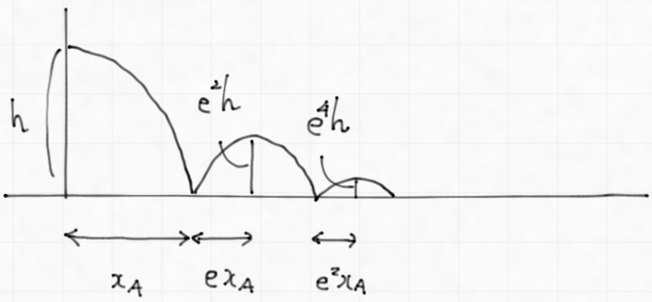
名古屋大学2022

1 (1) 床に達するまでの時間は $h=\frac{1}{2}gt^2$ より $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ $\therefore$ $x_A = vt = v\sqrt{\frac{2h}{g}}$

(2) はねかえったとき、y方向の速さは e倍、エネルギーは e^2倍になるので



はねかえってから最高点までに要する時間は $\sqrt{\frac{2h}{g}}\times e$

x方向の移動距離は $x_A\times e$

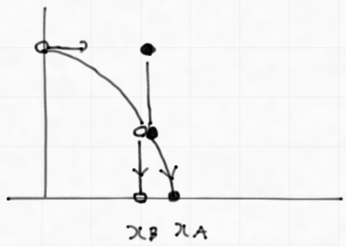
よって $x = x_A + 2ex_A = (1+2e)x_A$

のとき、2度目の衝突をする。

(3) $x_A > x_B$ のとき、空中で衝突する

$v\sqrt{\frac{2h}{g}} > x_B$ $\quad v > x_B\sqrt{\frac{g}{2h}}$

(4) 同じ質量mの物質が弾性衝突したとき、速度はいれかわる



Aは $x=x_B$ に落下、Bは $x=x_A$ に落下する

(5) 水平方向の速度が $\frac{1}{2}$ になる（$\because$ 運動量保存）

A, Bは一体化して $x_B + (x_A - x_B)\times\frac{1}{2} = \frac{x_A+x_B}{2}$ に落下する

(6) 水平方向の速度が変わることでエネルギーが変化する

$\Delta U = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}2m\left(\frac{v}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}mv^2$

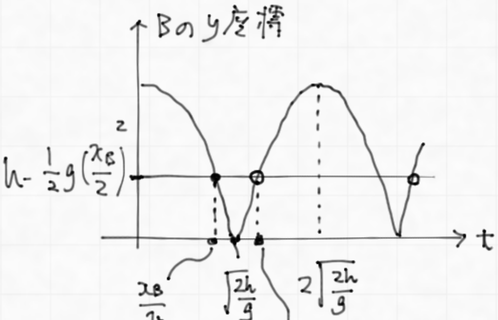
エネルギーの減少分は音や熱に変わる

(7) 落下中のBとAが衝突するとき、Bから見たAの垂直方向の相対速度が0でなければいけない

よって落下中のBと衝突するのはBが高さhまで上がってきたタイミングでAを投げ出したとき

$T = \sqrt{\frac{2h}{g}}\times 2n = 2n\sqrt{\frac{2h}{g}}$

Aが $x=x_B$ を通るときのy座標は $y = h - \frac{1}{2}g\left(\frac{x_B}{v}\right)^2$



左グラフより

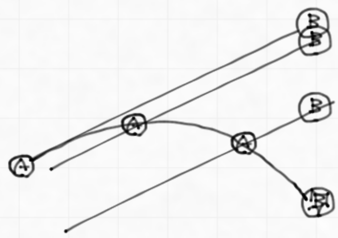
$2n\sqrt{\frac{2h}{g}} - \frac{x_B}{v}$ のときy座標が $h-\frac{1}{2}g\left(\frac{x_B}{v}\right)^2$ で、

Bが上昇中となるので、その $\frac{x_B}{v}$ 秒前にAを投げ出せばよい

$T = 2n\sqrt{\frac{2h}{g}} - 2\frac{x_B}{v}$

(8) モンキーハンティング $H = h + x_B\tan\theta$

(9) (ウ)



2

(1) $qV = \frac{1}{2}mv_1^2$ より $v_1 = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$

(2) $qE = m\frac{v_1^2}{R}$ に(1)の結果を代入 $qE = \frac{2qV}{R}$ より $R = \frac{2V}{E}$

(3) S_1を通過した後、進行方向に働く力は受けていないので v_1～v_5は全て等しい (イ)

(4) 領域2内での(円運動の)運動方程式

$$m\frac{v_1^2}{\frac{L}{2}} = qv_1B \qquad L = \frac{2mv_1^{\cancel{2}}}{q\cancel{v_1}B} = \frac{2m}{qB}\sqrt{\frac{2qV}{m}} = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

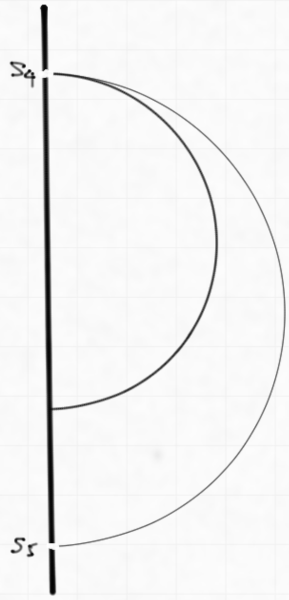
(5) (2)より $V = \frac{RE}{2}$ (4)より $L^2 = \frac{8}{B^2}\cdot\frac{mV}{q}$

Vを消去 $L^2 = \frac{\cancel{8}^{4}}{B^2}\cdot\frac{m}{q}\cdot\frac{RE}{\cancel{2}}$ $\quad E = \frac{L^2B^2q}{4mR}$

