

# 物 理

(問題は次ページから始まります)

# 物 理

第 1 問 次の問い（問 1～5）に答えなさい。

問 1 図 1 のように、ある小球の原点 O からの距離を測定し、位置と時間のグラフを作成した。この小球の運動として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

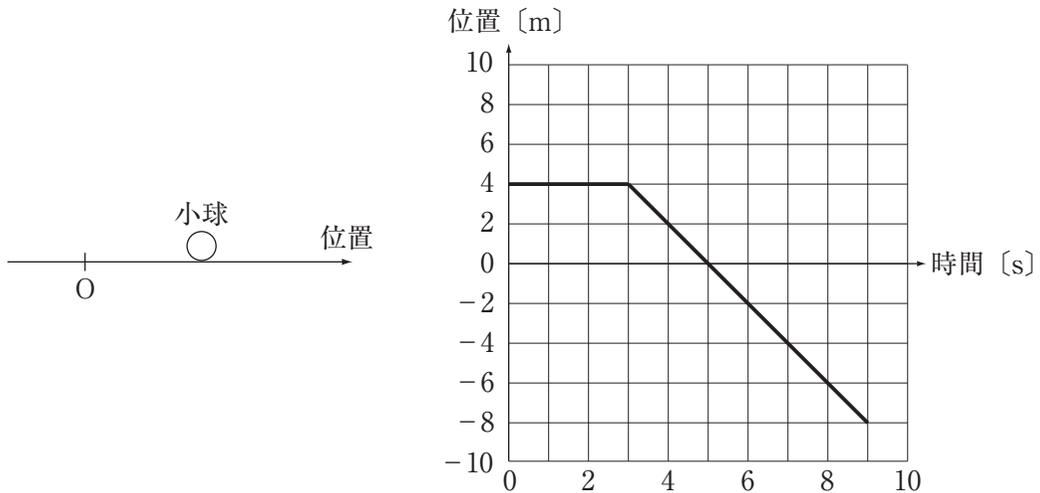


図 1

- ① 小球は最初、右に向かって運動し、3秒後から速さを増して原点から遠ざかった。
- ② 小球は最初、右に向かって運動し、5秒後に折り返して原点に向かって進んだ。
- ③ 小球は最初静止しており、3秒後に右向きに動き始め、5秒後に折り返した。
- ④ 小球は最初静止しており、3秒後に左向きに動き始め、だんだん速くなっていった。
- ⑤ 小球は最初静止しており、3秒後に左向きに動き始め、一定の速さで進んでいった。
- ⑥ 小球が0～5秒の間で移動した距離と5～9秒の間で移動した距離は等しいため、最終的には小球は原点に到達している。

問2 熱容量の単位として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

2

- ① g                                      ② J                                      ③ K  
④ J/K                                      ⑤ J/g                                      ⑥ J/(g・K)

問3 電気や磁気に関して述べた文のうち、下線部に誤りを含むものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

- ① 陰極線に磁石を近づけると、陰極線の進路が曲がる。  
② 地球は北極をS極、南極をN極とする磁石とみなすことができる。  
③ 電荷は単独で+や-を取り出せるが、磁石の場合は、磁極がN極またはS極の片方だけのものは存在しない。  
④ 直流を交流に変換することを整流という。  
⑤ 変圧器は、電磁誘導によって交流電圧を変換する。  
⑥ 変圧器で変換された交流は、もとの交流の周波数と変わらない。

問4 図2 (a) のように、細長い管にスピーカーから正弦波を入れた。振動数を非常に小さい値から少しずつ上げていくと、音源の振動数が440Hzになったときに初めて共鳴が生じた。図2 (b) のように、管の一端を手でふさいで同様の実験を行った場合、何Hzのときに初めて共鳴が聞こえるか。最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、開口端補正は無視できるものとする。

4

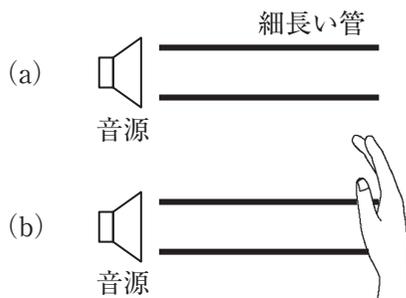


図2

- ① 55Hz                                      ② 110Hz                                      ③ 220Hz  
④ 440Hz                                      ⑤ 880Hz                                      ⑥ 1320Hz

