I

(1)

斜面に平行な成分の力のつりあいより、

$mg\sin\alpha = \mu mg\cos\alpha$

ゆえに、

$\mu = \tan\alpha$

(2)

斜面に垂直な成分の力のつりあいより、

$N = mg\cos\beta + F\sin\beta$

(3)

斜面に平行な成分の力のつりあいより、

(1) と (2) の結果を用いて、

$mg\sin\beta = F_0\cos\beta + \mu N$

$mg\sin\beta = F_0\cos\beta + \mu(mg\cos\beta + F_0\sin\beta)$

$F_0\cos\beta + \mu F_0\sin\beta = mg\sin\beta - \mu mg\cos\beta$

$F_0(\cos\beta + \tan\alpha\sin\beta) = mg(\sin\beta - \tan\alpha\cos\beta)$

$F_0(\cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta) = mg(\cos\alpha\sin\beta - \sin\alpha\cos\beta)$

$F_0\cos(\beta - \alpha) = mg\sin(\beta - \alpha)$

$F_0 = mg\tan(\beta - \alpha)$

(4)

(i)

斜面に平行な成分の力のつりあいより、

$mg\sin\beta = F_1\cos\beta + \mu' N$

$mg\sin\beta = F_1\cos\beta + \mu'(mg\cos\beta + F_1\sin\beta)$

$F_1(\cos\beta + \mu'\sin\beta) = mg(\sin\beta - \mu'\cos\beta)$

$$F_1 = \frac{\sin\beta - \mu'\cos\beta}{\cos\beta + \mu'\sin\beta}mg$$

(4)

(ii)

(3) より、

$F_0 \cos\beta + \mu F_0 \sin\beta = mg\sin\beta - \mu mg\cos\beta$

$$F_0 = \frac{\sin\beta - \mu\cos\beta}{\cos\beta + \mu\sin\beta} mg$$

また、(4) (i) より、

$$F_1 = \frac{\sin\beta - \mu'\cos\beta}{\cos\beta + \mu'\sin\beta} mg$$

ゆえに、

$\mu > \mu'$ より、

$$F_1 - F_0 = \left(\frac{\sin\beta - \mu'\cos\beta}{\cos\beta + \mu'\sin\beta} - \frac{\sin\beta - \mu\cos\beta}{\cos\beta + \mu\sin\beta}\right) mg > 0$$ なので、

$F_1 > F_0$

(5)

(i)

$W_g = mg\sin\beta \cdot l = mgl\sin\beta$

(ii)

(4) (ii) より、

$$W_{F1} = -F_1\cos\beta \cdot l = -\frac{\sin\beta - \mu'\cos\beta}{\cos\beta + \mu'\sin\beta} mgl\cos\beta$$

(iii)

(2) と (4) (ii) より、

$$W_f = -\mu' N \cdot l = -\mu' l(mg\cos\beta + F_1\sin\beta) = -\mu' mgl\left\{\cos\beta + \frac{\sin\beta - \mu'\cos\beta}{\cos\beta + \mu'\sin\beta}\sin\beta\right\}$$

$$= -\mu' mgl\left\{\frac{\cos\beta + \mu'\sin\beta}{\cos\beta + \mu'\sin\beta}\cos\beta + \frac{\sin\beta - \mu'\cos\beta}{\cos\beta + \mu'\sin\beta}\sin\beta\right\} = -\frac{\mu' mgl}{\cos\beta + \mu'\sin\beta}$$

(iv)

垂直抗力 N は物体の進行方向に対して垂直なので、

$W_N = 0$

II

(1)

定常状態では電流は流れないので、

$I_0 = 0$ 〔A〕

コンデンサーの両極板間の電圧はV 〔V〕なので、

$Q_0 = CV$ 〔C〕

コイルに電流は流れてないので、

$U_{0L} = 0$ 〔J〕

コンデンサーの両極板の電圧はV 〔V〕なので、

$$U_{0C} = \frac{1}{2}CV^2$$

(2)

スイッチSを閉じる直前と同じなので、

$I_1 = 0$ 〔A〕

(3)

角周波数ωは、

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$\omega^2 = \dfrac{1}{LC}$ より、

$\omega > 0$ なので、

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{〔rad/s〕}$$

また、

周期Tは、

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC} \text{〔s〕}$$

(4)

エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}LI_2{}^2 = \frac{1}{2}CV^2$$

