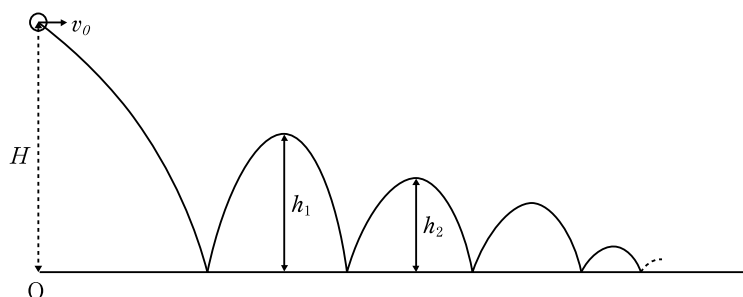


物 理

I 水平投射による繰り返し衝突に関する以下の問いの に当てはまる解答を，選択肢から一つ選び番号で答えよ。

図のように，水平な床から高さ H の位置から，ボールを速さ v_0 で水平方向に投げ出した。ボールを投げた位置から鉛直下向きの垂線と床との交点を O ，ボールと床との間の反発係数を e ($0 < e < 1$)，重力加速度の大きさを g とし，空気抵抗は無視する。



問 1 ボールを投げ出してから最初に床に衝突する前までの時間 t 経過後の速度の水平成分の大きさは， 1 ， 水平方向に移動した距離は， 2 になる。

1 ， 2 の選択肢

- ① $\frac{1}{4}v_0$ ② $\frac{1}{3}v_0$ ③ $\frac{1}{2}v_0$ ④ v_0 ⑤ $\frac{1}{4}v_0t$ ⑥ $\frac{1}{3}v_0t$ ⑦ $\frac{1}{2}v_0t$
 ⑧ v_0t

問 2 ボールを投げ出してから最初に床に衝突する前までの時間 t 経過後の速度の鉛直成分の大きさは， 3 ， 鉛直方向に移動した距離は， 4 になる。

3 ， 4 の選択肢

- ① $\frac{1}{4}gt$ ② $\frac{1}{3}gt$ ③ $\frac{1}{2}gt$ ④ gt ⑤ $\frac{1}{4}gt^2$ ⑥ $\frac{1}{3}gt^2$ ⑦ $\frac{1}{2}gt^2$
 ⑧ gt^2

問 3 ボールを投げ出してからはじめに床に衝突するまでの時間を t_0 とすると， $t_0 =$ 5 となる。

- ① $\sqrt{\frac{H}{3g}}$ ② $\sqrt{\frac{H}{2g}}$ ③ $\sqrt{\frac{2H}{g}}$ ④ $\sqrt{\frac{3H}{g}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{g}{2H}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{g}{3H}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{g}{H}}$
 ⑧ $\sqrt{\frac{2g}{H}}$ ⑨ $\sqrt{\frac{3g}{H}}$

問4 ボールが床と1回衝突して跳ね上がったとき、最高点の床からの高さを h_1 とすると、
 $h_1 = \boxed{6}$ となる。

- ① $\frac{1}{5}e^2H$ ② $\frac{1}{4}e^2H$ ③ $\frac{1}{3}e^2H$ ④ $\frac{1}{2}e^2H$ ⑤ e^2H ⑥ $2e^2H$
 ⑦ $3e^2H$ ⑧ $4e^2H$ ⑨ $5e^2H$

問5 ボールが床と1回目の衝突をしてから2回目に衝突するまでの時間を t_1 とすると、
 $t_1 = \boxed{7}$ となる。

- ① $e\sqrt{\frac{H}{3g}}$ ② $e\sqrt{\frac{H}{2g}}$ ③ $e\sqrt{\frac{H}{g}}$ ④ $2e\sqrt{\frac{2H}{g}}$ ⑤ $2e\sqrt{\frac{g}{H}}$ ⑥ $2e\sqrt{\frac{2g}{H}}$
 ⑦ $2e\sqrt{\frac{3g}{H}}$ ⑧ $2e\sqrt{\frac{H}{g}}$ ⑨ $2e\sqrt{\frac{H}{2g}}$

