m \neq 0,\ n \neq 0,\ p \neq 0$

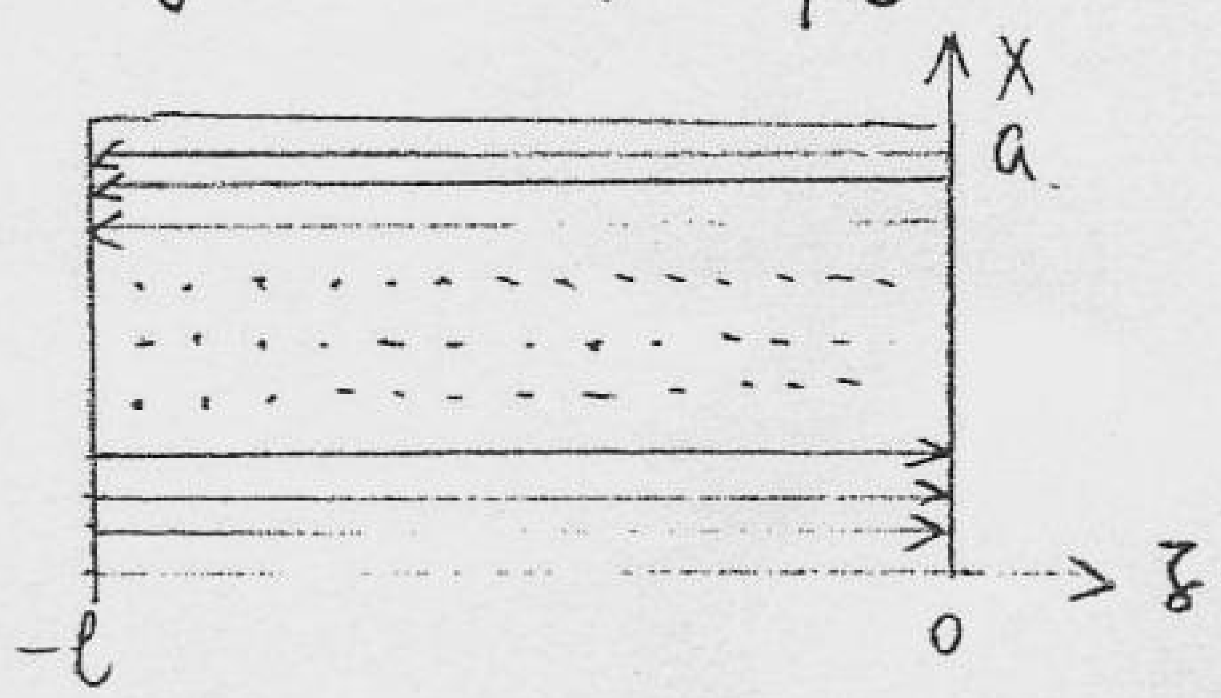
同理 $E_z = E_0 \cos\frac{m\pi x}{a} \cos\frac{n\pi y}{b} \cos\frac{p\pi z}{l}$　　m.n 不同时为 0. p 可以为 0.

