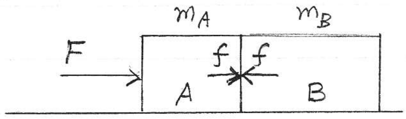
(注) 最後の答は，原則として3桁で記すことにする．

1.3A いろいろな直線運動(その1) — 運動方程式のつくり方 $\boxed{A}$

32.



$$\begin{cases} \text{Aについての運動方程式} \quad m_A a = F - f & \cdots\cdots ① \\ \text{Bについての運動方程式} \quad m_B a = f & \cdots\cdots ② \end{cases}$$

(1)

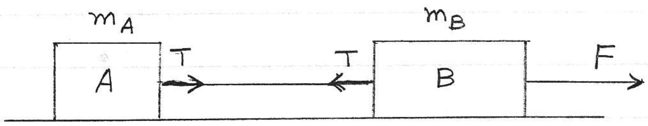
①+②より　$(m_A + m_B)a = F$

$$\therefore \quad a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{20\,\text{N}}{2\,\text{kg} + 3\,\text{kg}} = 4\,\text{m/s}^2 = 4.00\,\text{m/s}^2$$

(2)

②より　$f = m_B a = 3\,\text{kg} \times 4\,\text{m/s}^2 = 12\,\text{N} = 12.0\,\text{N}$

33.



(張力をTとした)

$$\begin{cases} \text{Aについての運動方程式} \quad m_A a = T & \cdots\cdots ① \\ \text{Bについての運動方程式} \quad m_B a = F - T & \cdots\cdots ② \end{cases}$$

(1)

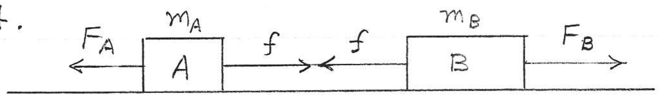
①+②より　$(m_A + m_B)a = F$

$$\therefore \quad a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{12\,\text{N}}{2\,\text{kg} + 4\,\text{kg}} = 2\,\text{m/s}^2 = 2.0\,\text{m/s}^2$$

(2) ①より　$T = m_A a = 2\,\text{kg} \times 2\,\text{m/s}^2 = 4\,\text{N} = 4.00\,\text{N}$

1.3A いろいろな直線運動(その1) —— 運動方程式のつくり方 $\boxed{B}$

34.



(1) A についての運動方程式 $m_A a = f - F_A$ ……①

B についての運動方程式 $m_B a = F_B - f$ ……②

(右向きを正とする)

①+② より $(m_A + m_B) a = F_B - F_A$

$$\therefore \quad a = \frac{F_B - F_A}{m_A + m_B} = \frac{1.5\,\mathrm{N} - 1.0\,\mathrm{N}}{0.2\,\mathrm{kg} + 0.3\,\mathrm{kg}}$$

$$= 1\ \mathrm{m/s^2} = 1.00\ \mathrm{m/s^2}$$

A, Bともに右向きに $1\ \mathrm{m/s^2}$ の等加速直線運動をする

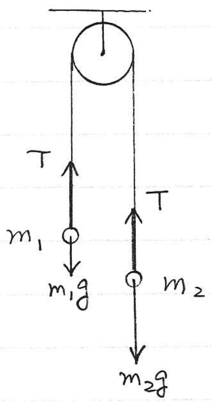
(2) ① より

$$f = m_A a + F_A = 0.2\,\mathrm{kg} \times 1\ \mathrm{m/s^2} + 1.0\,\mathrm{N}$$

$$= 1.2\,\mathrm{N}$$

$$= 1.20\,\mathrm{N}$$

35.



