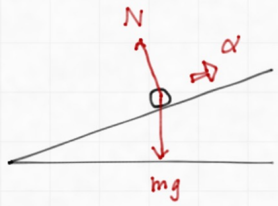
藤田医科2020後期

1

1. $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgH$ より $v_0 = \sqrt{2gH}$



$m\alpha = -mg\sin\theta$

$\alpha = -g\sin\theta$

2. $\begin{cases} v_x = v_0\cos\theta_1 \\ v_y = v_0\sin\theta_1 - g\sin\theta_1\cdot t \end{cases}$ $\begin{cases} x = v_0\cos\theta_1 t \\ y = v_0\sin\theta_1 t - \frac{1}{2}g\sin\theta_1 t^2 \end{cases}$

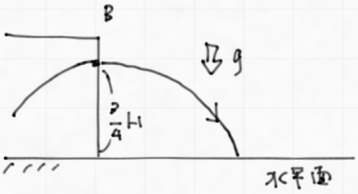
$v_y = 0$ のとき $x = H$

$t = \frac{v_0}{g}$, $H = v_0\cos\theta_1\frac{v_0}{g} = \frac{1}{\cancel{g}}\cos\theta_1\times 2\cancel{g}H$ $\cos\theta_1 = \frac{1}{2}$

3. $y = v_0\sin\theta_1\cdot\frac{v_0}{g} - \frac{1}{2}\cancel{g}\sin\theta_1\cdot\frac{v_0^2}{g^{\cancel{2}}} = \frac{1}{g}\sin\theta_1\cdot 2gH\cdot\left(1-\frac{1}{2}\right) = H\sin\theta_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}H$

4. 飛び出したときの水平面からの距離（高さ）は $\frac{\sqrt{3}}{2}H\sin\theta_1 = \frac{3}{4}H$.

この高さから水平面に落下するまでに要する時間は



$\frac{3}{4}H = \frac{1}{2}gt^2$ より $t = \sqrt{\frac{3H}{2g}}$

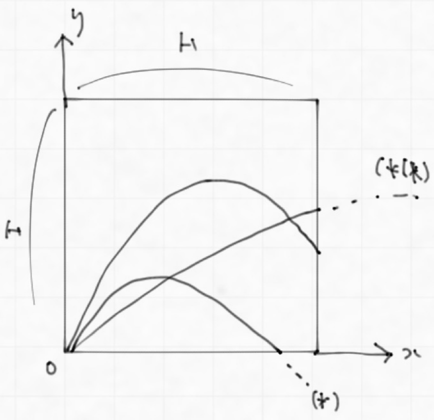
その間 x 方向にすすむのは $v_0\cos\theta_1\cdot\sqrt{\frac{3H}{2g}} = \sqrt{\cancel{2g}H}\cdot\frac{1}{2}\cdot\sqrt{\frac{3H}{\cancel{2g}}} = \frac{\sqrt{3}}{2}H$

だけすすむので、x 座標は $H + \frac{\sqrt{3}}{2}H$

5. $\begin{cases} v_x = v_0\cos\theta \\ v_y = v_0\sin\theta - g\sin\theta t \end{cases}$ $\begin{cases} x = v_0\cos\theta t \\ y = v_0\sin\theta\cdot t - \frac{1}{2}g\sin\theta t^2 \end{cases}$

$\cancel{\frac{\sin}{\cos}\cdot\frac{4\cos^2}{\sin}}$

x, y の軌跡は $y = \cancel{v_0}\sin\theta\cdot\frac{x}{\cancel{v_0}\cos\theta} - \frac{1}{2}g\sin\theta\cdot\frac{x^2}{v_0^2\cos^2\theta}$



$= \tan\theta\cdot x - \frac{1}{2}\cancel{g}\sin\theta\cdot\frac{x^2}{2\cancel{g}H\cos^2\theta} = -\frac{\sin\theta}{4H\cos^2\theta}x^2 + \tan\theta x$

このグラフが左図のように $0 \leqq x \leqq H$, $0 \leqq y \leqq H$ の範囲に納まっていれば良い。

グラフの軸は $x = 2H\cos\theta$

これが $\frac{1}{2}H < x \leqq H$ の範囲にあるとき.