問5 次のA～Dの文から正しいものを選んだ組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

- A 原子力発電は枯渇性資源を利用した発電方法である。
- B 水力発電は発電時に二酸化炭素を発生させない。
- C 太陽光発電は、太陽からの熱エネルギーを電気エネルギーに変えている。
- D 工業的な発電はいずれも、ボイラーで沸かした水蒸気でタービンを回している。

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| ① A, B | ② A, C | ③ A, D |
| ④ B, C | ⑤ B, D | ⑥ C, D |

( 下 書 き 用 紙 )

物理の試験問題は次ページに続きます。

## 第 2 問

水平な床上に質量  $2m$ 、横幅  $2L$  の板がある。板の左側面は鉛直な壁に接しており、壁の左方に続く台の上面と板の上面とに段差はない。台の上面はなめらかである。台の上面に質量  $m$  の小物体を置き、水平右向きに初速度を与えた後の小物体および板の運動について考える。小物体と板の上面との間には摩擦があり、図 1 のように板の上面の左端の点を A、上面の中央の点を B、上面の右端の点を C とすると、点 A と点 B の距離、点 B と点 C の距離はいずれも  $L$  であり、小物体と区間 AB との間の動摩擦係数は  $\mu$ 、小物体と区間 BC との間の動摩擦係数は  $2\mu$  である。小物体と板は同一鉛直面内を運動し、小物体の大きさ、空気抵抗は無視できるものとして、次の問い（問 1、2）に答えなさい。

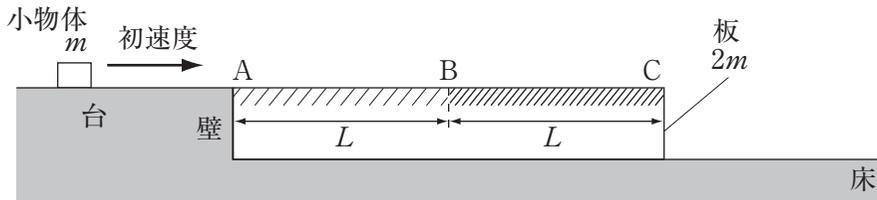


図 1

問 1 床と板との間に摩擦力が作用する場合を考える。このとき、小物体の初速度の大きさによらず、小物体が板の上面を運動する間、板は床に対して静止したままであった。初速度の大きさが  $v_0$  のとき、小物体は点 A を速さ  $v_0$  で通過し、点 B を速さ  $\frac{1}{2}v_0$  で通過した後、点 B と点 C の間の点 D において静止した。小物体の加速度は水平右向きの場合を正とする。

(1) 小物体が区間 AB を運動しているとき、小物体の加速度はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 6

- |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ① $-3\mu g$           | ② $-2\mu g$           | ③ $-\mu g$            |
| ④ $-\frac{2}{3}\mu g$ | ⑤ $-\frac{1}{2}\mu g$ | ⑥ $-\frac{1}{3}\mu g$ |

(2) 点 B と点 D の間の距離はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 7

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

(3) 小物体が板の上面を運動する間、板が床に対して静止したままであるためには、床と板との間の静止摩擦係数は  $\mu_0$  以上でなければならない。 $\mu_0$  はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 8

①  $\frac{1}{5}\mu$

②  $\frac{1}{4}\mu$

③  $\frac{1}{2}\mu$

④  $\frac{2}{3}\mu$

⑤  $\frac{4}{3}\mu$

⑥  $\frac{3}{2}\mu$

問2 次に、床がなめらかで、板と床との間の摩擦力が無視できる場合を考える。小物体に与える初速度の大きさが  $V_0$  のとき、小物体は点 A を速さ  $V_0$  で通過し、その直後から板は水平右向きに動き出した。その後、点 B を通過する前に小物体は板に対して静止し、その直後から小物体と板は一体となって床上を一定の速さ  $V_1$  で運動した。小物体が板に対して静止した点を E とすると、図2のように点 E は点 A と点 B の間にある。

