1)

א. $x<0 \quad \psi = a\cos(k_A x - \omega t) - \frac{1}{2} a \cos(k_A x + \omega t)$

$x>0 \quad \psi = \frac{1}{2} a \cos(k_B x - \omega t)$

בשני המקרים $\psi(x=0) = \frac{1}{2} a \cos\omega t$ (כנדרש).

ב. $R = -\frac{1}{2}a / a = -\frac{1}{2}$ כפי א'.

$$R = \frac{Z_A - Z_B}{Z_A + Z_B} = \frac{1 - Z_B/Z_A}{1 + Z_B/Z_A} \Rightarrow \frac{Z_B}{Z_A} = \frac{1-R}{1+R} = \frac{3/2}{1/2} = 3$$

ג. הספק מגיע

$$-T_A \frac{\partial\psi}{\partial x}\frac{\partial\psi}{\partial t} = +T_A \cdot a k_A \cdot a\omega \langle \cos^2(k_A x - \omega t)\rangle_{\text{ממוצע בזמן}} = \frac{1}{2} Z_A a^2 \omega^2$$

הספק מוחזר $\frac{1}{2} Z_A a^2 \omega^2 \cdot \frac{1}{4}$

איבר ההתאבכות בין הגל המגיע והגל המוחזר גם נעלם בממוצע

אך בכל מקום הוא מתאפס בממוצע על x.

הספק מועבר $\frac{1}{2} Z_B a^2 \omega^2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{2} Z_A a^2 \omega^2 \cdot \frac{3}{4}$

שים לב: הספק מגיע = הספק מוחזר + הספק מועבר.

2) $\vec{k}_1 = -k_x\hat{x} + k_y\hat{y}$ $\qquad \vec{k}_2 = k_x\hat{x} + k_y\hat{y}$ $\qquad \tan\theta = \dfrac{k_x}{k_y}$

הכח הנורמלי $\qquad \dfrac{\partial\psi(x,y,t)}{\partial x} = 0 \quad (x=0, L)$

$$T\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + T\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} = \rho\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}$$

א. $\psi = A\cos(\vec{k}_1\cdot\vec{r} - \omega t + \varphi_1) + B\cos(\vec{k}_2\cdot\vec{r} - \omega t + \varphi_2)$

$$\left.\frac{\partial\psi}{\partial x}\right|_{x=0} = +Ak_x\sin(k_y y - \omega t + \varphi_1) - Bk_x\sin(k_y y - \omega t + \varphi_2) = 0$$

נכון לכל $y,t \Leftarrow$ $A=B,\ \varphi_1=\varphi_2$, נבחר $\varphi_1 = 0$

$$\psi = A\cos(-k_x x + k_y y - \omega t) + A\cos(k_x x + k_y y - \omega t)$$

$$= 2A\cos k_x x\cos(k_y y - \omega t)$$

$$\left.\frac{\partial\psi}{\partial x}\right|_{x=L} = -2A\sin k_x x\cos(k_y y - \omega t) = 0 \Rightarrow k_x = \frac{\pi}{L}\cdot n$$

n שלם.

ב. $\omega^2 = \dfrac{T}{\rho}(k_x^2 + k_y^2) = \dfrac{T}{\rho}\left[\left(\dfrac{\pi n}{L}\right)^2 + k_y^2\right]$

$v_\varphi = \omega/k_y = v\,k/k_y = v/\cos\theta \qquad v = \sqrt{T/\rho}$

$v_g = \dfrac{\partial\omega}{\partial k_y} = \dfrac{k_y}{\omega}\cdot\dfrac{\partial\omega^2}{\partial k_y^2} = v^2\dfrac{k_y}{vk} = v\cos\theta \qquad \omega_m = \omega_{n=1,\,k_y=0} = \sqrt{\dfrac{T}{\rho}}\cdot\dfrac{\pi}{L}$

$$I = \frac{1}{2(\wedge 6e)} \left| F(\vec{k}_{2D}) \right|^2$$ א. (3

פיזור רגיל ב K_x

$$\frac{1}{L_x}\int_{-L_x/2}^{L_x/2} e^{ik_x x}\,dx = \begin{cases} 1 & k_x = 0 \\ 0 & \text{אחרת} \end{cases}$$