問6 ボールが床と2回目の衝突をして跳ね上がったとき、最高点の床からの高さを h_2 とすると、
 $h_2 = \boxed{8}$ となる。

- ① $\frac{1}{5}e^4H$ ② $\frac{1}{4}e^4H$ ③ $\frac{1}{3}e^4H$ ④ $\frac{1}{2}e^4H$ ⑤ e^4H ⑥ $2e^4H$
 ⑦ $3e^4H$ ⑧ $4e^4H$ ⑨ $5e^4H$

問7 ボールを投げ出してから、ボールが床から跳ね返らなくなるまでの時間を T とすると、
 $T = \boxed{9}$ となる。

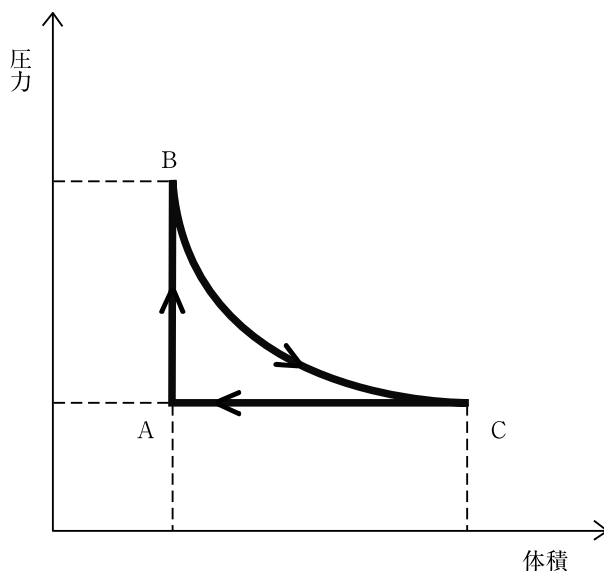
- ① $\frac{1+e}{1-e}\sqrt{\frac{H}{2g}}$ ② $\frac{1-e}{1+e}\sqrt{\frac{H}{2g}}$ ③ $\frac{1+e}{1-e}\sqrt{\frac{H}{g}}$ ④ $\frac{1-e}{1+e}\sqrt{\frac{H}{g}}$
 ⑤ $\frac{1+e}{1-e}\sqrt{\frac{2H}{g}}$ ⑥ $\frac{1-e}{1+e}\sqrt{\frac{2H}{g}}$ ⑦ $\frac{1+e}{1-e}\sqrt{\frac{g}{H}}$ ⑧ $\frac{1-e}{1+e}\sqrt{\frac{g}{H}}$

問8 ボールを投げ出してから、ボールが床から跳ね返らなくなるまでに水平に進んだ距離を
 L とすると、 $L = \boxed{10}$ となる。

- ① $\frac{1+e}{1-e}v_0\sqrt{\frac{H}{2g}}$ ② $\frac{1-e}{1+e}v_0\sqrt{\frac{H}{2g}}$ ③ $\frac{1+e}{1-e}v_0\sqrt{\frac{H}{g}}$ ④ $\frac{1-e}{1+e}v_0\sqrt{\frac{H}{g}}$
 ⑤ $\frac{1+e}{1-e}v_0\sqrt{\frac{2H}{g}}$ ⑥ $\frac{1-e}{1+e}v_0\sqrt{\frac{2H}{g}}$ ⑦ $\frac{1+e}{1-e}v_0\sqrt{\frac{g}{H}}$ ⑧ $\frac{1-e}{1+e}v_0\sqrt{\frac{g}{H}}$

Ⅱ 図は1molの理想気体の状態変化のサイクルを表したものである。気体は絶対温度 T にある A の状態から矢印の方向に変化して、再び A の状態に戻った。A から B は定積変化、B から C は等温変化、C から A は定圧変化である。状態 B における圧力は、状態 A における圧力の 2 倍であり、気体定数を R 、定積モル比熱を $C_v = \frac{3}{2} R$ 、定圧モル比熱を $C_p = \frac{5}{2} R$ とする。

以下の問いの に当てはまる解答を、選択肢から一つ選び番号で答えよ。



問 1 状態 A のときの圧力を P_A 、絶対温度を $T_A (= T)$ とし、状態 B のときの圧力を P_B 、絶対温度を T_B として、 T_B を求める。 P_A 、 P_B 、 T_A 、 T_B の関係は、 11 12 と表すことができるから、 $T_B = \text{13}$ となる。

