本科１期５月度

解答

Ｚ会東大進学教室

高２東大物理

4章　摩擦力（2）

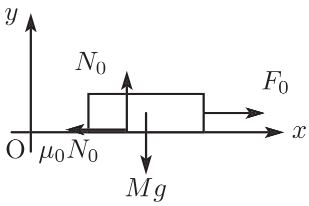
問題

■演習

【1】

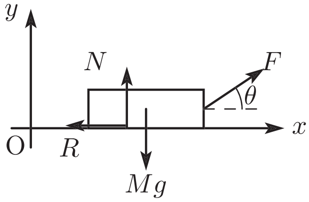
《解答》

(1) 物体 A が滑る限界での力のつり合いより，



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

(2) 力のつり合いより，

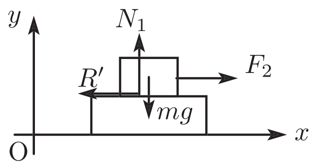


$$\begin{cases} 0 = F\cos\theta - R \\ 0 = F\sin\theta + N - Mg \end{cases} \qquad \therefore \quad \begin{cases} R = F\cos\theta \\ N = Mg - F\sin\theta \end{cases}$$

(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，

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

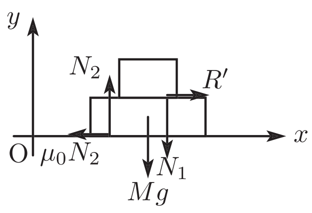
(4) A と B が及ぼし合う垂直抗力を N_1，静止摩擦力を R'，床から A が受ける垂直抗力を N_2 とする．物体 A が動く限界で，A と B それぞれに作用する力のつり合いより，



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

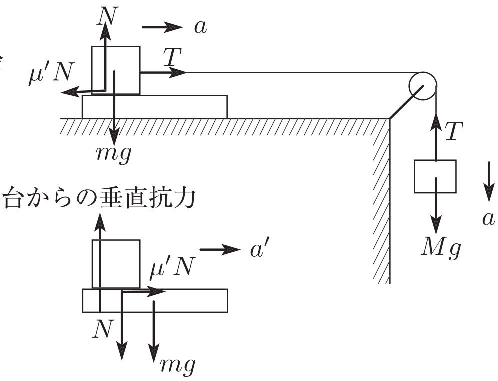
(5) AB 間が滑らないための条件は $R' \leqq \mu_1 N_1$ なので，

$$\mu_0(M+m)g \leqq \mu_1 mg \qquad \therefore \quad \mu_1 \geqq \frac{M+m}{m}\mu_0$$



【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，

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

よって，各物体の運動方程式は，

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

(2) ① + ② より，

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

(3) ③ より，$a' = \mu' g$

(4) ① × m − ② × M より，

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

(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，

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

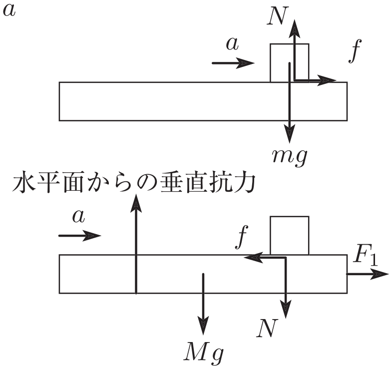
これと (2)，(3) より，

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

【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，



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

①+② より，

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

(2) 求める時間を t とする．$v-t$ グラフより，

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

(3) ① $\times M -$ ② $\times m$ より，

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

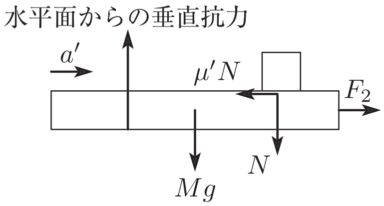
(4) 板と小物体が及ぼし合う垂直抗力を N とする．鉛直方向で小物体が受ける力のつり合いより，

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

小物体が板上で滑らないための条件が $f \leqq \mu N$ 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，

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

(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，



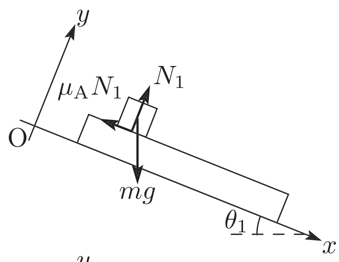
$$Ma' = F_2 - \mu' \cdot mg \qquad \therefore \quad a' = \frac{F_2 - \mu' mg}{M}$$

