2020 日本大学

Eは光電子の最大エネルギー　Wは仕事関数

$$E \leqq h\nu - W$$

$\boxed{5}$ (1) 公式　$E = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$　②

(2) ① 光子は電荷を持たない　誤り

② 光子の持つエネルギーは振動数に比例するので飛び出す光電子のエネルギーも変わる　誤り

③ 金属によって、仕事関数の値は異なる　誤り

④ 仕事関数が変わるので光電子の最大エネルギーも変わる　誤り

⑤ 正しい

⑥ 光電子の持つ最大エネルギーは光子の持つエネルギーで決まり、光子のエネルギーは振動数にのみ依存している　誤り

(3) $h\nu_0 = W$ より　$\nu_0 = \dfrac{W}{h}$　④

(4) $K = h\nu_1 - W = h\nu_1 - h\nu_0 = h(\nu_1 - \nu_0)$　⑥

(5) $K = h\nu - W$ で $h\nu = E$ とおいているので

$$K = E - W$$

Wが大きくなると切片が小さくなる。また傾きは一定（値は1）　④

2020 日本大学

$\boxed{4}$

(1) $U_0 = \frac{3}{2}nRT_0 = \frac{3}{2}2p_0V_0 = \mathbf{3p_0V_0}$ ⑥

(2) 自由膨張では内部エネルギーの変化はない

$T_1 = \mathbf{T_0}$ ③

(3) $p_0\frac{3}{2}V_0 = \frac{n}{2}RT_2$ より

$T_2 = \frac{3p_0V_0}{nR} = 3p_0V_0 \times \frac{T_0}{2p_0V_0}$

$= \frac{3}{2}T_0 = \mathbf{\frac{3}{2}T_1}$ ③

(4) $p_0\left(\frac{3}{2}V_0 - V_0\right) = \mathbf{\frac{1}{2}p_0V_0}$ ①

(5) (*) より

$\frac{\cancel{3}}{\cancel{4}_2}\cancel{nR}T_2 + \frac{\cancel{3}}{\cancel{4}_2}\cancel{nR}T_0 = \frac{\cancel{3}}{\cancel{2}}\cancel{nR}T_3$

$\frac{3}{4}T_0 + \frac{1}{2}T_0 = T_3$

$T_3 = \frac{5}{4}T_0 = \mathbf{\frac{5}{4}T_1}$ ②

$2p_0V_0 = nRT_0$ $\quad U_0 = \frac{3}{2}nRT_0$

$\downarrow$ 自由膨張 $\quad 0 = 0 + 0$

$p_0 \cdot 2V_0 = nRT_0$

(Bのみだと) $p_0V_0 = \frac{n}{2}RT_0$ $\quad$ Bのみ

$\downarrow$ 定圧 $\quad Q_{12} = p_0\left(\frac{3}{2}V_0 - V_0\right) + \frac{3}{2}\frac{n}{2}R(T_2 - T_0)$

$p_0\frac{3}{2}V_0 = \frac{n}{2}RT_2$ $\quad = \frac{5}{2}\frac{n}{2}R(T_2 - T_0)$