糸が物体を引いている力をT, 加速度をaとする.

m_1 についての運動方程式 $m_1 a = T - m_1 g$ ……①

m_2 についての運動方程式 $m_2 a = m_2 g - T$ ……②

(m_1については上方を正に, m_2については下方を正にとってある)

①+② $(m_1 + m_2) a = (m_2 - m_1) g$

$$\therefore \quad a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$$

($m_2 > m_1$ であるから ①より m_1は上方へ, ②より m_2は下方へ動く)

① より

$$T = m_1 a + m_1 g = m_1 (a + g)$$

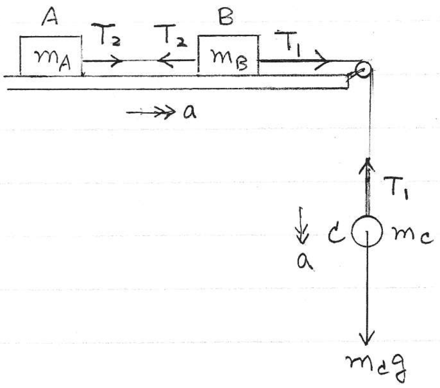
$$= m_1 \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g + g \right)$$

$$= \frac{g}{m_1 + m_2} (m_1 m_2 - m_1^2 + m_1^2 + m_1 m_2)$$

$$= \frac{2 m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

1、3A いろいろな直線運動（その1）—— 運動方程式のつくり方 $\boxed{C}$

36.



(1) Aについての運動方程式 $m_A a = T_2$ ----①

Bについての運動方程式 $m_B a = T_1 - T_2$ ----②

Cについての運動方程式 $m_C a = m_C g - T_1$ ----③

①+②+③

$$(m_A + m_B + m_C)a = m_C g$$

$$\therefore a = \frac{m_C}{m_A + m_B + m_C} g$$

$$= \frac{0{,}200\,\text{kg}}{1\,\text{kg} + 2\,\text{kg} + 0{,}200\,\text{kg}} \times 9{,}8\,\text{m/s}^2$$

$$= 0{,}6125\,\text{m/s}^2 = 0{,}613\,\text{m/s}^2$$

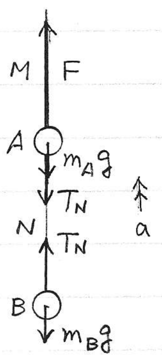
(2) ①より $T_2 = m_A a = 1\,\text{kg} \times 0{,}6125\,\text{m/s}^2 = 0{,}6125\,\text{N}$

$= 0{,}613\,\text{N}$

(3) ②より $T_1 = m_B a + T_2 = 2\,\text{kg} \times 0{,}6125\,\text{m/s}^2 + 0{,}6125\,\text{N}$

$= 1{,}8375\,\text{N} = 1{,}84\,\text{N}$

37.



(1) Aについての運動方程式 $m_A a = F - m_A g - T_N$ ----①

Bについての運動方程式 $m_B a = T_N - m_B g$ ----②

①+②

$$(m_A + m_B)a = F - (m_A + m_B)g$$

$$\therefore a = \frac{F - (m_A + m_B)g}{m_A + m_B} = \frac{68{,}6\,\text{N} - (3\,\text{kg} + 2\,\text{kg}) \times 9{,}8\,\text{m/s}^2}{3\,\text{kg} + 2\,\text{kg}}$$

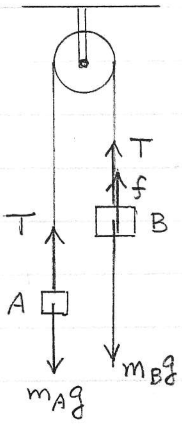
$$= 3{,}92\,\text{m/s}^2$$

(2) ②より $T_N = m_B(a + g) = 2\,\text{kg} \times (3{,}92\,\text{m/s}^2 + 9{,}8\,\text{m/s}^2)$

$= 27{,}44\,\text{N}$

$= 27{,}4\,\text{N}$

38. (1)



Aについての力のつり合い　$T = m_A g$　----①

（運動方程式としては　$(m_A a =)\ 0 = T - m_A g$ ）

Bについての力のつり合い　$T + f = m_B g$　----②

（運動方程式としては　$(m_B a =)\ 0 = m_B g - T - f$ ）

①より

$$T = m_A g = 0.2\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2}$$
$$= 1.96\,\mathrm{N}$$

