



# 物 理

以下の各問題の解答はすべて解答欄に記入し、必要なら単位も含めて答えなさい。特に指示のない限り解答の過程も簡潔に示しなさい。

**1** 以下の文章の ( ① ) から ( ⑩ ) に適切な数値または式を入れなさい。ただし、解答の過程は示さなくてよい。

- [1] 水面より高さ 19.6 m の位置から水平方向に初速度 19.6 m/s で小球を投げたところ、小球は放物運動をしたのち水面に着水した。重力加速度の大きさを  $9.80 \text{ m/s}^2$  とし、空気抵抗は無視できるものとする。小球を投げてから着水するまでの時間は ( ① ) s であり、小球を投げた位置から着水点までの水平方向の距離は ( ② ) m である。小球が着水する直前の速度の鉛直下向き成分は ( ③ ) m/s であり、小球が水面に入射する方向と鉛直下向きとのなす角は ( ④ ) ° である。
- [2] 抵抗率  $1.50 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$ 、断面積  $1.00 \text{ mm}^2$ 、長さ 2.00 m の導体の抵抗は ( ⑤ )  $\Omega$  であり、この導体の両端に 4.71 V の電圧を 10.0 秒間加えたとき、この導体の断面を通過した電気量は ( ⑥ ) C である。このとき流れた電流と同じ大きさの電流を十分に長い直線状の導線に流した場合、導線からの距離が 0.250 m の点における磁場の強さは、円周率を 3.14 として ( ⑦ ) A/m である。
- [3] 質量  $m$ 、電気量  $-e$  の静止した電子を電位差  $V (> 0)$  で加速したときの電子の運動エネルギーは ( ⑧ )、運動量の大きさは ( ⑨ ) である。プランク定数を  $h$  とすると、この電子の物質波の波長は ( ⑩ ) である。



2 地球のまわりを等速円運動している質量  $m$  の人工衛星 A を考える。地球の質量を  $M$ 、人工衛星 A の円軌道の半径を  $r$ 、万有引力定数を  $G$  とする。人工衛星 A が地球以外の天体等から受ける万有引力の影響は無視できるものとする。以下の各問に答えなさい。ただし、数値は小数にする必要はなく、分数のままでよい。

- [1] 人工衛星 A の運動エネルギーを求めなさい。
- [2] 人工衛星 A の等速円運動の周期  $T_0$  を  $G$ 、 $M$ 、 $r$  を用いて表しなさい。

図 1 のように、質量  $12m$  の人工衛星 B が人工衛星 A に追突する形で瞬間的に連結したところ、連結後の人工衛星は地球を焦点のひとつとする楕円軌道上を運動するようになった。人工衛星 A と人工衛星 B が連結した点 P は、連結後の楕円軌道上において地球に最も近い点であった。また、人工衛星 B の連結直前の速度の大きさは人工衛星 A の連結前の速さの  $\frac{4}{3}$  倍であり、速度の向きは点 P における円軌道の接線方向であった。このとき、連結後の人工衛星の楕円軌道上において地球から最も遠い点 Q と地球との間の距離は  $D$  となった。人工衛星 B および連結後の人工衛星が地球以外の天体等から受ける万有引力の影響は無視できるものとする。

- [3] 人工衛星 A と人工衛星 B が連結した直後の人工衛星の速さを求めなさい。
- [4] 衛星の運動に対してもケプラーの第 2 法則（面積速度一定の法則）が成立する。楕円軌道上を運動する連結後の人工衛星について、点 Q での速さは点 P での速さの何倍かを求めなさい。
- [5] 距離  $D$  は半径  $r$  の何倍かを求めなさい。
- [6] 衛星の運動に対してもケプラーの第 3 法則は成立する。つまり、公転周期の 2 乗と軌道楕円の半長軸（長半径）の 3 乗の比はすべての衛星で一定になる。このことを用いると、周期  $T_0$  と連結後の人工衛星の周期  $T$  の間には、定数  $f$  を用いて次の等式

