

本科 2 期 10 月度

解答

Z会東大進学教室

高 2 東大物理導入



4章 摩擦力 (2)

問題

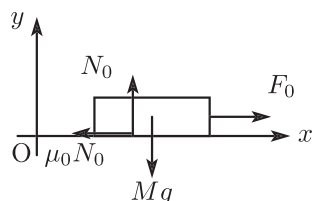
■演習

【1】

《解答》

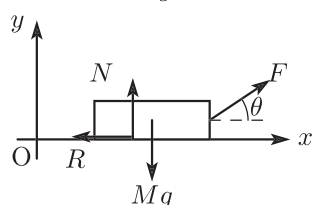
(1) 物体 A が滑る限界での力のつり合いより,

$$\begin{cases} 0 = F_0 - \mu_0 N_0 \\ 0 = N_0 - Mg \end{cases} \quad \therefore \begin{cases} N_0 = Mg \\ F_0 = \mu_0 Mg \end{cases}$$



(2) 力のつり合いより,

$$\begin{cases} 0 = F \cos \theta - R \\ 0 = F \sin \theta + N - Mg \end{cases} \quad \therefore \begin{cases} R = F \cos \theta \\ N = Mg - F \sin \theta \end{cases}$$

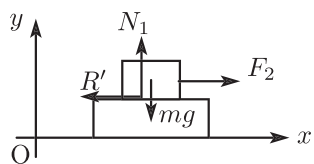


(3) $F = F_1$ のとき, 物体 A が滑る限界で $R = \mu_0 N$ となるので,

$$F_1 \cos \theta = \mu_0 (Mg - F_1 \sin \theta) \quad \therefore F_1 = \frac{\mu_0 Mg}{\cos \theta + \mu_0 \sin \theta}$$

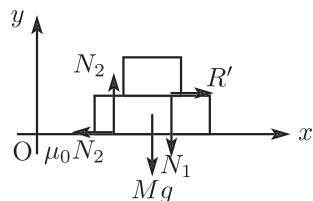
(4) A と B が及ぼし合う垂直抗力を N_1 , 静止摩擦力を R' , 床から A が受ける垂直抗力を N_2 とする. 物体 A が動く限界で, A と B それぞれに作用する力のつり合いより,

$$\begin{cases} 0 = F_2 - R' \\ 0 = N_1 - mg \\ 0 = R' - \mu_0 N_2 \\ 0 = N_2 - Mg - N_1 \end{cases} \quad \therefore \begin{cases} N_1 = mg \\ N_2 = (M + m)g \\ R' = \mu_0 (M + m)g \\ F_2 = \mu_0 (M + m)g \end{cases}$$



(5) AB 間が滑らないための条件は $R' \leq \mu_1 N_1$ なので,

$$\mu_0 (M + m)g \leq \mu_1 mg \quad \therefore \mu_1 \geq \frac{M + m}{m} \mu_0$$



【2】

《解答》

- (1) B と C が及ぼし合う垂直抗力を N とする. 鉛直方向で B が受ける力のつり合いより,

$$0 = N - mg \quad \therefore N = mg$$

よって, 各物体の運動方程式は,

$$\begin{cases} A : Ma = Mg - T & \dots \textcircled{1} \\ B : ma = T - \mu' mg & \dots \textcircled{2} \\ C : ma' = \mu' mg & \dots \textcircled{3} \end{cases}$$

- (2) ① + ② より,

$$(M + m)a = Mg - \mu' mg \quad \therefore a = \frac{M - \mu' m}{M + m}g$$

- (3) ③ より, $a' = \mu' g$

- (4) ① $\times m$ - ② $\times M$ より,

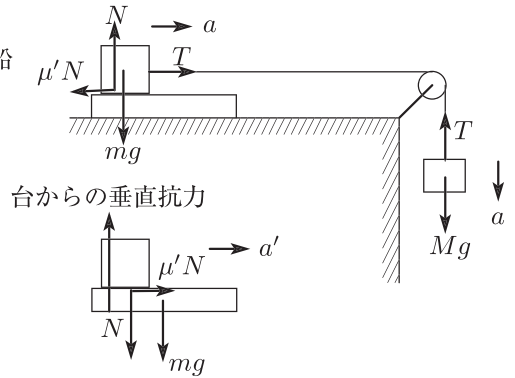
$$0 = m(Mg - T) - M(T - \mu' mg) \quad \therefore T = \frac{(1 + \mu')Mm}{M + m}g$$

