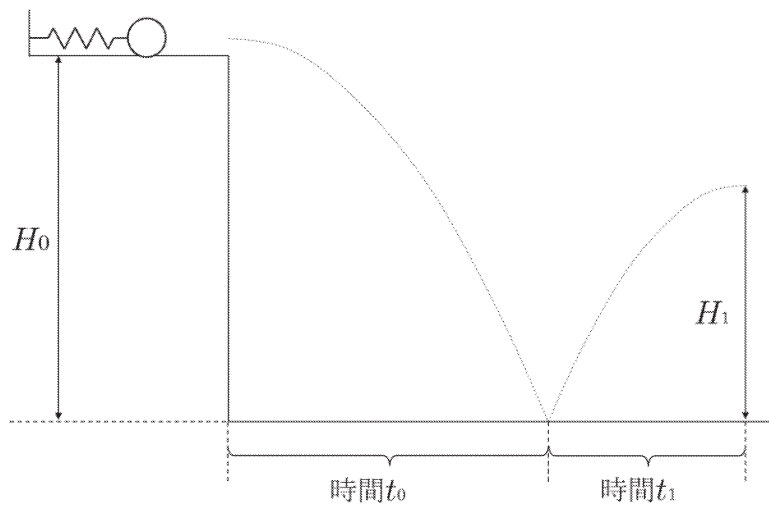


受験者は **1** から **4** 全てを解答しなさい。

1

図のように床より H_0 だけ高い段差の上に、ばね定数 k のばねが固定されている。段差と床の水平面はいずれもなめらかである。段差の水平面の長さは、ばねの自然長よりも長いものとする。このばねの先端に質量 m の小球を置き、ばねを自然長から長さ l だけ縮めてはなした。すると、段差を飛び出してから時間 t_0 後に小球は初めて床に衝突し、さらに時間 t_1 だけ経過したときに衝突後の最高点に達した。このときの最高点の床からの高さを H_1 とする。

ただし、空気抵抗は無視でき、重力加速度の大きさを g 、床と小球との反発係数を e とする。



問1 小球が初めて床に衝突する直前の水平方向の速さ v_x として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **1**

- ① $l\sqrt{\frac{k}{m}}$ ② $\sqrt{\frac{lk}{m}}$ ③ $l\sqrt{\frac{2k}{m}}$ ④ $\sqrt{\frac{2lk}{m}}$ ⑤ $\frac{lk}{m}$ ⑥ $\frac{l^2k}{m}$

問2 小球が初めて床に衝突する直前の鉛直方向の速さ v_y として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **2**

- ① $\sqrt{gH_0}$ ② $\sqrt{2gH_0}$ ③ $2\sqrt{gH_0}$ ④ $\sqrt{\frac{H_0}{g}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{2H_0}{g}}$ ⑥ $2\sqrt{\frac{H_0}{g}}$

問3 小球が初めて床に衝突した直後の水平方向の速さ v_x' と、鉛直方向の速さ v_y' を問1・2の v_x, v_y を用いて表した組み合わせとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

	①	②	③	④	⑤	⑥
v_x'	v_x	v_x	v_x	ev_x	ev_x	ev_x
v_y'	v_y	ev_y	$\frac{v_y}{e}$	v_y	ev_y	$\frac{v_y}{e}$