【4】

《解答》

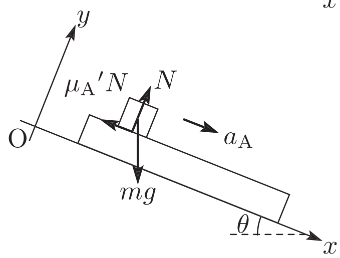
(ア) A と B が及ぼし合う垂直抗力の大きさを N_1 とする．
A が滑る限界のとき，A が受ける力のつり合いより，

$$\begin{cases} 0 = mg\sin\theta_1 - \mu_{\mathrm{A}} N_1 \\ 0 = N_1 - mg\cos\theta_1 \end{cases} \qquad \therefore \quad \begin{cases} N_1 = mg\cos\theta_1 \\ \tan\theta_1 = \mu_{\mathrm{A}} \end{cases}$$



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

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

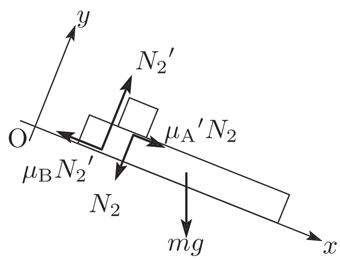


(ウ) 求める加速度の大きさを a_{A} とする．A について，x 方向の運動方程式は，

$$ma_{\mathrm{A}} = mg\sin\theta - \mu_{\mathrm{A}}{}' \cdot mg\cos\theta$$
$$\therefore \quad a_{\mathrm{A}} = g(\sin\theta - \mu_{\mathrm{A}}{}'\cos\theta)$$

(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，

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

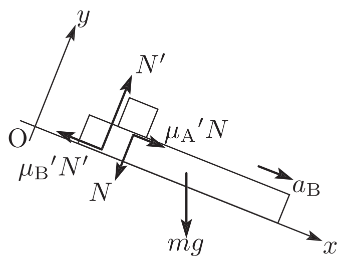


(オ) B が滑る限界のとき，x 方向で B が受ける力のつり合いより，

$$0 = mg\sin\theta_2 + \mu_{\mathrm{A}}{}' \cdot mg\cos\theta_2 - \mu_{\mathrm{B}} \cdot 2mg\cos\theta_2 \qquad \therefore \quad \tan\theta_2 = 2\mu_{\mathrm{B}} - \mu_{\mathrm{A}}{}'$$

(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，

$$ma_{\mathrm{B}} = mg\sin\theta + \mu_{\mathrm{A}}{}' \cdot mg\cos\theta - \mu_{\mathrm{B}}{}' \cdot 2mg\cos\theta$$
$$\therefore \quad a_{\mathrm{B}} = g\{\sin\theta + (\mu_{\mathrm{A}}{}' - 2\mu_{\mathrm{B}}{}')\cos\theta\}$$



５章　力のモーメント

問題

■演習

【1】

《解答》

(ア) 作用点

(イ) $0 = N - mg$

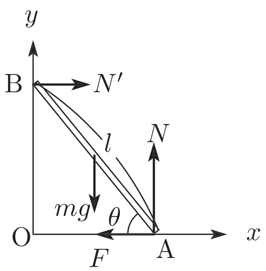
(ウ) $0 = N' - F$

(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，



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

これと (イ) より，

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

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

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

【2】

《解答》

(1) $0 = F - R\sin 30^\circ$

(2) $0 = N + R\cos 30^\circ - Mg$

(3) $0 = \dfrac{2}{3}l \cdot R - \dfrac{1}{2}l \cdot Mg\cos 30^\circ$

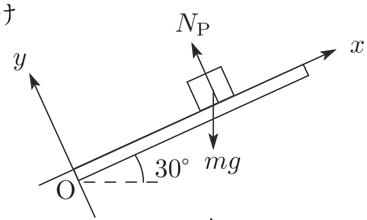
(4) (3) より R を求め，(1) と (2) に代入すると，

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

A が滑らないための条件 $F \leqq \mu N$ より，

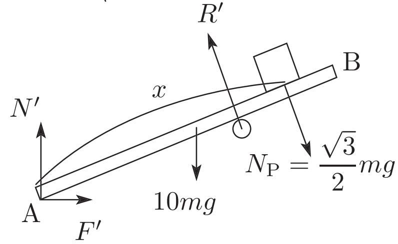
$$\frac{3\sqrt{3}}{16}Mg \leqq \mu \cdot \frac{7}{16}Mg \qquad \therefore \quad \mu \geqq \frac{3\sqrt{3}}{7}$$

