

平成 29 年度

## 理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

## 注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
  - 2 問題冊子は「物理」2～7ページ、「化学」8～21ページ、「生物」22～33ページ、「地学」34～40ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」3枚、「生物」4枚、「地学」4枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
  - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
  - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
  - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
  - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
  - 7 **理学部の受験者は、次により解答すること。**なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
    - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択解答すること。
    - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
    - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
  - 8 **工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。**
  - 9 **医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。**
  - 10 **生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択解答すること。**
  - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
  - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科科目は以下を表す。
- |            |            |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

(空 白)

物 理  
第 1 問 (35 点)

図のように、水平な床の上に  $x$  軸をとり、質量  $m_1$  [kg] の小球 1 と質量  $m_2$  [kg] の小球 2 がこの軸上をなめらかに動く。

はじめ、小球 1 が  $x = 0$ 、小球 2 が  $x > 0$  の点に静止していた。

質量が大きく  $x$  軸に垂直な壁が、 $x < 0$  の領域から一定の正の速度  $V$  [m/s] で  $x$  軸上を運動し、小球 1 と衝突した。動き出した小球 1 は、小球 2 と衝突した。小球と壁、および、小球どうしは弾性衝突するとする。また、壁は衝突にかかわらず常に一定の速度  $V$  で動き続けるとする。

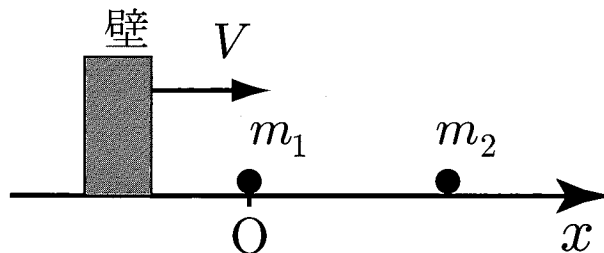
問 1 壁と衝突した直後の小球 1 の速度を求めよ。

問 2 小球どうしが衝突した直後の小球 1 の速度  $v_1$  [m/s] と小球 2 の速度  $v_2$  [m/s] を求めよ。

しばらくすると、小球 1 が再び壁と衝突した。

問 3 この衝突が起こるための  $\frac{m_1}{m_2}$  に対する条件を求めよ。

問 4 小球 1 と壁との 2 回の衝突で、壁が小球 1 にした仕事の和を求めよ。



(空 白)

# 物 理

## 第 2 問 (35 点)

内部抵抗のない自己インダクタンスが  $L$  [H] のコイル，スイッチ  $S$ ，内部抵抗が無視できる起電力  $V$  [V] の電池，抵抗値  $r$  [ $\Omega$ ] の抵抗を用いて図 1 のような回路をつくった．コイルの自己誘導により，コイルを流れる電流  $I$  [A] は瞬時には変化しない．はじめ，スイッチ  $S$  は開かれていたとする．以下の問いに答えよ．

問 1 スイッチ  $S$  を閉じた直後の微小な時間  $\Delta t$  [s] の間に電流が  $\Delta I$  [A] だけ変化するとき，コイルに流れる電流の時間変化率  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  を求めよ．ただし，スイッチ  $S$  を閉じた直後は電池の起電力とコイルの誘導起電力の大きさは等しくなることに注意せよ．

問 2 スイッチ  $S$  を閉じてから十分に時間が経過した後のコイルに流れる電流を求めよ．

問 3 コイルに流れる電流  $I$  を縦軸，スイッチを閉じてからの時間  $t$  [s] を横軸として， $I$ - $t$  グラフの概形はどうなるか．図 2 の (ア) ~ (カ) の中から選べ．

次に抵抗値  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗とダイオード  $D$  を用いて回路を図 3 のように変更し，上と同じ実験を行った．ただし，ダイオードは理想的な特性を示し，順方向電圧に対しては抵抗がなく，逆方向電圧に対しては抵抗が無限大とする．

問 4 この場合の  $I$ - $t$  グラフの概形はどうなるか．図 2 の (ア) ~ (カ) の中から選べ．

図 3 の回路で，スイッチ  $S$  を閉じてから十分に時間が経過した後，スイッチ  $S$  を開いた．

問 5 スイッチ  $S$  を開いた直後のコイルを流れる電流の時間変化率  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  を  $V$ ， $r$ ， $R$ ， $L$  のうち必要なものを用いて表せ．また， $\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|$  を大きくするには， $R$  の値を増やすべきか，減らすべきか答えよ．