כמו כן תלות רק ב $k_y = k\sin\theta$

$$\frac{1}{f_0}F(\theta) = \int f(y)e^{ik_y y}\,dy = e^{-i\phi/2}\int_{-d/2}^{0} e^{ik_y y}\,dy + e^{i\phi/2}\int_0^{d/2} e^{ik_y y}\,dy =$$

$$= \frac{1}{ik_y}\left[e^{-i\phi/2}\left(1-e^{-ik_y d/2}\right) + e^{i\phi/2}\left(e^{ik_y d/2}-1\right)\right] = \frac{2}{k_y}\left[-\sin\frac{\phi}{2} + \sin\left(k_y\frac{d}{2}+\frac{\phi}{2}\right)\right]$$

$$I(\theta) = 4\left[\frac{-\sin\frac{\phi}{2} + \sin\left(\frac{1}{2}kd\sin\theta + \frac{1}{2}\phi\right)}{kd\sin\theta}\right]^2 f_0^2$$

ב.

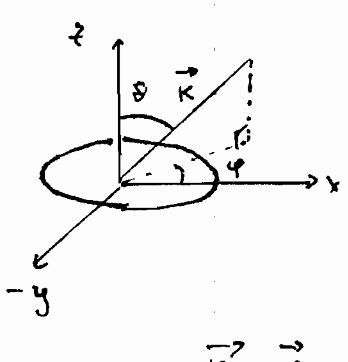
$$\sin\left(\tfrac{1}{2}kd\sin\theta + \tfrac{1}{2}\phi\right) \overset{\theta\to 0}{=} \sin\tfrac{1}{2}\phi + \tfrac{1}{2}kd\sin\theta\cdot\cos\tfrac{1}{2}\phi$$

$$I(\theta=0) = f_0^2\cos^2\phi/2$$

$\phi=0$: מקסימום ב $\theta=0$ - גלים מהחלק העליון והתחתון של הסדק מתחברים מפאזה,

$\phi=\pi$: מינימום ב $\theta=0$, גלים מהחלק העליון והתחתון בפאזה π, כלומר מסימן הפוך.

ג.



$$\vec{K}_{2D} = k\sin\theta(\cos\varphi, \sin\varphi)$$

$$\vec{r} = R(\cos\alpha, \sin\alpha)$$

נסכום על המקורות, כלומר $R\int d\alpha$

$$F(\theta,\varphi) = R\int_0^{2\pi} e^{i\alpha + i\vec{K}_{2D}\cdot\vec{r}}\,d\alpha\cdot f_0$$

$$\vec{K}_{2D}\cdot\vec{r} = Rk\sin\theta(\cos\varphi\cos\alpha + \sin\varphi\sin\alpha) = Rk\sin\theta\cos(\varphi-\alpha)$$

$\alpha \to \varphi+\alpha$

$$F(\theta,\varphi) = Re^{i\varphi}\int_0^{2\pi} e^{i\alpha + ikR\sin\theta\cos\alpha}\,d\alpha\cdot f_0$$

$$I(\theta) = \left|\int_0^{2\pi} d\alpha\, e^{i\alpha + ikR\sin\theta\cos\alpha}\right|^2\cdot f_0^2/4\pi^2$$ אין תלות ב φ

$$I(0) \sim \left|\int d\alpha\, e^{i\alpha}\right|^2 = 0$$

4) א.

