

以下の設問に答えなさい。答だけでなく、答に至る過程もいねいに説明すること。

1. なめらかな台の上に図 1 のように質量 m [kg] の物体 A を置き、壁の方向へ向かって速度 v [m/s] で等速運動させた。やがて物体 A は図 2 のように壁に衝突した。その後、物体 A はそれまでと反対の方向に速度 v [m/s] で等速運動を始めた。



図 1



図 2

- (1) 物体 A と壁との衝突について考えてみよう。図 2 のように、物体 A と壁の間には作用・反作用の法則に従って 2 つの力が働くと考えられる。あなたの友人の K 君は『図 2 のように作用と反作用の力が釣り合うから衝突ののち物体 A は停止するはずだ』という仮説をたてた。しかし前述のように、実際にはそうならなかった。K 君の仮説のどこがおかしかったのか述べよ。

【解答欄】

- (2) この衝突によって物体 A が受けた力積 N [kg · m/s] を m と v の式で表せ。

【解答欄】

2. なめらかな台の上に質量 m_A [kg] の物体 A と質量 m_B [kg] の物体 B を接触させて置き, 図 3 のように物体 A に外力 f [N] を加えた.

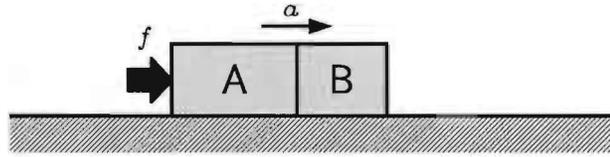


図 3

- (1) 2 つの物体は一体となって加速度 a [m/s^2] を生じた. a を f, m_A, m_B の式で表せ.

【解答欄】

- (2) 物体 B が物体 A に及ぼす反作用の力 g を f, m_A, m_B の式で表せ.

【解答欄】

3. なめらかな台の上に質量 m [kg] の物体 A_0 、質量 $\frac{m}{2}$ [kg] の物体 A_1 、質量 $\frac{m}{4}$ [kg] の物体 A_2 、および質量 $\frac{m}{8}$ [kg] の物体 A_3 を図 4 のように接触させて置き、物体 A_0 に外力 f [N] を加えた。

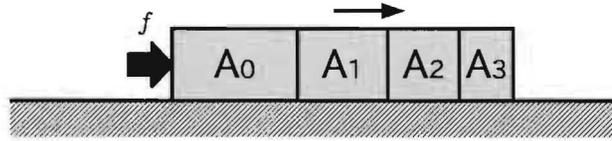


図 4

- (1) 4 つの物体は一体となって、ある加速度を生じた。このとき物体 A_1 が物体 A_0 に及ぼす反作用の力 g を f の式で表せ。

【解答欄】

3. (続き)

(2) 物体 A_2 が物体 A_1 に及ぼす反作用の力 h を f の式で表せ.

【解答欄】

4. なめらかな台の上に質量 m_A [kg] の物体 A と質量 m_B [kg] の物体 B を置き、図 5 のように物体 A を速度 v_0 [m/s] で等速運動させ、静止させた物体 B に衝突させた。衝突後、物体 B は速度 v_1 [m/s] を生じた。

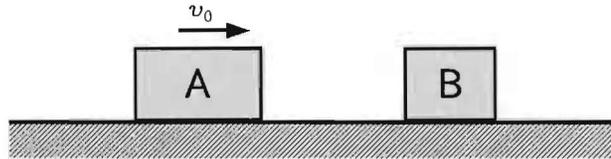


図 5

衝突前と衝突後では 2 つの物体の運動量の和は保存される。このことを物体 A と物体 B の間に生じる作用・反作用の力がつり合うことを用いて説明したい。

まず、衝突の際に物体 A が物体 B に与える力を考えよう。この力は常に一定ではなく時間とともに変化すると考えられるから、時刻 t [s] の関数として $f(t)$ [N] と表すことにしよう。物体 A の速度も衝突によって変化するから、時刻 t [s] の関数として $v_A(t)$ [m/s] と表す。同様に物体 B の速度も $v_B(t)$ [m/s] と表すことにする。

さて、時刻 t [s] における物体 A の加速度を考えてみよう。加速度は単位時間あたりに速度がどのくらい変化したかを表す量である。時刻 t [s] における物体 A の速度は $v_A(t)$ [m/s] と書ける。また、微小時間 Δt [s] 後の速度は $v_A(t + \Delta t)$ [m/s] となる。作用・反作用の法則から物体 B が物体 A に与える力は $-f(t)$ [N] と書けるから、時刻 t [s] における物体 A に関する運動方程式は、

$$-f(t) = m_A \frac{v_A(t + \Delta t) - v_A(t)}{\Delta t} \tag{1}$$

と書ける。同様に、時刻 t [s] における物体 B に関する運動方程式は

$$\boxed{\text{㊦}} \tag{2}$$

と書ける。式 (1) および式 (2) の両辺を加えれば

$$\frac{\{m_A \cdot v_A(t + \Delta t) + m_B \cdot v_B(t + \Delta t)\} - \boxed{\text{㊦}}}{\Delta t} = 0 \tag{3}$$

が得られる。

(1) $\boxed{\text{㊦}}$ に入る方程式を導け。

【解答欄】

4. (続き)

(2) に入る数式を導け.

【解答欄】

(3) なぜ式 (3) が物体 A と物体 B の運動量の和が保存されることを示すのか. 式 (3) の左辺の意味に注意して述べよ.

【解答欄】