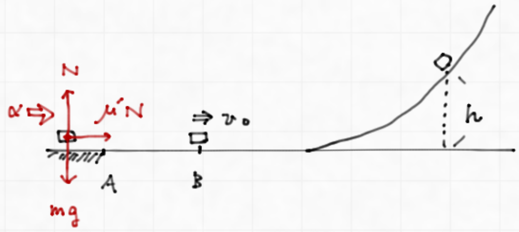
鹿児島大 2021

1 (1) エネルギー保存 $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh$ より $h = \frac{v_0^2}{2g}$



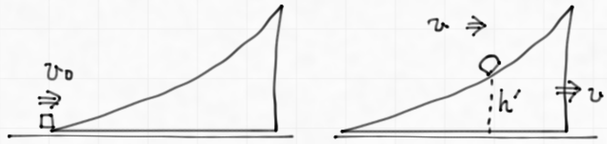
(2) 運動方程式 $m\alpha = \mu' N$

力のつりあい $N = mg$ より $\alpha = \mu' g$

A点以降の移動距離 l は 静止するまでの時間を t として.

$$\begin{cases} l = v_0 t - \frac{1}{2}\mu' g t^2 \\ 0 = v_0 - \mu' g t \end{cases}$$

$$l = v_0 \cdot \frac{v_0}{\mu' g} - \frac{1}{2}\mu' g\left(\frac{v_0}{\mu' g}\right)^2 = \frac{v_0^2}{2\mu' g}$$



(3) (a) 水平方向の運動量は保存する

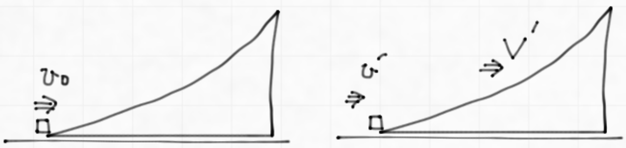
$$mv_0 = mv + Mv \qquad v = \frac{m}{m+M}v_0 \quad (カ)$$

(b) (a)に加えて、エネルギー保存を考える

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(m+M)v^2 + mgh$$

$$h = \frac{1}{2g}v_0^2 - \frac{\cancel{m+M}}{2g}\times\frac{m}{(m+M)^{\cancel{2}}}v_0^2 = \frac{v_0^2}{2g}\times\frac{1}{m+M}(m+M-m) = \frac{Mv_0^2}{2g(m+M)}$$

(4) エネルギー保存



$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv'^2 + \frac{1}{2}MV'^2$$

運動量保存

$$mv_0 = mv' + MV'$$

V'を消す.

$$mv_0^2 = mv'^2 + M\left\{\frac{m}{M}(v_0 - v')\right\}^2$$

$$Mv_0^2 = Mv'^2 + mv_0^2 - 2mv_0v' + mv'^2$$

$$(M+m)v'^2 - 2mv_0v' + mv_0^2 - Mv_0^2 = 0$$

$$v' = \frac{mv_0 \pm \sqrt{m^2v_0^2 + (M^2-m^2)v_0^2}}{M+m} = \frac{m \pm M}{M+m}v_0 = v_0,\ \frac{m-M}{m+M}v_0$$

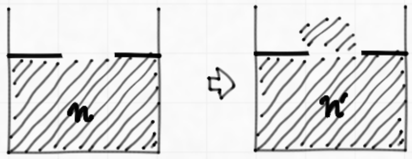
$v' \neq v_0$ は明らかだから. $v' = \frac{m-M}{m+M}v_0$