(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，



$$0 = N_{\mathrm{P}} - mg\cos 30^\circ \qquad \therefore \quad N_{\mathrm{P}} = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$$

(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，



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

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，

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

①，②に R' を代入すると，

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

$x = l$ 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，

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

【3】

《解答》

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

(イ) $\cos\theta = \dfrac{a}{L}$

(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,

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

これと (イ), (ウ) より,

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

(キ) $(*)$ と (ア), (エ) より,

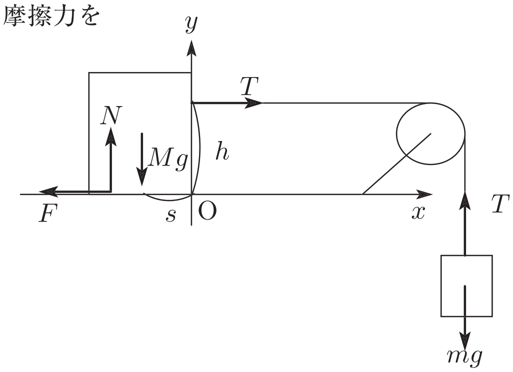
$$0 = F + \frac{L(a - b_0)}{a\sqrt{L^2 - a^2}}W \cdot \frac{\sqrt{L^2 - a^2}}{L} - W \qquad \therefore \quad F = \frac{b_0}{a}W$$

(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,

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

【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，

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

A が受ける力のつり合いより，

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

A が滑らないための条件 $F \leqq \mu N$ より，

$$mg \leqq \mu Mg \qquad \therefore \quad m \leqq \mu M$$

(2) O のまわりの力のモーメントのつり合いより，

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

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，

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

(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，

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

(4) (3) より，

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

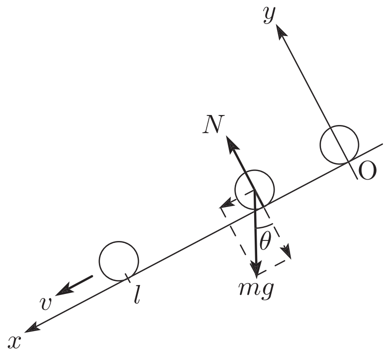
6章　仕事と運動エネルギー

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,

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

(4) (3) で $l\sin\theta = h$ なので,

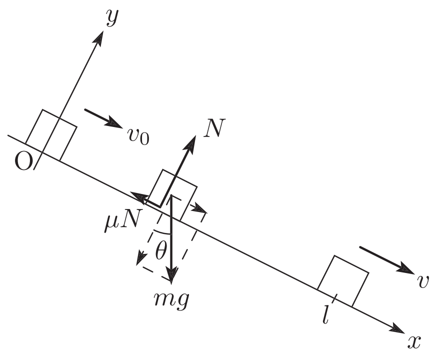
$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \qquad \therefore \quad v = \sqrt{2gh}$$

【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，

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



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，

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m{v_0}^2 = W_1 + W_2 + W_3$$

これと (1) より，

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

(3) 停止するまでに滑った距離を l_0 とすると，

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

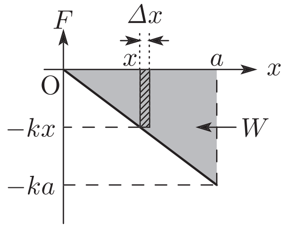
(4) 運動エネルギーが減少するとき，(1) の仕事の和が負なので，

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

【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，弾性力のする仕事 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，

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

(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，

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

【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，

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

(4) ① + ② より，

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

(5) (4) より，

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

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，

$$\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}m{v_0}^2=-T_0l\cos\theta \qquad \therefore\quad v=\sqrt{{v_0}^2-\frac{2T_0l\cos\theta}{m}}$$

(3) $l=l_0$ のとき，$v=0$ となるとすると，

$$0-\frac{1}{2}m{v_0}^2=-T_0l_0\cos\theta \qquad \therefore\quad l_0=\frac{m{v_0}^2}{2T_0\cos\theta}$$