②に代入

$$f = m_B g - T = 0.5\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2} - 1.96\,\mathrm{N}$$
$$= 2.94\,\mathrm{N}$$

(2) 動き出してからの糸の張力を T' とする．Bを支える力 $f = 0$ となるから，

Aについての運動方程式　$m_A a = T' - m_A g$　----③

Bについての運動方程式　$m_B a = m_B g - T'$　----④

（③+④を計算すると，まず加速度 a が出てくる．((3)の答）それを③か④に代入して張力 T' が出てくる．

初めに T' を求めたければ，最初に a を消去する）

③ × m_B − ④ × m_A

$$0 = m_B T' - m_A m_B g - m_A m_B g + m_A T'$$

$$\therefore\ (m_B - m_A) T' = 2 m_A m_B g$$

$$\therefore\quad T' = \frac{2 m_A m_B g}{m_A + m_B} = \frac{2 \times 0.2\,\mathrm{kg} \times 0.5\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2}}{0.2\,\mathrm{kg} + 0.5\,\mathrm{kg}}$$

$$= 2.8\,\mathrm{N} = 2.80\,\mathrm{N}$$

(3) ④より

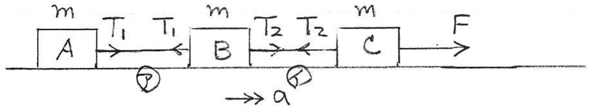
$$a = \frac{m_B g - T'}{m_B} = \frac{0.5\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2} - 2.8\,\mathrm{N}}{0.5\,\mathrm{kg}}$$

$$= 4.2\,\mathrm{m/s^2} = 4.20\,\mathrm{m/s^2}$$

（③を用いてもよい．$a = \dfrac{T' - m_A g}{m_A} = \dfrac{2.8\,\mathrm{N} - 0.2\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2}}{0.2\,\mathrm{kg}}$

$= 4.2\,\mathrm{m/s^2} = 4.20\,\mathrm{m/s^2}$ ）

39.



(1) Aについての運動方程式 $ma = T_1$ ----①

Bについての運動方程式 $ma = T_2 - T_1$ ----②

Cについての運動方程式 $ma = F - T_2$ ----③

①+②+③

$$3ma = F$$

$$\therefore \quad a = \frac{F}{3m} = \frac{15\,N}{3 \times 1\,kg}$$

$$= 5\ m/s^2 = 5.00\ m/s^2$$

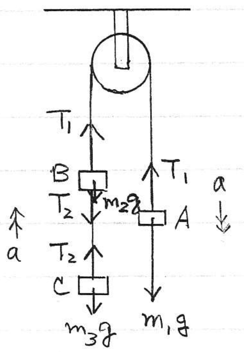
(2) アの張力は、①より $T_1 = ma = 1\,kg \times 5\,m/s^2$

$$= 5\,N = 5.00\,N$$

イの張力は ②より $T_2 = ma + T_1 = 1\,kg \times 5\,m/s^2 + 5\,N$

$$= 10\,N = 10.0\,N$$

40.



(1) Aについての運動方程式 $m_1 a = m_1 g - T_1$ ----①

Bについての運動方程式 $m_2 a = T_1 - T_2 - m_2 g$ ----②

Cについての運動方程式 $m_3 a = T_2 - m_3 g$ ----③

①+②+③

$$(m_1 + m_2 + m_3)a = (m_1 - m_2 - m_3)g$$

$$\therefore \quad a = \frac{m_1 - m_2 - m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g$$

(2) ①より $T_1 = m_1 g - m_1 a = m_1 g - m_1 \dfrac{m_1 - m_2 - m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g$

$$= \frac{2m_1(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3} g$$

(3) ③より $T_2 = m_3 a + m_3 g = m_3 \dfrac{m_1 - m_2 - m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g + m_3 g$

$$= \frac{2m_1 m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g$$

1.3B いろいろな直線運動（その2）

―― 自由落下運動，真上に投げ上げたときの運動 A

41. $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.8\,m/s^2 \times (2s)^2 = 19.6\,m$

