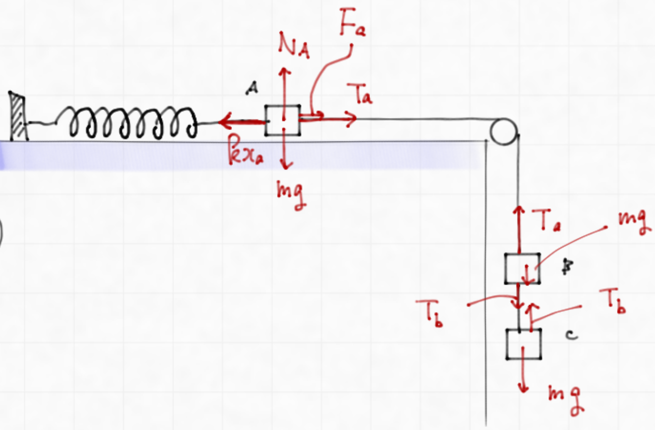
信州大学2021

1

(a) 力のつりあい

$$A\begin{cases} N_A = mg \\ kx_a = F_a + T_a, \end{cases} \qquad F_a = \mu N_a \ (\text{ギリギリだから等号成立})$$



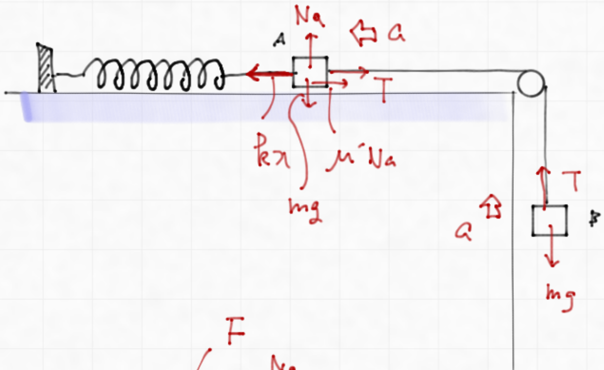
$B: T_a = mg + T_b$

$C: T_b = mg$

(i) $T_a = mg + T_b = mg + mg = \mathbf{2mg}$

(ii) $F_a = kx_a - T_a = \mathbf{kx_a - 2mg}$

(iii) $\mu \cdot N_a = F_a$ より $\quad \mu = \dfrac{F_a}{N_a} = \mathbf{\dfrac{kx_a - 2mg}{mg}}$

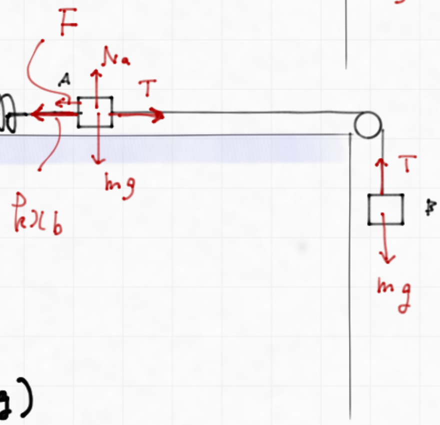


(b) $\begin{cases} ma = kx - \mu' N_a - T \\ N_a = mg \end{cases}$

$ma = T - mg$

(i) $\mathbf{ma = kx - \mu' mg - T}$

$\mathbf{ma = T - mg}$



(ii) $2ma = kx - \mu' mg - mg$

$a = \mathbf{\dfrac{k}{2m}x - \dfrac{1}{2}g(\mu' + 1)} \qquad T = \mathbf{\dfrac{1}{2}(kx - \mu' mg + mg)}$

(iii) $-\mu' mg \times (x_a - x_b) = \mathbf{-\mu' mg(x_a - x_b)}$

(iv) エネルギーと仕事の関係を用いる

$$-\mu' mg(x_a - x_b) = \left(\frac{1}{2}kx_b^2 + mg(x_a - x_b)\right) - \frac{1}{2}kx_a^2$$

$$\mu' = \frac{-k(x_a^2 - x_b^2)}{2mg(x_b - x_a)} - 1 = \frac{k(x_a + x_b)}{2mg} - 1 = \mathbf{\frac{k(x_a + x_b) - 2mg}{2mg}}$$