$\frac{1}{2} < 2H\cos\theta \leqq H$ （$\frac{1}{4} < \cos\theta \leqq \frac{1}{2}$ のとき）

頂点の y 座標 $= \cancel{4H^2\cos^2\theta}\times\frac{\sin\theta}{\cancel{4H\cos^2\theta}} \leqq H$ $\sin\theta \leqq 1$ （常に成立）

$0 < 2H\cos\theta < \frac{1}{2}H$ のとき グラフは (*) のようになり不適.

$2H\cos\theta > H$ のとき （$\cos\theta > \frac{1}{2}$ のとき.）

グラフは (**) のようになっているが先の考察で最高点の高さは H より小さいので、このとき条件は成立している。 以上より $\cos\theta > \frac{1}{4}$

(6) 上の考察より $\frac{1}{4} < \cos\theta < \frac{1}{2}$

藤田医科2020後期

2 A

1. $I = \frac{Q_0}{t_0}$　　2. $Pt_0 = I^2Rt_0 = \frac{Q_0^2R}{t_0}$

3. 充電中のジュール熱の総和とコンデンサーに蓄えられるエネルギーの和の分だけのエネルギーを供給した

$$Pt_0 + \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{Q_0^2R}{t_0} + \frac{Q_0^2}{2C} = Q_0^2\left(\frac{R}{t_0} + \frac{1}{2C}\right)$$

4. 3の結果より、t_0が十分に大きいときは抵抗で発生するジュール熱は小さくなり無視できるようになるが、t_0が小さいときはジュール熱が大きくなり無視できなくなる。したがってt_0が小さい方が電源のした仕事は大きくなる。

B 5.

並列接続した
2つのコンデンサー

$$\varepsilon_0\frac{xL}{d} + \varepsilon_0\varepsilon_r\frac{(L-x)L}{d}$$
$$= \frac{\varepsilon_0 L}{d}(x - \varepsilon_r L - \varepsilon_r x)$$

6. Δx 動かしたときの容量は

$$\varepsilon_0\frac{(x-\Delta x)L}{d} + \varepsilon_0\varepsilon_r\frac{(L-x+\Delta x)L}{d} = \frac{\varepsilon_0 L}{d}(x-\Delta x+\varepsilon_r L-\varepsilon_r x+\varepsilon_r\Delta x)$$

動かすことで生じる、コンデンサーに蓄えられる電気量の変化量ΔQは

$$\Delta Q = \frac{\varepsilon_0 L}{d}(\cancel{x}-\Delta x+\cancel{\varepsilon_r L}-\cancel{\varepsilon_r x}+\varepsilon_r\Delta x)V - \frac{\varepsilon_0 L}{d}(x-\varepsilon_r L-\varepsilon_r x)V$$
$$= \frac{\varepsilon_0 L}{d}(\varepsilon_r\Delta x-\Delta x)V = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)\Delta x LV}{d}$$

ΔQの電荷が電源を通ったので電源のする仕事ΔW_Bは

$$\Delta W_B = \Delta QV = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)\Delta x LV^2}{d}$$

7. 動かすことによって生じる、コンデンサーに蓄えられるエネルギーの変化をΔUとして

$$\Delta U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 L}{d}(\cancel{x}-\Delta x+\cancel{\varepsilon_r L}-\cancel{\varepsilon_r x}+\varepsilon_r\Delta x)V^2 - \cancel{\frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 L}{d}(x-\varepsilon_r L-\varepsilon_r x)}V^2$$
$$= \frac{\varepsilon_0 L}{2d}(\varepsilon_r-1)\Delta xV^2 = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)LV^2}{2d}\Delta x$$

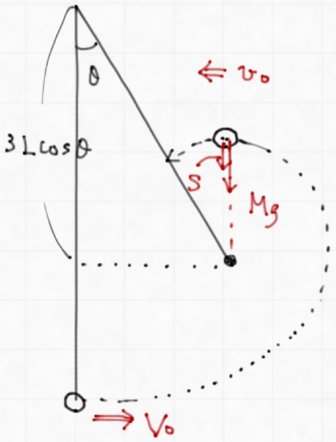
8. $\Delta U < W_B$ だから外力は負の仕事をした　　$\Delta U = \Delta W_B - \Delta W_f$