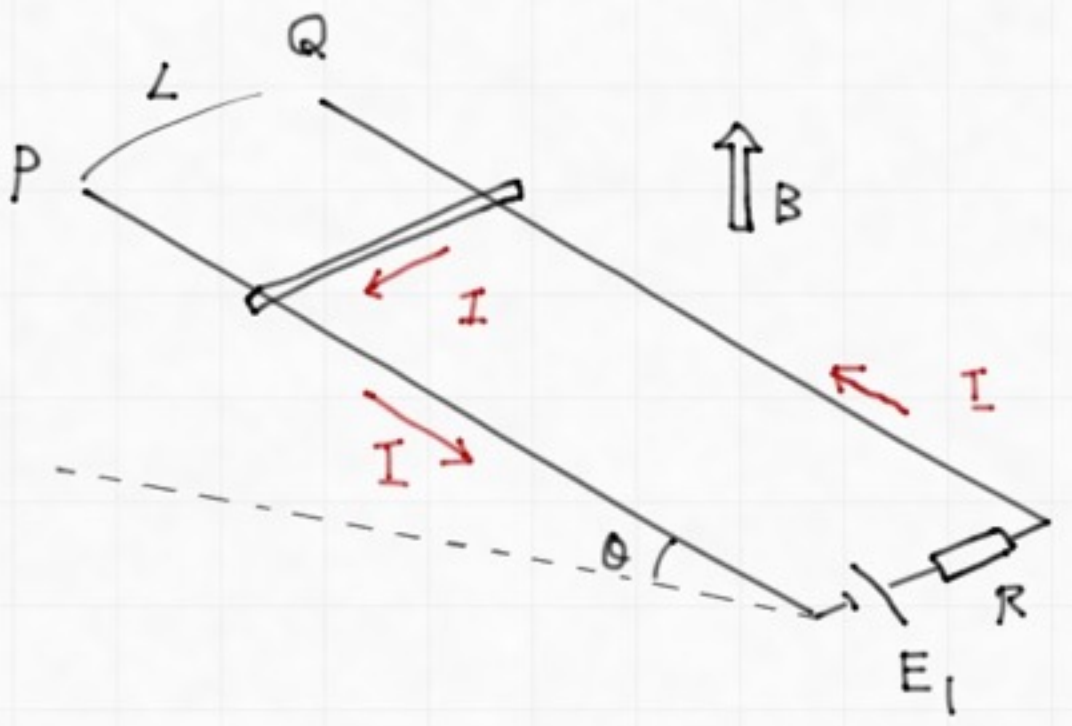
$\downarrow$ 混合 $\quad$ 内部エネルギー保存

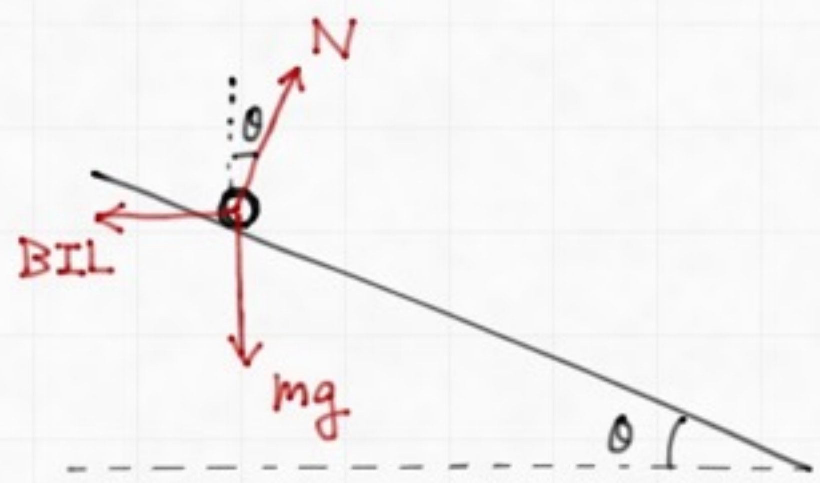
$\underset{(B)}{\frac{3}{2}\frac{n}{2}RT_2} + \underset{(A)}{\frac{3}{2}\cdot\frac{n}{2}RT_0} = \frac{3}{2}nRT_3 \quad \cdots (*)$

