

# 物 理

## 解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークしなさい。
2. 分数形で解答する場合は既約分数(それ以上約分できない分数)で答えること。

1 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

バンジージャンプをする人の運動を次のようなモデルで考える。図1に示すように湖水面から高さ $H$ のジャンプ台からジャンプする人を、質量 $m$ の小物体Aとみなす。自然長 $L_0$ のゴムひもの一端をジャンプ台に固定し、他端をAに取り付ける。Aはジャンプ台から初速度0で鉛直に落ち、ゴムひものは自然長 $L_0$ より伸びるときには、ばね定数 $k$ のばねと同じはたらきをするものとする。

Aはジャンプ台から落ちはじめ湖水面から高さ $h'$ の位置(最下点)まで落下し、その後上昇した。また、Aがゴムひものにぶら下がって静止した場合の湖水面からの高さは $h_0$ であった。

Aは鉛直線上を運動し、その大きさは無視できるものとする。空気の抵抗やゴムひもの質量は無視できるものとする。重力加速度の大きさを $g$ とする。

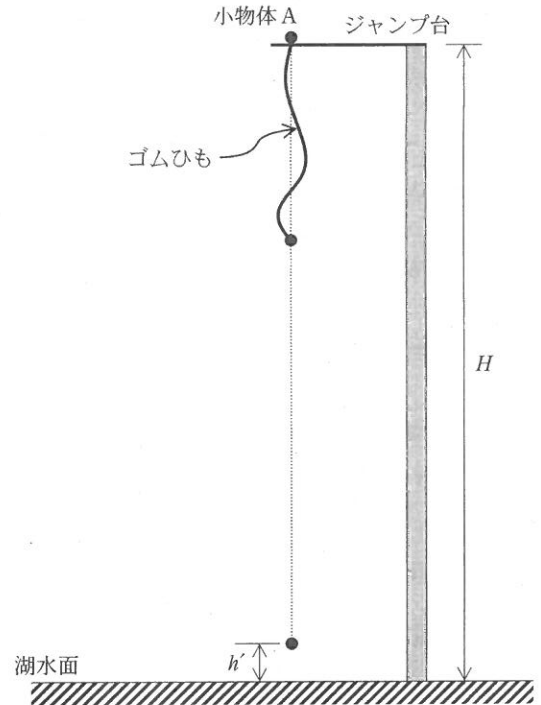


図1

問1 Aが落ちはじめるときからゴムひものが伸びはじめる瞬間までの時間は  であり、ゴムひものが伸びはじめる瞬間のAの速さは  である。

(1)  に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $\frac{L_0}{g}$                       ②  $\frac{2L_0}{g}$                       ③  $\frac{L_0}{2g}$                       ④  $\sqrt{\frac{L_0}{g}}$                       ⑤  $\sqrt{\frac{2L_0}{g}}$   
 ⑥  $\sqrt{\frac{L_0}{2g}}$                       ⑦  $\frac{\sqrt{L_0}}{g}$                       ⑧  $\frac{\sqrt{2L_0}}{g}$                       ⑨  $\frac{\sqrt{L_0}}{2g}$

(2)  に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $gL_0$                       ②  $2gL_0$                       ③  $\sqrt{gL_0}$                       ④  $\sqrt{2gL_0}$                       ⑤  $2\sqrt{gL_0}$   
 ⑥  $\frac{L_0}{2\sqrt{g}}$                       ⑦  $\sqrt{\frac{2}{g}}L_0$                       ⑧  $\frac{L_0}{\sqrt{g}}$                       ⑨  $\frac{2L_0}{\sqrt{g}}$

問2 ゴムひもの弾性力とAの重力がつりあう瞬間の湖水面からの高さは  である。

に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $H + \frac{mg}{k}$                       ②  $H - \frac{mg}{k}$                       ③  $L_0 + \frac{mg}{k}$                       ④  $L_0 - \frac{mg}{k}$                       ⑤  $H + L_0 + \frac{mg}{k}$   
 ⑥  $H + L_0 - \frac{mg}{k}$                       ⑦  $H - L_0 + \frac{mg}{k}$                       ⑧  $H - L_0 - \frac{mg}{k}$                       ⑨  $H - L_0 + \frac{k}{mg}$