$v = gt = 9.8\,m/s^2 \times 2s = 19.6\,m/s$

42. (1) $v = v_0 + gt$

$= 15\,m/s + 9.8\,m/s^2 \times 3\,s = 44.4\,m/s$

(2) $y = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$

$= 15\,m/s \times 3s + \frac{1}{2} \times 9.8\,m/s^2 \times (3s)^2 = 89.1\,m$

(3) $y = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$

$\therefore\ 200\,m = 15\,m/s \times t + \frac{1}{2} \times 9.8\,m/s^2 \times t^2$

単位を省略すると，tについての次の2次方程式となる．

$4.9t^2 + 15t - 200 = 0$

これを解くと，$t = \dfrac{-15 \pm \sqrt{15^2 - 4 \times 4.9 \times (-200)}}{2 \times 4.9}$

$= \dfrac{-15 \pm 64.381\cdots}{9.8} = 5.0388\cdots s$　（複号は $t>0$ より $+$）

$\fallingdotseq 5.04\,s$

$v = v_0 + gt$

$= 15\,m/s + 9.8\,m/s^2 \times 5.0388\cdots s$

$= 64.380\cdots\ m/s$

$\fallingdotseq 64.4\ m/s$

43. (1) $T = \dfrac{v_0}{g} = \dfrac{19.6\,m/s}{9.8\,m/s^2} = 2\,s = 2.00\,s$

(2) $H = \dfrac{v_0^2}{2g} = \dfrac{(19.6\,m/s)^2}{2 \times 9.8\,m/s^2} = 19.6\,m$

(3) $y = v_0 t - \dfrac{1}{2} g t^2 = 19.6\,m/s \times 3\,s - \dfrac{1}{2} \times 9.8\,m/s^2 \times (3\,s)^2 = 14.7\,m$

$v = v_0 - gt = 19.6\,m/s - 9.8\,m/s^2 \times 3\,s = -9.8\,m/s$ （鉛直下向き）
$= -9.80\,m/s$

(4) $y = v_0 t - \dfrac{1}{2} g t^2$ より　$4.9\,m = 19.6\,m/s \times t - \dfrac{1}{2} \times 9.8\,m/s^2 \times t^2$

単位を省略して　$4.9 = 19.6t - 4.9t^2$
両辺を 4.9 で割って整理すると，　$t^2 - 4t + 1 = 0$
よって，　$t = 2 \pm \sqrt{3} = 0.26794\cdots,\ 3.7320\cdots$
$= 0.268\,s,\ 3.73\,s$

(5) $2T = 2 \times 2\,s = 4\,s = 4.00\,s$

※もう少し丁寧にやると，
$y = v_0 t - \dfrac{1}{2} g t^2$ で $y = 0$
よって　$\left(v_0 - \dfrac{1}{2} g t\right) t = 0$
したがって　$t = 0,\ \dfrac{2v_0}{g} (= 2T)$
$t = 0$ は，投げ上げたとき，$t = \dfrac{2v_0}{g}$ は地上に戻ってきたとき．
∴ $t = 2T = 2 \times 2\,s = 4\,s = 4.00\,s$

※

(6) (4)の結果から，　4.9 m まで上昇する時間は $(2 - \sqrt{3})\,s$
4.9 m から地面に着くまでの時間は $4\,s - (2 + \sqrt{3})\,s = (2 - \sqrt{3})\,s$
よって，2つの時間は等しい．

1.3B いろいろな直線運動（その2）

—— 自由落下運動，真上に投げ上げたときの運動 $\boxed{B}$

44. (1) $v_B^2 - v_A^2 = 2g y_{AB}$

$$\therefore y_{AB} = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2g} = \frac{(69\ \mathrm{m/s})^2 - (29\ \mathrm{m/s})^2}{2 \times 9.8\ \mathrm{m/s^2}}$$

$$= 200\ \mathrm{m}$$

(2) $g = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v_B - v_A}{\Delta t}$

$$\therefore \Delta t = \frac{v_B - v_A}{g} = \frac{69\ \mathrm{m/s} - 29\ \mathrm{m/s}}{9.8\ \mathrm{m/s^2}} = 4.0816\cdots\ \mathrm{s}$$

$$= 4.08\ \mathrm{s}$$

45. 下向きを正として，

$$\begin{cases} \text{Aの落下距離} & y_A = v_{A0}t + \dfrac{1}{2}gt^2 & \text{---- ①} \\ \text{Bの落下距離} & y_B = v_{B0}t + \dfrac{1}{2}gt^2 & \text{---- ②} \end{cases}$$

