

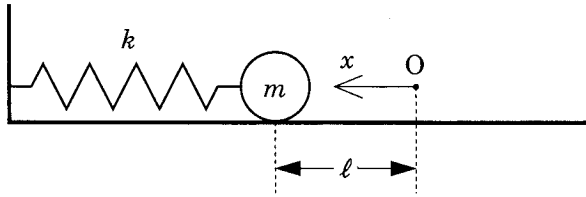
物 理

1 以下の文章中の に適切な数式あるいは数値を入れなさい。ただし、

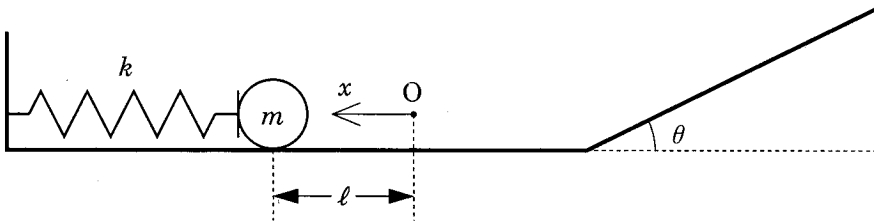
b ~ h は ω を用いないこと。

- (1) 図1のように、質量 m [kg] の小さな物体がなめらかな水平面上に置かれ、質量の無視できるばね定数 k [N/m] のばねに取り付けられている。ばねのもう一端は壁に固定されている。物体を左方向に押し、ばねを自然の長さから l [m] だけ縮めて静止させ、静かに手を離すと、物体は単振動を始める。ここで、 x 軸を水平左向きにとり、その原点 O をばねが自然の長さのときの物体の中心位置とする。単振動をしている物体が位置 x [m] にあるとき、物体がばねから受ける力は $-kx$ [N] であり、一方、単振動の角振動数を ω [rad/s] とすると物体の加速度は $-\omega^2 x$ [m/s²] と表されるので、物体の運動方程式は $-kx =$ a となる。したがって、角振動数 ω は b [rad/s] と表される。物体が単振動を始めてから最初に最大の速さになるまでの時間は c [s] で、その最大の速さは d [m/s] である。

- (2) 次に、図1の物体がばねに固定されていない場合を考える。すなわち、図2のように、ばねに厚みと質量の無視できる板を取り付ける。物体を左方向に押し、ばねを自然の長さから l [m] だけ縮めて静止させ、静かに手を離す。すると、物体は位置 $x =$ e [m] でばねから離れて右方向へ進む。その後、物体は水平面とのなす角 θ [rad] のなめらかな斜面を登っていくとする。ここで、重力加速度の大きさを g [m/s²] とすると、斜面を登り始めてから t [s] 後の物体の速さは f [m/s] となる。したがって、物体が最大の高さに達するのは斜面を登り始めてから g [s] 後で、そのときの水平面からの高さは h [m] である。

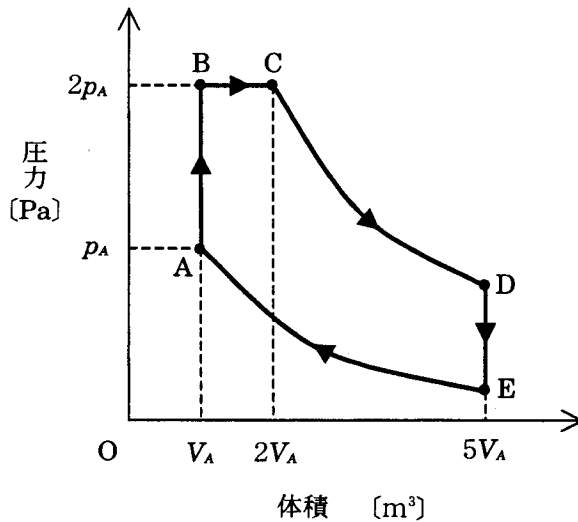


☒ 1



☒ 2

- 2 一定量の単原子分子の理想気体を熱機関に封入し、図のように気体の状態を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$ の順に変化させた。 $A \rightarrow B$ と $D \rightarrow E$ は体積が一定、 $B \rightarrow C$ は圧力が一定、 $C \rightarrow D$ と $E \rightarrow A$ は温度が一定である。状態Aの圧力、体積、温度をそれぞれ p_A [Pa]、 V_A [m³]、 T_A [K]、状態Bの圧力を $2p_A$ [Pa]、状態Cの体積を $2V_A$ [m³]、状態Dの体積を $5V_A$ [m³] とする。また、気体定数を R [J/(mol·K)] とすると、封入された気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ [J/(mol·K)] である。