問 6 スイッチ  $S$  を開いた直後のスイッチ  $S$  の両端の電位差  $V_S$  [V] を  $V$ ， $r$ ， $R$ ， $L$  のうち必要なものを用いて表せ．また， $|V_S|$  をある値  $V_m$  [V] 以下にするための， $R$  の最大値を求めよ．ただし， $V_m > V$  とする．

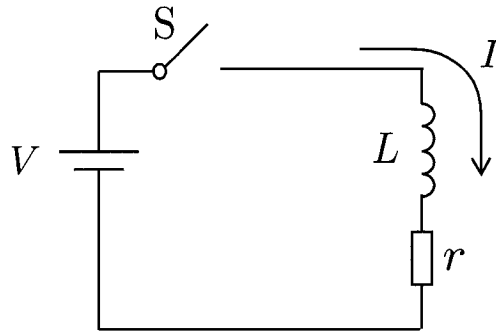


図 1

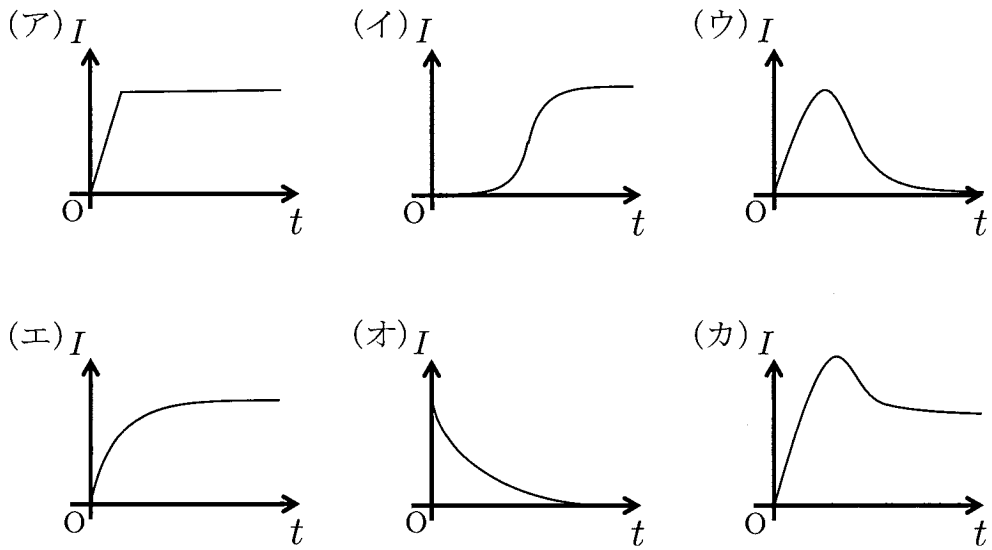


図 2

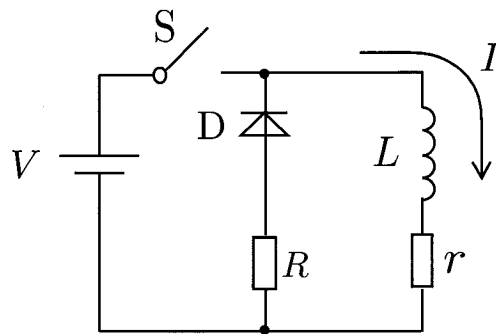


図 3

# 物 理

## 第 3 問 (30 点)

理想気体に関する次の文章を読み、問 1～問 3 に答えよ。

1 辺の長さが  $L$  [m] で体積  $V$  [ $\text{m}^3$ ] ( $= L^3$ ) の立方体の容器  $K_1$  の中に、1 個あたりの質量が  $m$  [kg] の分子  $N$  個からなる理想気体を入れる。これらの分子の熱運動を、以下のよう考える。

まず、分子は、他の分子と衝突せず、容器の壁に衝突するまでは等速直線運動していると仮定する。分子と壁との衝突は弾性衝突とし、衝突の前後で分子の速度の大きさは変わらないとする。また、図 1 のように、 $K_1$  の頂点の 1 つを原点  $O$  とし、3 つの直交する辺にそれぞれ  $x$ ,  $y$ ,  $z$  軸を対応させる。以下、 $z = L$  にある壁を  $W$  と呼ぶことにする。