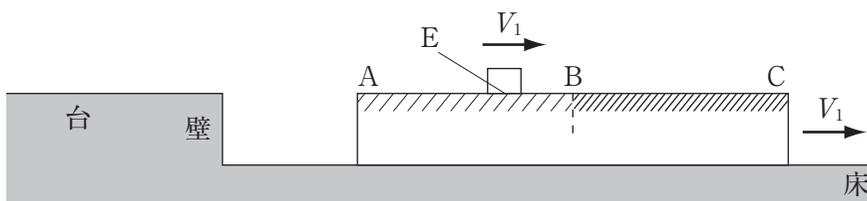


図2

(1) 小物体が点 A を通過してから点 E に達するまでの時間はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9

- |                         |                        |                         |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| ① $\frac{V_0}{6\mu g}$  | ② $\frac{V_0}{4\mu g}$ | ③ $\frac{V_0}{3\mu g}$  |
| ④ $\frac{2V_0}{5\mu g}$ | ⑤ $\frac{V_0}{2\mu g}$ | ⑥ $\frac{2V_0}{3\mu g}$ |

(2)  $V_1$  はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

10

- |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $\frac{1}{6} V_0$ | ② $\frac{1}{4} V_0$ | ③ $\frac{1}{3} V_0$ |
| ④ $\frac{2}{5} V_0$ | ⑤ $\frac{1}{2} V_0$ | ⑥ $\frac{2}{3} V_0$ |

(3) 点 A から点 E までの距離はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 11

- |                           |                          |                           |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| ① $\frac{V_0^2}{6\mu g}$  | ② $\frac{V_0^2}{4\mu g}$ | ③ $\frac{V_0^2}{3\mu g}$  |
| ④ $\frac{2V_0^2}{5\mu g}$ | ⑤ $\frac{V_0^2}{2\mu g}$ | ⑥ $\frac{2V_0^2}{3\mu g}$ |

( 下 書 き 用 紙 )

物理の試験問題は次ページに続きます。

### 第3問

抵抗値がそれぞれ  $R$ ,  $R$ ,  $2R$  の抵抗  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , 電気容量がそれぞれ  $C$ ,  $2C$  の平行板コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$ , スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  および起電力の大きさが  $V$  の電池を用いて図1のような回路を作った。はじめ, スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  はともに開いており, コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  はともに電荷をたくわえていない。電池の内部抵抗および導線の抵抗は無視できるものとして, 次の問い (問1, 2) に答えなさい。

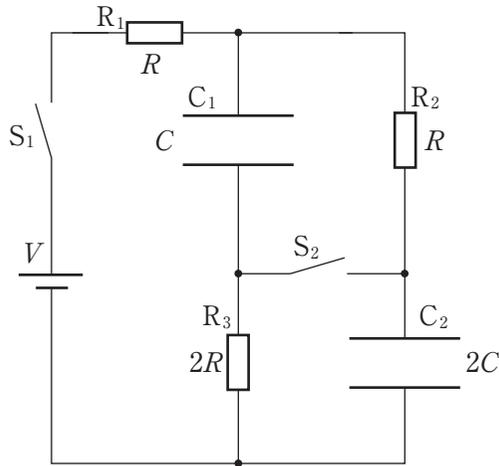


図1

問1 スイッチ  $S_2$  を閉じた後, スイッチ  $S_1$  を閉じた。

(1) スイッチ  $S_1$  を閉じた直後, 抵抗  $R_1$  に流れる電流の大きさはいくらか。最も適当なものを, 次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 12

- |                   |                  |                   |
|-------------------|------------------|-------------------|
| ① $\frac{V}{4R}$  | ② $\frac{V}{3R}$ | ③ $\frac{V}{2R}$  |
| ④ $\frac{3V}{5R}$ | ⑤ $\frac{V}{R}$  | ⑥ $\frac{5V}{3R}$ |

(2) スイッチ  $S_1$  を閉じてから十分に時間が経過したとき, 抵抗  $R_1$  に流れる電流の大きさはいくらか。最も適当なものを, 次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

13

- |                   |                  |                   |
|-------------------|------------------|-------------------|
| ① $\frac{V}{4R}$  | ② $\frac{V}{3R}$ | ③ $\frac{V}{2R}$  |
| ④ $\frac{3V}{5R}$ | ⑤ $\frac{V}{R}$  | ⑥ $\frac{5V}{3R}$ |

(3) スイッチ  $S_1$  を閉じてから十分に時間が経過したとき、コンデンサー  $C_1$  にたくわえられた電気量はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 14

