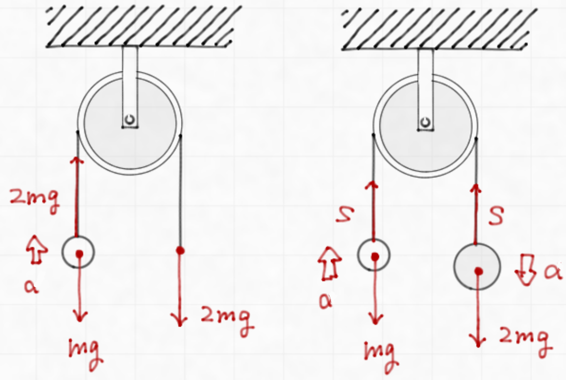
大阪公立大前期2022

1



問1 $ma = 2mg - mg$ $a = g$

問2 A : $ma = S - mg$

B : $2m(-a) = S - 2mg$

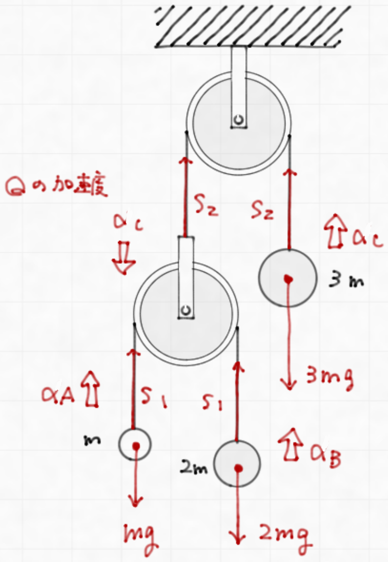
問3 上式を解くと $a = \frac{1}{3}g$

$h = \frac{1}{2}at^2$ となる時刻 t をもとめる

$t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{6h}{g}}$

このときの運動エネルギー U は

$U = \frac{1}{2}m(\alpha t)^2 = \frac{1}{3}mgh$



問4 向きに注意しつつ…

A : $ma_A = S_1 - mg$ … ①

B : $2ma_B = S_1 - 2mg$ … ②

C : $3ma_C = S_2 - 3mg$ … ③

問5 Qの加速度は $-a_C$ (上向き正だから)

$a_A - (-a_C) = -\{a_B - (-a_C)\}$

$a_A + a_B + 2a_C = 0$ … ④

問6 $2S_1 = S_2$ … ⑤

①〜⑤を連立.

①より $a_A = \frac{S_1}{m} - g$

②より $a_B = \frac{S_1}{2m} - g$

③⑤より $a_C = \frac{2S_1}{3m} - g$ を④に代入

$\frac{S_1}{m} - g + \frac{S_1}{2m} - g + \frac{4S_1}{3m} - 2g = 0$ $S_1 = \frac{24}{17}mg$

$a_A = \frac{7}{17}g$, $a_B = -\frac{5}{17}g$, $a_C = -\frac{1}{17}g$

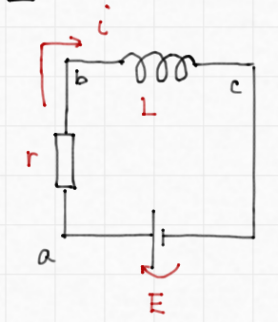
問7 A, B, Cの変位を x_A, x_B, x_C とすると.

$x_A : x_B : x_C = \frac{7}{17}g : -\frac{5}{17}g : -\frac{1}{17}g = 7 : -5 : -1$

また $x_C = h'$ だから $x_A = -7h'$, $x_B = 5h'$, $x_C = h'$

重心を x_G として. $x_G = \frac{-7h'\times m + 5h'\times 2m + h'\times 3m}{m+2m+3m} = \frac{6h'm}{6m} = h'$

2



問1 電流を i とおくと回路の式は

$$E - L\frac{di}{dt} = ir \quad \cdots ①$$

スイッチを閉じた直後は $i=0$ と考えられる

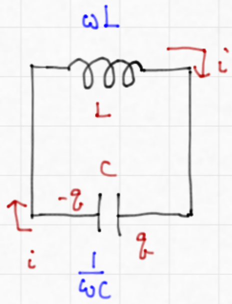
このとき $L\frac{di}{dt} = E$ だから

a に対する b の電位は 0 (V)

b に対する c の電位は $-E$ (V)

問2 十分な時間が経ったとき $\frac{di}{dt} \to 0$ と考えられ、①より $i = \frac{E}{r}$

このときコイルに蓄えられている誘導エネルギー U は $U = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{LE^2}{2r^2}$