落下距離の差は ② − ①

$$y_B - y_A = (v_{B0} - v_{A0})t = (1.0\ \mathrm{m/s} - 0.5\ \mathrm{m/s}) \times 2\ \mathrm{s}$$

$$= 1\ \mathrm{m}$$

$$= 1.00\ \mathrm{m}$$

1.3B いろいろな直線運動（その2）

—— 自由落下運動，真上に投げ上げたときの運動 $\boxed{C}$

46. (1) 時間 $t=0\,s$ を，Aを自由落下させたときとする．

$$\begin{cases} y_A = \frac{1}{2}gt^2 & (t \geqq 0) \\ y_B = v_0(t-3) + \frac{1}{2}g(t-3)^2 & (t \geqq 3) \end{cases}$$
（単位省略）

2つの小石の間隔は

$$y_A - y_B = \frac{1}{2}gt^2 - v_0(t-3) - \frac{1}{2}g(t-3)^2 \quad (t \geqq 3)$$
$$= (3g - v_0)t + 3v_0 - \frac{9}{2}g \quad \cdots\cdots ①$$
$$= (3\,s \times 9.8\,m/s^2 - 10\,m/s)t + 3\,s \times 10\,m/s - \frac{9\,s^2}{2} \times 9.8\,m/s^2$$
$$= 19.4t - 14.1 \quad (t\,[s] \text{ で全体の単位は } [m])$$

（$t=3\,s$（Bを投げ下ろしたとき）では，間隔は $19.4\,m/s \times 3\,s - 14.1\,m = 44.1\,m$，
その後 1s当 19.4 m ずつ間隔が増えていく．）

(2) $y_A - y_B \leqq 0$ ならば Bは Aに追いつく．

①より

$$y_A - y_B = (3g - v_0)t + 3v_0 - \frac{9}{2}g$$
$$= (3-t)v_0 + \left(3t - \frac{9}{2}\right)g$$
$$= (3-t)v_0 + \frac{3}{2}g(2t-3) \leqq 0$$

$$\therefore (t-3)v_0 \geqq \frac{3}{2}g(2t-3)$$

$$\therefore \quad v_0 \geqq \frac{3}{2}g \cdot \frac{2t-3}{t-3} = \frac{3}{2}g\left(\frac{3}{t-3} + 2\right)$$

$t \to \infty$ で $\frac{3}{t-3} + 2 \longrightarrow 2$（最小値）となるので，このときが v_0 の最小値

よって $\frac{3}{2} \times 9.8 \times 2 = 29.4\,[m/s]$ より大きい初速度をBに与えれば，有限の時間内で
Aに追いつく．

(3)
$$\begin{cases} v_A = gt \\ v_B = v_0 + g(t-3) \end{cases}$$

であるから， Aから見たBの速度 $v_{AB} = v_B - v_A = v_0 + g(t-3) - gt$
$$= v_0 - 3g$$
$$= v_0 - 3\,s \times 9.8\,m/s^2$$
$$= v_0 - 29.4\,m/s$$

i) $v_0 > 29.4\,m/s$ ならば Bは Aに $v_0 - 29.4\,m/s$（等速）で近づくように見える．

ii) $v_0 = 29.4\,m/s$ ならば Bは Aに対して止まって見える．（距離が変わらない）

iii) $v_0 < 29.4\,m/s$ ならば Bは Aから $29.4\,m/s - v_0$（等速）で遠ざかるように見える．

1.3C いろいろな直線運動(その3) —— 摩擦がはたらくときの運動 $\boxed{A}$

47. $F_0 = \mu N$

$$\therefore \mu = \frac{F_0}{N} = \frac{F_0}{mg} = \frac{24.5\,\mathrm{N}}{10\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2}} = 0.25 = 0.250$$