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

問2 続いて、スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を同時に開いた。

(1) スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を同時に開いてから十分に時間が経過したとき、コンデンサー  $C_1$  にたくわえられた電気量はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 15

- ①  $\frac{1}{4} CV$                       ②  $\frac{5}{12} CV$                       ③  $\frac{2}{3} CV$   
 ④  $\frac{5}{6} CV$                       ⑤  $\frac{4}{3} CV$                       ⑥  $\frac{8}{5} CV$

(2) スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を同時に開いてから十分に時間が経過するまでの間に、抵抗  $R_2$  と抵抗  $R_3$  で発生したジュール熱の和はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 16

- ①  $\frac{1}{48} CV^2$                       ②  $\frac{1}{24} CV^2$                       ③  $\frac{3}{20} CV^2$   
 ④  $\frac{5}{18} CV^2$                       ⑤  $\frac{1}{3} CV^2$                       ⑥  $\frac{1}{2} CV^2$

(3) スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を同時に開いてから十分に時間が経過したときのコンデンサー  $C_1$  の極板間の電場の強さを  $E$  とする。スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を開いたままでコンデンサー  $C_1$  の極板の間隔をゆっくりと2倍に広げたとき、コンデンサー  $C_1$  の極板間の電場の強さを  $E'$  とする。 $\frac{E'}{E}$  はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 17

- ①  $\frac{2}{5}$                               ②  $\frac{1}{2}$                               ③  $\frac{3}{5}$   
 ④  $\frac{2}{3}$                               ⑤  $\frac{4}{5}$                               ⑥  $\frac{9}{10}$

#### 第4問

大気圧  $p_0$  の大気中において、水平な床に固定したシリンダーおよび断面積  $S$  のピストンにより物質  $n$  の単原子分子理想気体(以下、単に気体と呼ぶ)を封入した。シリンダーとピストンはともに断熱材でできており、シリンダーの内側の側面には温度調節器が取り付けられている。はじめ、図1のようにピストンはシリンダーの側面からの距離が  $2L$  の位置で静止しており、気体の体積は  $2SL$  であった。この状態を状態 A とする。シリンダーとピストンの間はなめらかで摩擦は無視できるものとし、気体定数を  $R$  として、次の問い(問1, 2)に答えなさい。

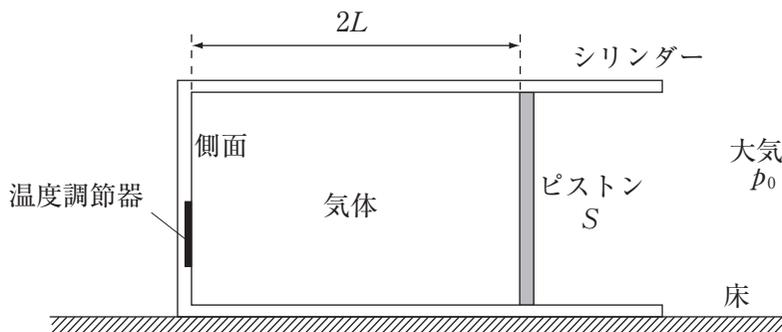


図1

問1 状態 A において温度調節器を作動させて気体の絶対温度(以下、単に温度と呼ぶ)を一定に保ちながら、ピストンに外力を加えて水平左向きにゆっくりと移動させた。気体の体積が  $SL$  になった直後に温度調節器を停止させるとともに、気体の体積を  $SL$  に保つための外力をピストンに加え続けた。この状態を状態 B とする。

(1) 状態 A における気体の温度はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 18

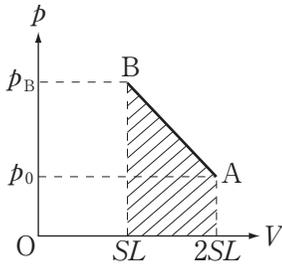
- |                        |                       |                        |
|------------------------|-----------------------|------------------------|
| ① $\frac{p_0 SL}{2nR}$ | ② $\frac{p_0 SL}{nR}$ | ③ $\frac{2p_0 SL}{nR}$ |
| ④ $\frac{nR}{2p_0 SL}$ | ⑤ $\frac{nR}{p_0 SL}$ | ⑥ $\frac{2nR}{p_0 SL}$ |