ゆえに、

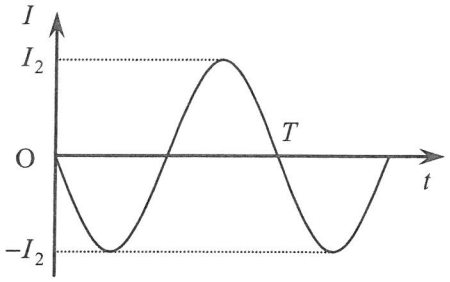
$$I_2 = V\sqrt{\frac{C}{L}} \text{〔A〕}$$

(5)

スイッチ S を閉じた直後、$I < 0$ なので、

$$I = -I_2 \sin \omega t = -V\sqrt{\frac{C}{L}} \sin \frac{1}{\sqrt{LC}} t$$

また、グラフは下図の実線部分である。



(6)

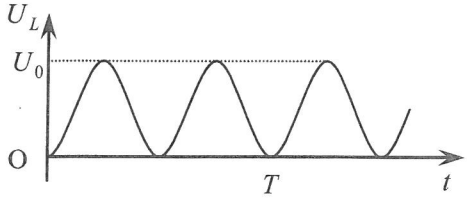
(5) より、

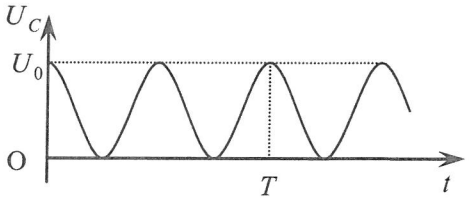
$$U_L = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}CV^2 \sin^2 \omega t = \frac{1}{4}CV^2\left(1 - \cos\frac{2}{\sqrt{LC}}t\right)$$

$$U_C = U_0 - U_L = \frac{1}{2}CV^2 - \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}CV^2 \cos^2 \omega t = \frac{1}{4}CV^2\left(1 + \cos\frac{2}{\sqrt{LC}}t\right)$$

ゆえに、

グラフは下図の実線部分である。





(7)

抵抗の両端の電圧は V なので、

$Q_2 = CV$ 〔C〕

Ⅲ

(1)

面 AB で反射した光波の入射波に対する位相差は、0

面 AC で反射した光波の入射波に対する位相差は、π

また、

2 つの光波が強め合うための条件は、

$$2x\tan\alpha = \frac{\lambda}{2n}(2m+1)$$

ゆえに、

$\tan\alpha \fallingdotseq \alpha$ なので、

$$x = \frac{\lambda}{4n\alpha}(2m+1)$$

(2)

$$\frac{n_0}{n} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_0}$$

$$\sin\theta_0 = \frac{n}{n_0}\sin\theta_1$$

ここで、

$\sin\theta \fallingdotseq \theta$ 、

$n < n_0$ なので、

$\theta_0 < \theta_1$

同様に、

$\frac{n_0}{n} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_3}$ より、

$\theta_3 < \theta_2$

また、

錯角の関係より、

$\theta_2 = \theta_1 - \theta_0$

よって、

$\theta_2 < \theta_1$

さらに、

$\theta_0 - \theta_2 = 2\theta_0 - \theta_1$

ここで、

$1 < n < n_0 < 2$ と

$\sin\theta_0 = \dfrac{n}{n_0}\sin\theta_1$ より、

$\theta_0 > \dfrac{1}{2}\theta_1$

よって、

$\theta_0 - \theta_2 > 0$ より、

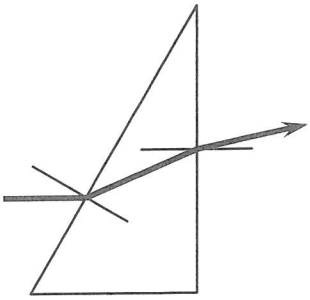
$\theta_0 > \theta_2$

ゆえに、

$\theta_1 > \theta_0 > \theta_2 > \theta_3$

また、

光の進路は下図の太線の矢印部分。



(3)

明線ができるための条件は、

m を 0 以上の整数として、

$d\sin\theta_3 = \dfrac{\lambda}{2n_0}\cdot 2m$

ゆえに、

$\theta_3 = \dfrac{n_0 - n}{n}\alpha$ より、

$m = 1$ のとき、

$d = \dfrac{\lambda}{n_0\sin\theta_3} \fallingdotseq \dfrac{\lambda}{n_0\theta_3} = \dfrac{\lambda}{(n_0 - n)\alpha}$