48. (1) $ma = F$ より $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{30\,\mathrm{N}}{10\,\mathrm{kg}} = 3\,\mathrm{m/s^2} = 3.00\,\mathrm{m/s^2}$

(2) 実際の加速度 $a' = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{20\,\mathrm{m/s}}{10\,\mathrm{s}} = 2\,\mathrm{m/s^2} = 2.00\,\mathrm{m/s^2}$

よって，摩擦力 $F' = ma - ma' = m(a - a')$

$$= 10\,\mathrm{kg} \times (3\,\mathrm{m/s^2} - 2\,\mathrm{m/s^2})$$

$$= 10\,\mathrm{N} = 10.0\,\mathrm{N}$$

(3) $F' = \mu' N$

$$\therefore \mu' = \frac{F'}{N} = \frac{F'}{mg} = \frac{10\,\mathrm{N}}{10\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2}} = 0.10204\cdots\cdots$$

$$= 0.102$$

1.3C いろいろな直線運動(その3) ── 摩擦がはたらくときの運動 $\boxed{B}$

49. (1) $v^2 - v_0^2 = 2ax$ を用いる。ここでは $v = 0\ \mathrm{m/s}$ であるから，進行方向を正として

$$a = -\frac{v_0^2}{2x} = -\frac{(10\ \mathrm{m/s})^2}{2 \times 10\ \mathrm{m}} = -5\ \mathrm{m/s^2} = -5.00\ \mathrm{m/s^2} \quad (\because 36\ \mathrm{km/h} = 10\ \mathrm{m/s})$$

動摩擦力の大きさをF'とすると，$-F' = ma = m \times (-5\ \mathrm{m/s^2})$ $\quad \therefore F' = m \times 5\ \mathrm{m/s^2}$

動摩擦係数をμ'とすると

$$F' = \mu' mg$$

$$\therefore \mu' = \frac{F'}{mg} = \frac{m \times 5\ \mathrm{m/s^2}}{m \times 9.8\ \mathrm{m/s^2}} = 0.51020\cdots\cdots$$

$$= 0.510$$

(2) $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ より $\quad 10\ \mathrm{m} = 10\ \mathrm{m/s} \times t + \frac{1}{2} \times (-5\ \mathrm{m/s^2}) \times t^2$

単位省略で $\quad 20 = 20t - 5t^2$

$$\therefore 4 = 4t - t^2$$

$$\therefore t^2 - 4t + 4 = 0$$

$$\therefore (t-2)^2 = 0$$

$$\therefore t = 2\ \mathrm{s} = 2.00\ \mathrm{s}$$

(3) $v^2 - v_0^2 = 2ax$ で $\quad v = 0\ \mathrm{m/s}$，$v_0 = 20\ \mathrm{m/s}$

さらに，動摩擦力 F'は 速さによらないので，加速度 aも変わらない。$(a = -5\ \mathrm{m/s^2})$

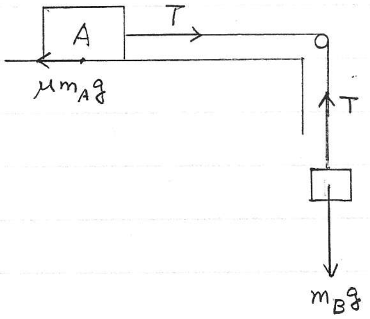
よって，

$$x = -\frac{v_0^2}{2a} = -\frac{(20\ \mathrm{m/s})^2}{2 \times (-5\ \mathrm{m/s^2})}$$

$$= 40\ \mathrm{m}$$

$$= 40.0\ \mathrm{m}$$

50.



