P2JR

本科２期９月度

解答

Ｚ会東大進学教室

高２東大物理導入

1章　力と運動（1）

問題

■演習

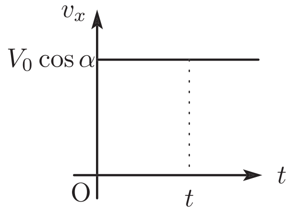
【1】

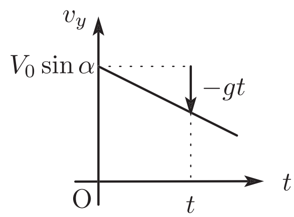
《解答》

加速度の x，y 成分をそれぞれ a_x，a_y とすると，運動方程式は，

$$\begin{cases} ma_x = 0 \\ ma_y = -mg \end{cases} \qquad \therefore \quad \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

これと初速度の x，y 成分より，各方向の $v-t$ グラフは右図のようになる．





(1) $\begin{cases} v_x(0) = V_0 \cos\alpha \\ v_y(0) = V_0 \sin\alpha \end{cases}$

(2) $\begin{cases} v_x(t) = V_0 \cos\alpha \\ v_y(t) = V_0 \sin\alpha - gt \end{cases}$

(3) 各方向の $v-t$ グラフと t 軸の間の面積より，

$$\begin{cases} x(t) = V_0 \cos\alpha \cdot t \\ y(t) = V_0 \sin\alpha \cdot t - \dfrac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

(4) 三角形の相似に注目すると，

$$\frac{H}{L} = \frac{y}{x} \qquad \therefore \quad H = \frac{y}{x}L$$

(5) (3) で求めた x，y を (4) に代入することにより，

$$H = L\tan\alpha - \frac{gL}{2V_0\cos\alpha}t$$

(6) (5) より，時間 $\varDelta t$ の間の高さ H の変化は，

$$\varDelta H = -\frac{gL}{2V_0\cos\alpha}\varDelta t \qquad \therefore \quad \left|\frac{\varDelta H}{\varDelta t}\right| = \frac{gL}{2V_0\cos\alpha}$$

【2】

《解答》

(1) P を投射した時刻を $t=0$ とすると，時刻 t での P の速度の x，y 成分は，

$$\begin{cases} v_x = v_0\cos 60^\circ \\ v_y = v_0\sin 60^\circ - gt \end{cases}$$

B 点で $v_y = 0$ となるので，求める時間 t_B は

$$v_0\sin 60^\circ - gt_\mathrm{B} = 0 \qquad \therefore \quad t_\mathrm{B} = \frac{\sqrt{3}v_0}{2g}$$

(2) $v_y - t$ グラフと t 軸の間の面積より，

$$y = v_0\sin 60^\circ \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

$t = t_\mathrm{B}$ における高さ y_B は，

$$y_\mathrm{B} = \frac{\sqrt{3}v_0}{2}\cdot\frac{\sqrt{3}v_0}{2g} - \frac{g}{2}\left(\frac{\sqrt{3}v_0}{2g}\right)^2 = \frac{3{v_0}^2}{8g}$$

(3) Q を投射した時刻を $t'=0$ とすると，時刻 t' での Q の速度の x，y 成分は，

$$\begin{cases} {v_x}' = 0 \\ {v_y}' = v_0 - gt' \end{cases}$$

${v_y}' - t'$ グラフと t' 軸の間の面積より，

$$y' = v_0t' - \frac{1}{2}gt'^2$$

$y' = y_\mathrm{B}$ となったときに衝突する．その時刻 ${t_\mathrm{B}}'$ は，

$$v_0{t_\mathrm{B}}' - \frac{1}{2}g{t_\mathrm{B}}'^2 = \frac{3{v_0}^2}{8g} \qquad \therefore \quad {t_\mathrm{B}}' = \frac{v_0}{2g},\quad \frac{3v_0}{2g}$$

Q が B 点を最初に通過する ${t_\mathrm{B}}' = \dfrac{v_0}{2g}$ における速度は，

$$\begin{cases} {v_x}' = 0 \\ {v_y}' = v_0 - g\cdot\dfrac{v_0}{2g} = \dfrac{v_0}{2} \end{cases} \qquad \therefore \quad (\text{Q の速さ}) = \frac{v_0}{2}$$

