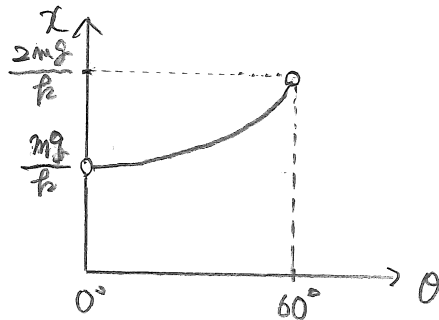


I 問1 はねの伸びを x とする。運動方程式の鉛直成分から、

$$0 = kx \cos \theta - mg$$

$$\text{よって, } x = \frac{mg}{k \cos \theta}$$



問2 角速度を ω とする。

運動方程式の水平成分から、

$$m(L+x) \sin \theta \cdot \omega^2 = kx \sin \theta$$

$$\text{よって, } \omega = \sqrt{\frac{kx}{m(L+x)}} = \sqrt{\frac{kL \cos \theta + mg}{kL \cos \theta + mg}}$$

問3 およりの運動エネルギーを K , はねの弾性エネルギーを U とする。

$$K = \frac{1}{2} m \{(L+x) \sin \theta \cdot \omega\}^2 = \frac{mg}{2k} (kL \cos \theta + mg) \tan^2 \theta$$

$$U = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2k} \left(\frac{mg}{\cos \theta} \right)^2$$

問4 $K < U$ のとき、問3の結果を用いて

$$\cos^2 \theta + \frac{mg}{kL} \cos \theta - 1 > 0$$

$0 < \cos \theta < 1$ のもとで、この2次不等式を解くと

$$\frac{1}{2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{mg}{kL} \right)^2 + 4} - \frac{mg}{kL} \right\} < \cos \theta < 1$$

問5 $K = U$, $\theta = 30^\circ$ のとき、問3の結果を用いて

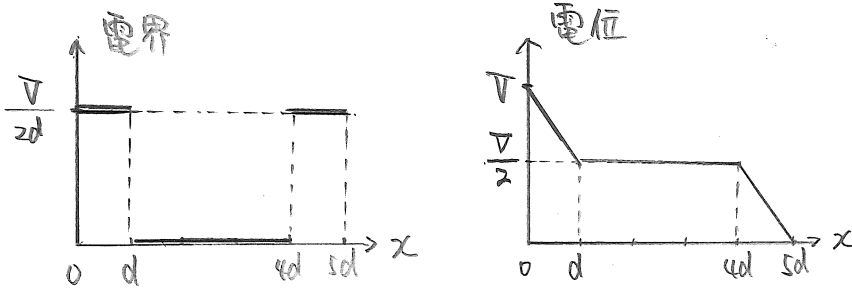
$$\cos^2 30^\circ + \frac{mg}{kL} \cos 30^\circ - 1 = 0$$

$$\text{よって, } m = \frac{kL}{2\sqrt{3}g} = \frac{20 \times 0.10}{2 \times 1.73 \times 9.8} \doteq 0.0589 \doteq \underline{\underline{5.9 \times 10^{-2} \text{ kg}}}$$

II 問1 極板間の電界の強さは $\frac{V}{5d}$

極板の外側の電界の強さは 0

問2



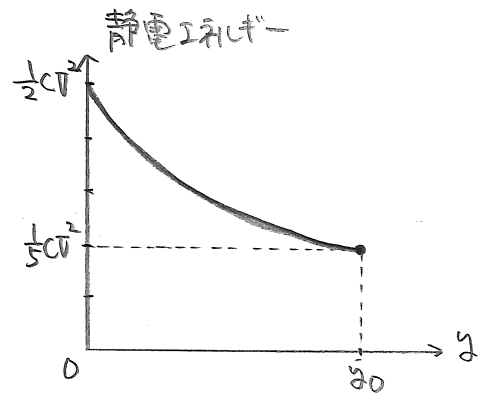
問3 図1の状態ではコンデンサーに蓄えられている電荷量を Q とすると, $Q = CV$ である。

図3の状態での合成容量を C' とすると,

$$C' = \frac{y_0 - y}{y_0} C + \frac{5y}{2y_0} C = \frac{2y_0 + 3y}{2y_0} C$$

電荷量 Q は変化しないので, このとき静電エネルギーは

$$\frac{Q^2}{2C'} = \frac{y_0}{2y_0 + 3y} CV^2$$



問4 導体とコンデンサーの間にはたらく力は 引力 である。

問3のグラフより, y が大きくなると静電エネルギーの減少がゆるやかになっていくので, 力の大きさは 減少 する。

問5 導体の右側表面には $Q + Q_1$, 左側表面には $-Q$ の電荷がそれぞれあるので, 題意より

$$\frac{Q^2}{2 \cdot 5C} + \frac{(Q + Q_1)^2}{2 \cdot 5C} > \frac{Q^2}{2C}$$

$$(Q + Q_1)^2 > 4Q^2$$

よって $Q + Q_1 > 2Q$ または $Q + Q_1 < -2Q$

したがって $Q_1 > CV$ または $Q_1 < -3CV$

Ⅲ

問1 状態Bのときの気体の圧力を P_1 とすると、ピストンにはたらく力のつり合いより

$$P_0 S + Mg = P_1 S$$

ボイルの法則より $P_0 V_0 = P_1 S h_1$

この2式より
$$h_1 = \frac{P_0 V_0}{P_0 S + Mg}$$

問2 ボイル・シャルルの法則より
$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 S h_2}{T_1}$$

よって
$$h_2 = \frac{T_1}{T_0} h_1 = \frac{P_0 V_0 T_1}{(P_0 S + Mg) T_0}$$

問3
$$W_{BC} = P_1 (S h_2 - S h_1) = \frac{(P_0 S + Mg)(h_2 - h_1)}{1} = \frac{P_0 V_0}{T_0} (T_1 - T_0)$$

内部エネルギーの変化 ΔU_{BC} は、 $\Delta U_{BC} = \frac{3}{2} P_1 S (h_2 - h_1) = \frac{3}{2} W_{BC}$ であるから、

熱力学第1法則より

$$Q_{BC} = \Delta U_{BC} + W_{BC} = \frac{5}{2} W_{BC}$$

問4 状態Dのときの気体の圧力を P_2 とすると、ピストンの面に垂直な方向にはたらく力のつり合いより

$$P_0 S + Mg \cos \theta = P_2 S$$

ボイル・シャルルの法則より
$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_2 V_0}{T_1}$$

この2式より
$$\cos \theta = \frac{P_0 S (T_1 - T_0)}{Mg T_0}$$

問5

