

2024年度一般選抜前期A日程（1月23日実施）

# 物 理 問 題

(65ページ～79ページ)

**I** 次の問いに答えなさい。

問 1 図 1 のように、質量  $m$  の物体に鉛直上向きに力を加えたところ、大きさ  $4g$  の加速度で鉛直に上昇した。ただし、 $g$  は重力加速度の大きさを表し、空気抵抗は無視できるものとする。物体に鉛直上向きに加えている力の大きさを表す式として最も適当なものを、下の選択肢の中から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

**A**

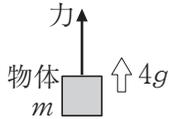


図 1

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| ① $mg$  | ② $2mg$ | ③ $3mg$ |
| ④ $4mg$ | ⑤ $5mg$ | ⑥ $6mg$ |

問2 図2のように、ある質量の物体を水平であらい床面上に置き、水平右向きに大きさ $F$ の力を加える。 $F$ を0から少しずつ大きくしていくとき、物体が床面から受ける摩擦力の大きさを $f$ とする。 $f$ と $F$ の関係を表すグラフとして最も適当なものを、下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、物体と床面の間の動摩擦係数は、静止摩擦係数より小さく、その値は一定であるものとする。

イ

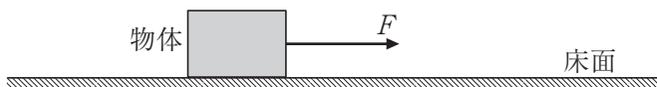
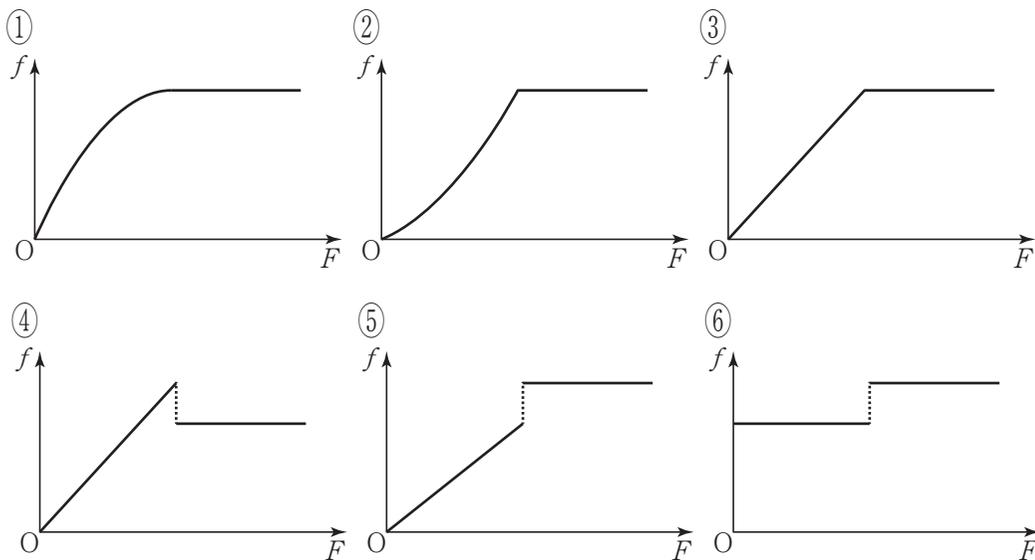


図2



**問3** 図3のように、コマとコマの間隔をそれぞれ  $l$ ,  $L$  にして2本の弦を張る。両方の弦の中央部を同時に弾くと、それぞれの弦から基本振動の音が出て、うなりが観測された。観測されたうなりの単位時間あたりの回数として最も適当なものを、下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、 $L$  は  $l$  よりわずかに長く、2本の弦を伝わる波の速さは等しく、その速さを  $v$  とする。

ウ

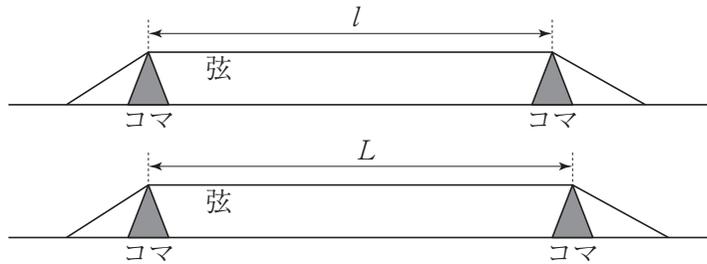


図3

- |  |  |   |
|--|--|---|
| ① $\frac{v}{2} \left( \frac{1}{l} - \frac{1}{L} \right)$ | ② $v \left( \frac{1}{l} - \frac{1}{L} \right)$ | ③ $2v \left( \frac{1}{l} - \frac{1}{L} \right)$ |
| ④ $\frac{L-l}{2v}$                                       | ⑤ $\frac{L-l}{v}$                              | ⑥ $\frac{2(L-l)}{v}$                            |