- (5) A の落下時間を t , 求める距離を L' とする. A および C の $v-t$ グラフより,

$$\begin{cases} L = \frac{1}{2}at^2 \\ L' = \frac{1}{2}a't^2 \end{cases} \quad \therefore \frac{L'}{L} = \frac{a'}{a}$$

これと (2), (3) より,

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



【3】

《解答》

- (1) 板と小物体が及ぼし合う摩擦力を f 、加速度の大きさを a とする。水平方向の運動方程式は、

$$\begin{cases} ma = f & \dots \textcircled{1} \\ Ma = F_1 - f & \dots \textcircled{2} \end{cases}$$

①+② より、

$$(M + m)a = F_1 \quad \therefore a = \frac{F_1}{M + m}$$

- (2) 求める時間を t とする。 $v-t$ グラフより、

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{F_1}{M + m} \cdot t^2 = L \quad \therefore t = \sqrt{\frac{2L(M + m)}{F_1}}$$

- (3) ① $\times M -$ ② $\times m$ より、

$$0 = Mf - m(F_1 - f) \quad \therefore f = \frac{m}{M + m}F_1$$

- (4) 板と小物体が及ぼし合う垂直抗力を N とする。鉛直方向で小物体が受ける力のつり合いより、

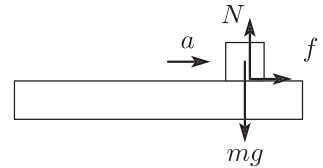
$$0 = N - mg \quad \therefore N = mg$$

小物体が板上で滑らないための条件が $f \leq \mu N$ なので、滑るための条件は、形式的に (3) で求めた f の F_1 を F_2 に置き換えた式を用いて、

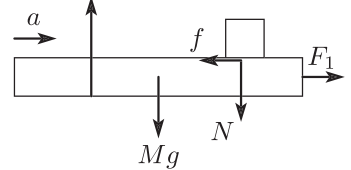
$$\frac{m}{M + m}F_2 > \mu \cdot mg \quad \therefore F_2 > \mu(M + m)g$$

- (5) 求める加速度の大きさを a' とする。板について水平方向の運動方程式は、

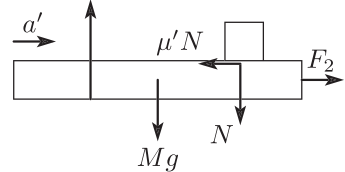
$$Ma' = F_2 - \mu' \cdot mg \quad \therefore a' = \frac{F_2 - \mu' mg}{M}$$



水平面からの垂直抗力



水平面からの垂直抗力

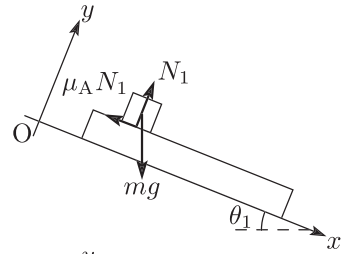


【4】

《解答》

- (ア) A と B が及ぼし合う垂直抗力の大きさを N_1 とする.
A が滑る限界のとき, A が受ける力のつり合いより,

$$\begin{cases} 0 = mg \sin \theta_1 - \mu_A N_1 \\ 0 = N_1 - mg \cos \theta_1 \end{cases} \quad \therefore \quad \begin{cases} N_1 = mg \cos \theta_1 \\ \tan \theta_1 = \mu_A \end{cases}$$

