

# 物 理

次の  ～  の解答を解答欄にマークしなさい。ただし解答の最後の桁は四捨五入によって求めなさい。〈解答群〉のあるものは最も適当なものの一つを選びその番号をマークしなさい。

1 以下の各問いに答えなさい。

問1 真空中の波長が  $6.54 \times 10^{-7} \text{m}$  の光の振動数は  [Hz] である。また、この光の水中の速さは  [m/s] である。この光の水の絶対屈折率は 1.33、真空中の光の速さは  $3.00 \times 10^8$  [m/s] である。

<  の解答群 >

- |                        |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $1.5 \times 10^{14}$ | ② $2.6 \times 10^{14}$ | ③ $4.6 \times 10^{14}$ | ④ $8.2 \times 10^{14}$ |
| ⑤ $1.5 \times 10^{15}$ | ⑥ $2.6 \times 10^{15}$ | ⑦ $4.6 \times 10^{15}$ | ⑧ $8.2 \times 10^{15}$ |

<  の解答群 >

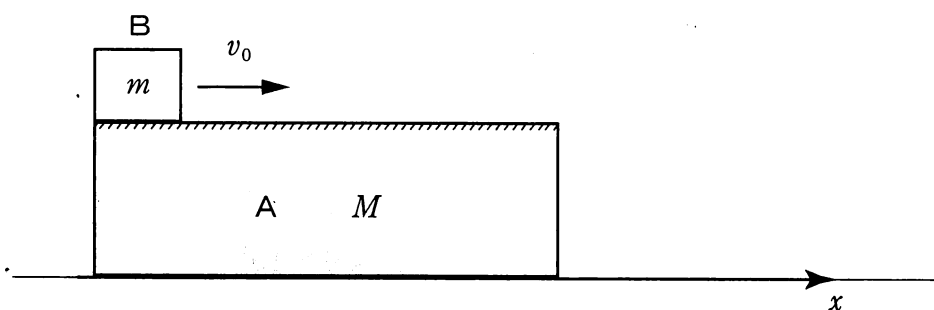
- |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $1.4 \times 10^8$ | ② $1.7 \times 10^8$ | ③ $1.9 \times 10^8$ | ④ $2.1 \times 10^8$ |
| ⑤ $2.3 \times 10^8$ | ⑥ $2.5 \times 10^8$ | ⑦ $2.7 \times 10^8$ | ⑧ $3.0 \times 10^8$ |

問2 長さ 1.00 m、半径 1.00 mm の銀線の両端に 3.00 mV の電圧をかけたとき、600 mA の電流が流れた。銀の抵抗率は  [ $\Omega \cdot \text{m}$ ] である。

<  の解答群 >

- |                        |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $5.1 \times 10^{-9}$ | ② $6.2 \times 10^{-9}$ | ③ $1.6 \times 10^{-8}$ | ④ $6.2 \times 10^{-7}$ |
| ⑤ $1.6 \times 10^{-6}$ | ⑥ $1.6 \times 10^{-5}$ | ⑦ $6.2 \times 10^{-5}$ | ⑧ $5.1 \times 10^{-3}$ |

2 図のように、水平で滑らかな床の上に質量 $M$ の直方体の台Aを置き、さらにその上に質量 $m$ の物体Bを載せた。 $x$ 軸を床に沿ってとり、右向きを正とする。床とAの間の摩擦力は無視でき、BとAの間の動摩擦係数は $\mu'$  (Aに対するBの相対速度によらず一定) である。最初AとBが静止している状態で、物体Bに短い時間 $\Delta t$ の間、大きさ $F$ の力を $x$ 軸の正の向きに加えたところ、Bは床に対して速さ $v_0$ で運動を始めた。この時刻を $t=0$ とする。BはAの上を動き、Aから落ちることなく時刻 $T$ で、Aに対し静止した。重力加速度の大きさを $g$ とし、以下の各問いに答えなさい。



問1  $v_0$ を $m$ ,  $F$ ,  $\Delta t$ で表しなさい。

$v_0 =$

<  の解答群 >

- ①  $\frac{m\Delta t}{F}$     ②  $\frac{m\Delta t}{2F}$     ③  $\frac{F\Delta t}{m}$     ④  $\frac{F\Delta t}{2m}$     ⑤  $\frac{mF}{\Delta t}$     ⑥  $\frac{mF}{2\Delta t}$