(1) $\begin{cases} \text{Aについての運動方程式} & m_A a = T - \mu m_A g & \text{------①} \\ \text{Bについての運動方程式} & m_B a = m_B g - T & \text{------②} \end{cases}$

①+② $(m_A + m_B)a = (m_B - \mu m_A)g$

$$\therefore \quad a = \frac{m_B - \mu m_A}{m_A + m_B} g$$

$$= \frac{0.400\,\mathrm{kg} - 0.2 \times 0.300\,\mathrm{kg}}{0.300\,\mathrm{kg} + 0.400\,\mathrm{kg}} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2}$$

$$\fallingdotseq 4.76\ \mathrm{m/s^2}$$

②より $T = m_B(g - a)$

$$= 0.400\,\mathrm{kg} \times (9.8\,\mathrm{m/s^2} - 4.76\,\mathrm{m/s^2})$$

$$= 2.016\ \mathrm{N} \fallingdotseq 2.02\ \mathrm{N}$$

(2) $v^2 - v_0^2 = 2ax$ で $v_0 = 0\ \mathrm{m/s}$

$$\therefore \quad v = \sqrt{2ax} = \sqrt{2 \times 4.76\ \mathrm{m/s^2} \times 1\ \mathrm{m}}$$

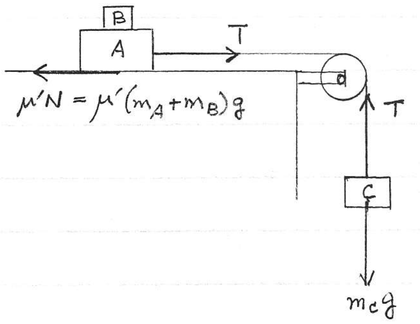
$$= \sqrt{9.52\ \mathrm{m^2/s^2}}$$

$$= 3.0854\cdots\ \mathrm{m/s}$$

$$\fallingdotseq 3.09\ \mathrm{m/s}$$

1.3 C いろいろな直線運動（その3）— 摩擦がはたらくときの運動 $\boxed{C}$

51. (1)



等速で運動しているので力はつり合っている。よって

$$\begin{cases} T = \mu'(m_A+m_B)g \\ T = m_C g \end{cases}$$

（運動方程式で書くならば、加速度が 0 m/s^2 なので、

$$\begin{cases} 0 = T - \mu'(m_A+m_B)g \\ 0 = T - m_C g \end{cases}$$

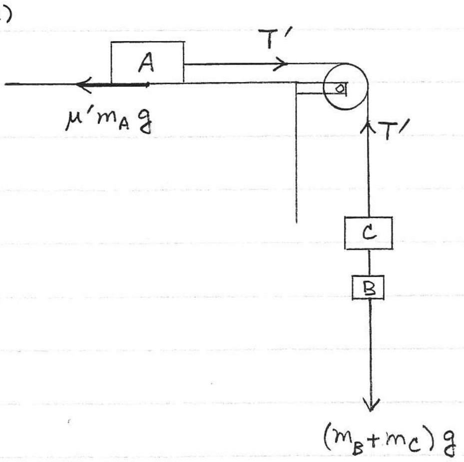
）

$$\therefore \mu'(m_A+m_B)g = m_C g$$

$$\therefore \quad m_B = \frac{m_C - \mu' m_A}{\mu'} = \frac{0.050\,kg - 0.1 \times 0.4\,kg}{0.1}$$

$$= 0.1\ kg = 0.100\,kg$$

(2)



1) 運動方程式は

A について　$m_A a = T' - \mu' m_A g$ ----①

B+C について　$(m_B+m_C)a = (m_B+m_C)g - T'$ ---②

①+②

$$(m_A+m_B+m_C)a = (m_B+m_C-\mu' m_A)g$$

$$\therefore \quad a = \frac{m_B+m_C-\mu' m_A}{m_A+m_B+m_C}g$$

$$= \frac{0.1\,kg + 0.050\,kg - 0.1 \times 0.4\,kg}{0.4\,kg + 0.1\,kg + 0.050\,kg} \times 9.8\,m/s^2$$