9. 力の大きさをfとする 外力が負の仕事をしたことから、誘電体はコンデンサーに引きこまれることが分かる。

$$f\Delta x = \Delta W_f = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)LV^2}{2d}\Delta x \qquad \therefore f = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)LV^2}{2d}$$

藤田医科2020後期

3



1. エネルギー保存

$$\frac{1}{2}MV_0^2 = \frac{1}{2}Mv_0^2 + Mg(4L-3L\cos\theta+L)$$

運動方程式

$$M\frac{v_0^2}{L} = S + Mg$$

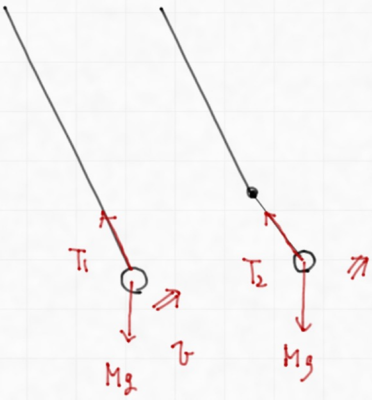
連立して v_0 を消す.

$$MV_0^2 - 2Mg(5L-3L\cos\theta) = LS + LMg$$

$$LS = MV_0^2 - 11MgL + 6MgL\cos\theta = 0$$ のとき、

ぎりぎり回り切ることができる

$$V_0^2 = Lg(11-6\cos\theta) \qquad V_0 = \sqrt{(11-6\cos\theta)Lg}$$



2. エネルギー保存 $\frac{1}{2}MV_0^2 = \frac{1}{2}Mv^2 + Mg(4L-4L\cos\theta)$

(直前の)運動方程式

$$M\frac{v^2}{4L} = T_1 - Mg\cos\theta$$

$$\left\{\frac{1}{2}MV_0^2 - Mg(4L-4L\cos\theta)\right\}\times\frac{1}{2L} = T_1 - Mg\cos\theta$$

$$\left\{\frac{1}{2}M(11-6\cos\theta)Lg - 4MgL + 4MgL\cos\theta\right\}\frac{1}{2L} + Mg\cos\theta = T_1$$

$$T_1 = \frac{3}{4}Mg + \frac{3}{2}Mg\cos\theta$$

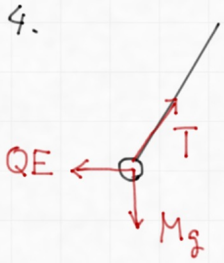
3. (直後の)運動方程式 $M\frac{v^2}{L} = T_2 - Mg\cos\theta$

$$\left\{MV_0^2 - 2Mg(4L-4L\cos\theta)\right\}\frac{1}{L} = T_2 - Mg\cos\theta$$

$$T_2 = Mg\cos\theta + \frac{M}{\cancel{L}}(11-6\cos\theta)\cancel{L}g - 8Mg(1-\cos\theta) = 3Mg + 3Mg\cos\theta$$

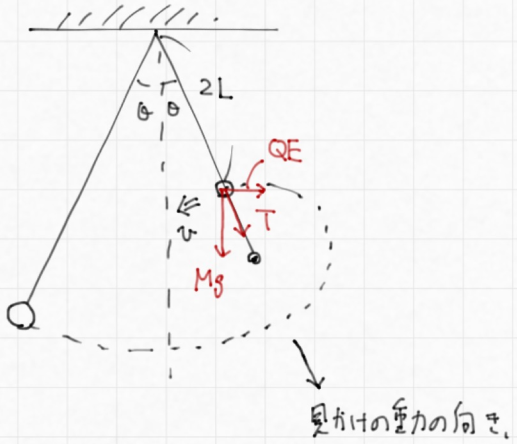
$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\frac{\cancel{3}}{4}\cancel{Mg}(1+2\cos\theta)}{\cancel{3}\cancel{Mg}(1+\cos\theta)} = \frac{1+2\cos\theta}{4(1+\cos\theta)}$$