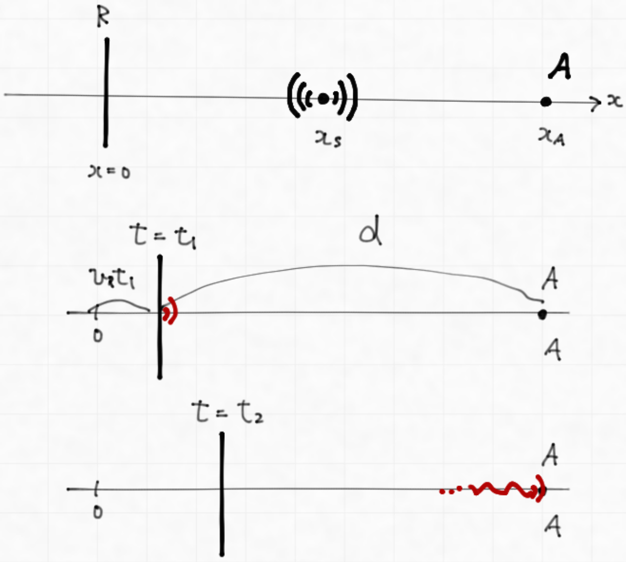
信州大学2021

2 (a) (i) $n_1 = \dfrac{x_s}{\lambda} = \dfrac{x_s}{\frac{V}{f}} = \dfrac{x_s f}{V}$

(ii) $x_s = t_1 v_R + t_1 V \qquad t_1 = \dfrac{x_s}{v_R + V}$

(iii) $n_2 = n_1 = \dfrac{x_s f}{V}$

(iv) $f_1 = \dfrac{n_2}{t_1} = \dfrac{x_s f}{V} \times \dfrac{v_R + V}{x_s} = f\dfrac{v_R + V}{V}$



(b) (i) $d = x_A - v_R t_1$

(ii) $d = V\Delta t \qquad \Delta t = \dfrac{d}{V}$

(iii) $n_3 = f_1 \times \Delta t = f\Delta t \dfrac{v_R + V}{V}$

(iv) $n_3 \times \lambda_2 = d - v_R\Delta t$ より $\lambda_2 = \dfrac{d - v_R\Delta t}{n_3} = \dfrac{d - v_R\Delta t}{f_1 \Delta t}$

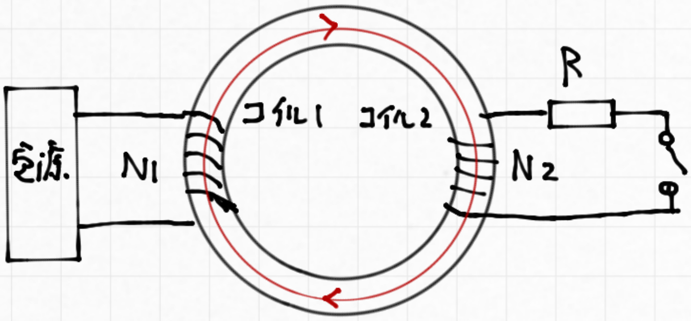
(v) $f_2 = \dfrac{V}{\lambda_2} = V \dfrac{\Delta t}{d - v_R\Delta t} \times f \dfrac{v_R + V}{V}$

$= \cancel{V} \dfrac{\cancel{\Delta t}}{V\cancel{\Delta t} - v_R\cancel{\Delta t}} \times f \times \dfrac{v_R + V}{\cancel{V}} = f\dfrac{V + v_R}{V - v_R}$

(vi) $f_2 - f = \dfrac{2v_R f}{V - v_R}$

信州大学2021

3



(a) (ア) $-V_0 = -N_1\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ より $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{V_0}{N_1}$

(イ) $\Phi = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\times T = \frac{V_0}{N_1}T$