このとき台の速度は $V' = \frac{m}{M}(v_0 - v') = \frac{2m}{(m+M)}v_0$

小物体の速度 $\frac{m-M}{m+M}v_0$ 台の速度 $\frac{2m}{m+M}v_0$

2

実験1

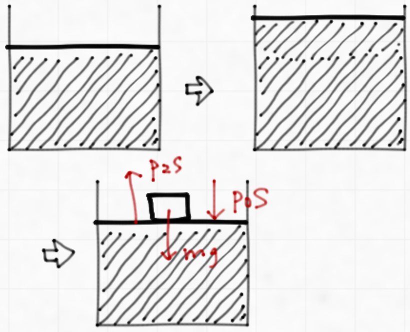


$p_0 V_0 = nRT_0$

$\downarrow$

$p_0 V_0 = n' RT_1$

実験2



$p_0V_0 = nRT_0$

定圧 $\downarrow$ $Q_1 = p_0(V_1-V_0)+nC_v(T_1-T_0)$

$p_0V_1 = nRT_1$

等温 $\downarrow$ $Q_2 = W_2 + 0$

$(p_0+\frac{mg}{S})V_2 = nRT_1$

断熱圧縮 $\downarrow$ $0 = W_3 + nC_v(T_3-T_1)$

$(p_0+\frac{mg}{S})V_3 = nRT_3$

1 $n-n' = n-\frac{p_0V_0}{RT_1} = n-\frac{n\cancel{R}T_0}{\cancel{R}T_1} = \frac{T_1-T_0}{T_1}n$ (A)

2 $V_1 = \frac{T_1}{T_0}V_0$ (B)

3 $W = p_0(V_1-V_0) = \frac{T_1-T_0}{T_0}p_0V_0$ (C)

力のつりあい $p_0S + mg = p_2S$ より 圧力 $p_2 = p_0 + \frac{mg}{S}$ となった (D)

このとき、気体の体積は小さくなっているので 外から仕事をされており (ウ) (E)

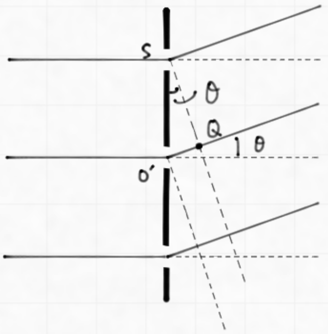
温度が変わっていないことから、内部エネルギーは変わらなかった (イ) (F) と分かる。

4. 断熱的に圧縮され(外から仕事され)ているので内部エネルギーは増加する (ア) (G)

よって気体の温度は上がった (ア) (H) と分かる。

V_2 と V_3 を比べると、温度が高いことから V_3 の方が大きい ($V_3>V_2$) と分かる。 (ア) (I)

3



(1) $\angle O'SQ = \theta$ だから

$O'Q = d\sin\theta$ (A)

これが光路差となっている

また強めあうのは、光路差が波長の整数倍となっているときで、

$$d\sin\theta = m\lambda \quad \text{(ウ)} \quad \text{(B)}$$

$$\fallingdotseq d\cdot\frac{x}{l}$$

より、$x = \dfrac{ml\lambda}{d}$ (C)

点Oで強めあう条件は $m=0$ に相当するので波長によらず強めあい、

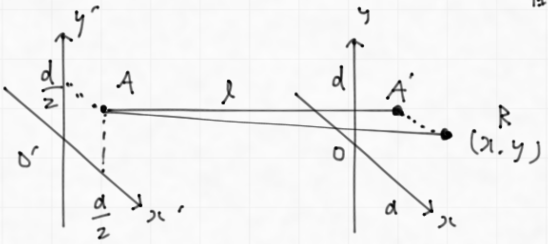
その結果、Oでは白色の明線が観察される (カ) (D)

それに対し、$m=1$ のときは $x = \dfrac{l\lambda}{d}$ となることから分かるように、

波長が短いほど x は小さく、したがって点Oに近い位置で強めあう

赤、緑、青の順に波長が短くなっていくので、点Oの外側に

観察されるのは **青、緑、赤** の順となる。(E)



$$AR = \sqrt{l^2 + \left(x-\frac{d}{2}\right)^2 + \left(y-\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$= l\left\{1 + \left(\frac{x-\frac{d}{2}}{l}\right)^2 + \left(\frac{y-\frac{d}{2}}{l}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\fallingdotseq l\left\{1 + \frac{1}{2}\left(\frac{x-\frac{d}{2}}{l}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{y-\frac{d}{2}}{l}\right)^2\right\}$$

$$= l + \frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \frac{\left(y-\frac{d}{2}\right)^2}{2l}$$