$p \cdot \frac{5}{2}V_0 = nRT_3$

2020 日本大学

$\boxed{3}$





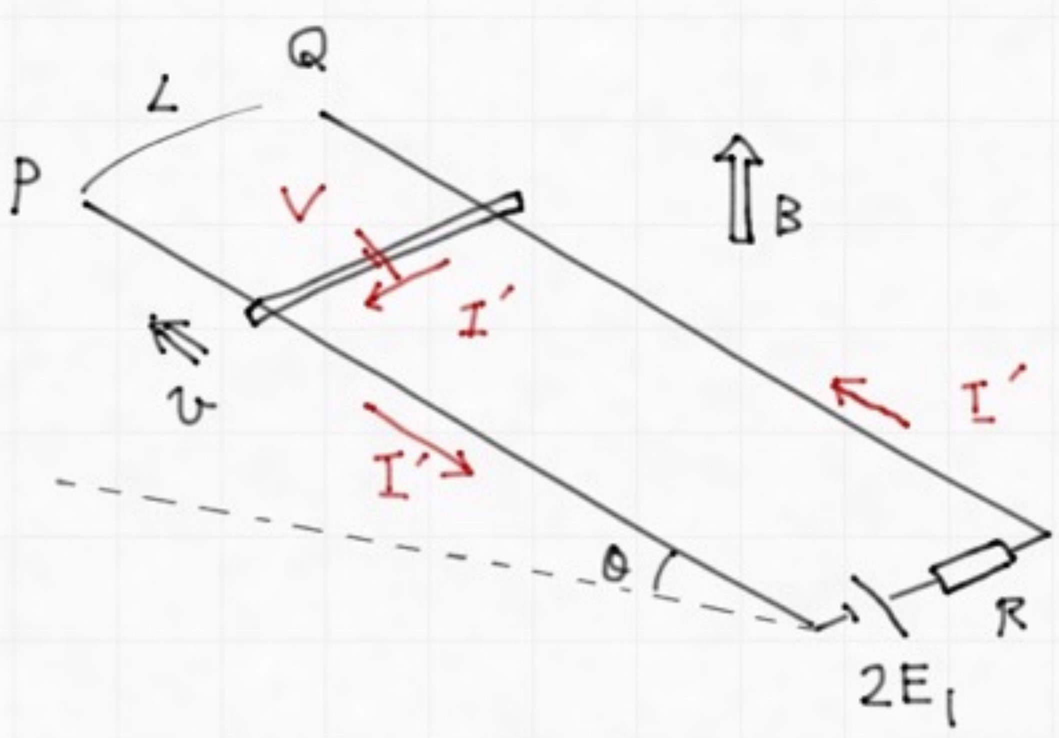
回路の式　$E_1 = IR$

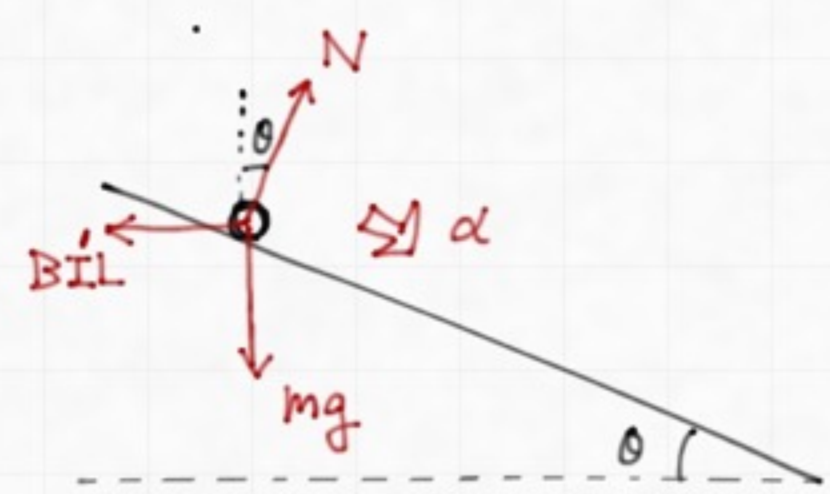
力のつりあい
$$\begin{cases} BIL = N\sin\theta \\ mg = N\cos\theta \end{cases}$$

(1)　$BIL = BL\dfrac{E_1}{R} = \dfrac{BLE_1}{R}$　①

(2)　上の式を連立して　$BIL = mg\tan\theta$

ここに $I = \dfrac{E_1}{R}$ を代入　$\dfrac{BE_1L}{R} = mg\tan\theta$　　$E_1 = \dfrac{mgR\tan\theta}{BL}$　③



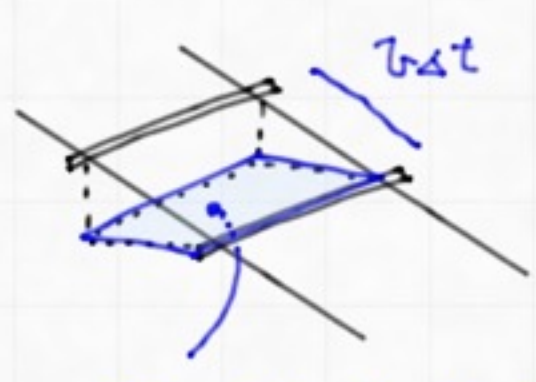


回路の式　$2E_1 - V = I'R$

力のつりあい　$N = BI'L\sin\theta + mg\cos\theta$

運動方程式　$m\alpha = BI'L\cos\theta - mg\sin\theta$

(3)