4.



$$\begin{cases} QE = T\sin\theta \\ T\cos\theta = Mg \end{cases} \qquad QE = Mg\tan\theta \qquad E = \frac{Mg\tan\theta}{Q}$$

藤田医科2020後期



エネルギー

$$0 = \frac{1}{2}Mv^2 + Mg(4L\cos\theta - 2L\cos\theta) - QE(4L\sin\theta + 2L\sin\theta)$$

運動方程式

$$M\frac{v^2}{L} = T + Mg\cos\theta + QE\sin\theta$$

連立して v を消去

$$-4Mg\cos\theta + 12QE\sin\theta = T + Mg\cos\theta + QE\sin\theta$$

$$T = 11\cancel{Q}\sin\theta \cdot \frac{Mg}{\cancel{Q}}\tan\theta - 5Mg\cos\theta$$

$$= Mg\left(\frac{11\sin^2\theta}{\cos\theta} - 5\cos\theta\right) = \frac{Mg}{\cos\theta}\left(11\sin^2\theta - 5\cos^2\theta\right)$$

$11\sin^2\theta - 5\cos^2\theta \geqq 0$ のとき、くぎとOの内にあるひもの位置までたどりつく。

$11(1-\cos^2\theta) - 5\cos^2\theta \geqq 0$ 　　 $\cos^2\theta \leqq \frac{11}{16}$

$\cos 2\theta = 2\cos^2\theta - 1 \leqq \frac{11}{8} - 1 = \frac{3}{8}$ 　　 $\therefore\ \cos 2\theta \leqq \frac{3}{8}$

藤田医科2020後期

4 1. 陰極に光をあてることで電子が飛び出すが、そのためには電子を金属から取り出すためのエネルギーが必要となる。このエネルギーが仕事関数で、仕事関数は金属に固有の値であるため、光を強くしても値は変化しない。また、光子の持っているエネルギーは光の振動数によって決まるため、こちらも、光を強くしても変わらない。以上の理論より、光を強くしても、λ_0の値は変化しない。

2. 飛び出す電子の個数は光の強さ(個数)で決まるので電流は弱くなる。

3. 飛び出す電子の持っている最大エネルギーは、光の波長によって決まる。したがってPの電位が一定以下になると、飛び出した電子がPまでたどりつけなくなってしまう(たどりつくためのエネルギーを有していない)

$$\begin{cases} e \cdot 2.24 = \dfrac{h \cdot 3.00\times10^{8}}{3.00\times10^{-7}} - W & \cdots ① \\ e \cdot 1.20 = \dfrac{h \cdot 3.00\times10^{8}}{4.00\times10^{-7}} - W & \cdots ② \end{cases}$$

4. 上式より $1.20e = 1.20\times1.60\times10^{-19} = \mathbf{1.92\times10^{-19}}$ (J)

5. ①－②　$1.04\times1.60\times10^{-19} = h\left(10^{15} - \frac{3}{4}\cdot10^{15}\right)$

$$h = 4\times1.04\times1.60\times10^{-34} = 6.656\times10^{-34} = \mathbf{6.66\times10^{-34}}$$

$E=h\nu$ より 単位は **J・s**

6. $0 = \dfrac{h\cdot3.00\times10^{8}}{\lambda_0} - W$　ここに②より $W = \frac{3}{4}h\times10^{15} - 1.92\times10^{-19}$ を代入

$$\lambda_0 = \frac{3\times10^{8}h}{W} = \frac{3\times\cancel{10^{8}}\times4\times1.04\times1.60\times\cancel{10^{-34}}^{-7}}{\cancel{\frac{3}{4}}\times\cancel{4}\cdot1.04\times1.60\times\cancel{10^{-34}}\times\cancel{10^{15}} - 1.92\times\cancel{10^{-19}}} = \frac{3\times4\times1.04\times\cancel{1.6}}{3\cdot1.04\times\cancel{1.6} - 1.2\times\cancel{1.6}}\times10^{-7} = \frac{12.48}{1.92}\times10^{-7}$$

$$= \mathbf{6.50\times10^{-7}}$$