11 12 の選択肢

- ① $\frac{P_A}{T_A}$ ② $\frac{P_B}{T_B}$ ③ $\frac{T_A}{P_B}$ ④ $\frac{T_B}{P_A}$ ⑤ $P_A T_A$ ⑥ $P_B T_B$ ⑦ $P_A - P_B$
 ⑧ $T_A - T_B$

13 の選択肢

- ① $\frac{1}{2} T$ ② $\frac{1}{3} T$ ③ T ④ $2T$ ⑤ $3T$ ⑥ $4T$

問 2 状態 A から状態 B への変化で増加した内部エネルギーは、 14 である。

- ① RT ② $2RT$ ③ $\frac{1}{5} RT$ ④ $\frac{2}{5} RT$ ⑤ $\frac{1}{3} RT$ ⑥ $\frac{2}{3} RT$
 ⑦ $\frac{3}{2} RT$ ⑧ $\frac{5}{2} RT$

問3 状態Cから状態Aへの変化で、気体が放出する熱量は、15である。

① RT ② $2RT$ ③ $\frac{1}{5}RT$ ④ $\frac{2}{5}RT$ ⑤ $\frac{1}{3}RT$ ⑥ $\frac{2}{3}RT$

⑦ $\frac{3}{2}RT$ ⑧ $\frac{5}{2}RT$

問4 状態Cから状態Aへの変化で、気体がされた仕事は、16である。

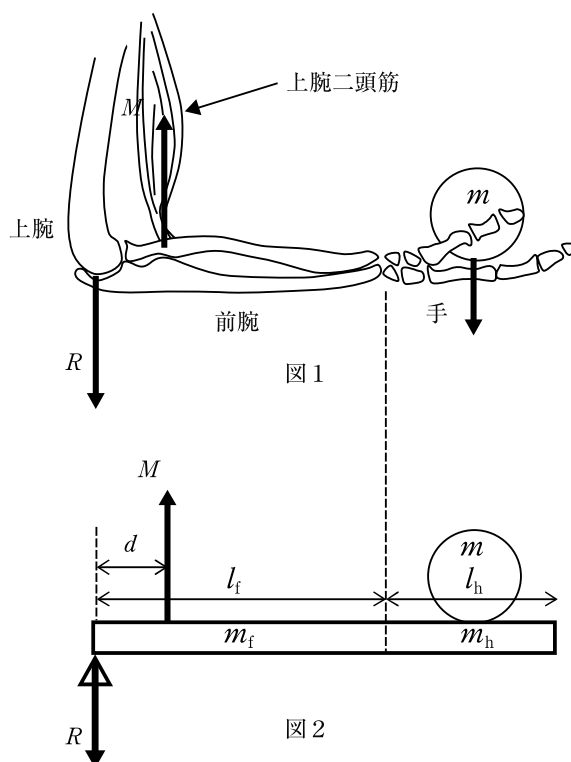
① RT ② $2RT$ ③ $\frac{1}{5}RT$ ④ $\frac{2}{5}RT$ ⑤ $\frac{1}{3}RT$ ⑥ $\frac{2}{3}RT$

⑦ $\frac{3}{2}RT$ ⑧ $\frac{5}{2}RT$

Ⅲ 図1のように、人が上腕（肩から肘まで）を肩から鉛直に下ろし、肘を直角（90度）に曲げて前腕（肘から手首まで）を水平に保っている。手のひらには質量 $m = 5.0\text{kg}$ のおもりを持ち、これを上腕二頭筋の筋肉の力のみで支えている。上腕二頭筋は、肘から $d = 4.0\text{cm}$ の位置に付着し、垂直方向に引き上げる力 M が働く。肘には上腕が前腕に働く垂直抗力 R が作用する。手の長さは $l_h = 10\text{cm}$ 、前腕の長さは $l_f = 24\text{cm}$ とし、前腕の重心位置は前腕の中心（肘から 12cm ）にあり、手の重心位置は手の中心（手首から 5.0cm ）にあるとする。前腕の質量は $m_f = 1.3\text{kg}$ 、手の質量は $m_h = 0.40\text{kg}$ とし、おもりは手の重心位置上にある。