$\Delta S = v\Delta t \times L \times \cos\theta$　　$V = B\dfrac{\Delta S}{\Delta t} = BvL\cos\theta$　③

(4)　$I' = \dfrac{1}{R}(2E_1 - V)$ を運動方程式に代入

$$m\alpha = BL\cos\theta \times \left(\frac{2E_1 - V}{R}\right) - mg\sin\theta$$

$$\alpha = \frac{(2E_1 - V)BL\cos\theta}{mR} - g\sin\theta \quad ④$$

(5)　$\alpha \to 0$ となったとき等速になる。$V = BvL\cos\theta$, $E_1 = \dfrac{mgR\tan\theta}{BL}$ を代入

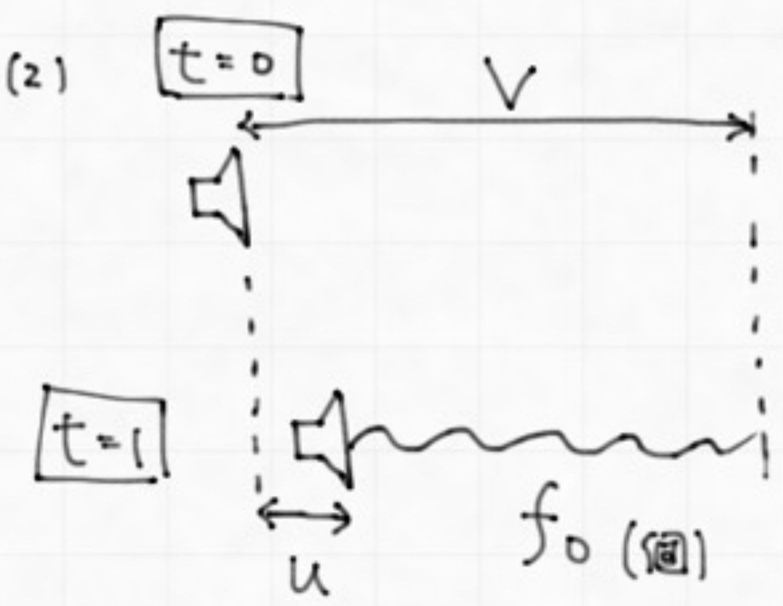
$$\left(\frac{2mgR\tan\theta}{\cancel{BL}} - B^2vL^2\cos\theta\right)\cancel{BL}\cos\theta = mRg\sin\theta$$

$$mgR\sin\theta = B^2L^2v\cos^2\theta \qquad v = \frac{mgR\sin\theta}{B^2L^2\cos^2\theta} \quad ①$$

2020 日本大学

$\boxed{2}$ (1) $f_0 t$ ③

(2)