問3 ゴムひもの弾性力がはたらいているときの、湖水面からの高さ $h$ におけるAの加速度は  である。ただし、鉛直下向きを正とする。

に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $g - \frac{m}{k}(H + L_0 + h)$                       ②  $g - \frac{m}{k}(H - L_0 + h)$                       ③  $g - \frac{m}{k}(H - L_0 - h)$   
 ④  $g + \frac{k}{m}(H + L_0 + h)$                       ⑤  $g + \frac{k}{m}(H + L_0 - h)$                       ⑥  $g + \frac{k}{m}(H - L_0 - h)$   
 ⑦  $g - \frac{k}{m}(H - L_0 - h)$                       ⑧  $g - \frac{k}{m}(H - L_0 + h)$                       ⑨  $g - \frac{k}{m}(H + L_0 + h)$

問 4 A の速さが最大になる湖水面からの高さは  であり、その速さは  である。

(1)  に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $H - L_0 + \frac{mg}{k}$     ②  $H - L_0 - \frac{mg}{k}$     ③  $H - L_0 + \frac{k}{mg}$     ④  $H - L_0 - \frac{k}{mg}$     ⑤  $H - L_0$   
 ⑥  $H - h'$     ⑦  $H - h' + \frac{mg}{k}$     ⑧  $H - h' - \frac{mg}{k}$     ⑨  $H - h' - \frac{k}{mg}$

(2)  に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $\sqrt{g\left(L_0 + \frac{mg}{k}\right)}$     ②  $\sqrt{g\left(L_0 - \frac{mg}{k}\right)}$     ③  $\sqrt{g\left(2L_0 + \frac{mg}{k}\right)}$   
 ④  $\sqrt{g\left(2L_0 - \frac{mg}{k}\right)}$     ⑤  $\sqrt{2g\left(L_0 + \frac{mg}{k}\right)}$     ⑥  $\sqrt{2g\left(L_0 - \frac{mg}{k}\right)}$   
 ⑦  $\sqrt{2g\left(L_0 + \frac{2mg}{k}\right)}$     ⑧  $\sqrt{2g\left(L_0 - \frac{2mg}{k}\right)}$     ⑨  $\sqrt{2g\left(H - L_0 - \frac{mg}{k}\right)}$

問 5 ゴムひもの弾性力がはたらいっているときの、A の加速度の大きさが最大になる湖水面からの高さは  であり、その加速度の大きさは  である。

(1)  に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $h'$     ②  $H - h'$     ③  $H - h' - \frac{mg}{k}$     ④  $H - h' - \frac{k}{mg}$     ⑤  $H - L_0 - \frac{mg}{k}$   
 ⑥  $L_0 + \frac{mg}{k}$     ⑦  $L_0 - \frac{mg}{k}$     ⑧  $H - L_0 - \frac{k}{mg}$     ⑨  $L_0$

(2)  に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $\frac{k}{m}\left(H - \frac{mg}{k} - L_0\right)$     ②  $\frac{k}{m}\left(H - \frac{mg}{k} + L_0\right)$     ③  $\frac{k}{m}\left(H - \frac{k}{mg} - L_0\right)$   
 ④  $\frac{k}{m}\left(H - L_0 - \frac{mg}{k} - h_0\right)$     ⑤  $\frac{k}{m}\left(H - L_0 - \frac{mg}{k} + h_0\right)$     ⑥  $\frac{k}{m}\left(H - L_0 - \frac{k}{mg} - h_0\right)$   
 ⑦  $\frac{k}{m}\left(H - L_0 - \frac{mg}{k} + h'\right)$     ⑧  $\frac{k}{m}\left(H - L_0 - \frac{mg}{k} - h'\right)$     ⑨  $\frac{k}{m}\left(H - L_0 - \frac{k}{mg} - h'\right)$

問 6  $H = 26 \text{ m}$ ,  $h' = 1.0 \text{ m}$ ,  $L_0 = 15 \text{ m}$  のとき、 $h_0$  は   $\text{m}$  であり、このときの A の加速度の大きさの最大値は  $g$  の  倍である。

(1)  に入る数値として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ① 6.0    ② 6.5    ③ 7.0    ④ 7.5    ⑤ 8.0  
 ⑥ 8.5    ⑦ 9.0    ⑧ 9.5    ⑨ 10

(2)  に入る数値として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ① 2.5    ② 3.0    ③ 3.5    ④ 4.0    ⑤ 4.5  
 ⑥ 5.0    ⑦ 5.5    ⑧ 6.0    ⑨ 6.5