問4 H_1 は H_0 の何倍か。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

- ① $\frac{1}{e^2}$ 倍 ② $\frac{1}{e}$ 倍 ③ 1 倍 ④ e 倍 ⑤ \sqrt{e} 倍 ⑥ e^2 倍

問5 t_1 は t_0 の何倍か。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

- ① $\frac{1}{e^2}$ 倍 ② $\frac{1}{e}$ 倍 ③ 1 倍 ④ e 倍 ⑤ \sqrt{e} 倍 ⑥ e^2 倍

2

真空中に置かれた、極板面積 S の平行平板コンデンサー、電圧 V の直流電源、抵抗、スイッチからなる回路がある。真空の誘電率を ϵ とする。

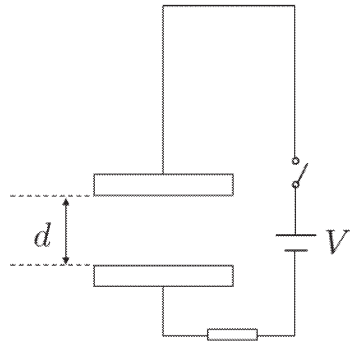


図1

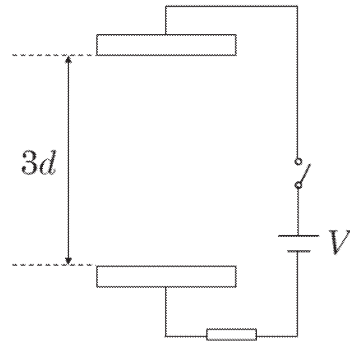


図2

問1 図1のように極板間隔を d に固定した状態でスイッチを閉じた。十分に時間が経ったあと、コンデンサーがたくわえている静電エネルギーとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

6

- ① $\frac{\epsilon SV}{d}$ ② $\frac{\epsilon SV^2}{d}$ ③ $\frac{\epsilon SV}{2d}$ ④ $\frac{\epsilon SV^2}{2d}$ ⑤ $\frac{\epsilon SV}{2d^2}$ ⑥ $\frac{\epsilon SV^2}{2d^2}$

問2 続いてスイッチを開き、極板に外力を与えて極板間隔を $3d$ とした (図2)。コンデンサーがたくわえている静電エネルギーとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

7

- ① $\frac{\epsilon SV^2}{18d}$ ② $\frac{\epsilon SV^2}{6d}$ ③ $\frac{\epsilon SV^2}{2d}$ ④ $\frac{\epsilon SV^2}{d}$ ⑤ $\frac{3\epsilon SV^2}{2d}$ ⑥ $\frac{9\epsilon SV^2}{2d}$

問3 問2において、外力がした仕事として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

8

- ① $\frac{\epsilon SV^2}{2d}$ ② $\frac{\epsilon SV^2}{d}$ ③ $\frac{2\epsilon SV^2}{d}$ ④ $-\frac{\epsilon SV^2}{2d}$ ⑤ $-\frac{\epsilon SV^2}{d}$ ⑥ $-\frac{2\epsilon SV^2}{d}$

問4 次に、コンデンサーの電気量を全て放電して、はじめの状態（図1）に戻し、スイッチを閉じた。十分に時間が経ったあと、スイッチを閉じたまま極板に外力を加えて極板間隔を $3d$ とした。十分に時間が経ったあと、コンデンサーがたくわえている静電エネルギーとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9

- ① $\frac{\epsilon SV^2}{18d}$ ② $\frac{\epsilon SV^2}{6d}$ ③ $\frac{\epsilon SV^2}{2d}$ ④ $\frac{\epsilon SV^2}{d}$ ⑤ $\frac{3\epsilon SV^2}{2d}$ ⑥ $\frac{9\epsilon SV^2}{2d}$

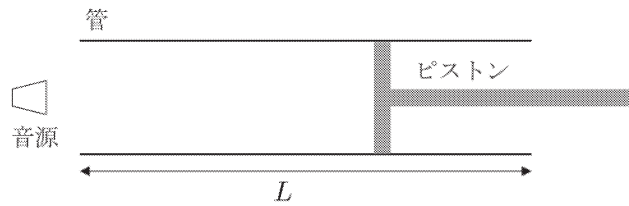
問5 問4の間、極板はゆっくりと移動させたため、回路でジュール熱は生じなかった。問4において、外力がした仕事として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 10

- ① $\frac{\epsilon SV^2}{3d}$ ② $\frac{\epsilon SV^2}{2d}$ ③ $\frac{\epsilon SV^2}{d}$ ④ $-\frac{\epsilon SV^2}{3d}$ ⑤ $-\frac{\epsilon SV^2}{2d}$ ⑥ $-\frac{\epsilon SV^2}{d}$

3

図のように、長さが L で、両端が開いた管にピストンを入れ、その位置を自由に変えることができるようにした。音源の振動数は f で一定であるとし、実験中は室内および管中の空気の温度は一定に保たれているとする。また、開口端補正は無視できるものとする。

音源を鳴らしながら、ピストンの位置を変えると、ある位置で管から大きな音が発生し、そこから $\frac{L}{10}$ だけピストンを引き出すと、再び大きな音が発生した。