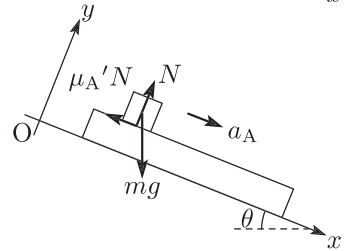


- (イ) 求める垂直抗力の大きさを N とする. 斜面上に垂直方向で A が受ける力のつり合いより,

$$0 = N - mg \cos \theta \quad \therefore \quad N = mg \cos \theta$$

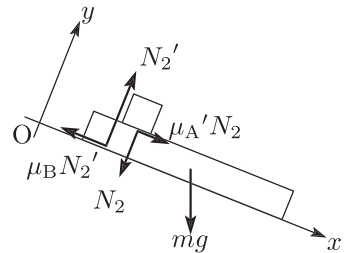
- (ウ) 求める加速度の大きさを a_A とする. A について, x 方向の運動方程式は,

$$\begin{aligned} ma_A &= mg \sin \theta - \mu_A' \cdot mg \cos \theta \\ \therefore a_A &= g(\sin \theta - \mu_A' \cos \theta) \end{aligned}$$



- (エ) A と B が及ぼし合う垂直抗力の大きさを N_2 , 求める垂直抗力の大きさを N_2' とする. 斜面上に垂直方向の力のつり合いより,

$$\begin{cases} 0 = N_2 - mg \cos \theta_2 \\ 0 = N_2' - mg \cos \theta_2 - N_2 \end{cases} \quad \therefore \quad \begin{cases} N_2 = mg \cos \theta_2 \\ N_2' = 2mg \cos \theta_2 \end{cases}$$

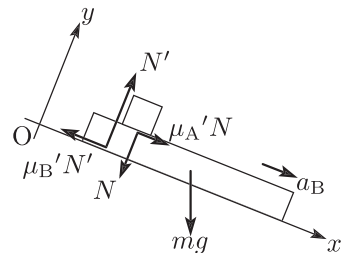


- (オ) B が滑る限界のとき, x 方向で B が受ける力のつり合いより,

$$0 = mg \sin \theta_2 + \mu_A' \cdot mg \cos \theta_2 - \mu_B \cdot 2mg \cos \theta_2 \quad \therefore \quad \tan \theta_2 = 2\mu_B - \mu_A'$$

- (カ) 求める加速度の大きさを a_B とする. B について, x 方向の運動方程式は,

$$\begin{aligned} ma_B &= mg \sin \theta + \mu_A' \cdot mg \cos \theta - \mu_B' \cdot 2mg \cos \theta \\ \therefore a_B &= g\{\sin \theta + (\mu_A' - 2\mu_B') \cos \theta\} \end{aligned}$$



5章 力のモーメント

問題

■演習

【1】

《解答》

(ア) 作用点

(イ) $0 = N - mg$

(ウ) $0 = N' - F$

(エ) $\frac{1}{2}l \cos \theta \cdot mg$

(オ) $l \cos \theta \cdot N$

(カ) $l \sin \theta \cdot F$

(キ) 力のモーメントのつり合いより,

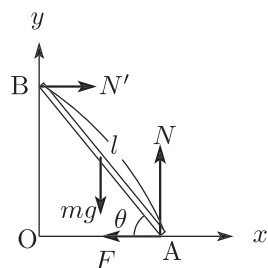
$$0 = l \cos \theta \cdot N - l \sin \theta \cdot F - \frac{1}{2}l \cos \theta \cdot mg \quad \therefore N - F \tan \theta - \frac{1}{2}mg = 0$$

これと (イ) より,

$$mg - F \tan \theta - \frac{1}{2}mg = 0 \quad \therefore F = \frac{mg}{2 \tan \theta}$$

(ク) $\theta = \theta_0$ のとき, $F = \mu N$ となるので,

$$\frac{mg}{2 \tan \theta_0} = \mu mg \quad \therefore \mu = \frac{1}{2 \tan \theta_0}$$



【2】

《解答》

- (1) $0 = F - R \sin 30^\circ$
 (2) $0 = N + R \cos 30^\circ - Mg$
 (3) $0 = \frac{2}{3}l \cdot R - \frac{1}{2}l \cdot Mg \cos 30^\circ$
 (4) (3) より R を求め、(1) と (2) に代入すると、

