

1.

図1(a)のように、人が乗った台車Aと荷物を置いた台車Bとが接して、水平面上で静止している。人と台車Aをあわせた質量は M 、荷物と台車Bをあわせた質量は m である。台車A上の人、一定の大きさ F の力で台車Bを軽い棒で水平方向に押し続けた。台車を押し始めてから時間 t_0 が経過したとき、台車間の距離は図1(b)のように L であった。ただし、図の右向きを正とする。また、台車の車輪は軽く、台車は水平面上をなめらかに動く。

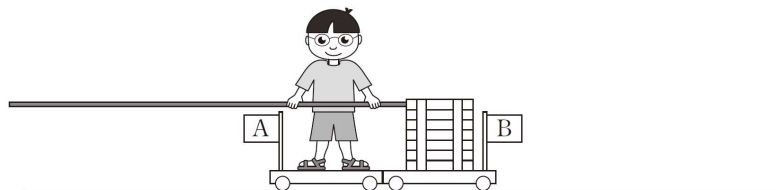


図1(a)

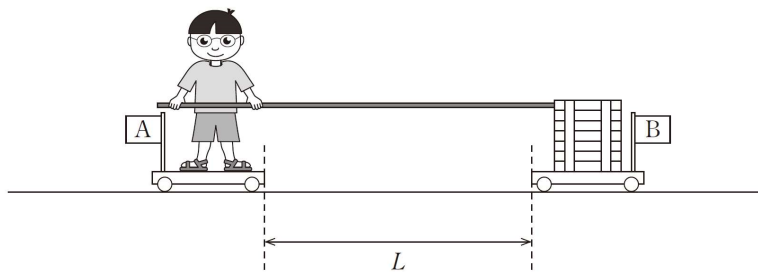


図1(b)

(1) 大きさ F の力を作用させているときの、人が乗った台車Aの加速度 a_1 と荷物を置いた台車Bの加速度 a_2 を表す式の組合せとして正しいものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

	a_1	a_2
①	0	$\frac{F}{m}$
②	$-\frac{F}{m}$	$\frac{F}{M}$
③	$-\frac{F}{M}$	$\frac{F}{m}$
④	$-\frac{F}{M+m}$	$\frac{F}{M+m}$
⑤	$-\frac{F(M+m)}{mM}$	$\frac{F(M+m)}{mM}$
⑥	$-\frac{FM}{(M+m)^2}$	$\frac{Fm}{(M+m)^2}$

(2) 台車間の距離が L になる時間 t_0 を、(1)の加速度 a_1 、 a_2 を用いて表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 $t_0 =$

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{2L}{a_1}}$ | ② $\sqrt{\frac{L}{a_1}}$ |
| ③ $\sqrt{\frac{2L}{a_2}}$ | ④ $\sqrt{\frac{L}{a_2}}$ |
| ⑤ $\sqrt{\frac{2L}{a_2 - a_1}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{L}{a_2 - a_1}}$ |

(3) 台車間の距離が L になったときの、人が乗った台車Aと荷物を置いた台車Bの運動エネルギーの和として正しいものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

- | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------------|
| ① 0 | ② $\frac{FL}{2}$ | ③ FL |
| ④ $\frac{mFL}{M+m}$ | ⑤ $\frac{MFL}{M+m}$ | ⑥ $\frac{(M-m)FL}{M+m}$ |

解答 (1) ③ (2) ⑤ (3) ③

解説

(1) 台車A、Bについて、それぞれ運動方程式を立てると

$$A : Ma_1 = -F$$

$$B : ma_2 = F$$

$$\text{よって } a_1 = -\frac{F}{M}, a_2 = \frac{F}{m}$$

以上より正しいものは ③。

- (2) F は一定なので、(1) の結果から A, B とも等加速度直線運動をすることがわかる。
A から B の運動を観察するとき、加速度は $a_2 - a_1$ で一定であり、時間 t_0 で距離 L 移動するので (初速度は 0)、等加速度直線運動の式「 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 」より

$$L = \frac{1}{2} (a_2 - a_1) t_0^2$$

$$\text{よって } t_0 = \sqrt{\frac{2L}{a_2 - a_1}}$$

以上より正しいものは ⑤。

- (3) 時間が t_0 経過したときの台車 A, B の速さをそれぞれ v_1, v_2 とすると

$$A : v_1 = a_1 t_0$$

$$B : v_2 = a_2 t_0$$

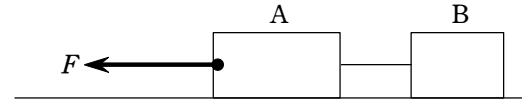
よって、2 つの台車の運動エネルギーの和 K は

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{2} M v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 \\ &= \frac{1}{2} M a_1^2 t_0^2 + \frac{1}{2} m a_2^2 t_0^2 \\ &= \frac{1}{2} \left\{ M \left(-\frac{F}{M} \right)^2 + m \left(\frac{F}{m} \right)^2 \right\} \left(\sqrt{\frac{2L}{a_2 - a_1}} \right)^2 \\ &= \frac{1}{2} F^2 \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right) \frac{2L}{\frac{F}{m} - \left(-\frac{F}{M} \right)} \\ &= \frac{1}{2} F^2 \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right) \frac{2L}{F \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M} \right)} \\ &= FL \end{aligned}$$

以上より正しいものは ③。

2.

図のように、軽い糸でつながった、質量 M の物体 A と質量 m の物体 B が、なめらかな水平面上に置かれている。物体 A に一定の大きさ F の力を水平方向に加え、全体を等加速度運動させる。ただし、糸は水平であるものとする。



- (1) 物体 A と物体 B をつなぐ糸の張力の大きさを表す式として正しいものを、次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。

① $\frac{m}{M+m} F$ ② $\frac{M+m}{m} F$ ③ $\frac{M+m}{M} F$

④ $\frac{M}{M+m} F$ ⑤ $\frac{M}{m} F$ ⑥ $\frac{m}{M} F$

- (2) 運動中のある時刻における物体 A と物体 B の運動エネルギー E_A と E_B の比 $\frac{E_A}{E_B}$ を表す式として正しいものを、次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。 $\frac{E_A}{E_B} = \text{$

① 1 ② $\frac{m}{M}$ ③ $\frac{M}{m}$ ④ $\frac{m^2}{M^2}$ ⑤ $\frac{M^2}{m^2}$

解答 (1) ① (2) ③

解説

- (1) 2 物体の加速度を左向きに a 、糸の張力の大きさを T とすると、水平方向にはたらく力は右図のようになる。

運動方程式は

$$A : Ma = F - T$$

$$B : ma = T$$

$$2 \text{ 式より } T = \frac{m}{M+m} F$$

以上より、正しいものは ①。

- (2) 物体 A と物体 B の速さが v であるとき、 $E_A = \frac{1}{2} M v^2$ 、 $E_B = \frac{1}{2} m v^2$ なので

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{1}{2} M v^2}{\frac{1}{2} m v^2} = \frac{M}{m}$$

以上より、正しいものは ㉓。