問2 時刻  $t (< T)$  における A, B の床に対する速さ  $v_A, v_B$  を求めなさい。

$$v_A = \boxed{5}, v_B = \boxed{6}$$

<  $\boxed{5}$  の解答群 >

- ①  $\frac{1}{2}\mu'gt$       ②  $\mu'gt$       ③  $2\mu'gt$       ④  $\frac{\mu'Mgt}{2m}$       ⑤  $\frac{\mu'Mgt}{m}$   
 ⑥  $\frac{2\mu'Mgt}{m}$       ⑦  $\frac{\mu'mgt}{2M}$       ⑧  $\frac{\mu'mgt}{M}$       ⑨  $\frac{2\mu'mgt}{M}$

<  $\boxed{6}$  の解答群 >

- ①  $-\frac{1}{2}\mu'gt$       ②  $\frac{1}{2}\mu'gt$       ③  $-\mu'gt$       ④  $\mu'gt$   
 ⑤  $v_0 - \frac{1}{2}\mu'gt$       ⑥  $v_0 + \frac{1}{2}\mu'gt$       ⑦  $v_0 - \mu'gt$       ⑧  $v_0 + \mu'gt$

問3 物体 B が物体 A に対し静止した時刻  $T$  を求めなさい。

$$T = \boxed{7}$$

<  $\boxed{7}$  の解答群 >

- ①  $\frac{v_0}{2\mu'g}$       ②  $\frac{v_0}{\mu'g}$       ③  $\frac{2v_0}{\mu'g}$   
 ④  $\frac{mv_0}{2(m+M)\mu'g}$       ⑤  $\frac{mv_0}{(m+M)\mu'g}$       ⑥  $\frac{2mv_0}{(m+M)\mu'g}$   
 ⑦  $\frac{Mv_0}{2(m+M)\mu'g}$       ⑧  $\frac{Mv_0}{(m+M)\mu'g}$       ⑨  $\frac{2Mv_0}{(m+M)\mu'g}$

問4  $t=0$  から  $T$  までの間に失われた力学的エネルギー  $E$  を求めなさい。

$$E = \frac{1}{2}mv_0^2 \times \boxed{8} \text{ である。}$$

<  $\boxed{8}$  の解答群 >

- ① 1      ②  $\frac{m}{2m+M}$       ③  $\frac{m}{m+M}$       ④  $\frac{m}{m+2M}$   
 ⑤  $\frac{M}{2m+M}$       ⑥  $\frac{M}{m+M}$       ⑦  $\frac{M}{m+2M}$

3 均一な物質でできた半径  $r$  の球体  $A$  の体積を  $V_0$  とし、座標の原点を球体  $A$  の中心  $O$  にとる。図 1 のように、 $A$  の内部に、半径  $r_C$  の球状の空洞  $C$  を作った。この物体を球体  $B$  とする。中心  $O$  と空洞  $C$  の中心  $O'$  を結ぶ線を  $z$  軸としたとき、点  $O'$  の  $z$  座標は  $\frac{r}{2}$  である。

I 空洞  $C$  の半径を  $r_C = \frac{r}{2}$  とした場合、球体  $B$  の重心の  $z$  座標を求めなさい。

$$z = - \frac{r}{\boxed{9} \boxed{10}}$$

II 空洞  $C$  の中に質量が無視できる空気を入れ密封し、図 2 のように球体  $B$  を密度  $\rho_0$  の水に浮かべたところ、球体  $B$  はその一部が水の上に出て浮かんだ。このとき、 $B$  が押しのけた水の量は  $\frac{2}{3} V_0$  であった。ただし  $r_C$  は  $0 < r_C < \frac{r}{2}$  で、 $B$  の物質の密度を  $\rho = \frac{3}{4} \rho_0$  とする。

問 1 空洞  $C$  の半径  $r_C$  は  $r$  の何倍か。

$$r_C = 3 \sqrt{\frac{\boxed{11}}{\boxed{12}}} r$$

III 空洞  $C$  を密度  $\rho'$  の物質  $D$  で満たし、球体  $B$  を水に浮かべたところ、図 3 のようにちょうど球体  $B$  の全てが水没した。