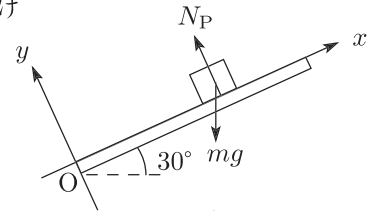
$$\begin{cases} 0 = F - \frac{1}{2} \cdot \frac{3\sqrt{3}}{8} Mg \\ 0 = N + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{3\sqrt{3}}{8} Mg - Mg \end{cases} \quad \therefore \begin{cases} F = \frac{3\sqrt{3}}{16} Mg \\ N = \frac{7}{16} Mg \end{cases}$$

A が滑らないための条件 $F \leq \mu N$ より、

$$\frac{3\sqrt{3}}{16} Mg \leq \mu \cdot \frac{7}{16} Mg \quad \therefore \mu \geq \frac{3\sqrt{3}}{7}$$

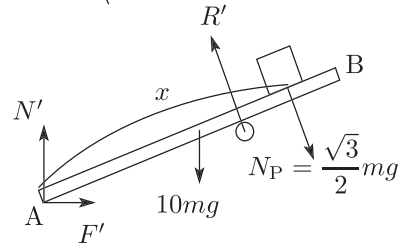
- (5) 求める力の大きさを N_P とする。L に垂直方向で P が受ける力のつり合いより、

$$0 = N_P - mg \cos 30^\circ \quad \therefore N_P = \frac{\sqrt{3}}{2} mg$$



- (6) A が床から受ける垂直抗力の大きさを N' 、摩擦力の大きさを F' 、K から受ける垂直抗力の大きさを R' とする。L が受ける力のつり合いより、

$$\begin{cases} 0 = F' + \frac{\sqrt{3}}{2} mg \sin 30^\circ - R' \sin 30^\circ & \dots \textcircled{1} \\ 0 = N' + R' \cos 30^\circ - 10mg - \frac{\sqrt{3}}{2} mg \cos 30^\circ & \dots \textcircled{2} \end{cases}$$



P の位置が A から距離 x のとき、A のまわりの力のモーメントのつり合いより、

$$0 = \frac{2}{3}l \cdot R' - \frac{1}{2}l \cdot 10mg \cos 30^\circ - x \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} mg \quad \therefore R' = \frac{3\sqrt{3}(5l+x)}{4l} mg$$

①、②に R' を代入すると、

$$\begin{cases} 0 = F' + \frac{\sqrt{3}}{4} mg - \frac{3\sqrt{3}(5l+x)}{8l} mg \\ 0 = N' + \frac{9(5l+x)}{8l} mg - \frac{43}{4} mg \end{cases} \quad \therefore \begin{cases} F' = \frac{\sqrt{3}(13l+3x)}{8l} mg \\ N' = \frac{41l-9x}{8l} mg \end{cases}$$

$x = l$ のとき最大静止摩擦力 $\mu N'$ が最も小さくなり、このときにも A が滑らないためには、

$$\frac{\sqrt{3}(13l+3l)}{8l} mg \leq \mu \cdot \frac{41l-9l}{8l} mg \quad \therefore \mu \geq \frac{\sqrt{3}}{2}$$

【3】**《解答》**

$$(ア) \sin \theta = \frac{\sqrt{L^2 - a^2}}{L}$$

$$(イ) \cos \theta = \frac{a}{L}$$

$$(ウ) 0 = N - T \cos \theta$$

$$(エ) 0 = F + T \sin \theta - W$$

$$(オ) 0 = a \cdot T \sin \theta - (a - b_0) \cdot W$$

$$(カ) (ア), (オ) より,$$

$$0 = aT \cdot \frac{\sqrt{L^2 - a^2}}{L} - (a - b_0)W \quad \therefore T = \frac{L(a - b_0)}{a\sqrt{L^2 - a^2}}W \quad \dots(*)$$

これと (イ), (ウ) より,

$$0 = N - \frac{L(a - b_0)}{a\sqrt{L^2 - a^2}}W \cdot \frac{a}{L} \quad \therefore N = \frac{a - b_0}{\sqrt{L^2 - a^2}}W$$

(キ) (*) と (ア), (エ) より,

$$0 = F + \frac{L(a - b_0)}{a\sqrt{L^2 - a^2}}W \cdot \frac{\sqrt{L^2 - a^2}}{L} - W \quad \therefore F = \frac{b_0}{a}W$$