	זרמים	מתחים
פוגע	$I_i = A\cos(\omega t - k_1 x)$	$V_i = Z_1 \cdot A\cos(\omega t - k_1 x)$
חוזר	$I_r = B\cos(\omega t + k_1 x)$	$V_r = -Z_1 B\cos(\omega t + k_1 x)$
עובר	$I_t = C\cos(\omega t - k_2 x)$	$V_t = Z_2 \cdot C\cos(\omega t - k_2 x)$

רציפות בזרם: $A+B=C$ (הסימון כי הוא כיוון I_t הזרם, ימינה, קשור לסימון
הזרם עצמו, שהוא הסימון של I_i, I_r, I_t)

רציפות מתח $AZ_1 - BZ_1 = CZ_2 \Rightarrow (A-B)Z_1 = (A+B)Z_2$

$$Z_1 - Z_2 = \frac{B}{A}(Z_1+Z_2) \qquad R_E = -\frac{Z_1 B}{Z_1 A} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1+Z_2}$$

$$T_E = \frac{Z_2 C}{Z_1 A} = \frac{A-B}{A} = 1 + R_E = \frac{2Z_2}{Z_1+Z_2}$$

ב. $Z_2/Z_1 = 1/n$

$$S_r/S_o = \left(\frac{Z_2-Z_1}{Z_1+Z_2}\right)^2 = \left(\frac{1-n}{1+n}\right)^2$$

ג. $R_E = \frac{1-n}{1+n} < 0$

פוגע $E_i \sim \cos(\omega t - kz)\hat{x} + \sin(\omega t - kz)\hat{y}$

חוזר $E_r \sim -\cos(\omega t + kz)\hat{x} - \sin(\omega t + kz)\hat{y}$

סס כיוון $+\hat{z}$.

ד.

$$S_t/S_o = \left(\frac{2Z_2}{Z_1+Z_2}\right)^2 \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{4n}{(1+n)^2}$$

$$(S_r+S_t)/S_o = \frac{(1-n)^2+4n}{(1+n)^2} = 1$$

ה. $\vec{P} = W/c$ המומנטום המקושר לגל, W – אנרגיית הגל $dW/dt = S$

תנע לפני פגיעה $= W_o/c$, תנע אחרי פגיעה $= \frac{W_t}{c} - W_r/c$

$$\text{לחץ} = \frac{d}{dt}(\text{שינוי התנע}) = \frac{S_o}{c} - \frac{S_t}{c} + \frac{S_r}{c} = \frac{S_o}{c}\left(1 - \frac{4n}{(1+n)^2} + \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}\right)$$

$$= \frac{2(n-1)^2}{(n+1)^2}\frac{S_o}{c}$$

שאלה 5

$$n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{90}_{37}Rb + {}^{144}_{Z}Cs + x\,n$$

א) בתגובה כל מספר הפרוטונים נשמר $\Leftarrow$ $Z = 92 - 37 = \underline{55}$

סה"כ מספר פרוטונים ונויטרונים:

$$1 + 235 = 90 + 144 + x$$

$$\underline{x = 2}$$

ב) מסה התחלתית:

$$M_i = M(n) + M({}^{235}U) = 3.9351 \cdot 10^{-22}\, g$$

מסה סופית:

$$M_f = M({}^{90}Rb) + M({}^{144}Cs) + 2M(n) = 3.9151 \cdot 10^{-22}\, g$$

$$\Delta M = M_f - M_i = -0.02 \cdot 10^{-22}\, g$$

ג) האנרגיה המשתחררת בתהליך:

$$E_0 = |\Delta M| c^2 = 0.02 \cdot 10^{-25}\, kg \cdot (3 \cdot 10^8\ m/s)^2 =$$

$$= 1.8 \cdot 10^{-10}\, J$$

ד) מספר אטומי ${}^{235}U$ ב- 0.5kg:

דרך 1

$$N = \frac{1}{2} \cdot N_A \cdot \frac{1}{0.235} \cong 1.29 \cdot 10^{24}$$

$/ N_A = 6.022 \cdot 10^{23}\ 1/mol$ – מספר אבוגדרו /

$$\Rightarrow E = N \cdot E_0 = 2.3 \cdot 10^{14}\, J$$

דרך 2

$$N = \frac{1/2\ kg}{M({}^{235}U)} = 1.28 \cdot 10^{24}$$

$$\Rightarrow E \cong 2.3 \cdot 10^{14}\, J \cong 55\ kton\ TNT$$