問1 管中の空気の音速として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。11

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

問2 ピストンを管の左端まで差し込み、そこから右端までゆっくりと移動させた。この間に、音は何回大きくなるか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。12 回

- ① 2 ② 4 ③ 6 ④ 8 ⑤ 10 ⑥ 12

問3 さらにピストンを移動させ、完全に管から引き出し、管のみの状態とした。このときの音のようすと、管中の気体の密度変化について述べた文として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。13

- ① 大きな音が発生し、気体の密度変化はいずれの部分でも同じである。
② 大きな音が発生し、気体の密度変化は定常波の腹の部分で最大となる。
③ 大きな音が発生し、気体の密度変化は定常波の節の部分で最大となる。
④ 大きな音は発生せず、気体の密度変化はいずれの部分でも同じである。
⑤ 大きな音は発生せず、気体の密度変化は定常波の腹の部分で最大となる。
⑥ 大きな音は発生せず、気体の密度変化は定常波の節の部分で最大となる。

問4 次に、音源、管、ピストンのすべてを、ある気体を満たした十分大きな容器内に入れた。そしてピストンを左端から右端までゆっくりと動かした。音が大きくなるピストンの位置の間隔として、正しいものを次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、この気体を伝わる音速は、室内の空気を伝わる音速の3倍である。[14]

- ① $\frac{1}{30}L$ ② $\frac{1}{20}L$ ③ $\frac{1}{10}L$ ④ $\frac{1}{5}L$ ⑤ $\frac{3}{10}L$ ⑥ $\frac{2}{5}L$

問5 再び問1～3と同じ室内で、ピストンを完全に引き出した管のみを用意した。続いて、管を2:3:4の長さの比に分割し、振動数を変化させることができる別の音源の横に3本とも並べた。音源の振動数を0から徐々に増加させると、ある振動数のときに初めて3本の管の音が同時に大きくなった。このときの振動数として正しいものを次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。[15]

- ① $\frac{9}{40}f$ ② $\frac{3}{10}f$ ③ $\frac{9}{20}f$ ④ $\frac{3}{5}f$ ⑤ $\frac{9}{10}f$ ⑥ $\frac{9}{5}f$

4 次の文章（Ⅰ～Ⅱ）を読み、以下の各問いに答えなさい。

Ⅰ

定積モル比熱が C_V で 1mol の理想気体が断熱的に微小変化をする際、気体の圧力は p から $p+\Delta p$ 、体積は V から $V+\Delta V$ 、温度は T から $T+\Delta T$ に変化した。

気体が外部へ仕事をする場合を正で表すと、この微小変化をする間に気体が外部へする仕事は $p\Delta V$ と近似できる。

また、必要であれば、次の(i), (ii)を利用してよい。

(i) 比熱比 γ は、定積モル比熱 C_V と定圧モル比熱 C_P の比である。

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

(ii) 気体定数 R 、定積モル比熱 C_V 、定圧モル比熱 C_P の間には次の関係が成り立っている。

$$R + C_V = C_P$$

問1 断熱変化する場合の熱力学第一法則を利用して、 p 、 ΔV 、 ΔT 、 C_V の間に成り立つ関係として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。16

- ① $\frac{\Delta T}{C_V} = p\Delta V$ ② $\frac{\Delta T}{C_V} = -p\Delta V$ ③ $\frac{C_V}{\Delta T} = p\Delta V$
 ④ $\frac{C_V}{\Delta T} = -p\Delta V$ ⑤ $C_V\Delta T = p\Delta V$ ⑥ $C_V\Delta T = -p\Delta V$

問2 微小変化する前後における理想気体の状態方程式を利用して、 p 、 Δp 、 V 、 ΔV 、 ΔT 、 R の間に成り立つ関係として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、 $|\Delta p| \ll p$ 、 $|\Delta V| \ll V$ 、 $|\Delta T| \ll T$ であり、二次の微小量は無視することとする。17

- ① $R\Delta T = p\Delta p + V\Delta V$ ② $R\Delta T = p\Delta p - V\Delta V$ ③ $R\Delta T = p\Delta V + V\Delta p$
 ④ $R\Delta T = p\Delta V - V\Delta p$ ⑤ $R\Delta T = (p+\Delta p)(V+\Delta V)$ ⑥ $R\Delta T = (p-\Delta p)(V-\Delta V)$