(2) 状態 B における気体の圧力  $p_B$  はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 19

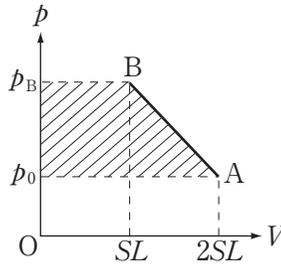
- |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $\frac{3}{2}p_0$ | ② $\frac{8}{5}p_0$ | ③ $\frac{5}{3}p_0$ |
| ④ $2p_0$           | ⑤ $\frac{9}{4}p_0$ | ⑥ $\frac{5}{2}p_0$ |

(3) 状態 A から状態 B までの変化について、気体の圧力  $p$  と体積  $V$  の関係を表すグラフを  $p$ - $V$  グラフと呼ぶとき、 $p$ - $V$  グラフを用いて状態 A から状態 B までの間に気体が外部に放出した熱量を表すことができる。気体が放出した熱量を  $p$ - $V$  グラフを用いた斜線部分の面積として表すとき、 $p$ - $V$  グラフの概形および斜線部分の面積を正しく表したグラフはどれか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、グラフの中の  $p_B$  を表す目盛りは正しい値を示しているとは限らない。 20

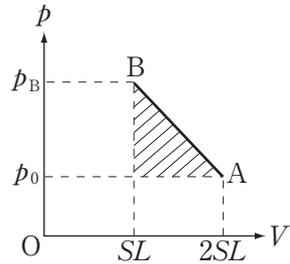
①



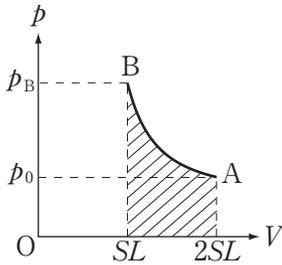
②



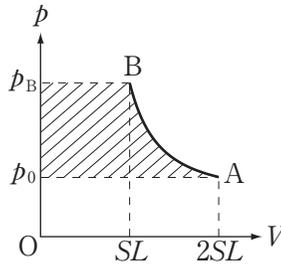
③



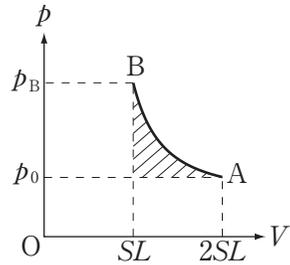
④



⑤



⑥



問2 状態Bにおいて、温度調節器を停止させたままピストンに外力を加えて水平右向きにゆっくりと移動させた。気体の体積が $2SL$ になった直後に、気体の体積を $2SL$ に保つための外力をピストンに加え続けた。この状態を状態Cとすると、気体は状態Bから状態Cまで断熱変化を行った。気体が断熱変化を行うとき、気体の圧力 $p$ と体積 $V$ の間には $pV^{\frac{5}{3}} = (\text{一定})$ という関係式が成り立つ。

(1) 状態Cにおける気体の圧力を $p_C$ とする。 $p_C$ はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 21

- ①  $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{7}{3}} p_0$                       ②  $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5}{3}} p_0$                       ③  $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{2}} p_0$   
 ④  $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} p_0$                       ⑤  $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{5}} p_0$                       ⑥  $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{7}} p_0$

(2) 状態Bから状態Cまでの間に気体がピストンにした仕事 $W$ はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 22

- ①  $\frac{3}{2} (p_0 - 2p_C) SL$                       ②  $\frac{3}{2} (p_0 - p_C) SL$                       ③  $\frac{3}{2} (2p_0 - p_C) SL$   
 ④  $3 (p_0 - 2p_C) SL$                       ⑤  $3 (p_0 - p_C) SL$                       ⑥  $3 (2p_0 - p_C) SL$

(3) 状態Bから状態Cまでの間に外力がピストンにする仕事を $W'$ とする。状態Bから状態Cまでの間に大気がピストンに仕事をすることに注意すると、 $W'$ はいくらか。最も適当なもの、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 23

- ①  $-W - 2p_0 SL$                       ②  $-W - p_0 SL$                       ③  $-W + p_0 SL$   
 ④  $W - p_0 SL$                       ⑤  $W + p_0 SL$                       ⑥  $W + 2p_0 SL$

物理の問題はここまでです。