(ク) b_0 を b_1 にしたとき, 棒が滑る限界に達して $F = \mu N$ となるので,

$$\frac{b_1}{a}W = \mu \cdot \frac{a - b_1}{\sqrt{L^2 - a^2}}W \quad \therefore \mu = \frac{b_1\sqrt{L^2 - a^2}}{a(a - b_1)}$$

【4】

《解答》

- (1) 糸の張力を T , A が台から受ける垂直抗力を N , 摩擦力を F とする. B が受ける力のつり合いより,

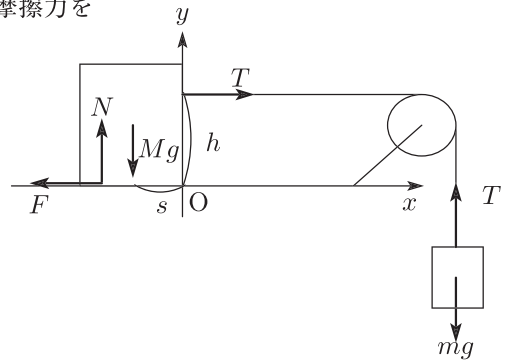
$$0 = T - mg \quad \therefore T = mg$$

A が受ける力のつり合いより,

$$\begin{cases} 0 = T - F \\ 0 = N - Mg \end{cases} \quad \therefore \begin{cases} F = mg \\ N = Mg \end{cases}$$

A が滑らないための条件 $F \leq \mu N$ より,

$$mg \leq \mu Mg \quad \therefore m \leq \mu M$$



- (2) O のまわりの力のモーメントのつり合いより,

$$0 = s \cdot Mg - h \cdot T + (N \text{ のモーメント}) \quad \therefore (N \text{ のモーメント}) = hmg - sMg$$

N のモーメントが反時計回りすなわち正になることはないので,

$$hmg - sMg \leq 0 \quad \therefore m \leq \frac{s}{h}M$$

- (3) (1) の条件を満たすことなく (2) の条件を満たせばよいので,

$$\begin{cases} m > \mu M \\ m \leq \frac{s}{h}M \end{cases} \quad \therefore \mu M < m \leq \frac{s}{h}M$$

- (4) (3) より,

$$\mu M < \frac{s}{h}M \quad \therefore h < \frac{s}{\mu}$$

6章 仕事と運動エネルギー

問題

■演習

【1】

《解答》

(1) 重力の斜面下向き成分は $mg \sin \theta$ なので,

$$W_1 = mg \sin \theta \cdot l$$

(2) 垂直抗力の斜面と平行な成分は 0 なので,

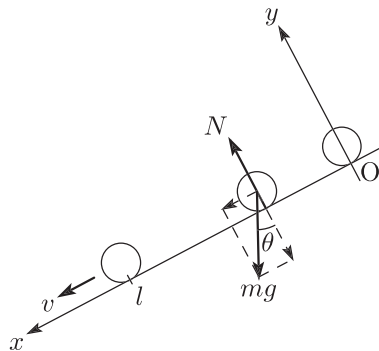
$$W_2 = 0 \cdot l = 0$$

(3) 運動エネルギーと仕事の関係より,

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_1 + W_2 \quad \therefore \frac{1}{2}mv^2 = mgl \sin \theta$$

(4) (3) で $l \sin \theta = h$ なので,

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \quad \therefore v = \sqrt{2gh}$$



【2】

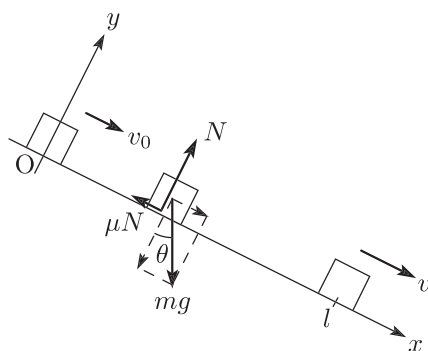
《解答》

- (1) 平板から受ける垂直抗力 N をとする。斜面に垂直方向の力のつり合いより、

$$0 = N - mg \cos \theta \quad \therefore N = mg \cos \theta$$

それぞれの力の斜面と平行な成分を用いることにより、

$$\begin{cases} \text{重力の仕事} \cdots W_1 = mg \sin \theta \cdot l \\ \text{垂直抗力の仕事} \cdots W_2 = 0 \cdot l = 0 \\ \text{動摩擦力の仕事} \cdots W_3 = -\mu mg \cos \theta \cdot l \end{cases}$$