図2は図1を物理モデルとして簡略化したものであり、次のように考える。手と前腕は水平に配置された1つの剛体とみなす。また、肘はこの剛体の回転の支点とする。重力加速度の大きさは $g = 9.8\text{m/s}^2$ とし、すべての力は鉛直方向に働き、変数の値はすべて正である。

以下の問いの に当てはまる解答を、選択肢から一つ選び番号で答えよ。



- 問1 前腕と手の合成重心の位置を肘からの距離として l_g とする。このとき、各力のモーメントの和が合力のモーメントに等しい式は、 17 で表される。したがって、前腕と手の合成重心の位置は、肘から 18 cm の位置にある。

17 の選択肢

- ① $l_f + l_h = l_g$ ② $m_f g l_f + m_h g l_h = (m_f + m_h) g l_g$ ③ $m_f g l_h + m_h g l_f = (m_f + m_h) g l_g$
 ④ $m_f g l_f + m_h g (l_f + l_h) = (m_f + m_h) g l_g$ ⑤ $m_f g (l_f + l_h) + m_h g l_h = (m_f + m_h) g l_g$
 ⑥ $m_f g l_f + \frac{1}{2} m_h g (l_f + l_h) = (m_f + m_h) g l_g$ ⑦ $\frac{1}{2} m_f g l_f + m_h g (\frac{1}{2} l_f + l_h) = (m_f + m_h) g l_g$
 ⑧ $\frac{1}{2} m_f g l_f + m_h g (l_f + \frac{1}{2} l_h) = (m_f + m_h) g l_g$ ⑨ $\frac{1}{2} m_f g l_f + \frac{1}{2} m_h g (l_f + l_h) = (m_f + m_h) g l_g$

18 の選択肢

- ① 12 ② 14 ③ 16 ④ 18 ⑤ 20 ⑥ 22 ⑦ 24 ⑧ 26

問2 さらに、おもり、手、前腕の質量による力と上腕二頭筋の力 M と前腕の肘に働く力 R を加えて考えると、鉛直方向の力のつりあいの式は、**19** = 0 となる。肘を支点としたモーメントのつりあいの式は、**20** = 0 となる。これをもとに計算すると、上腕二頭筋の筋力 M は、**21** N となり、肘に働く力 R は、**22** N となる。

19 の選択肢

- ① $M - mg$ ② $M + R + mg$ ③ $M - R - mg$ ④ $M + R + (m_f + m_h + m) g$
 ⑤ $M + R - (m_f + m_h + m) g$ ⑥ $M + R - (m_f - m_h - m) g$
 ⑦ $M - R + (m_f + m_h + m) g$ ⑧ $M - R - (m_f + m_h + m) g$
 ⑨ $M - R - (m_f - m_h - m) g$

20 の選択肢

- ① $Md + mg(l_f + l_h)$ ② $Md + mg(l_f - l_h)$ ③ $Md + mg\left(l_f + \frac{l_h}{2}\right)$
 ④ $Md - mg\left(l_f - \frac{l_h}{2}\right)$ ⑤ $Rd + (m_f + m_h) g l_g + mg\left(l_f + \frac{l_h}{2}\right)$
 ⑥ $Rd - (m_f + m_h) g l_g - mg\left(l_f + \frac{l_h}{2}\right)$ ⑦ $Md + (m_f + m_h) g l_g + mg\left(l_f + \frac{l_h}{2}\right)$
 ⑧ $Md - (m_f + m_h) g l_g - mg\left(l_f + \frac{l_h}{2}\right)$ ⑨ $Md + Rd + (m_f + m_h) g l_g + mg\left(l_f + \frac{l_h}{2}\right)$

21, **22** の選択肢

- ① 3.2×10^2 ② 3.4×10^2 ③ 3.6×10^2 ④ 3.8×10^2 ⑤ 4.0×10^2
 ⑥ 4.2×10^2 ⑦ 4.4×10^2 ⑧ 4.6×10^2 ⑨ 4.8×10^2