問4 次の文章中の空欄 **A** ・ **B** に入れる語句と数値の組合せとして、最も適当なものを、下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。 **工**

帯電体 a と帯電体 b を近づけると互いに引力を及ぼし合い、帯電体 a と帯電体 c を近づけると互いに斥力を及ぼし合った。このとき、帯電体 b と帯電体 c を近づけると、互いに **A** を及ぼし合う。

帯電していない塩化ビニール管を毛皮で擦ったところ、塩化ビニール管は負に帯電した。その帯電量が  $-8.0 \times 10^{-7} \text{C}$  であるとき、毛皮から塩化ビニール管に移動した電子の数は **B** 個である。ただし、電子の電気量の大きさを  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$  とする。

|   | <b>A</b> | <b>B</b>             |
|---|----------|----------------------|
| ① | 引力       | $2.0 \times 10^{11}$ |
| ② | 引力       | $2.0 \times 10^{12}$ |
| ③ | 引力       | $5.0 \times 10^{12}$ |
| ④ | 斥力       | $2.0 \times 10^{11}$ |
| ⑤ | 斥力       | $2.0 \times 10^{12}$ |
| ⑥ | 斥力       | $5.0 \times 10^{12}$ |

問5 次の文章中の空欄 **C** ・ **D** に入れる式と語句の組合せとして、最も適当なものを、下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。 **オ**

気体が外部から吸収した熱量を  $Q$ 、外部からされた仕事を  $W$  とすると、気体の内部エネルギーの変化  $\Delta U$  は、 $\Delta U =$  **C** と表される。この関係式は **D** を表す。

|   | <b>C</b> | <b>D</b> |
|---|----------|----------|
| ① | $Q + W$  | 熱力学第1法則  |
| ② | $Q + W$  | 熱量の保存の法則 |
| ③ | $Q - W$  | 熱力学第1法則  |
| ④ | $Q - W$  | 熱量の保存の法則 |
| ⑤ | $W - Q$  | 熱力学第1法則  |
| ⑥ | $W - Q$  | 熱量の保存の法則 |

問6 放射線に関する記述として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。 **カ**

- ①  $\gamma$  線は電磁波ではなく、原子核を構成する粒子の一種である。
- ② 放射線の人体への影響は、放射線の種類によらず、ベクレルという単位で表される放射能の強さで決まる。
- ③  $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線の中では、 $\alpha$  線が最も透過力が強い。
- ④ 放射線は、その電離作用によって生物の細胞や遺伝子に影響を及ぼす。
- ⑤  $\beta$  線は、エネルギーの大きいヘリウムの原子核である。

**Ⅱ**

速度と時間のグラフ，抵抗の回路に関する次の文〔1〕，〔2〕を読んで，あとの問いに答えなさい。

〔1〕 図1のように，水平でなめらかな床面に沿って  $x$  軸をとり， $x = 0$  mの位置に質量1.0 kgの物体を置き，時刻  $t = 0$  s から水平方向に力を加えたところ，物体は  $x$  軸に沿って運動をはじめた。図2は，物体の速度  $v$  [m/s]と時刻  $t$  [s]の関係を表したグラフである。 $x$  軸の正の向きを速度や加速度の正の向きとする。

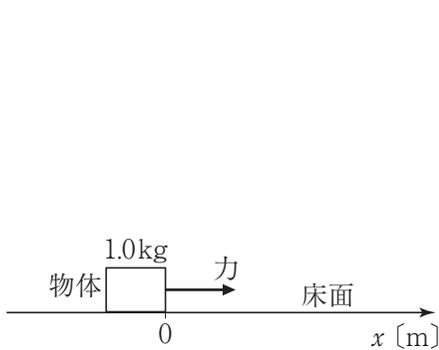


図1

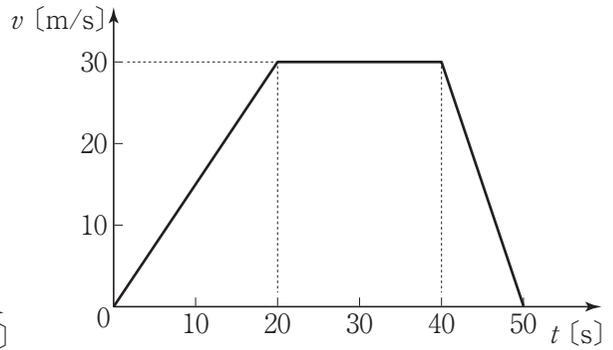


図2

問1 時刻  $t = 10$  s,  $30$  s,  $45$  s での物体の加速度をそれぞれ  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  とする。これらの加速度の数値の組  $(a_1, a_2, a_3)$  として最も適当なものを，次の中から1つ選び，番号をマークしなさい。