(4) $l=\dfrac{1}{2}l_0$ のとき，

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

(5) $v=\dfrac{1}{2}v_0$ となったときでは，

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v_0\right)^2-\frac{1}{2}m{v_0}^2=-T_0l\cos\theta \qquad \therefore\quad l=\frac{3m{v_0}^2}{8T_0\cos\theta}\left(=\frac{3}{4}l_0\right)$$

配点

各 20 点 $\times 5$

7章　力学的エネルギーの保存（1）

問題

■演習

【1】

《解答》

(1) $\dfrac{1}{2}m{v_0}^2$

(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，

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m{v_0}^2 = -mgh \qquad \therefore \quad \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2}m{v_0}^2$$

これは，力学的エネルギー $\dfrac{1}{2}mv^2 + mgh$ 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，

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

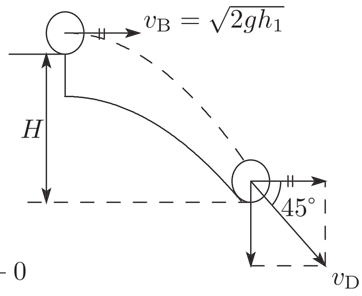
【2】

《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，

$$\frac{1}{2}m{v_\mathrm{B}}^2+0=0+mgh_1 \qquad \therefore \quad v_\mathrm{B}=\sqrt{2gh_1}$$

(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，



$$v_\mathrm{D}\cos 45^\circ=v_\mathrm{B} \qquad \therefore \quad v_\mathrm{D}=2\sqrt{gh_1} \quad \cdots(*)$$

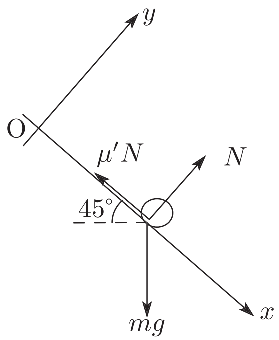
求める距離を H とする．D 点を高さの基準として，力学的エネルギーの保存より，

$$\frac{1}{2}m{v_\mathrm{B}}^2+mgH=\frac{1}{2}m{v_\mathrm{D}}^2+0$$

これらと (1) より，

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

(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，



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

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

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

(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，

$$\frac{1}{2}m{v_\mathrm{E}}^2-\frac{1}{2}m{v_\mathrm{D}}^2=mgh_2+(-\mu' mgh_2)$$

これと $(*)$ より，

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

(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，

$$0-\frac{1}{2}m{v_\mathrm{E}}^2=-\mu' mg\cdot\overline{\mathrm{FG}}$$

これと (4) より，

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

【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，

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

(3) ①+② より，

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

(4) (3) より，

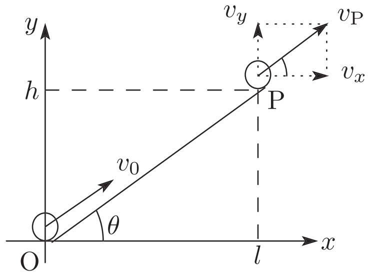
$$\frac{1}{2}(M+m)v^2 = (M-m)gl \qquad \therefore \quad v = \sqrt{\frac{M-m}{M+m}\cdot 2gl}$$

【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，

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2+0=\frac{1}{2}m{v_{\mathrm{P}}}^2+mgh \qquad \therefore \quad v_{\mathrm{P}}=\sqrt{{v_0}^2-2gh}$$



(イ) 右向きを正とすると，速度の水平成分 v_x は,

$$v_x=v_{\mathrm{P}}\cos\theta=\sqrt{{v_0}^2-2gh}\cos\theta$$

(ウ) 上向きを正とすると，速度の鉛直成分 v_y は,

$$v_y=v_{\mathrm{P}}\sin\theta=\sqrt{{v_0}^2-2gh}\sin\theta$$

(エ) 力学的エネルギーの保存より,

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

(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,

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2+0=\frac{1}{2}m({v_x}'^2+{v_y}'^2)+mgh$$

これと (オ) より,

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

(キ) 力学的エネルギーの保存より,

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2+0=\frac{1}{2}m{v_x}'^2+mgH_2$$

これと (オ) より,

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

(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,

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

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，

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

(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) $mgh\cos^2\theta$

P2J
高２東大物理

Z-KAI

会員番号		氏　名	