問3 左回路には振動電流が流れる。その角周波数を ω として

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

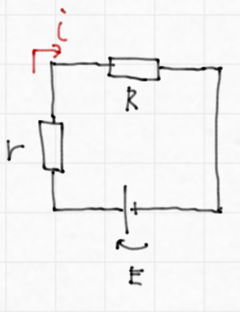
が成り立つことになるので $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 周波数 $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

問4 最大電圧を V とし、エネルギー保存則を考える

(スイッチを切り替えた直後 電流は最大、電荷は0) (コンデンサーの電荷が最大 電流は0となったとき)

$$\frac{1}{2}L\left(\frac{E}{r}\right)^2 = \frac{1}{2}CV^2$$

$$V = \frac{E}{r}\sqrt{\frac{L}{C}}$$



問5 回路の式は $E = ri + Ri$ $i = \frac{E}{r+R}$

R_x での消費電力 P_x は $P_x = i^2R = \frac{E^2R}{(r+R)^2}$

問6

$$P_x = \frac{E^2}{\frac{r^2}{R_x} + 2r + R_x} \leq \frac{E^2}{2r + 2\sqrt{\frac{r^2}{\cancel{R_x}} \times \cancel{R_x}}} = \frac{E^2}{4r}$$

等号は $\frac{r^2}{R_x} = R_x$ すなわち $R_x = r$ のとき。

最大消費電力は $\frac{E^2}{4r}$

3

問1　2ℓ

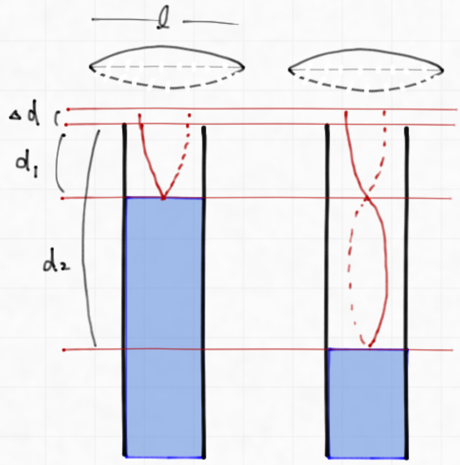


図2　図3

問2　音波の伝わる速さを V_0 とし、振動数を f とする。
開口端補正を Δd とし、波長を λ とおくと

$$\begin{cases} \Delta d + d_1 = \frac{1}{4}\lambda \\ \Delta d + d_2 = \frac{3}{4}\lambda \end{cases} \qquad \lambda = 2(d_2 - d_1)$$

$$\begin{cases} V_0 = f\lambda \\ V = f\cdot(2\ell) \end{cases}$$

$f = \frac{V}{2\ell}$ を代入　$V_0 = \frac{V}{2\ell}\cdot 2(d_2 - d_1) = \mathbf{\frac{(d_2-d_1)V}{\ell}}$

$$\Delta d = \frac{1}{4}\lambda - d_1 = \frac{1}{2}(d_2 - d_1) - d_1 = \mathbf{\frac{d_2 - 3d_1}{2}}$$

問3　$d_2 + \frac{1}{2}\lambda = \mathbf{2d_2 - d_1}$

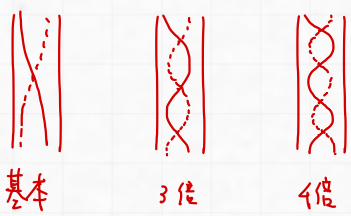
問4　全長を L として　$L + 2\Delta d = \frac{1}{2}\lambda \times 3$

$$L = 3(d_2 - d_1) - 2\cdot\frac{d_2 - 3d_1}{2} = \mathbf{2d_2}$$

問5　弦を短かくすると、波長が短かくなるため、振動数は大きくなる(f'とする)
これにより気柱が4倍振動で共鳴したと考えられる

$$\begin{cases} V = f' \times (2\ell') \\ V_0 = f' \times \left(\frac{L + 2\Delta d}{4} \times 2\right) \end{cases}$$

$$\ell' = \frac{V}{2f'} = \frac{V}{2 \times \frac{2}{L+2\Delta d} V_0} = \frac{\frac{3}{2} \times \cancel{2(d_2-d_1)}}{4} \times \frac{\cancel{V}}{\frac{\cancel{d_2-d_1}}{\ell}\cancel{V}} = \mathbf{\frac{3}{4}\ell}$$



上下とも開口なので
左のようになっている