(6) S_1を通過する速度は $v_1' = \sqrt{\frac{2qV}{m/2}} = 2\sqrt{\frac{qV}{m}} = \sqrt{2}v_1$

領域(1)は速度によらず通過できる

$$L' = \frac{2\frac{1}{2}mv_1'}{qB} = \frac{\sqrt{2}mv_1}{qB} = \frac{L}{\sqrt{2}}$$ よって半径 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ の半円を描く



(7) $R = \frac{2V}{E}$ に値を代入

$$E = \frac{2\times 1.00\times 10^4}{1.00} = 2.00\times 10^4 \ (V/m)$$

(8) $L = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$ に値を代入

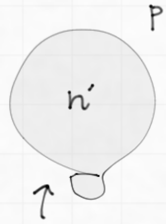
$$L = \frac{2}{1.00\times 10^{-1}}\sqrt{\frac{2\cdot 1.99\times 10^{-26}\times 10^4}{1.60\times 10^{-19}}} \fallingdotseq 20\times 10^{-1}\times\frac{1}{4}\times\sqrt{2}\times\sqrt{1.99}$$

$$L' = \frac{2}{1.00\times 10^{-1}}\sqrt{\frac{2\cdot 2.32\times 10^{-26}\times 10^4}{1.60\times 10^{-19}}} = 20\times 10^{-1}\times\frac{1}{4}\times\sqrt{2}\times\sqrt{2.32}$$

$$L' - L = 0.707(1.52 - 1.41) = 0.07777$$ (ウ)

3

$PV_b = n'RT_0$



押しのけている気体

$$PV_0 = nRT_0$$

定圧 ↓

$$Q = P(V_b - V_0) + nC_v(T_b - T_0) = mC(T_b - T_0)$$

$$PV_b = nRT_b \quad , \quad n'Ag = mg + Mg \quad , \quad n' = \frac{PV_b}{RT_0}$$

(1) $m = nA = \dfrac{PV_bA}{RT_b}$

(2) $F = n'Ag = \dfrac{PV_b}{RT_0}Ag$

$$F = mg + Mg$$

$$\frac{\cancel{P}V_b}{\cancel{R}T_0}\cancel{A} = \frac{\cancel{P}V_b\cancel{A}}{\cancel{R}T_b} + MR\times\frac{1}{PA}$$

$$\frac{V_b}{T_b} = \frac{V_b}{T_0} - \frac{MR}{PA}$$

$$T_b = \frac{V_b}{\frac{V_b}{T_0} - \frac{MR}{PA}} = \frac{T_0V_bPA}{V_bPA - T_0MR}$$

(3) $Q = mC(T_b - T_0)$

$$= \frac{PV_bA}{RT_b}C(T_b - T_0) = \frac{PV_bAC}{R}\left(1 - \frac{T_0}{T_b}\right) = \frac{\cancel{P}\cancel{V_b}\cancel{A}C}{\cancel{R}}\left(\frac{\cancel{T_0V_bPA} - \cancel{T_0V_bPA} + T_0^{\cancel{2}}M\cancel{R}}{\cancel{T_0}\cancel{V_b}\cancel{PA}}\right) = CT_0M$$

(4) $P_1V_1 = \dfrac{m}{A}RT_1$

$$m = \frac{P_1V_1A}{RT_1} = \frac{10^{\cancel{5}}\cdot\cancel{24.9}\cdot 2.90\times\cancel{10^{-2}}}{\cancel{8.3}\times\cancel{300}} = 29.0\ (\mathrm{kg})$$

断熱膨張 ↓

$$0 = W + mC_v(T_2 - T_1)$$

$$P_1V_1^{1.4} = P_2V_2^{1.4}$$

$$P_2V_2 = \frac{m}{A}RT_2$$

(5) (あ) $V_1^{1.4} = \frac{1}{2}V_2^{1.4}$ $\quad V_2 = 2^{\frac{1}{1.4}}V_1$ ア

(い) $\dfrac{P_2V_2}{T_2} = \dfrac{P_1V_1}{T_1}$ より $T_2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{V_2}{V_1}T_1 = 2^{\frac{1}{1.4}-1}T_1$

$$= 1.641\times\frac{1}{2}\times300 = 246\ (\mathrm{K})$$

$$P_2V_2 = \frac{m}{A}R(T_2 + \Delta T)$$

(6) (あ) $5.00\times10^{-2}\times2.80\times10^{6} = 1.4\times10^{5}$ J の熱が発生 エ

(い) $mC\Delta T = 1.4\times10^{5}$

$$\Delta T = \frac{1.4\times10^5}{29\times10^3} = \frac{140}{29} \fallingdotseq 4.8\ (\mathrm{K})$$

断熱圧縮 ↓

$$P_2V_2^{1.4} = P_1V_1^{1.4}$$

$$P_1V_1 = \frac{m}{A}RT_3$$

(7) $\dfrac{PV}{T}$ = 一定 と $P^{\frac{1}{1.4}}V$ = 一定 を用いる

$$P^{\frac{1}{1.4}-1}T = \text{一定}$$

$$P_2^{\frac{1}{1.4}-1}(T_2 + \Delta T) = P_1^{\frac{1}{1.4}-1}T_3$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{1.4}}\times 2\,(T_2 + \Delta T) = T_3 \qquad T_3 = 1.219(T_2 + \Delta T)$$

また、$T_2 = 0.8205T_1$

$$\frac{T_3 - T_1}{\Delta T} = \frac{1.219\cdot0.8205T_1 + 1.219\Delta T - T_1}{\Delta T} = 1.219 = 1.2\ \text{倍}$$