(4) 求める時間は t_B と ${t_\mathrm{B}}'$ の差に相当するので，

$$t_\mathrm{B} - {t_\mathrm{B}}' = \frac{\sqrt{3}v_0}{2g} - \frac{v_0}{2g} = \frac{(\sqrt{3}-1)v_0}{2g}$$

【3】

《解答》

(ア) $v_x = v_0 \cos\theta$

(イ) $v_y = v_0 \sin\theta - gt$

(ウ) $x = v_0 t \cos\theta$

(エ) $y = v_0 t \sin\theta - \dfrac{1}{2}gt^2$

(オ) 物体 B の加速度の大きさを a とすると，物体 B の運動方程式は,

$$Ma = Mg\sin\alpha \qquad \therefore \quad a = g\sin\alpha$$

また，初速度は 0 なので，時刻 t での物体 B の速さ V は,

$$V = at = g\sin\alpha \cdot t$$

(カ) $V-t$ グラフと t 軸の間の面積より,

$$\overline{\mathrm{OB}} = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}g\sin\alpha \cdot t^2$$

(キ) $X = \overline{\mathrm{OB}}\cos\alpha = \dfrac{1}{2}g\sin\alpha\cos\alpha \cdot t^2$

(ク) $Y = -\overline{\mathrm{OB}}\sin\alpha = -\dfrac{1}{2}g\sin^2\alpha \cdot t^2$

(ケ) 条件 $x = X$ より,

$$v_0 t\cos\theta = \frac{1}{2}g\sin\alpha\cos\alpha \cdot t^2 \qquad \therefore \quad v_0\cos\theta = \frac{1}{2}g\sin\alpha\cos\alpha \cdot t \quad \cdots ①$$

条件 $y = Y$ より,

$$v_0 t\sin\theta - \frac{1}{2}gt^2 = -\frac{1}{2}g\sin^2\alpha \cdot t^2 \qquad \therefore \quad v_0\sin\theta = \frac{1}{2}g\cos^2\alpha \cdot t \quad \cdots ②$$

$\dfrac{②}{①}$ より,

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \qquad \therefore \quad \tan\theta = \frac{1}{\tan\alpha}$$

(コ) (ケ) より,

$$\sin\alpha\sin\theta = \cos\alpha\cos\theta \qquad \therefore \quad \cos\alpha\cos\theta - \sin\alpha\sin\theta = 0$$

加法定理を用いてまとめると,

$$\cos(\alpha+\theta) = 0 \qquad \therefore \quad \alpha + \theta = \frac{\pi}{2}$$

【4】

《解答》

(ア) $x = \dfrac{1}{2}v_0 t$

(イ) $y = h + \left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}v_0 t - \dfrac{1}{2}gt^2\right)$

(ウ) P が $\mathrm{C}(\sqrt{3}h,\ 0)$ に落下する時刻を t_C とすると，

$$\begin{cases} \dfrac{1}{2}v_0 t_\mathrm{C} = \sqrt{3}h \qquad \therefore \quad t_\mathrm{C} = \dfrac{2\sqrt{3}h}{v_0} \quad \cdots (*) \\ h + \dfrac{\sqrt{3}}{2}v_0 t_\mathrm{C} - \dfrac{1}{2}g{t_\mathrm{C}}^2 = 0 \end{cases}$$

これらより，t_C を消去すると，

$$h + \frac{\sqrt{3}v_0}{2}\cdot\frac{2\sqrt{3}h}{v_0} - \frac{g}{2}\left(\frac{2\sqrt{3}h}{v_0}\right)^2 = 0 \qquad \therefore \quad v_0 = \sqrt{\frac{3}{2}} \times \sqrt{gh}$$

(エ) v_0 を $(*)$ に代入すると，

$$t_\mathrm{C} = 2\sqrt{3}h\cdot\sqrt{\frac{2}{3gh}} = 2\sqrt{2} \times \sqrt{\frac{h}{g}}$$