左図より $\lambda_s = \dfrac{V-u}{f_0}$ ⑤

(3) 反射板Rが観測する波の振動数を f_2' とすると、

$$f_2' = f_0 \times \frac{V-v}{V-u} = \frac{V-v}{\lambda_s}$$

時間tの間に観測する波の個数は $f_2' t = \dfrac{V-v}{\lambda_s} t$ ⑥

(4) f_2' の波を発しながら観測者Oから遠ざかると考える

反射音の振動数を f_2 として

$$f_2 = f_2' \times \frac{V}{V+v} = \frac{(V-v)V}{(V-u)(V+v)} f_0$$

反射音の速度はVなので波長を λ_2 として

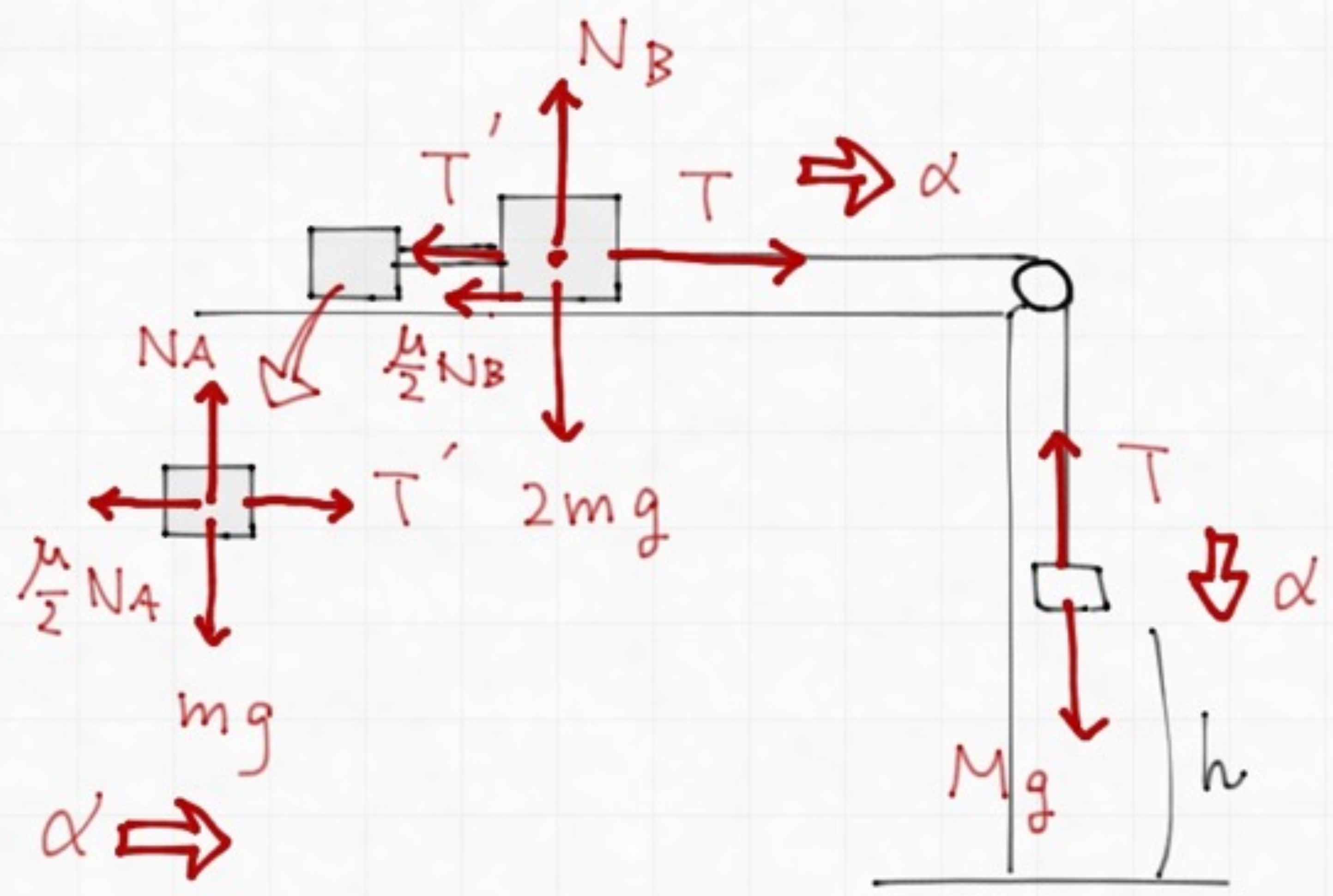
$$\lambda_2 = \frac{V}{f_2} = \frac{(V-u)(V+v)}{(V-v)f_0} \quad ②$$

(5) 直接音の振動数は

$$f_1 = f_0 \times \frac{V}{V-u}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\dfrac{\cancel{V}}{\cancel{V-u}}\cancel{f_0}}{\dfrac{(V-v)\cancel{V}}{(\cancel{V-u})(V+v)}\cancel{f_0}} = \frac{V+v}{V-v} = 1.1 \quad より \quad V+v = 1.1V - 1.1v$$

$$v = \frac{0.1}{2.1} V = \frac{0.1}{2.1} \times 340 = 16.\cdots \quad ④$$



$$\begin{cases} 2m\alpha = T - T' - \frac{\mu}{2}N_B \ , \ N_B = 2mg \\ m\alpha = T' - \frac{\mu}{2}N_A \ , \ N_A = mg \\ M\alpha = Mg - T \end{cases}$$