同様に $BR = l + \dfrac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \dfrac{\left(y-\frac{d}{2}\right)^2}{2l}$、 $CR = l + \dfrac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \dfrac{\left(y+\frac{d}{2}\right)^2}{2l}$、 $DR = l + \dfrac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \dfrac{\left(y+\frac{d}{2}\right)^2}{2l}$

$$BR - AR = \cancel{l} + \frac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \frac{\left(y-\frac{d}{2}\right)^2}{2l} - \left\{\cancel{l} + \frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \frac{\left(y-\frac{d}{2}\right)^2}{2l}\right\} = \frac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{2l} - \frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2l} = \frac{xd}{l}$$

$$CR - AR = l + \frac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \frac{\left(y+\frac{d}{2}\right)^2}{2l} - \left\{l + \frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \frac{\left(y-\frac{d}{2}\right)^2}{2l}\right\} = \frac{xd}{l} + \frac{yd}{l}$$

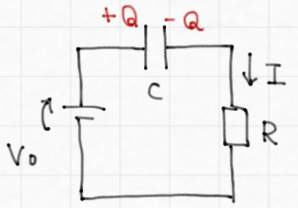
$$DR - AR = l + \frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \frac{\left(y+\frac{d}{2}\right)^2}{2l} - \left\{l + \frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2l} + \frac{\left(y-\frac{d}{2}\right)^2}{2l}\right\} = \frac{yd}{l}$$

(3) (2)の結果に $x = \dfrac{l\lambda}{d}$、 $y = \dfrac{l\lambda}{d}$ を代入、

$BR - AR = \lambda$、 $CR - AR = \lambda + \lambda = 2\lambda$ $DR - AR = \lambda$

全て波長の整数倍となっているので **強めあう**

4



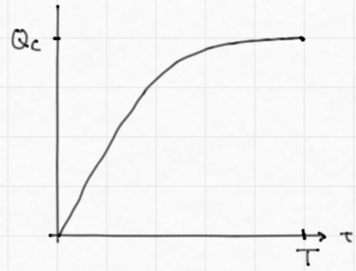
(1) $0<t<T$ のとき

$$V_0 = \frac{Q}{C} + IR$$

$t\to 0$のとき　$Q\to 0$　$I\to I_0$　　$I_0 = \frac{V_0}{R}$

$t\to T$のとき　$I\to 0$　$Q\to Q_c$　　$Q_c = CV_0$

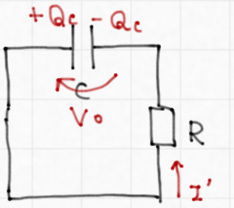
(2) 電流が大きいほどQの増加率は大きいので、下のようになる。



(3) $E_c = \frac{1}{2}CV_0^2 = \frac{1}{2}Q_cV_0$

電池を通り抜ける電荷はQ_cだから電池のした仕事はQ_cV_0
それに対し、コンデンサーに蓄えられているエネルギーは$\frac{1}{2}Q_cV_0$で、残りの$\frac{1}{2}Q_cV_0$が
抵抗で消費されたと分かる

$$E_R = Q_cV_0 - \frac{1}{2}Q_cV_0 = \frac{1}{2}Q_cV_0$$



(4) $t=T$でスイッチを切り替えた直後、

$0 = -\frac{Q_c}{C} + I'R$　　$I' = \frac{V_0}{R} = I_0$

したがって　$t=2T$までにコンデンサーの電荷はなくなり、$t=2T$では、0となる