

## 物理基礎・物理

### 問題 1

(1)

斜面を飛び出した小球は放物線を描いて飛び、最高点に達した後、地面に衝突する。空中にある間は、水平方向には等速度運動を、鉛直方向には鉛直投げ上げ運動をしている。

(2)

空中にある小球には鉛直下向きに  $f = mg$  [N] の力が働く。

答. 鉛直下向き、 $mg$  [N]

(3)

小球 A が斜面を飛び出した速度  $v$  の鉛直上向きの成分を  $v_y$  とすると、

$$v_y = v \sin \theta = 19.6 \times \sin 30^\circ = 19.6 \times \frac{1}{2} = 9.8 \text{ m/s}$$

最高点に到達するまでの時間を  $t_1$  とする。最高点では小球 A の鉛直上向きの速度成分は 0 になるので、

$$0 = v_y - gt_1 \quad \text{よって、} \quad t_1 = \frac{v_y}{g} = \frac{9.8}{9.8} = 1.0 \text{ s}$$

最高点と斜面の高さの差を  $h_1$  とすると、

$$h_1 = v_y t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = 9.8 \times 1.0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2 = 4.9 \text{ m}$$

最高点から地面まで落下する運動は自由落下運動とみなせるので、地面までの落下時間を  $t_2$  とすると

$$h + h_1 = \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$\text{よって、} \quad t_2^2 = \frac{2(h+h_1)}{g} = \frac{2(4.9+4.9)}{9.8} = 2 \quad \therefore t_2 = \sqrt{2} = 1.4 \text{ s}$$

したがって小球 A が斜面を飛び出してから最初に地面に衝突するまでの時間  $t$  は  $t = t_1 + t_2 = 1.0 + 1.4 = 2.4 \text{ s}$

答. 2.4 s

(4)

小球 A が地面に衝突する速度  $v_A$  の鉛直下向きの成分を  $v_{Ay}$  とする。

最高点から地面まで落下する運動は自由落下運動とみなせるので

$$v_{Ay} = gt_2 = 9.8\sqrt{2} \text{ [m/s]}$$

小球 A が地面に衝突する速度  $v_A$  の水平成分  $v_{Ax}$  は斜面を飛び出した時の速度  $v$  の水平成分に等しいので

$$v_{Ax} = v \cos \theta = 19.6 \times \cos 30^\circ = 19.6 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 9.8\sqrt{3}$$

よって、小球 A が地面に衝突する速度  $v_A$  は

$$v_A^2 = v_{Ax}^2 + v_{Ay}^2 = (9.8\sqrt{3})^2 + (9.8\sqrt{2})^2 = 5 \times 9.8^2$$

$$v_A = \sqrt{5 \times 9.8^2} = 9.8\sqrt{5} = 21.56 \text{ [m/s]}$$

答. 22 m/s

## 問題 2

(1)

ア	縦波 (または 疎密波)	イ	媒質
ウ	20000	エ	超音波
オ	340		

- (2) 音源の振動数が  $f$  [Hz] であるから、  
波の数は  $f$  個となる。

答.  $f$  個

- (3) S'O 間の距離は、 $V - v_s$  [m]

波の個数は、 $f$  個である。

よって、一つの波の長さ (波長) は、 $\frac{V - v_s}{f}$  [m]

答.  $\frac{V - v_s}{f}$  [m]

- (4) 観測者が聞く音の振動数を  $f'$ 、観測者に届く音の波長を  $\lambda'$  とすると、

$$f' = \frac{V}{\lambda'} \text{ [Hz]}$$

この式に、(3) で求めた波長を代入して

$$f' = \frac{f}{V - v_s} V = \frac{V}{V - v_s} f$$

答.  $\frac{V}{V - v_s} f$  [Hz]

## 問題 3

A

a、b、c の最初の温度をそれぞれ  $T_a$ 、 $T_b$ 、 $T_c$  とし、求める a の温度を  $T'_a$  とすると、

$$a \text{ と } b \text{ の接触による変化 : } T_a - 10 = T_b + 5 \quad \cdots(1)$$

$$b \text{ と } c \text{ の接触による変化 : } (T_b + 5) - 10 = T_c + 5 = 75 \quad \cdots(2)$$

c と a の接触による変化で a は  $x$  [°C] 下がり、c は  $y$  [°C] 上がるとすれば、

$$(T_a - 10) - x = 75 + y \quad \cdots(3)$$

$$\text{式(1)(2)より } T_a = 95 \quad \cdots(4)$$

a、b、c の熱容量をそれぞれ  $C_a$ 、 $C_b$ 、 $C_c$  とすると

$$10C_a = 5C_b \quad \cdots(5)$$

$$10C_b = 5C_c \quad \cdots(6)$$

$$xC_a = yC_c \quad \cdots(7)$$

式(5)(6)(7)より

$$y = \frac{1}{4}x \quad \cdots(8)$$

$$\text{式(3)(4)(8)より } x = 8$$

よって、

$$T'_a = (T_a - 10) - x = 77$$

答. 77 °C

B

物体を持ち上げるために必要な仕事  $W$  [J] は

$$W = mgh = 2.0 \times 10^7 \times 9.8 \times 15 = 2.94 \times 10^9$$

熱効率  $e = \frac{W}{Q}$  より、必要な熱量  $Q$  [J] は

$$Q = \frac{2.94 \times 10^9}{0.1} = 2.94 \times 10^{10}$$

よって、燃焼に必要な石炭  $w$  [kg] は

$$w = \frac{2.94 \times 10^{10}}{2.1 \times 10^7} = 1.4 \times 10^3$$

答.  $1.4 \times 10^3$  kg