$$= 1.96\ m/s^2$$

2) ①より　$T' = m_A a + \mu' m_A g = (a+\mu' g)m_A$

$$= (1.96\,m/s^2 + 0.1 \times 9.8\,m/s^2) \times 0.4\,kg$$

$$= 1.176\,N = 1.18\,N$$

3) $v^2 - v_0^2 = 2ax$ を用いて、$v_0 = 0\ m/s$ であるから、

$$v^2 = 2ax$$

$$\therefore v = \sqrt{2ax} = \sqrt{2 \times 1.96\,m/s^2 \times 0.5\,m}$$

$$= 1.4\ m/s$$

$$= 1.40\ m/s$$

52. ※ (1) は，1.4節で学ぶ運動量保存の法則を用いると，

$$mv = (m+M)u$$

$$\therefore\ u = \frac{m}{m+M}v$$

のように，直ちに答が得られる．そのため，uを求める問題が(1)になっているが，ここでは，1.4節はまだ学んでいないので，(2)，(1)の順に解くことにする ※

(2) 物体にはたらく摩擦力は，右向きを正として $-\mu mg$ である．(摩擦力は左向き)
一方，板には物体から同じ大きさで向きが逆の力 μmg を受ける．(作用反作用の法則)
したがって，物体の加速度 $a = -\frac{\mu mg}{m} = -\mu g$ である．(物体の速さはvからuに減速)
また，板の加速度 $a' = \frac{\mu mg}{M}$ である (板の速さは0からuに加速)

物体と板の速さがuになった時刻を $t = t_1$ とすると，

物体について $u = v - at_1 = v - \mu g t_1$ ----①

板について $u = a't_1 = \frac{\mu mg}{M}t_1$ ----②

①，②より $v - \mu g t_1 = \frac{\mu mg}{M}t_1$

$$\therefore\ \mu g\left(\frac{m}{M}+1\right)t_1 = v$$

$$\therefore\ t_1 = \frac{Mv}{\mu g(m+M)}$$ (これが求める時間に等しい)

(1) ②に代入して

$$u = \frac{\mu mg}{M}\cdot\frac{Mv}{\mu g(m+M)} = \frac{m}{m+M}v$$

(3) ※ この問題は1.6節で学ぶ相対速度を用いると比較的簡単になるが，1.6節はまだ学んでいないので，次のような解答を示す．相対速度(相対加速度)を用いた解答も次ページに示す． ※

物体について $u^2 - v^2 = 2ax$ の式より，(xは物体の床に対する移動距離)

$$x = \frac{u^2-v^2}{2a} = \frac{\left(\frac{m}{m+M}v\right)^2 - v^2}{-2\mu g} = \frac{(2m+M)Mv^2}{2\mu g(m+M)^2}$$

ところが，板も初速0で速さがuになるまで動いている．移動距離をx'とすると

$u^2 = 2a'x'$ より

$$x' = \frac{u^2}{2a'} = \frac{\left(\frac{m}{m+M}v\right)^2}{2\frac{\mu mg}{M}} = \frac{mMv^2}{2\mu g(m+M)^2}$$

(続く)

52. (3) (続き)

したがって、物体が板の上を移動した距離は、

$$x - x' = \frac{(2m+M)Mv^2}{2\mu g(m+M)^2} - \frac{mMv^2}{2\mu g(m+M)^2}$$

$$= \frac{Mv^2}{2\mu g(m+M)}$$

(相対加速度を用いた別解)

板から見た物体の相対的な加速度を a'' とすると

$$a'' = a - a' = -\mu g - \frac{\mu m g}{M} = -\mu g\left(1 + \frac{m}{M}\right)$$

板から見た物体の速さが v から 0 になるまでの、板から見た物体の移動距離は

$$v t_1 + \frac{1}{2}a'' t_1^2 = v \cdot \frac{Mv}{\mu g(m+M)} + \frac{1}{2}\left(-\mu g\left(1+\frac{m}{M}\right)\right) \cdot \left(\frac{Mv}{\mu g(m+M)}\right)^2$$

$$= \frac{Mv^2}{\mu g(m+M)} - \frac{Mv^2}{2\mu g(m+M)}$$

$$= \frac{Mv^2}{2\mu g(m+M)}$$