2 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

シリンダーとなめらかに動くピストンからなる容器があり、容器は断熱材でおおわれている。この容器に単原子分子の理想気体1モルを封入した。このときの気体の絶対温度を  $T_0$ 、体積を  $V_0$ 、気体定数を  $R$  とする。ただし、単原子分子理想気体の断熱変化では、気体の圧力を  $P$ 、体積を  $V$  としたとき、 $PV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$  という関係が成り立つ。シリンダーとピストンの熱容量は無視できるものとする。

問1 ピストンを押して気体をゆっくりと圧縮し、その体積を  $V_1$  にした。このとき、気体の絶対温度  $T_1$  は 11、気体がした仕事  $W_1$  は 12 である。

(1) 11 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $\left(\frac{V_0}{V_1}\right)T_0$       ②  $\left(\frac{V_1}{V_0}\right)T_0$       ③  $\left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$       ④  $\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$       ⑤  $\left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{3}{2}}T_0$   
 ⑥  $\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{\frac{3}{2}}T_0$       ⑦  $\left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{5}{3}}T_0$       ⑧  $\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}T_0$       ⑨  $\left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{5}{3}}T_0$

(2) 12 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $\frac{1}{2}RT_0$       ②  $\frac{3}{2}RT_0$       ③  $\frac{1}{2}RT_0\left(1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{2}{3}}\right)$   
 ④  $\frac{3}{2}RT_0\left(1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{2}{3}}\right)$       ⑤  $\frac{1}{2}RT_0\left(1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{3}{2}}\right)$       ⑥  $\frac{3}{2}RT_0\left(1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{3}{2}}\right)$   
 ⑦  $\frac{1}{2}RT_0\left(1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{5}{3}}\right)$       ⑧  $\frac{3}{2}RT_0\left(1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{5}{3}}\right)$       ⑨  $\frac{1}{2}RT_0\left(1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\frac{5}{3}}\right)$

問2 気体の体積を  $V_1$  に保ったままシリンダーの断熱材を一部はがし、そこに絶対温度  $T'$  ( $T' < T_1$ ) の物体を接触させた。十分に時間がたったとき、気体の絶対温度と物体の絶対温度はどちらも  $T_2$  となった。このとき、 $T_2$  は 13、物体から気体に移動した熱量  $Q_1$  は 14 である。ただし、物体の熱容量を  $C$  とし、熱は物体と気体の間でのみやり取りが行われるものとする。

(1) 13 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $\frac{RT_1 + CT'}{R + C}$       ②  $\frac{2RT_1 + CT'}{R + C}$       ③  $\frac{RT_1 + 2CT'}{R + C}$       ④  $\frac{2RT_1 + CT'}{R + 2C}$       ⑤  $\frac{RT_1 + 2CT'}{2R + C}$   
 ⑥  $\frac{2RT_1 + CT'}{3R + C}$       ⑦  $\frac{2RT_1 + CT'}{3R + 2C}$       ⑧  $\frac{3RT_1 + CT'}{3R + C}$       ⑨  $\frac{3RT_1 + 2CT'}{3R + 2C}$

(2) 14 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $2RC\frac{T' - T_1}{R + C}$       ②  $3RC\frac{T' - T_1}{R + C}$       ③  $2RC\frac{T' - T_1}{2R + C}$       ④  $3RC\frac{T' - T_1}{R + 2C}$       ⑤  $2RC\frac{T' - T_1}{3R + C}$   
 ⑥  $3RC\frac{T' - T_1}{3R + C}$       ⑦  $2RC\frac{T' - T_1}{3R + 2C}$       ⑧  $3RC\frac{T' - T_1}{3R + 2C}$       ⑨  $2RC\frac{T' - T_1}{2R + 3C}$

問3 物体を取り外し、断熱材を元に戻してからピストンを静かに引き、気体を膨張させたところ、気体の絶対温度が  $T_0$  になった。このとき、気体の体積  $V_2$  は 15、気体がした仕事  $W_2$  は 16 である。

(1) 15 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $V_1\frac{T_0}{T_2}$       ②  $V_1\left(\frac{T_0}{T_2}\right)^{\frac{2}{3}}$       ③  $V_1\left(\frac{T_2}{T_0}\right)^{\frac{2}{3}}$       ④  $V_1\left(\frac{T_0}{T_2}\right)^{\frac{3}{2}}$       ⑤  $V_1\left(\frac{T_2}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}}$   
 ⑥  $V_1\left(\frac{T_0}{T_2}\right)^{\frac{5}{3}}$       ⑦  $V_1\left(\frac{T_2}{T_0}\right)^{\frac{5}{3}}$       ⑧  $V_1\left(\frac{T_0}{T_2}\right)^{\frac{5}{3}}$       ⑨  $V_1\left(\frac{T_2}{T_0}\right)^{\frac{5}{3}}$