$$T = f^3 T_0$$

が成り立つ。 $f$  を求めなさい。

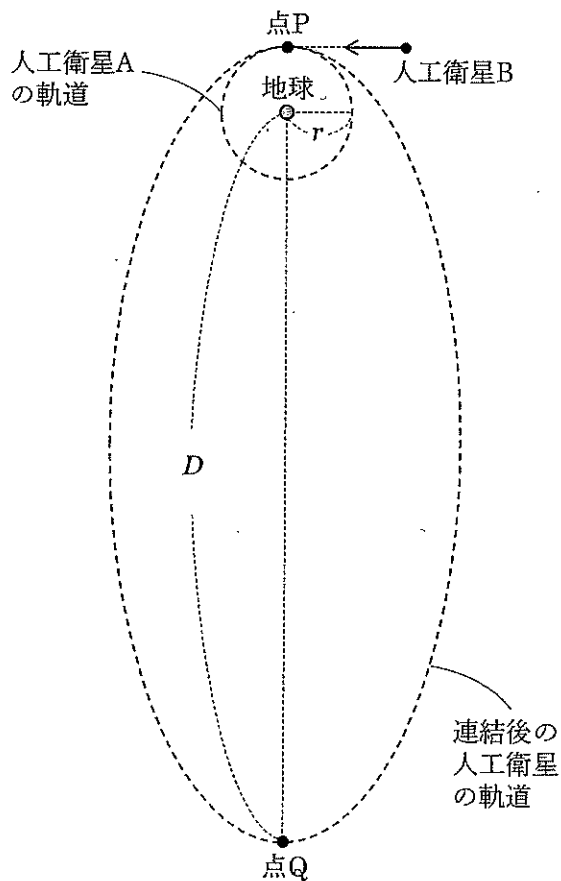


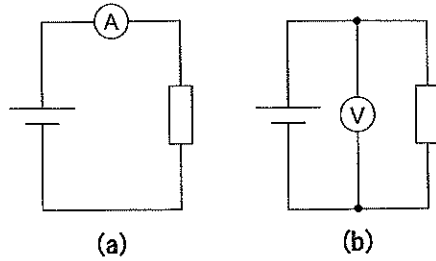
図 1



3 以下の各問に答えなさい。

[ A ] 電流計、電圧計、 $60\ \Omega$ の抵抗器、内部抵抗の無視できる $12\ \text{V}$ の直流電源を図2 (a)、(b)のように接続した。

- [1] 図2 (a)の回路では電流計は $0.16\ \text{A}$ を示した。電流計の内部抵抗の値を求めなさい。
- [2] 図2 (b)の回路では電圧計は $12\ \text{V}$ を示した。電圧計の内部抵抗が $1.2 \times 10^3\ \Omega$ のとき、電源から流れ出ている電流値を求めなさい。



[ B ] 電流計、電圧計、抵抗器、内部抵抗の無視できる直流電源を図2 (c)のように接続すると、電流計は $10.0\ \text{mA}$ を示し、電圧計は $8.8\ \text{V}$ を示した。同じ電流計、電圧計、抵抗器、電源を図2 (d)のように接続すると、電流計は $9.0\ \text{mA}$ を示し、電圧計は $9.0\ \text{V}$ を示した。

- [3] 電源の電圧値を求めなさい。
- [4] 電流計の内部抵抗の値を求めなさい。
- [5] 抵抗器の抵抗値を求めなさい。
- [6] 図2 (c)のように接続したときに電圧計に流れる電流値を求めなさい。
- [7] 電圧計の内部抵抗の値を求めなさい。

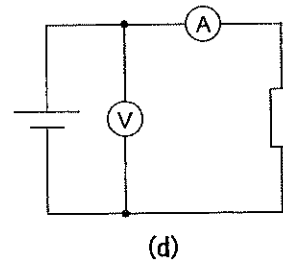
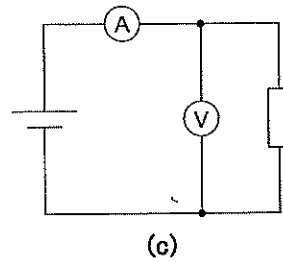


図2



4 長さ  $L$  の閉管に音波を送り気柱を振動させたところ、図 3 のような定常波が生じた。図 3 で実線①は時刻  $t$  における空気（媒質）の変位を表し、右向きの変位を点線②より上方、左向きの変位を下方にとっている。この状態から時間  $D$  だけ経過すると、変位は