(オ) $t = t_\mathrm{C}$ における P の速度の x，y 成分は，

$$\begin{cases} v_x = \dfrac{1}{2}v_0 \\ v_y = \dfrac{\sqrt{3}}{2}v_0 - gt_\mathrm{C} \end{cases}$$

v_0，t_C を代入すると，

$$\begin{cases} v_x = \dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{3}{2}gh} = \sqrt{\dfrac{3}{8}gh} \\ v_y = \dfrac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{\dfrac{3}{2}gh} - g\cdot 2\sqrt{\dfrac{2h}{g}} = -\sqrt{\dfrac{25}{8}gh} \end{cases}$$

速さは速度の大きさなので，

$$\sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2} = \sqrt{\frac{3}{8}gh + \frac{25}{8}gh} = \sqrt{\frac{7}{2}} \times \sqrt{gh}$$

(カ) $x = \sqrt{3}h - \dfrac{1}{2}Vt$

(キ) $y = \dfrac{\sqrt{3}}{2}Vt - \dfrac{1}{2}gt^2$

(ク) P と Q が衝突する時刻 $t = t_0$ に，P と Q の座標が一致するので，

$$\begin{cases} \dfrac{1}{2}vt_0 = \sqrt{3}h - \dfrac{1}{2}Vt_0 \\ h + \dfrac{\sqrt{3}}{2}vt_0 - \dfrac{1}{2}g{t_0}^2 = \dfrac{\sqrt{3}}{2}Vt_0 - \dfrac{1}{2}g{t_0}^2 \end{cases} \qquad \therefore \quad \begin{cases} (V+v)t_0 = 2\sqrt{3}h \quad \cdots ① \\ (V-v)t_0 = \dfrac{2}{\sqrt{3}}h \quad \cdots ② \end{cases}$$

$\dfrac{②}{①}$ より，

$$\frac{V-v}{V+v}=\frac{1}{3} \qquad \therefore \quad V=2\times v$$

(ケ) ① − ② より，

$$2vt_0=\frac{4}{\sqrt{3}}h \qquad \therefore \quad t_0=\frac{2h}{\sqrt{3}v}$$

この時刻における P の x 座標 x_0 は，

$$x_0=\frac{v}{2}\cdot\frac{2h}{\sqrt{3}v}=\frac{1}{\sqrt{3}}\times h$$

《解説》

P，Q の位置を求めるには，加速度と初速度をふまえて各方向の $v-t$ グラフを描き，グラフと t 軸の間の「面積」に注目すればよい．ただし，(イ) と (カ) では初期位置が 0 でないことに注意して扱うことが必要となる．

$$(\text{イ}) \quad \cdots \quad y-h=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0t-\frac{1}{2}gt^2 \qquad \therefore \quad y=h+\left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_0t-\frac{1}{2}gt^2\right)$$

$$(\text{カ}) \quad \cdots \quad x-\sqrt{3}h=-\frac{1}{2}Vt \qquad \therefore \quad x=\sqrt{3}h-\frac{1}{2}Vt$$

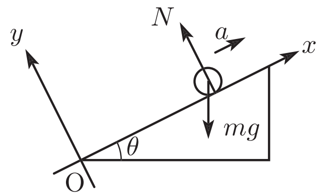
2章　力と運動（2）

問題

■演習

【1】

《解答》



(1) 斜面から受ける垂直抗力の大きさを N，初速度の向きを正として加速度を a とすると，

$$\begin{cases} ma = -mg\sin\theta \\ m\cdot 0 = N - mg\cos\theta \end{cases} \qquad \therefore \quad \begin{cases} a = -g\sin\theta \\ N = mg\cos\theta \end{cases}$$

(2) 初速度を与えた時刻を $t=0$ とすると，時刻 t での位置は，

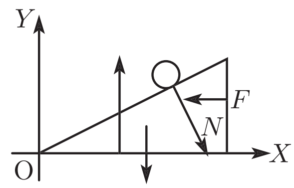
$$\begin{aligned} x &= v_0 t - \frac{1}{2}g\sin\theta\cdot t^2 \\ &= -\frac{g\sin\theta}{2}\left(t - \frac{v_0}{g\sin\theta}\right)^2 + \frac{g\sin\theta}{2}\left(\frac{v_0}{g\sin\theta}\right)^2 \end{aligned}$$

x の最大値が l に達しないためには，

$$\frac{g\sin\theta}{2}\left(\frac{v_0}{g\sin\theta}\right)^2 < l \qquad \therefore \quad v_0 < \sqrt{2gl\sin\theta}$$