- (2) 求める速さを v とする。運動エネルギーと仕事の関係より、

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = W_1 + W_2 + W_3$$

これと (1) より、

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgl(\sin \theta - \mu \cos \theta) \quad \therefore v = \sqrt{v_0^2 + 2gl(\sin \theta - \mu \cos \theta)}$$

- (3) 停止するまでに滑った距離を l_0 とすると、

$$v_0^2 + 2gl_0(\sin \theta - \mu \cos \theta) = 0 \quad \therefore l_0 = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \theta - \sin \theta)}$$

- (4) 運動エネルギーが減少するとき、(1) の仕事の和が負なので、

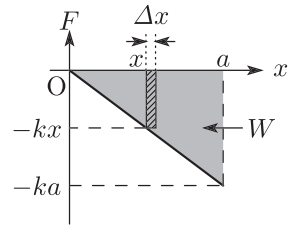
$$mgl(\sin \theta - \mu \cos \theta) < 0 \quad \therefore \mu > \tan \theta$$

【3】**《解答》**

- (1) ばねの伸びが x から Δx だけ微小に増加するとき、弾性力をする仕事 ΔW は

$$\Delta W = (-kx) \cdot \Delta x$$

$x = 0$ から a まで増加する過程で ΔW を合計したものは、 x 軸と $F - x$ グラフの間の符号付き面積に等しいので、



$$W = -\frac{1}{2}a \cdot ka = -\frac{1}{2}ka^2$$

- (2) 運動エネルギーと仕事の関係より、

$$0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{1}{2}ka^2 \quad \therefore v_0 = a\sqrt{\frac{k}{m}}$$

- (3) 求める仕事を W' とする。変位が (1) と反対向きとなるので、

$$W' = \frac{1}{2}ka^2$$

- (4) 求める速さを v とする。運動エネルギーと仕事の関係より、

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}ka^2 \quad \therefore |v| = a\sqrt{\frac{k}{m}}$$

【4】**《解答》**

(1) 求める仕事を W_1 とすると,

$$W_1 = F \cos \theta \cdot L$$

(2) 張力が A, B にした仕事をそれぞれ W_2, W_3 とする. 変位と同じ向きを正とすると, A が受ける張力は $-T$, B が受ける張力は $+T$ なので,

$$\begin{cases} W_2 = -T \cdot L \\ W_3 = +T \cdot L \end{cases}$$

(3) 各物体について, 運動エネルギーと仕事の関係より,

$$\begin{cases} \frac{1}{2}Mv^2 - 0 = W_1 + W_2 \\ \frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_3 \end{cases} \quad \therefore \begin{cases} \frac{1}{2}Mv^2 = FL \cos \theta - TL \quad \dots \textcircled{1} \\ \frac{1}{2}mv^2 = TL \quad \dots \textcircled{2} \end{cases}$$

(4) ① + ② より,

$$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}mv^2 = FL \cos \theta$$

(5) (4) より,

$$\frac{1}{2}(M+m)v^2 = FL \cos \theta \quad \therefore v = \sqrt{\frac{2FL \cos \theta}{M+m}}$$

添削課題

《解答》

(1) $-T_0 \cos \theta \cdot l$

(2) 運動エネルギーの変化量が (1) の仕事と等しいので,

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -T_0 l \cos \theta \quad \therefore v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2T_0 l \cos \theta}{m}}$$

(3) $l = l_0$ のとき, $v = 0$ となるとすると,

$$0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -T_0 l_0 \cos \theta \quad \therefore l_0 = \frac{mv_0^2}{2T_0 \cos \theta}$$