問 2 球体  $B$  の全てが水没するための、物質  $D$  の密度の最小値  $\rho'$  を求めなさい。

$$\rho' = \boxed{13} \rho_0$$

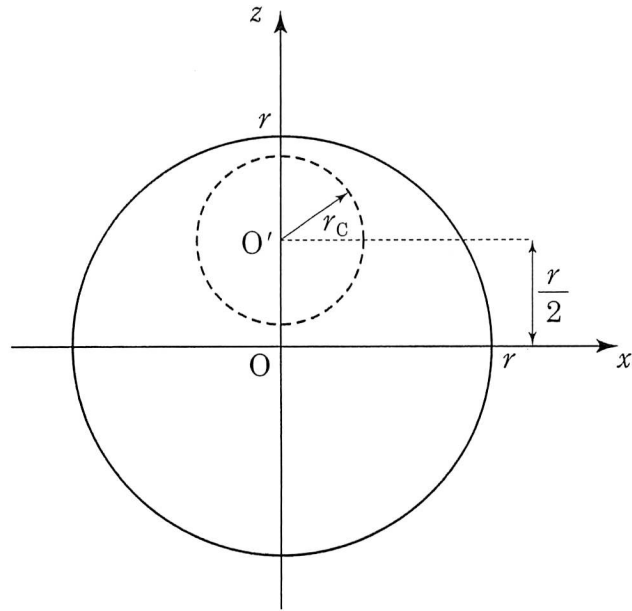


图 1

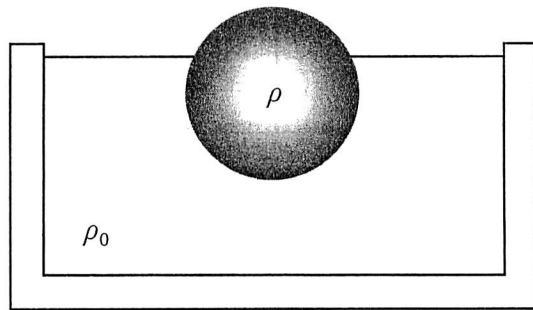


图 2

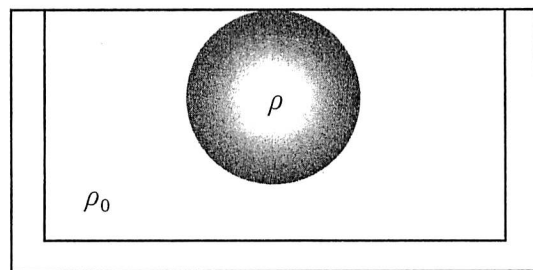


图 3

4

I 極板の面積  $S$ ，極板間距離  $d$  の平行板コンデンサー  $C_1$ ， $C_2$ ， $C_3$  がある。コンデンサー  $C_1$  の極板間は空気で， $C_2$  には面積  $S$ ，厚さ  $\frac{d}{2}$  で比誘電率 4 の誘電体を下図のように挿入した。また  $C_3$  には，面積  $\frac{S}{2}$ ，厚さ  $\frac{d}{3}$  の， $C_2$  と同種類の誘電体を挿入した。 $C_1$  の電気容量を  $C_1$  とするとき， $C_2$ ， $C_3$  の電気容量  $C_2$ ， $C_3$  は  $C_1$  の何倍か。ただし，空気の誘電率は真空の誘電率と等しいとする。

$$C_2 = \frac{\boxed{14}}{\boxed{15}} C_1$$

$$C_3 = \frac{\boxed{16}}{\boxed{17}} C_1$$

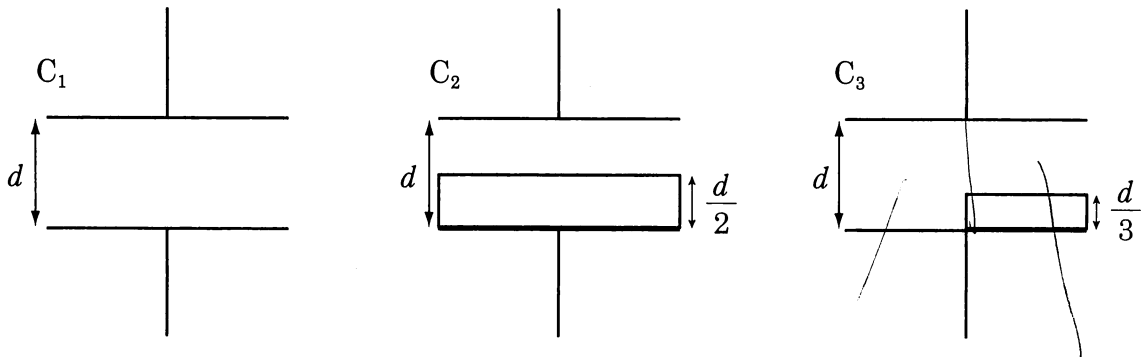


図 1

II 図2のように内部抵抗が無視できる起電力 $V$  [V] の電池と、電気容量 $C_1$  [F] の4個の平行板コンデンサー $C_1$ を接続した。さらに、回路の右端に抵抗が無視できる自己インダクタンス $6.0\text{H}$ のコイル $L$ を接続した。はじめ全てのスイッチは開き、全てのコンデンサーに電荷はない。以下の各問いに答えなさい。