(3) 点 P に戻ってきたとき，$x=0$ なので，求める時間 t_0 は

$$v_0 t_0 - \frac{1}{2}g\sin\theta\cdot {t_0}^2 = 0 \qquad \therefore \quad t_0 = \frac{2v_0}{g\sin\theta}$$



(4) 斜面台が受ける水平方向の力のつり合いより，

$$0 = N\sin\theta - F \qquad \therefore \quad F = N\sin\theta$$

(1) をふまえると，

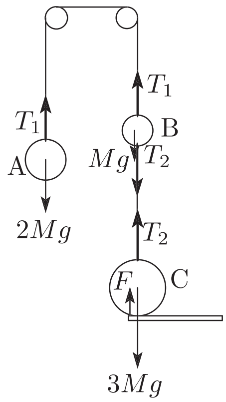
$$F = mg\cos\theta\cdot\sin\theta$$

【2】

《解答》

(1) A と B について，力のつり合いより，

$$\begin{cases} 0 = T_1 - 2Mg \\ 0 = T_1 - T_2 - Mg \end{cases} \qquad \therefore \quad \begin{cases} T_1 = 2Mg \\ T_2 = Mg \end{cases}$$

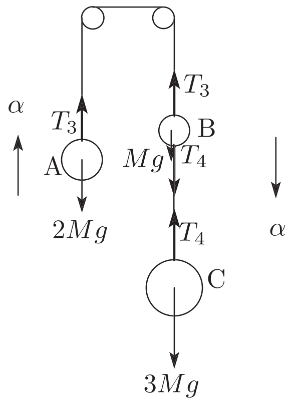


(2) C について，力のつり合いより，

$$0 = F + T_2 - 3Mg \qquad \therefore \quad F = 2Mg$$

(3) A については上向きを正，B と C については下向きを正とすると，それぞれの運動方程式は，

$$\begin{cases} 2M\alpha = T_3 - 2Mg & \cdots ① \\ M\alpha = Mg + T_4 - T_3 & \cdots ② \\ 3M\alpha = 3Mg - T_4 & \cdots ③ \end{cases}$$



(4) ① + ② + ③ より，

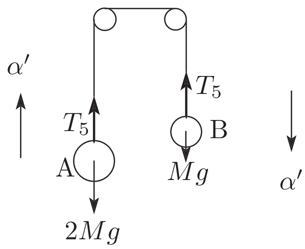
$$6M\alpha = 2Mg \qquad \therefore \quad \alpha = \frac{1}{3}g$$

(5) 時刻 t_1 での速度の向きを正として，加速度を α' とおく．また，A と B との間の糸の張力の大きさを T_5 とすると，A と B の運動方程式は，

$$\begin{cases} 2M\alpha' = T_5 - 2Mg & \cdots ④ \\ M\alpha' = Mg - T_5 & \cdots ⑤ \end{cases}$$

④ + ⑤ より

$$3M\alpha' = -Mg \qquad \therefore \quad \alpha' = -\frac{1}{3}g$$



B は次第に減速していき，いったん停止した後で上昇し始める．これを表すグラフは (イ) である．

【3】
《解答》

(ア) A と B をつなぐ糸の張力の大きさを T_1，B と C をつなぐひもの張力の大きさを T_2 として，それぞれの物体に働く力のつり合いより，

$$\begin{cases} 0 = T_1 - M_\mathrm{A} g \sin\theta \\ 0 = T_2 - T_1 - M_\mathrm{B} g \sin\theta \\ 0 = M_\mathrm{C} g - T_2 \end{cases}$$

これらを加えると，

$$0 = M_\mathrm{C} g - (M_\mathrm{A} + M_\mathrm{B}) g \sin\theta \qquad \therefore \quad M_\mathrm{C} = (M_\mathrm{A} + M_\mathrm{B}) \sin\theta$$

(イ) 正の向きに注意すると，A の運動方程式は，

$$M_\mathrm{A} \cdot (-a_\mathrm{A}) = -M_\mathrm{A} g \sin\theta \qquad \therefore \quad a_\mathrm{A} = g \sin\theta$$