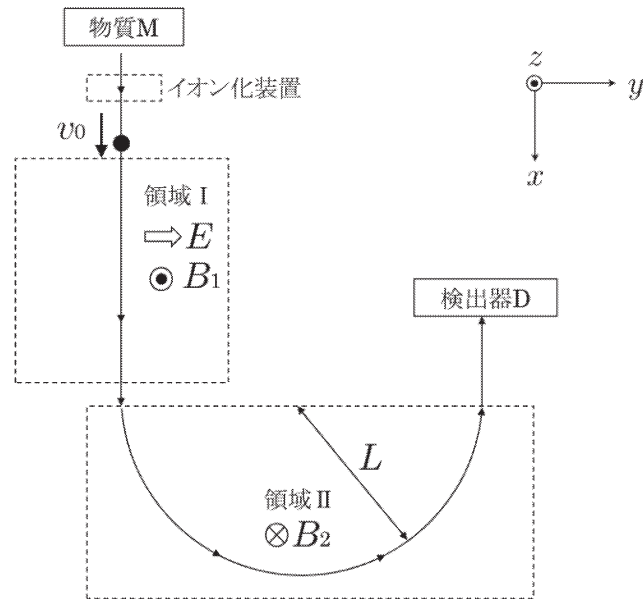
問3 p 、 Δp 、 V 、 ΔV 、 γ の間に成り立つ関係として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。18

- ① $\gamma p\Delta p + V\Delta V = 0$ ② $\gamma p\Delta p + \frac{1}{\gamma}V\Delta V = 0$ ③ $\gamma p\Delta V + V\Delta p = 0$
 ④ $\gamma p\Delta V + \frac{1}{\gamma}V\Delta p = 0$ ⑤ $p\Delta V + \gamma V\Delta p = 0$ ⑥ $\frac{1}{\gamma}p\Delta V + \gamma V\Delta p = 0$

II

ある物質 M の中に含まれているイオンの種類を図のような装置を使って分析する。図では、 x 軸、 y 軸は紙面内にあり、それぞれ矢印の向きを正の向きに、 z 軸は紙面に対して垂直で手前の向きを正の向きとする。また、重力の影響は無視できるものとする。

まず、物質 M を加熱して表面から原子を飛び出させ、イオン化装置に垂直に入射した原子を陽イオンにする。ここで、イオン化装置を出たときの陽イオンの速さを v_0 、電荷を q ($q > 0$) とする。



問1 イオン化装置を通過した陽イオンは、 $+y$ 方向に大きさ E の電場と、 $+z$ 方向に大きさ B_1 の磁束密度の磁場が加えてある領域 I に進入し、 $+x$ 方向に直進した。速さ v_0 を表したものとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。19

- ① EB_1 ② $\frac{1}{EB_1}$ ③ $\frac{qB_1}{E}$ ④ $\frac{E}{qB_1}$ ⑤ $\frac{B_1}{E}$ ⑥ $\frac{E}{B_1}$

問2 領域Ⅰを通過した陽イオンは、 $-z$ 方向に大きさ B_2 の磁束密度の磁場が加えてある領域Ⅱに進入し、 xy 平面内で半径 L の円運動を行った。領域Ⅱを出た陽イオンは、 $-x$ 方向に直進し、検出器Dに到達した。検出器Dに到達したときの陽イオンの運動エネルギーを K とする。

陽イオンの質量 m と電荷 q を表したものとして最も適当なものを、次の①～⑧のうちから、それぞれ一つずつ選びなさい。

質量 m 20

電荷 q 21

- | | | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{2KB_1}{E}$ | ② $\frac{2KB_1^2}{E}$ | ③ $\frac{2KB_1}{E^2}$ | ④ $\frac{2KB_1^2}{E^2}$ |
| ⑤ $\frac{2KB_1}{ELB_2}$ | ⑥ $\frac{2KB_1^2}{ELB_2}$ | ⑦ $\frac{2KB_1}{E^2LB_2}$ | ⑧ $\frac{2KB_1^2}{E^2LB_2}$ |