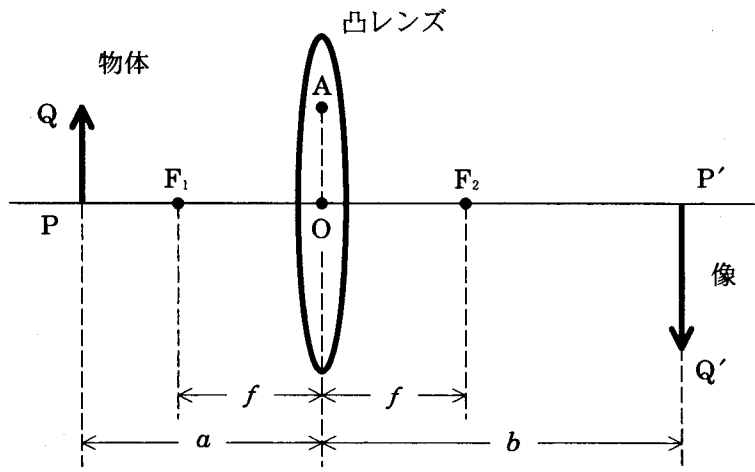
以下の文章中の に適切な数式あるいは数値を入れなさい。

- (1) 状態Bの温度は 1 [K]、状態Cの温度は 2 [K] である。
- (2) 状態Dの圧力は 3 [Pa]、状態Eの圧力は 4 [Pa] である。
- (3) $A \rightarrow B$ の過程でこの理想気体が外部になした仕事は 5 [J] であり、理想気体に与えられた熱量は 6 [J] である。
- (4) $B \rightarrow C$ の過程でこの理想気体が外部になした仕事は 7 [J] であり、理想気体に与えられた熱量は 8 [J] である。

3 図のように、凸レンズの焦点 F_1 の外側に光軸に垂直な物体 PQ があり、レンズの後方に像 $P'Q'$ ができる場合を考える。レンズの中心 O から物体と像までの距離をそれぞれ a [cm] と b [cm] とする。また、レンズの中心 O から焦点 F_1 と焦点 F_2 までの距離は等しく、 f [cm] であるとする。図中の点 A は、レンズの中心 O から光軸に垂直に引いた直線上にあって、 $\overline{OA} = \overline{PQ}$ となる点とする。なお、レンズの厚みは無視できるものとする。

以下の文章中の ① と ③ には図中の適切な記号を、その他の には適切な数式を入れなさい。

凸レンズを通る光線の性質を利用すると、三角形 PQO と三角形 ① は相似だから、 $\frac{\overline{P'Q'}}{\overline{PQ}}$ は a と b を用いて ② と表される。三角形 ③ と三角形 $P'Q'F_2$ も相似だから、 $\frac{\overline{P'Q'}}{\overline{OA}}$ は b と f を用いて ④ と表される。これらの式と $\overline{OA} = \overline{PQ}$ より、 b と像の倍率 $\frac{\overline{P'Q'}}{\overline{PQ}}$ を a と f を用いて表すと $b =$ ⑤ [cm]、像の倍率 = ⑥ 倍となる。物体が焦点 F_1 の外側にあり、かつ物体よりも大きな実像ができるのは、 a と f の間に不等式 ⑦ が成り立つときである。このとき、 b は ⑧ [cm] よりも大きい。また、倍率 2 倍の実像ができる位置と倍率 4 倍の実像ができる位置は、光軸上で ⑨ [cm] 離れている。



4 図のような起電力 E [V] の電池，電気容量 C_1 [F]， C_2 [F] のコンデンサー 1，2，自己インダクタンス L [H] のコイル，スイッチ S_1 ， S_2 からなる回路がある。ただし，最初，両方のスイッチは開いており，両方のコンデンサーは電荷を蓄えていないものとする。また，回路中の電気抵抗は無視できるものとする。