(2) 16 に入る式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

- ①  $\frac{1}{2}R(T_0 - T_2)$       ②  $\frac{3}{2}R(T_0 - T_2)$       ③  $\frac{3}{2}R(T_2 - T_0)$   
 ④  $\frac{2}{3}R(T_0 - T_2)$       ⑤  $\frac{2}{3}R(T_2 - T_0)$       ⑥  $\frac{5}{2}R(T_0 - T_2)$   
 ⑦  $\frac{5}{2}R(T_2 - T_0)$       ⑧  $\frac{3}{5}R(T_0 - T_2)$       ⑨  $\frac{3}{5}R(T_2 - T_0)$

問 4 次に断熱材を一部はがし、熱を加えて気体の絶対温度を  $T_0$  に保ちながら、気体の体積をゆっくりと変化させて  $V_0$  にした。このとき、気体がした仕事  $W_3$  を次のような近似を使って求めてみよう。熱を加えはじめたときの気体の状態を A、気体の体積が  $V_0$  になったときの気体の状態を B とする。気体の状態を圧力-体積のグラフで表したとき、A から B への状態変化を A と B を結ぶ直線で近似すると  $W_3$  は 17 である。

17 に入る式として最も適切なものを、次の①~⑨のうちから 1 つ選べ。

①  $\frac{3}{2} RT_0 \frac{V_0 - V_2}{V_0}$

②  $\frac{1}{2} RT_0 \frac{V_2 - V_0}{V_0}$

③  $\frac{1}{2} RT_0 \frac{V_0 - V_2}{V_0}$

④  $\frac{1}{2} RT_0 \frac{V_2 - V_0}{V_2}$

⑤  $\frac{1}{2} RT_0 \frac{V_0 - V_2}{V_2}$

⑥  $\frac{1}{2} RT_0 \frac{V_2^2 - V_0^2}{V_0 V_2}$

⑦  $\frac{1}{2} RT_0 \frac{V_0^2 - V_2^2}{V_0 V_2}$

⑧  $\frac{3}{2} RT_0 \frac{V_2^2 - V_0^2}{V_0 V_2}$

⑨  $\frac{3}{2} RT_0 \frac{V_0^2 - V_2^2}{V_0 V_2}$

3 次の文章を読み、下の問い(問1~3)に答えよ。

電気容量  $C$  のコンデンサー、自己インダクタンス  $L$  のコイル、起電力  $E$  の電池、抵抗値が  $r_c$ 、 $r_L$  の抵抗を図1のように接続した。また図1において、コンデンサーの上側の極板にたくわえられた電気量を  $Q$ 、コンデンサーを流れる電流を  $i_c$ 、コイルを流れる電流を  $i_L$  とする。矢印の向きに流れる電流を正とする。また、コイルの誘導起電力を  $V$  とし、図1の  $i_L$  の向きの起電力を正とする。はじめスイッチ  $S$  は開いており、コンデンサーの電気量は0であった。この回路に対し、まず  $S$  を閉じ、十分に時間が経ったのち  $S$  を開いた。導線とコイルの抵抗および電池の内部抵抗は無視できるものとする。

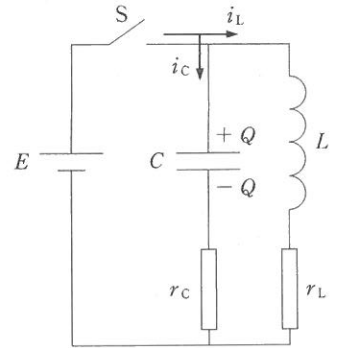
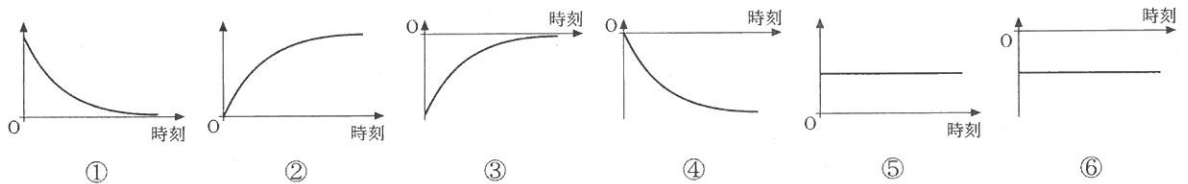