(4) T と T' を消す

$$3m\alpha + M\alpha = Mg - \frac{1}{2}\mu \cdot 2mg - \frac{1}{2}\mu \cdot mg$$

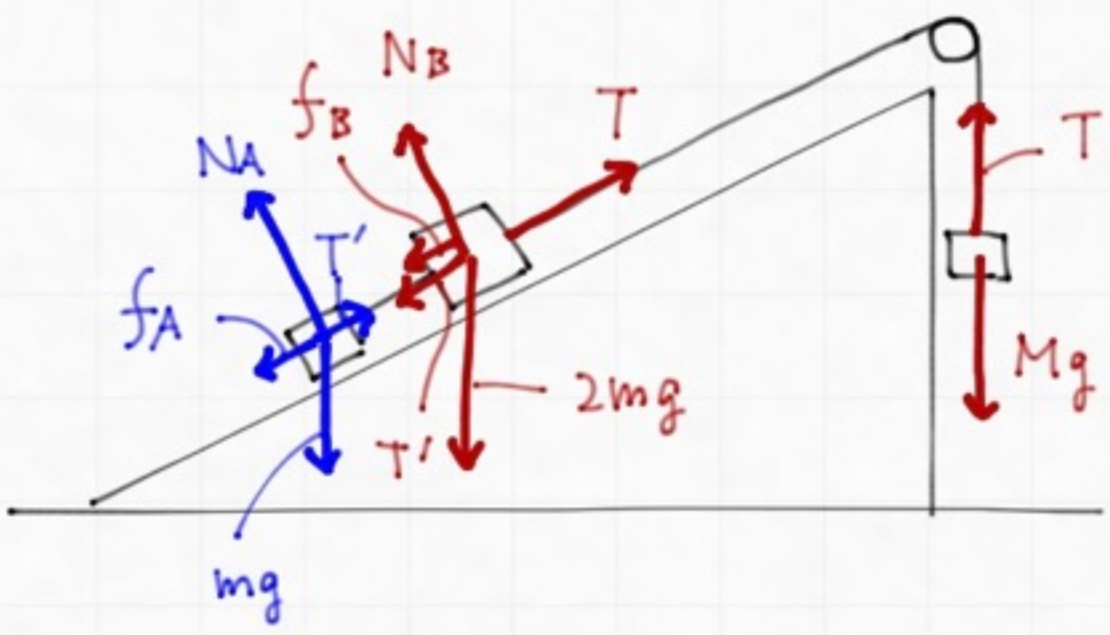
$$\alpha = \frac{Mg - \frac{3}{2}\mu mg}{3m + M} = \frac{2Mg - 3\mu mg}{6m + 2M} = \frac{Mg}{6m + 2M} \quad \left(\because \mu = \frac{M}{3m}\right)$$

$$T' = m\alpha + \frac{1}{2}\mu mg = \frac{mMg}{6m + 2M} + \frac{1}{6}Mg = \frac{3mMg + 3mMg + M^2 g}{18m + 6M}$$

$$= \frac{Mg(6m + M)}{18m + 6M} \quad ①$$

(5) $\frac{1}{2}\alpha t^2 = h$ より $\quad t = \sqrt{\frac{2h}{\alpha}} = \sqrt{2h \times \frac{6m + 2M}{Mg}} = 2\sqrt{\frac{h(3m + M)}{Mg}} \quad ⑥$

2020 日本大学



Aについて　$T' = f_A + mg\sin\theta$

$N_A = mg\cos\theta$

$-\mu N_A \leqq f_A \leqq \mu N_A$

Bについて　$\begin{cases} T = f_B + T' + 2mg\sin\theta \\ N_B = 2mg\cos\theta \end{cases}$