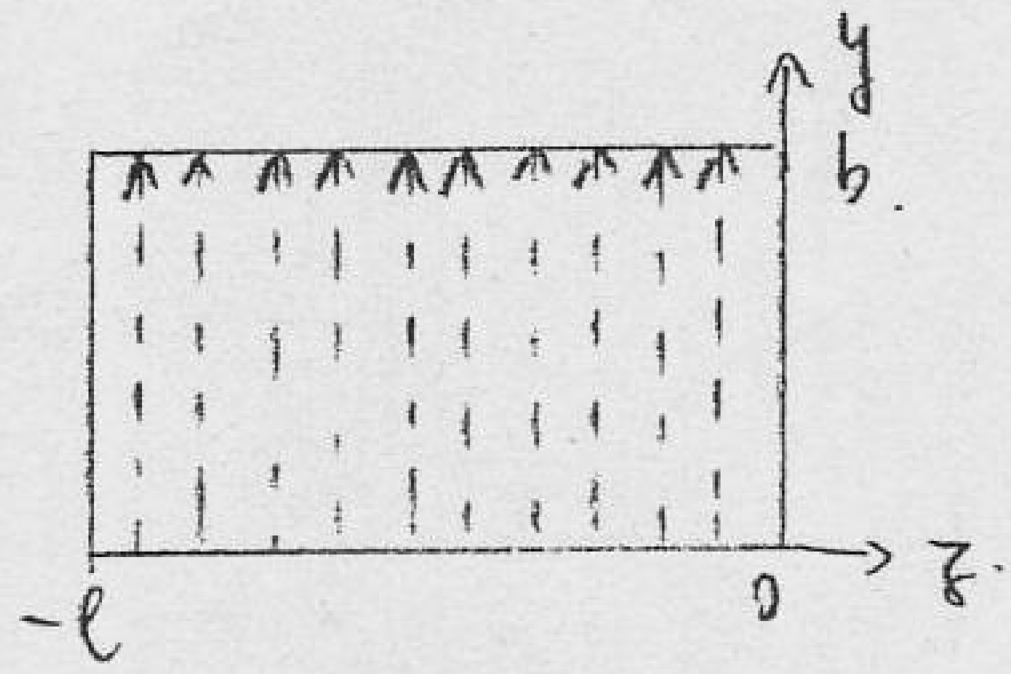
(3) $\lambda_0 = \frac{2\pi}{k_0} = 2\pi / \sqrt{k_x^2 + k_y^2 + k_z^2} = 2 / \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{p}{l}\right)^2}$

(4) 主模为 E_{100}，其 $\lambda_0 = 2a$

E_{100}：$E_z = E_0 \cos\frac{\pi}{a}x \qquad E_x = 0 \quad E_y = 0 \qquad H_y = \frac{j\omega\varepsilon}{k_c^2} E_0 \frac{\pi}{a} \sin\frac{\pi}{a}x$

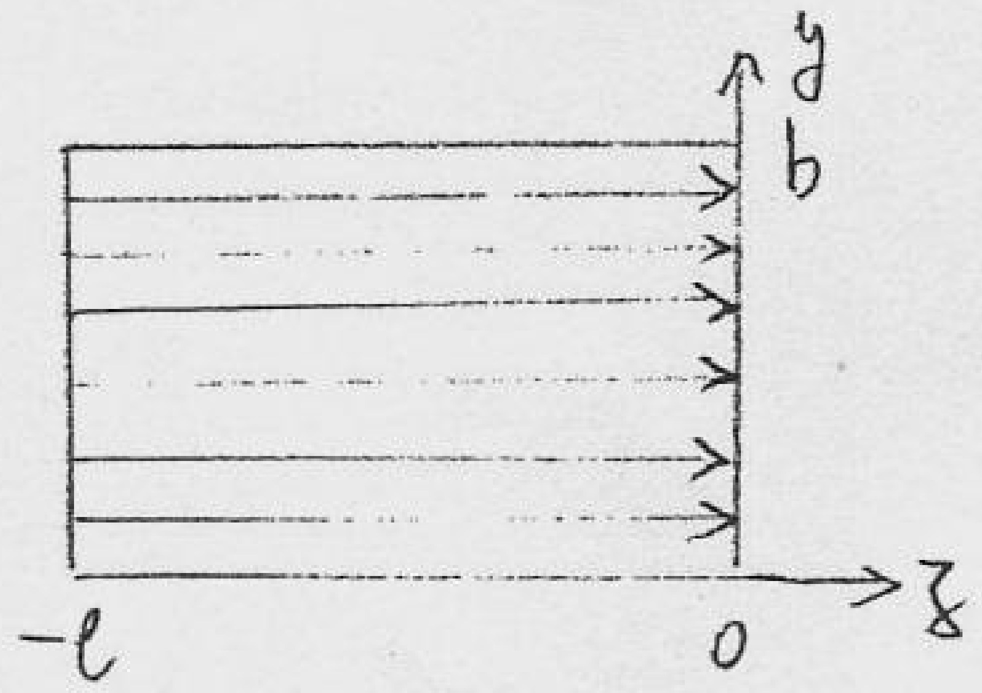






从 $x=\frac{a}{2}$ 处看

$E_z = 0$.



从 $x=0$ 处看