速度  $\vec{v}$  [m/s] で運動する 1 つの気体分子に注目し、その速度の  $z$  成分を  $v_z$  [m/s] とする。この分子は  $W$  に単位時間あたり  $\boxed{(1)}$  回衝突する。また、この分子は  $W$  に対して、1 回の衝突あたり  $\boxed{(2)}$  [ $\text{N} \cdot \text{s}$ ] の力積を与える。したがって、繰り返し衝突することにより、この分子が  $W$  を押す力の時間的平均は  $\boxed{(3)}$  [N] となる。

さて、 $N$  個の分子が壁  $W$  に及ぼす力の合計を求めたい。 $i$  番目 ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) の分子の速度  $\vec{v}_i$  [m/s] の  $z$  成分を  $v_{iz}$  [m/s] とすると、 $i$  番目の分子が  $W$  を押す力の時間的平均  $\overline{f}_i$  [N] は  $\boxed{(4)}$  となる。したがって、 $N$  個の分子が  $W$  に及ぼす力  $F$  [N] は  $\overline{f}_1 + \overline{f}_2 + \dots + \overline{f}_N$  と書ける。速度の  $z$  成分の 2 乗の平均値を  $\overline{v_z^2} = \frac{1}{N} (v_{1z}^2 + v_{2z}^2 + \dots + v_{Nz}^2)$  とし、 $F$  を  $\overline{v_z^2}$  を用いて書き直すと、 $\boxed{(5)}$  となる。 $N$  はきわめて大きく、また、分子の熱運動は  $\boxed{(a)}$  なので、速度の各成分の 2 乗の平均値  $\overline{v_x^2}$ ,  $\overline{v_y^2}$ ,  $\overline{v_z^2}$  は等しくなる。さらに、速さの 2 乗の平均値  $\overline{v^2}$  に関しては  $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$  の関係が成り立つ。したがって、圧力  $p$  [Pa] を  $\overline{v^2}$  を用いて表すと  $\boxed{(6)}$  となる。

ところで、圧力  $p$ , 体積  $V$ , 温度  $T$  [K] における  $N$  個の単原子分子からなる理想気体の状態方程式は、ボルツマン定数  $k$  [J/K] を用いると  $\boxed{(7)}$  である。 $\boxed{(6)}$  と  $\boxed{(7)}$  を比較すると、分子 1 個あたりの平均運動エネルギーは  $\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \boxed{(8)}$   $kT$  となる。

問 1  $\boxed{(1)}$  ~  $\boxed{(8)}$  に当てはまる文字式あるいは数を、また、 $\boxed{(a)}$  に当てはまる語句を所定の解答欄に記せ。

問2 図2のように、壁  $W$  上に、面積  $A$  [ $\text{m}^2$ ] の微小な円  $A$  があると仮定する。微小な時間  $\Delta t$  [s] 内に  $A$  に衝突する分子の数  $\Delta N$  を  $p$ ,  $A$ ,  $\Delta t$ ,  $m$ ,  $k$  および  $T$  を用いて表せ。ただし  $\Delta N$  は、図3で表される底面積  $A$ , 高さ  $\sqrt{v_z^2} \Delta t$  の仮想的な円柱に含まれる分子の数の半分であると近似してよい。

次に、別の立方体容器  $K_2$  を用意し、 $K_1$  と同じ種類の気体を閉じ込め、図4のように接続した。ただし、 $K_1$ ,  $K_2$  に閉じ込められている気体の圧力はそれぞれ  $p_1$  [Pa],  $p_2$  [Pa] であり、温度はそれぞれ  $T_1$  [K],  $T_2$  [K] に保たれているとする。それぞれの容器の壁の厚さは無視できるとし、容器どうしは断熱されているものとする。

問3 図4のように、面積  $A$  の微小な円形の穴  $A$  をあけ、 $K_1$  と  $K_2$  内の分子が自由に行き来できるようにした。穴をあけた直後の微小な時間  $\Delta t$  内に  $K_1$  内から  $K_2$  内に移動する分子の数と、同じ時間内に  $K_2$  内から  $K_1$  内に移動する分子の数は等しかった。このときの  $\frac{p_1}{p_2}$  を、 $\frac{T_1}{T_2}$  を用いて表せ。