(ウ) $\Phi = \alpha(N_1 I_1 + N_2\times 0) = \alpha N_1 I_1 = \frac{V_0}{N_1}T$ より

$$I_1 = \frac{V_0 T}{\alpha N_1^2}$$

(エ) $t > 2T$ では $V_1 = 0 = -N_1\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ より $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$ これは磁束が変わらないことを示している

(オ) $t = 2T$ のとき $\Phi = \frac{2V_0T}{N_1}$. この値から変化していない $\frac{2V_0T}{N_1}$

(カ) $\alpha N_1 I_1 = \frac{2V_0T}{N_1}$ より $I_1 = \frac{2V_0T}{\alpha N_1^2}$

(キ) $V_1 = -N_1\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N_1\frac{\alpha N_1\Delta I_1}{\Delta t} = -\alpha N_1^2\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ (ク) $L_1 = \alpha N_1^2$

(ケ) $V_2 = -N_2\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N_2\frac{\alpha N_1\Delta I_1}{\Delta t} = -\alpha N_1 N_2\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ (コ) $M = \alpha N_1 N_2$

(b) (i) $V_1 = -N_1\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -V_0$ より $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{V_0}{N_1}$

$$V_2 = -N_2\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N_2\frac{V_0}{N_1} = -\frac{N_2}{N_1}V_0$$

$V_2 = I_2 R$ より $I_2 = \frac{V_2}{R} = -\frac{N_2V_0}{N_1R}$

(ii) $t = T$ のとき $\Phi = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\times T = \frac{V_0T}{N_1}$

$\Phi = \alpha(N_1I_1 + N_2I_2)$ に代入

$$\frac{V_0T}{N_1} = \alpha\left(N_1I_1 + N_2\left(-\frac{N_2V_0}{N_1R}\right)\right)$$

$$\alpha N_1 I_1 = \frac{V_0T}{N_1} + \frac{\alpha N_2^2V_0}{N_1R}$$

$$I_1 = \frac{V_0}{\alpha N_1^2}\left(T + \frac{\alpha N_2^2}{R}\right)$$

信州大学2021

4 (a) (ア) eV

(イ) 連続X線の波長をλとして $eV \geqq \frac{hc}{\lambda}$

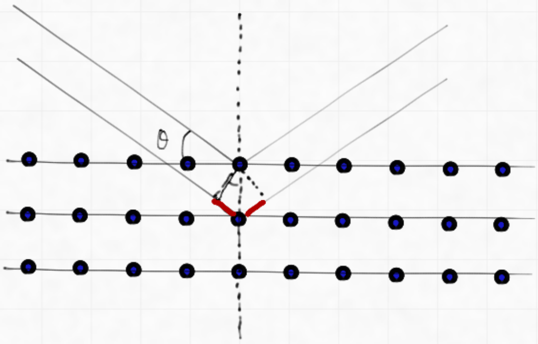
等号成立時の波長が最短波長(λ_0として) $eV = \frac{hc}{\lambda_0} \Leftrightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{eV}$

したがって Vを大きくすると(エネルギーが増すので)最短波長は短くなる ⇨ **短くなり**

(ウ) 固有X線は励起した元素から発せられるので 電子のエネルギーに依存せず 波長は元素に固有の値をとる。つまり加速電圧を大きくしても固有X線の波長は **変わらない**

(エ) $\lambda_0 = \frac{6.63\times10^{-34}\times3.00\times10^{8}}{1.60\times10^{-19}\times3.50\times10^{4}} = \frac{1.989\times10^{-25}}{5.60\times10^{-15}} = \mathbf{3.55\times10^{-11}}$

(b)



(オ) 左図 太線部 **$2d\sin\theta$**

(カ) **$2d\sin\theta = n\lambda$**

(キ) $\sin\theta = \frac{1\cdot\lambda}{2d} = \frac{1.54\cancel{\times10^{-10}}}{2\cdot3.43\cancel{\times10^{-10}}}$

$= 0.2244\cdots$

表の値より **13°**