(ウ) $M_\mathrm{B} a_\mathrm{BC} = T - M_\mathrm{B} g \sin\theta \quad \cdots ①$

(エ) $M_\mathrm{C} a_\mathrm{BC} = M_\mathrm{C} g - T \quad \cdots ②$

(オ) ①+② より，

$$(M_\mathrm{B} + M_\mathrm{C}) a_\mathrm{BC} = (M_\mathrm{C} - M_\mathrm{B} \sin\theta) g \qquad \therefore \quad a_\mathrm{BC} = \frac{M_\mathrm{C} - M_\mathrm{B} \sin\theta}{M_\mathrm{B} + M_\mathrm{C}} g$$

(カ) ① $\times M_\mathrm{C} -$ ② $\times M_\mathrm{B}$ より，

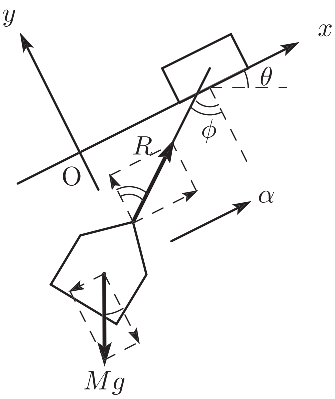
$$0 = M_\mathrm{C}(T - M_\mathrm{B} g \sin\theta) - M_\mathrm{B}(M_\mathrm{C} g - T) \qquad \therefore \quad T = \frac{M_\mathrm{B} M_\mathrm{C} g (1 + \sin\theta)}{M_\mathrm{B} + M_\mathrm{C}}$$

(キ) A が斜面下向きに $\dfrac{1}{2} a_\mathrm{A} {t_0}^2$，B が斜面上向きに $\dfrac{1}{2} a_\mathrm{BC} {t_0}^2$ だけ移動して衝突するので，これらの和が L となる．(イ)，(オ) をふまえると，

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2} a_\mathrm{A} {t_0}^2 + \frac{1}{2} a_\mathrm{BC} {t_0}^2 \\ &= \frac{{t_0}^2}{2} \left(g \sin\theta + \frac{M_\mathrm{C} - M_\mathrm{B} \sin\theta}{M_\mathrm{B} + M_\mathrm{C}} g \right) \\ &= \frac{M_\mathrm{C}(1 + \sin\theta)}{M_\mathrm{B} + M_\mathrm{C}} \cdot \frac{1}{2} g {t_0}^2 \end{aligned}$$

【4】

《解答》



(1) $\begin{cases} M\alpha = R\sin\phi - Mg\sin\theta & \cdots ① \\ M\cdot 0 = R\cos\phi - Mg\cos\theta & \cdots ② \end{cases}$

(2) (1) より，

$$\begin{cases} R\sin\phi = Mg\sin\theta + M\alpha & \cdots ①' \\ R\cos\phi = Mg\cos\theta & \cdots ②' \end{cases}$$

$①'^2 + ②'^2$ より，

$$R^2 = M^2\{(g\sin\theta+\alpha)^2 + (g\cos\theta)^2\}$$

$$\therefore \quad R = M\sqrt{g^2+\alpha^2+2\alpha g\sin\theta}$$

$\dfrac{①'}{②'}$ より，

$$\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{g\sin\theta+\alpha}{g\cos\theta} \qquad \therefore \quad \tan\phi = \tan\theta + \frac{\alpha}{g\cos\theta}$$

(3) $\begin{cases} m\alpha = T - mg\sin\theta - R\sin\phi & \cdots ③ \\ m\cdot 0 = N - mg\cos\theta - R\cos\phi & \cdots ④ \end{cases}$