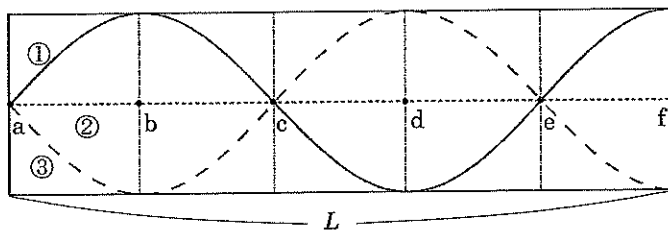


図 3

時刻  $t$  以降で初めて点線②で表される状態になった。これはどの部分も変位がゼロである状態を表している。この状態からさらに時間  $D$  だけ経過すると、変位は破線③で表される状態になり、そしてこの状態からさらに時間  $D$  だけ経過すると、再び点線②で表される状態になった。開口端補正は無視できるものとして、以下の各問に答えなさい。ただし、解答の過程は示さなくてよい。

- [1] この定常波は固有振動のうちの何倍振動であるかを答えなさい。
- [2] この定常波の波長を求めなさい。
- [3] 閉管に送った音波の伝わる速さを求めなさい。

以下の各問では、図 3 に示される管内の位置 a~f の中で該当するものをすべて選び、記号をアルファベット順で答えなさい。

- [4] 変位が①で表される状態のとき、空気が集まって密になっているもの。
- [5] 変位が①で表される状態のとき、空気が拡がって疎になっているもの。
- [6] 時間が  $2D$  だけ経過して変位が①から③へと変化したとき、空気の圧力が最も大きく変化するもの。
- [7] 時間が  $D$  だけ経過して変位が①から②へと変化したとき、変位が②で表される状態になったとき、空気の速さ（空気の変位の時間的な変化の大きさ）が最小であるもの。
- [8] 時間が  $D$  だけ経過して変位が③から②へと変化したとき、変位が②で表される状態になったとき、空気の速度（空気の変位の時間的な変化）が左向きに最大であるもの。



**5** 密閉容器に閉じ込められた一種類の単原子分子理想気体の熱運動を考える。気体分子は容器の壁と弾性衝突するものとし、気体分子同士は衝突しないものとする。重力は考えないものとして、以下の各問に答えなさい。

[ A ] 容器の体積を  $V$ 、気体の絶対温度を  $T$ 、物質量を  $n$ 、アボガドロ定数を  $N_A$ 、気体定数を  $R$  とする。

- [ 1 ] 気体の圧力を答えなさい。解答の過程は示さなくてよい。
- [ 2 ] 気体の内部エネルギーを答えなさい。解答の過程は示さなくてよい。
- [ 3 ] 気体分子 1 個あたりの平均運動エネルギーを求めなさい。

[ B ] 容器内の気体を別の種類の単原子分子理想気体に置き換えた。気体分子 1 個の質量は [ A ] の気体分子の 3 倍で、気体の温度、物質量、および容器の体積は [ A ] の場合と同じとした。

- [ 4 ] 気体分子 1 個あたりの平均運動エネルギーは、[ A ] の場合の何倍かを求めなさい。
- [ 5 ] 気体分子の二乗平均速度（速度の 2 乗の平均の平方根）は、[ A ] の場合の何倍かを求めなさい。
- [ 6 ] すべての気体分子が 1 秒間に容器の壁に及ぼす単位面積あたりの力積の大きさの総和は、[ A ] の場合の何倍かを答えなさい。解答の過程は示さなくてよい。

[ C ] 密閉容器に [ A ] と同じ種類の単原子分子理想気体を閉じ込めた。この理想気体に関する正しい記述を【選択肢】(あ)～(え)からすべて選び、記号を五十音順で答えなさい。解答の過程は示さなくてよい。

【選択肢】

- (あ) 等温変化によって気体の圧力を 2 倍にすると、単位体積あたりの気体分子数は 2 倍になる。
- (い) 定積変化によって気体の圧力を 2 倍にすると、気体分子の運動エネルギーの総和は 2 倍になる。
- (う) 定圧変化によって気体の体積を 2 倍にしても、すべての気体分子が 1 秒間に容器の壁に及ぼす単位面積あたりの力積の大きさの総和は変化しない。
- (え) 気体の絶対温度を 2 倍にすると、気体分子の運動量の 2 乗の平均は  $\sqrt{2}$  倍になる。

以 上