$-\mu N_B \leqq f_B \leqq -\mu N_B$

Cについて　$T = Mg$

(1) $T = Mg$　④

(2) 連立して f_A, f_B, N_A, N_B を消去する

$-\mu mg\cos\theta \leqq T' - mg\sin\theta \leqq \mu mg\cos\theta$ …①

$-2\mu mg\cos\theta \leqq T - T' - 2mg\sin\theta \leqq 2\mu mg\cos\theta$

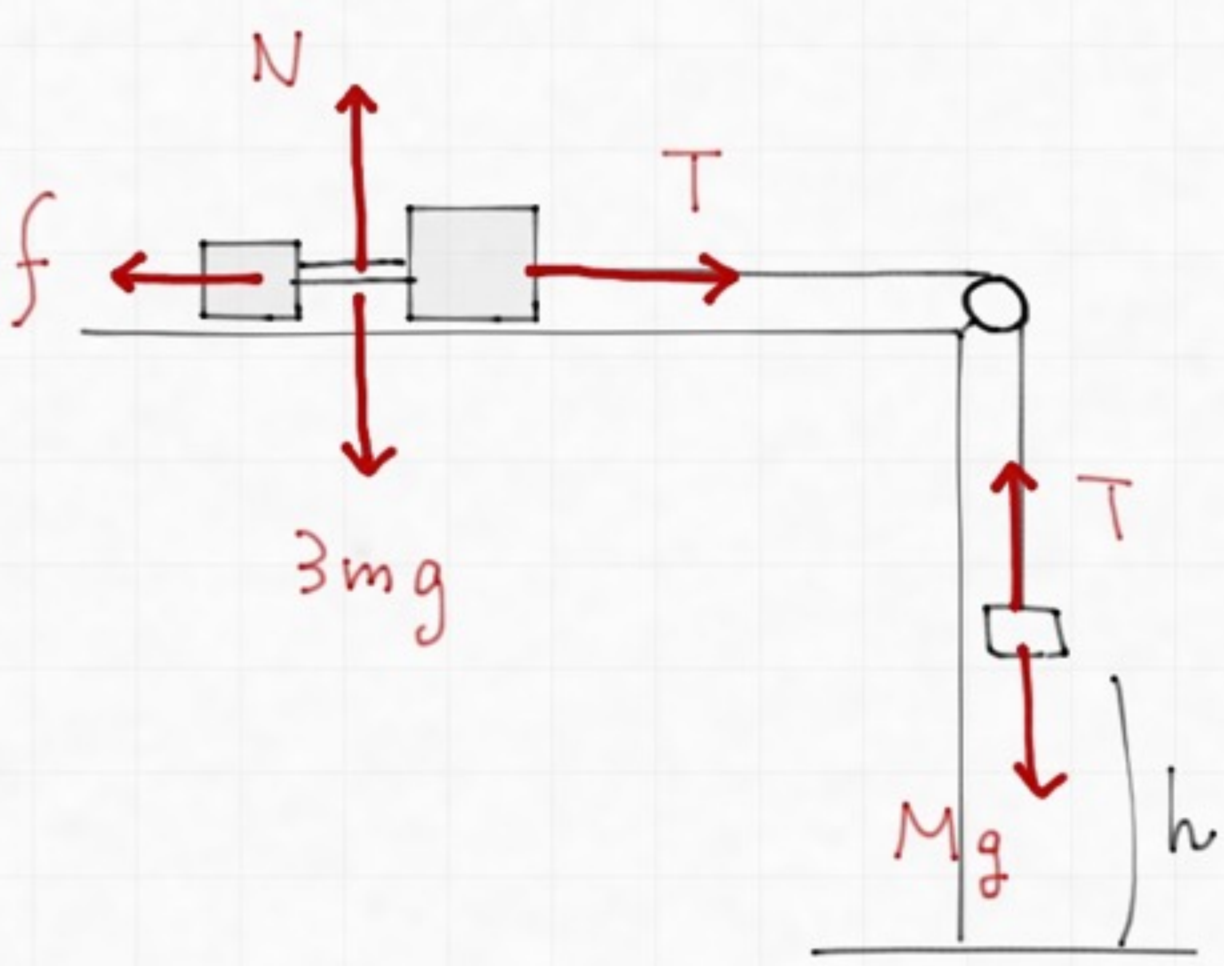
Tを消す　$-2\mu mg\cos\theta \leqq Mg - T' - 2mg\sin\theta \leqq 2\mu mg\cos\theta$ …②

② より　$Mg \geqq T' + 2mg\sin\theta - 2\mu mg\cos\theta$

① より　$T' \geqq mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta$ を代入

$Mg \geqq mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta + 2mg\sin\theta - 2\mu mg\cos\theta$

$M = 3m(\sin\theta - \mu\cos\theta)$　②



AとBを一体とみて、

$T = f \leqq \mu N$

$N = 3mg$

Cについて　$T = Mg$

(3) 等号成立は、$Mg = \mu \times 3mg$　$\mu = \dfrac{M}{3m}$　③