(4) $l = \frac{1}{2}l_0$ のとき,

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -T_0 \cos \theta \cdot \frac{mv_0^2}{4T_0 \cos \theta} \quad \therefore v = \frac{1}{\sqrt{2}}v_0$$

(5) $v = \frac{1}{2}v_0$ となったときでは,

$$\frac{1}{2}m \left(\frac{1}{2}v_0 \right)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -T_0 l \cos \theta \quad \therefore l = \frac{3mv_0^2}{8T_0 \cos \theta} \left(= \frac{3}{4}l_0 \right)$$

配点

各 20 点 × 5

7章 力学的エネルギーの保存 (1)

問題

■演習

【1】

《解答》

(1) $\frac{1}{2}mv_0^2$

(2) 求める仕事を W とすると

$$W = -mg \cdot h$$

(3) 運動エネルギーと仕事の関係より,

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -mgh \quad \therefore \quad \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$$

これは、力学的エネルギー $\frac{1}{2}mv^2 + mgh$ が一定に保たれることを意味している.

(4) (3) で $h = H$ のとき $v = 0$ となるので,

$$0 + mgH = \frac{1}{2}mv_0^2 \quad \therefore \quad H = \frac{v_0^2}{2g}$$

【2】

《解答》

- (1) 求める速さを v_B とする. B 点を高さの基準として, 力学的エネルギーの保存より,

$$\frac{1}{2}mv_B^2 + 0 = 0 + mgh_1 \quad \therefore v_B = \sqrt{2gh_1}$$

- (2) D 点での速さを v_D とする. BD 間では速度の水平成分が変化しないので,

$$v_D \cos 45^\circ = v_B \quad \therefore v_D = 2\sqrt{gh_1} \quad \dots (*)$$

求める距離を H とする. D 点を高さの基準として, 力学的エネルギーの保存より,

$$\frac{1}{2}mv_B^2 + mgH = \frac{1}{2}mv_D^2 + 0$$

これらと (1) より,

$$\frac{1}{2}m \cdot 2gh_1 + mgH = \frac{1}{2}m \cdot 4gh_1 \quad \therefore H = h_1$$

- (3) DE から受ける垂直抗力の大きさを N とする. 斜面に垂直方向の力のつり合いより,

$$0 = N - mg \cos 45^\circ \quad \therefore N = \frac{1}{\sqrt{2}}mg$$

また, $\overline{DE} = \sqrt{2}h_2$ なので,

$$\begin{cases} \text{重力の仕事} \dots mgsin 45^\circ \cdot \overline{DE} = mgh_2 \\ \text{摩擦力の仕事} \dots -\mu' N \cdot \overline{DE} = -\mu' mgh_2 \end{cases}$$

- (4) 求める速さを v_E とする. 運動エネルギーと仕事の関係より,

$$\frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_D^2 = mgh_2 + (-\mu' mgh_2)$$

これと (*) より,

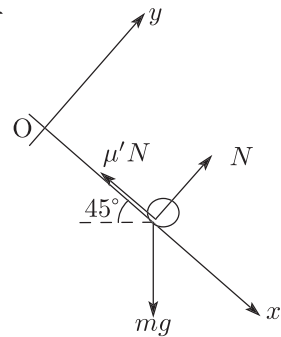
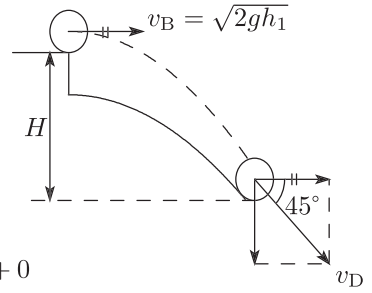
$$\frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}m \cdot 4gh_1 = (1 - \mu')mgh_2 \quad \therefore v_E = \sqrt{2g\{2h_1 + (1 - \mu')h_2\}}$$

- (5) 力学的エネルギーの保存より, F 点における速さは E 点における速さと等しくなる. 運動エネルギーと仕事の関係より,

$$0 - \frac{1}{2}mv_E^2 = -\mu' mg \cdot \overline{FG}$$

これと (4) より,

$$-\frac{1}{2}m \cdot 2g\{2h_1 + (1 - \mu')h_2\} = -\mu' mg \cdot \overline{FG} \quad \therefore \overline{FG} = \frac{2h_1 + (1 - \mu')h_2}{\mu'}$$