(4) ① + ③ より，

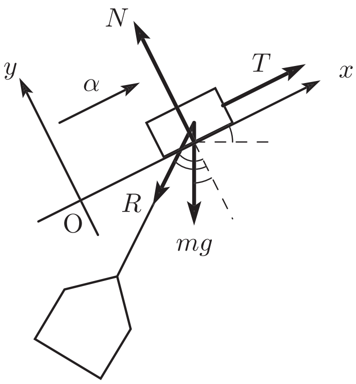
$$(M+m)\alpha = T - (M+m)g\sin\theta$$

$$\therefore \quad T = (M+m)(g\sin\theta+\alpha)$$

② + ④ より，

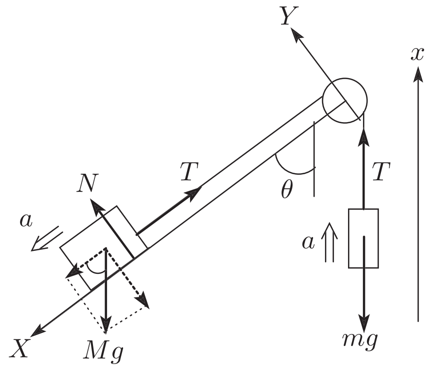
$$0 = N - (M+m)g\cos\theta$$

$$\therefore \quad N = (M+m)g\cos\theta$$



添削課題

《解答》



(1) 図のように座標軸を設定して，加速度を a，垂直抗力を N，張力を T とすると，それぞれの運動方程式は，

$$\begin{cases} Ma = Mg\cos\theta - T & \cdots ① \\ M\cdot 0 = N - Mg\sin\theta & \cdots ② \\ ma = T - mg & \cdots ③ \end{cases}$$

(2) ②より，

$$N = Mg\sin\theta$$

(3) ①，③より a を消去すると，

$$\frac{T-mg}{m} = \frac{Mg\cos\theta - T}{M} \qquad \therefore \quad T = \frac{Mmg(1+\cos\theta)}{M+m}$$

(4) ①＋③ で T を消去すると，

$$(M+m)a = Mg\cos\theta - mg \qquad \therefore \quad a = \frac{M\cos\theta - m}{M+m}g$$

(5) $a<0$ であれば，しばらくの間減速していき，その後に運動方向が逆転するので，

$$\frac{M\cos\theta - m}{M+m}g < 0 \qquad \therefore \quad M\cos\theta < m$$

配点

(1)30 点

(2)10 点

(3)，(4)，(5) 各 20 点

3章　摩擦力（1）

問題

■演習

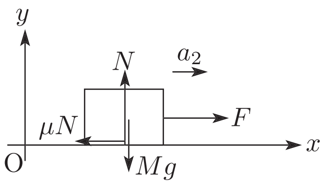
【1】

《解答》

(1) PQ 間で，水平方向の運動方程式は，

$$Ma_1 = F \qquad \therefore \quad a_1 = \frac{F}{M}$$

(2) 水平面からの垂直抗力を N とすると，QR 間での運動方程式は，

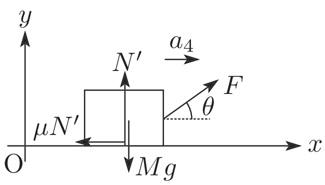


$$\begin{cases} Ma_2 = F - \mu N \\ M \cdot 0 = N - Mg \end{cases} \qquad \therefore \begin{cases} N = Mg \\ a_2 = \dfrac{F}{M} - \mu g \end{cases}$$

(3) 一定の速度で移動するとき $a_2 = 0$ なので，

$$\frac{F}{M} - \mu g = 0 \qquad \therefore \quad F = \mu Mg$$

(4) PQ 間で，水平方向の運動方程式は，



$$Ma_3 = F\cos\theta \qquad \therefore \quad a_3 = \frac{F\cos\theta}{M}$$

(5) 水平面からの垂直抗力を N' とすると，QR 間での運動方程式は，

$$\begin{cases} Ma_4 = F\cos\theta - \mu N' \\ M \cdot 0 = F\sin\theta + N' - Mg \end{cases} \qquad \therefore \begin{cases} N' = Mg - F\sin\theta \\ a_4 = \dfrac{F(\cos\theta + \mu\sin\theta)}{M} - \mu g \end{cases}$$