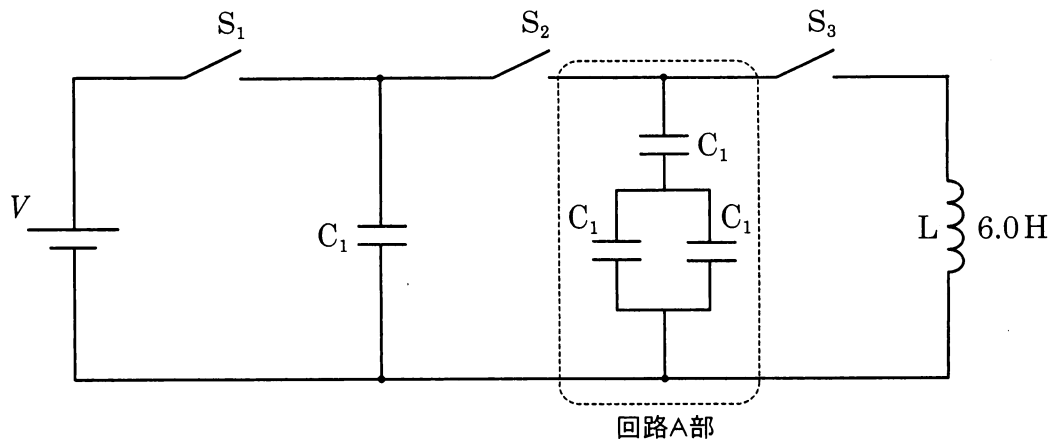


図 2

問1 スイッチ $S_1$ を閉じ、 $C_1$ を完全に充電した。その後、スイッチ $S_1$ を開き、スイッチ $S_2$ を閉じた。このとき回路A部の合成電気容量 $C_A$  [F] と、そこに蓄えられた電気量 $Q_A$  [C] を求めなさい。

$$C_A = \frac{\boxed{18}}{\boxed{19}} C_1 \text{ [F]}$$

$$Q_A = \frac{\boxed{20}}{\boxed{21}} C_1 V \text{ [C]}$$

問2 問1の操作の後、スイッチ $S_2$ を開き、 $S_3$ を閉じたところ、回路に振動電流が流れた。このときの振動電流の最大値 $I$  [A] と周波数 $f$  [Hz] を求めなさい。

$$I = \frac{1}{\boxed{22}} \sqrt{C_1} V \text{ [A]}$$

$$f = \frac{1}{\boxed{23}} \frac{1}{\pi \sqrt{C_1}} \text{ [Hz]}$$

5 熱機関が1サイクルの間で下図のような状態変化をした。この熱機関の気体は1 molの単原子分子の理想気体である。下の状態図において、A→Bは定積変化、B→Cは断熱変化、C→Aは定圧変化である。初めの状態Aの圧力は $p_0$  [N/m<sup>2</sup>]、体積は $V_0$  [m<sup>3</sup>]、状態Bの圧力は $4p_0$  [N/m<sup>2</sup>]、状態Cの体積は $\frac{9}{4}V_0$  [m<sup>3</sup>]、気体定数は $R$  [J/mol・K]とする。

状態Aの温度を $T_A$  [K]としたとき、状態Bの温度は $T_B = \boxed{24} T_A$  [K]、  
 状態Cの温度は $T_C = \frac{\boxed{25}}{\boxed{26}} T_A$  [K]となる。ここで、1サイクルの間で、  
 気体が外から受け取った熱量は $Q_1 = \frac{\boxed{27}}{\boxed{28}} RT_A$  [J]、外に放出した熱量は  
 $Q_2 = \frac{\boxed{29} \ \boxed{30}}{\boxed{31}} RT_A$  [J]である。一方、1サイクルの間に気体が外にした仕事は  
 $W = \frac{\boxed{32} \ \boxed{33}}{\boxed{34}} RT_A$  [J]であるから、この熱機関の熱効率は $e = \boxed{35} \ \boxed{36}$  [%]  
 となる。