以下の問いに答えなさい。

問 1 スイッチ S_1 を a 側にたおして閉じ，十分長い時間がたった。

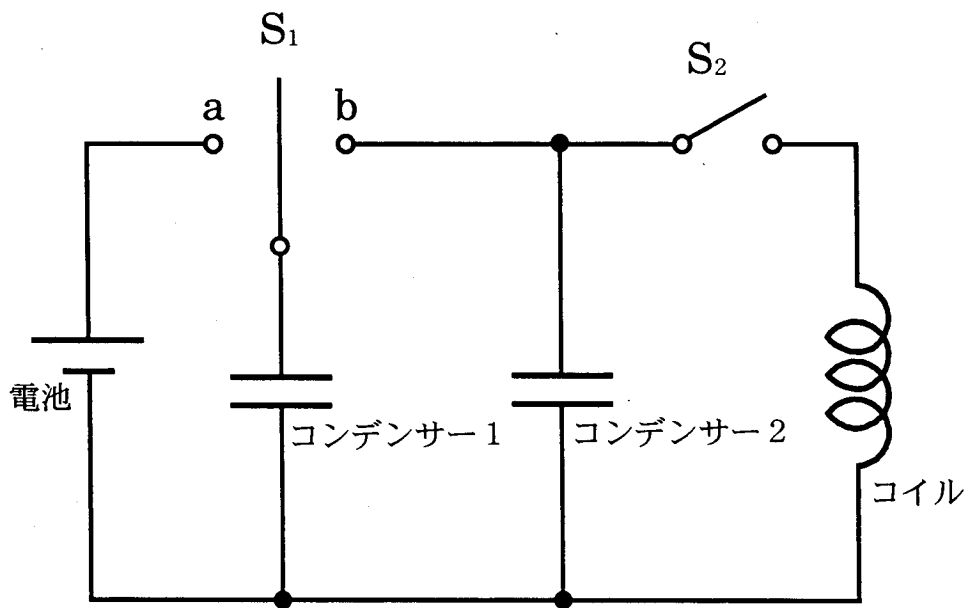
コンデンサー 1 に蓄えられている電荷を求めなさい。

問 2 その後，スイッチ S_1 を b 側に切り替え，十分長い時間がたった。

コンデンサー 2 の両端の電位差を求めなさい。

問 3 さらにその後，スイッチ S_1 を b から開いてスイッチ S_2 を閉じた。すると，コンデンサー 2 とコイルからなる回路に電流が流れ，正弦的な電気振動をした。その振動の角周波数を ω [rad/s]，最大電流を I [A] とする。

- (1) コンデンサー 2 の両端の最大電圧は， ω ， C_2 ， I を用いてどのように表されるか。
- (2) コイルの両端の最大電圧は， ω ， L ， I を用いてどのように表されるか。
- (3) ω は L と C_2 を用いてどのように表されるか。
- (4) $E = 30$ [V]， $C_1 = 1.0 \times 10^{-5}$ [F]， $C_2 = 2.0 \times 10^{-5}$ [F]， $L = 5.0$ [H] とする。このときの振動電流の最大値と周波数を有効数字 2 桁で求めなさい。なお，周波数の計算で必要な場合には，円周率を 3.14 としなさい。



5 以下の文章中の ~ には適切な数式, ~ には適切な数値, には適切な語句を入れなさい。なお, 数式で必要ならば, 光速 c [m/s], プランク定数 h [J・s], 電子の質量 m [kg] を用いなさい。また, 数値の計算で必要ならば, $c = 3.00 \times 10^8$ [m/s], $h = 6.63 \times 10^{-34}$ [J・s], $m = 9.11 \times 10^{-31}$ [kg] を使いなさい。

光のエネルギーは振動数 ν [Hz] を用いて [J] と表される。光の振動数は波長 λ [m] を用いて [Hz] と表すことができるので, 光のエネルギーは波長 λ [m] を用いて [J] と表すこともできる。したがって, 波長 4.10×10^{-7} [m] の可視光 A のエネルギーは [J] であり, それは波長 6.56×10^{-7} [m] の可視光のエネルギーの 倍である。

表 1 にいろいろな物質の仕事関数を示す。これらの物質の中で, 可視光 A を当てたときに自由電子を放出する物質は である。そのときに飛び出す自由電子の最大速度の 2 乗は [(m/s)²] である。

ところで, 水素原子内の電子が高いエネルギー準位 E [J] から低いエネルギー準位 E' [J] になるとき, 振動数 [Hz] の光を放出する。その光が可視光の場合には, 次のような規則性があることが知られている。

$$E - E' = \left(-\frac{W_0}{n^2} \right) - \left(-\frac{W_0}{2^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots)$$

ここで, $W_0 = 2.18 \times 10^{-18}$ [J] である。可視光 A が水素原子から出た光であるとすると, 可視光 A はこの式における $n =$ の場合に相当する。

表 1 いろいろな物質の仕事関数

物 質	仕事関数 [J]
ナ ト リ ウ ム	3.78×10^{-19}
亜 鉛	5.81×10^{-19}
銅	7.44×10^{-19}