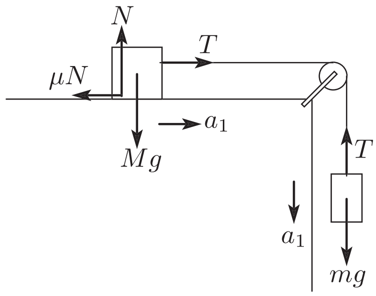
(6) 一定の速度で移動するとき $a_4 = 0$ なので，

$$\frac{F(\cos\theta + \mu\sin\theta)}{M} - \mu g = 0 \qquad \therefore \quad F(\cos\theta + \mu\sin\theta) = \mu Mg$$

【2】

《解答》

(1) 台からの垂直抗力を N とすると，A が受ける上下方向の力のつり合いより，



$$0 = N - Mg \qquad \therefore \quad N = Mg$$

よって，各方向で A に働く力は，

$$\begin{cases} \text{上下方向} \cdots \text{重力 } Mg \text{ と垂直抗力 } N = Mg \\ \text{左右方向} \cdots \text{張力 } T \text{ と動摩擦力} \mu N = \mu Mg \end{cases}$$

(2) A，B それぞれの運動方程式は，

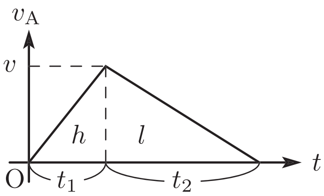
$$\begin{cases} Ma_1 = T - \mu Mg \\ ma_1 = mg - T \end{cases}$$

これらを加えると，

$$(M+m)a_1 = (m - \mu M)g \qquad \therefore \quad a_1 = \frac{m - \mu M}{M+m} g$$

(3) 加速度 a_1 で運動する時間を t_1 とすると，

$$\begin{cases} v = a_1 t_1 \qquad \therefore \quad t_1 = \dfrac{v}{a_1} \\ h = \dfrac{1}{2} a_1 {t_1}^2 \end{cases}$$



これらより，t_1 を消去すると，

$$h = \frac{a_1}{2}\left(\frac{v}{a_1}\right)^2 \qquad \therefore \quad v = \sqrt{2a_1 h}$$

(4) A に働く力は動摩擦力のみになるので，A の運動方程式は，

$$Ma_2 = -\mu Mg \qquad \therefore \quad a_2 = -\mu g$$

(5) 加速度 a_2 で運動する時間を t_2 とすると，

$$0 = v - \mu g \cdot t_2 \qquad \therefore \quad t_2 = \frac{v}{\mu g}$$

$v_{\mathrm{A}} - t$ グラフより，$t_1 : t_2 = h : l$ と分かるので，

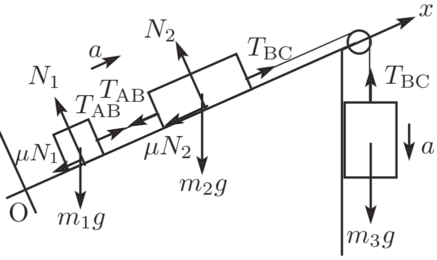
$$\frac{v}{a_1} : \frac{v}{\mu g} = h : l \qquad \therefore \quad a_1 h = \mu g l$$

これと (2) より，

$$\frac{m - \mu M}{M+m} g \cdot h = \mu g l \qquad \therefore \quad \mu = \frac{mh}{Mh + (M+m)l}$$

【3】

《解答》



(1) 斜面に垂直方向の力のつり合いより，

$$\begin{cases} 0 = N_1 - m_1 g\cos\theta \\ 0 = N_2 - m_2 g\cos\theta \end{cases} \qquad \therefore \begin{cases} N_1 = m_1 g\cos\theta \\ N_2 = m_2 g\cos\theta \end{cases}$$

これをふまえて，各物体の運動方程式は，

$$\begin{cases} m_1 a = T_{\mathrm{AB}} - m_1 g\sin\theta - \mu\cdot m_1 g\cos\theta \quad \cdots ① \\ m_2 a = T_{\mathrm{BC}} - T_{\mathrm{AB}} - m_2 g\sin\theta - \mu\cdot m_2 g\cos\theta \quad \cdots ② \\ m_3 a = m_3 g - T_{\mathrm{BC}} \quad \cdots ③ \end{cases}$$

(2) ①+②+③ より，

$$(m_1+m_2+m_3)a = m_3 g - (m_1+m_2)g\sin\theta - (m_1+m_2)\mu g\cos\theta$$
$$\therefore \quad a = \frac{m_3 - (m_1+m_2)(\sin\theta + \mu\cos\theta)}{m_1+m_2+m_3}g$$