図1

問1 スイッチ  $S$  を閉じてから  $S$  を開く直前までの  $Q$ 、 $V$ 、 $i_c$  および  $i_L$  の各量の時間変化の概形を表すグラフとして最も適切なものを、次の①~⑥からそれぞれ1つずつ選べ。ただし、縦軸に各量、横軸に時刻をとり、 $S$  を閉じた時刻を0とする。また、0において縦横軸の原点が交わるものとする。同じものを繰り返し選んでもよい。

$Q$  のグラフ:  ,  $V$  のグラフ:  ,  $i_c$  のグラフ:  ,  $i_L$  のグラフ:



問2 次の各場合において  $Q$ 、 $V$ 、 $i_c$  および  $i_L$  の各量を表す式として最も適切なものを、与えられた解答群の中からそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

(1)  $S$  を閉じた直後

$Q =$   ,  $V =$   ,  $i_c =$   ,  $i_L =$

(2)  $S$  を開く直前

$Q =$   ,  $V =$   ,  $i_c =$   ,  $i_L =$

(3)  $S$  を開いた直後

$Q =$   ,  $V =$   ,  $i_c =$   ,  $i_L =$

$Q$  の解答群

- ① 0
- ②  $CE$
- ③  $-CE$
- ④  $\frac{r_c CE}{r_L}$
- ⑤  $-\frac{r_c CE}{r_L}$
- ⑥  $\frac{r_L CE}{r_c}$
- ⑦  $-\frac{r_L CE}{r_c}$
- ⑧  $\frac{r_c CE}{r_L + r_c}$
- ⑨  $-\frac{r_c CE}{r_L + r_c}$

$V$  の解答群

- ① 0
- ②  $E$
- ③  $-E$
- ④  $\frac{r_c E}{r_L}$
- ⑤  $-\frac{r_c E}{r_L}$
- ⑥  $\frac{r_L E}{r_c}$
- ⑦  $-\frac{r_L E}{r_c}$
- ⑧  $\frac{r_c E}{r_L + r_c}$
- ⑨  $-\frac{r_c E}{r_L + r_c}$

$i_c$  および  $i_L$  の解答群

- ① 0
- ②  $\frac{E}{r_L}$
- ③  $-\frac{E}{r_L}$
- ④  $\frac{E}{r_c}$
- ⑤  $-\frac{E}{r_c}$
- ⑥  $\frac{E}{r_L + r_c}$
- ⑦  $-\frac{E}{r_L + r_c}$
- ⑧  $\frac{(r_L + r_c)E}{r_L r_c}$
- ⑨  $-\frac{(r_L + r_c)E}{r_L r_c}$

問 3  $E = 2.0 \text{ V}$ ,  $r_C = 40 \Omega$ ,  $r_L = 10 \Omega$ ,  $C = 200 \mu\text{F}$ ,  $L = 0.40 \text{ H}$  とする。

(1) S を開く直前, コンデンサーとコイルにたくわえられていたエネルギーの合計は 34 J である。

34 に入る数値として最も適切なものを, 次の①~⑨のうちから1つ選べ。

- ① 0                      ②  $1.6 \times 10^{-4}$                       ③  $4.0 \times 10^{-4}$                       ④  $8.0 \times 10^{-4}$                       ⑤  $8.4 \times 10^{-4}$   
⑥  $1.6 \times 10^{-3}$                       ⑦  $4.0 \times 10^{-3}$                       ⑧  $8.0 \times 10^{-3}$                       ⑨  $8.4 \times 10^{-3}$

(2) S を開いた直後, 回路の2つの抵抗で消費される電力の合計は 35 W である。

35 に入る数値として最も適切なものを, 次の①~⑨のうちから1つ選べ。

- ① 0                      ②  $8.0 \times 10^{-2}$                       ③  $1.2 \times 10^{-1}$                       ④  $2.0 \times 10^{-1}$                       ⑤  $3.2 \times 10^{-1}$   
⑥  $8.0 \times 10^{-1}$                       ⑦ 1.0                      ⑧ 2.0                      ⑨ 3.2