【3】**《解答》**

(1) 変位と同じ向きを正とすると, A が受ける張力は $-T$, B が受ける張力は $+T$ なので,

$$\begin{cases} \text{張力が A にした仕事} \cdots W_1 = -T \cdot l \\ \text{張力が B にした仕事} \cdots W_2 = +T \cdot l \end{cases}$$

(2) (1) と同様に,

$$\begin{cases} \text{重力が A にした仕事} \cdots W_3 = Mg \cdot l \\ \text{重力が B にした仕事} \cdots W_4 = -mg \cdot l \end{cases}$$

各物体について, 運動エネルギーと仕事の関係より,

$$\begin{cases} \frac{1}{2}Mv^2 - 0 = W_1 + W_3 \\ \frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_2 + W_4 \end{cases} \quad \therefore \quad \begin{cases} \frac{1}{2}Mv^2 - Mgl = -Tl \quad \cdots \textcircled{1} \\ \frac{1}{2}mv^2 + mgl = Tl \quad \cdots \textcircled{2} \end{cases}$$

(3) ①+② より,

$$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}mv^2 - Mgl + mgl = 0$$

(4) (3) より,

$$\frac{1}{2}(M+m)v^2 = (M-m)gl \quad \therefore \quad v = \sqrt{\frac{M-m}{M+m} \cdot 2gl}$$

【4】

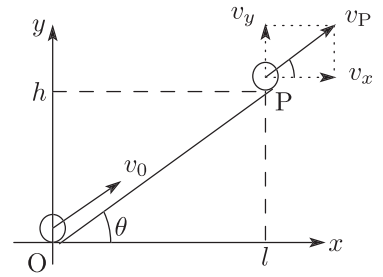
《解答》

- (ア) 求める速さを v_P とする. O を高さの基準として, 力学的エネルギーの保存より,

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_P^2 + mgh \quad \therefore v_P = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

- (イ) 右向きを正とすると, 速度の水平成分 v_x は,

$$v_x = v_P \cos \theta = \sqrt{v_0^2 - 2gh} \cos \theta$$



- (ウ) 上向きを正とすると, 速度の鉛直成分 v_y は,

$$v_y = v_P \sin \theta = \sqrt{v_0^2 - 2gh} \sin \theta$$

- (エ) 力学的エネルギーの保存より,

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = 0 + mgH_1 \quad \therefore H_1 = \frac{v_0^2}{2g}$$

- (オ) 求める速度の水平成分を v_x' とする. 速度の水平成分は変化しないので,

$$v_x' = v_0 \cos \theta$$

- (カ) 求める速度の鉛直成分を v_y' とする. 力学的エネルギーの保存より,

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = \frac{1}{2}m(v_x'^2 + v_y'^2) + mgh$$

これと (オ) より,

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m\{(v_0 \cos \theta)^2 + v_y'^2\} + mgh \quad \therefore v_y' = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta - 2gh}$$

- (キ) 力学的エネルギーの保存より,

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_x'^2 + mgH_2$$

これと (オ) より,

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m(v_0 \cos \theta)^2 + mgH_2 \quad \therefore H_2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

- (ク) 垂直抗力の大きさを N とする. 斜面に垂直方向の力のつり合いより,

$$0 = N - mg \cos \theta \quad \therefore N = mg \cos \theta$$

上向きを正とすると, 垂直抗力の鉛直成分 N_y は,

$$N_y = N \cos \theta = mg \cos^2 \theta$$

(ケ) h

(コ) $N_y h = mgh \cos^2 \theta$

(サ) 右向きを正とすると, 垂直抗力の水平成分 N_x は,

$$N_x = -N \sin \theta = -mg \sin \theta \cos \theta \quad \therefore \quad |N_x| = mg \sin \theta \cos \theta$$

(シ) 求める距離を l とすると

$$l = \frac{h}{\tan \theta}$$

(ス) $N_x l = -mgh \cos^2 \theta$

(セ) $mgh \cos^2 \theta$



会員番号	
------	--

氏名	
----	--