(3) ① に a を代入して整理することにより，

$$T_{\mathrm{AB}} = \frac{(1+\sin\theta+\mu\cos\theta)m_1 m_3 g}{m_1+m_2+m_3}$$

(4) ③ に a を代入して整理することにより，

$$T_{\mathrm{BC}} = \frac{(1+\sin\theta+\mu\cos\theta)(m_1+m_2)m_3 g}{m_1+m_2+m_3}$$

(5) (2) の結果に数値を代入すると，

$$a = \frac{0.60 - 0.60\times\left(\frac{1}{2} + 0.20\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{1.20}\times 9.8 \fallingdotseq 1.6\mathrm{m/s^2}$$

(6) (3) の結果に数値を代入すると，

$$T_{\mathrm{AB}} = \frac{\left(1+\frac{1}{2}+0.20\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\times 0.20\times 0.60\times 9.8}{1.20} \fallingdotseq 1.64\mathrm{N}$$

(4) の結果に数値を代入すると，

$$T_{\mathrm{BC}} = \frac{\left(1+\frac{1}{2}+0.20\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\times 0.60\times 0.60\times 9.8}{1.20} \fallingdotseq 4.92\mathrm{N}$$

よって，BC 間の糸の張力の方が 3.3N だけ大きい．

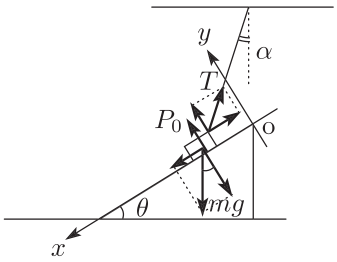
【4】

《解答》

(1) 小物体に働く力のつり合いより，

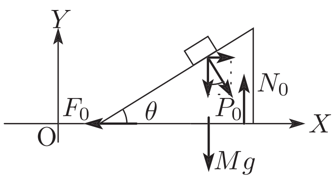
$$\begin{cases} 0 = mg\sin\theta - T\sin(\theta+\alpha) \\ 0 = P_0 + T\cos(\theta+\alpha) - mg\cos\theta \end{cases} \qquad \therefore \quad T = \frac{\sin\theta}{\sin(\theta+\alpha)}mg$$

これらより，T を消去すると，



$$\begin{aligned} P_0 &= mg\cos\theta - \frac{\sin\theta}{\sin(\theta+\alpha)}mg\cdot\cos(\theta+\alpha) \\ &= \frac{\sin(\theta+\alpha)\cos\theta - \cos(\theta+\alpha)\sin\theta}{\sin(\theta+\alpha)}mg \\ &= \frac{\sin\alpha}{\sin(\theta+\alpha)}mg \end{aligned}$$

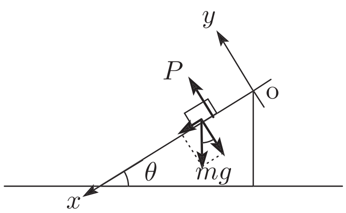
(2) 水平方向で台が受ける力のつり合いより，



$$0 = P_0\sin\theta - F_0 \qquad \therefore \quad F_0 = \frac{\sin\alpha\sin\theta}{\sin(\theta+\alpha)}mg$$

(3) 小物体の運動方程式は，

$$\begin{cases} ma = mg\sin\theta \\ m\cdot 0 = P - mg\cos\theta \end{cases} \qquad \therefore \quad \begin{cases} a = g\sin\theta \\ P = mg\cos\theta \end{cases}$$



(4) (2) と同様に，水平方向で台が受ける力のつり合いより，

$$0 = P\sin\theta - F \qquad \therefore \quad F = mg\cos\theta\sin\theta$$

(5) 小物体は時間 t の間に斜面に沿って距離 $\dfrac{h}{\sin\theta}$ だけ移動するので，

$$\frac{h}{\sin\theta} = \frac{1}{2}\cdot g\sin\theta\cdot t^2 \qquad \therefore \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g\sin^2\theta}}$$

P2JR

高２東大物理導入

Z-KAI

会員番号	

氏　名	