ア

- ①  $(1.5 \text{ m/s}^2, 0 \text{ m/s}^2, -0.67 \text{ m/s}^2)$
- ②  $(1.5 \text{ m/s}^2, 0 \text{ m/s}^2, -3.0 \text{ m/s}^2)$
- ③  $(1.5 \text{ m/s}^2, 1.0 \text{ m/s}^2, -3.0 \text{ m/s}^2)$
- ④  $(3.0 \text{ m/s}^2, 0 \text{ m/s}^2, -0.67 \text{ m/s}^2)$
- ⑤  $(3.0 \text{ m/s}^2, 0 \text{ m/s}^2, -3.0 \text{ m/s}^2)$
- ⑥  $(3.0 \text{ m/s}^2, 1.0 \text{ m/s}^2, -0.67 \text{ m/s}^2)$

問2 時刻  $t = 40\text{s}$  での物体の位置  $x$  として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

イ

- ①  $x = 800\text{m}$                       ②  $x = 850\text{m}$                       ③  $x = 900\text{m}$   
 ④  $x = 950\text{m}$                       ⑤  $x = 1000\text{m}$                       ⑥  $x = 1050\text{m}$

問3 時刻  $t = 0\text{s}$  から  $t = 40\text{s}$  までに、物体に対して水平方向に加えた力がした仕事として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

ウ

- ① 450 J                                  ② 650 J                                  ③ 900 J  
 ④ 1200 J                                  ⑤ 1350 J                                  ⑥ 1500 J

[2] 図3のように、抵抗値がそれぞれ  $r$ ,  $2r$ ,  $3r$  の抵抗  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  と、電圧  $E$  の直流電源を接続した電気回路がある。抵抗  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  以外の電気抵抗は無視できるものとする。

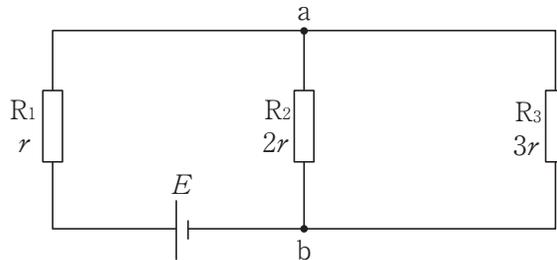


図3

問4 図3の  $ab$  間に並列に接続されている抵抗  $R_2$  と  $R_3$  による合成抵抗を表す式として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

エ

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

問5 抵抗 $R_1$ を流れる電流を表す式として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

オ

①  $\frac{2E}{7r}$

②  $\frac{2E}{5r}$

③  $\frac{5E}{11r}$

④  $\frac{6E}{11r}$

⑤  $\frac{3E}{5r}$

⑥  $\frac{6E}{5r}$

問6 抵抗 $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ で消費される電力をそれぞれ $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ とする。 $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ の大小関係を表す式として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

カ

①  $P_1 < P_2 < P_3$

②  $P_1 < P_3 < P_2$

③  $P_2 < P_1 < P_3$

④  $P_2 < P_3 < P_1$

⑤  $P_3 < P_1 < P_2$

⑥  $P_3 < P_2 < P_1$

**Ⅲ**

水平投射，気体の状態変化に関する次の文〔1〕，〔2〕を読んで，あとの問いに答えなさい。

〔1〕 図1のように，水平でなめらかな床面からの高さ $H$ の台の右端の点 $P$ から，小球が水平右向きに速さ $v_0$ で飛び出した。小球は点 $Q$ で床面と1回目の衝突をしてはね返り，点 $R$ で床面と2回目の衝突をした。点 $P$ の真下の床面の点を $O$ とする。また，小球と床面の間の反発係数（はね返り係数）を $e$ とし，重力加速度の大きさを $g$ とする。なめらかな床面と衝突するとき小球の速度の水平成分は変化せず，空気抵抗は無視できるものとする。

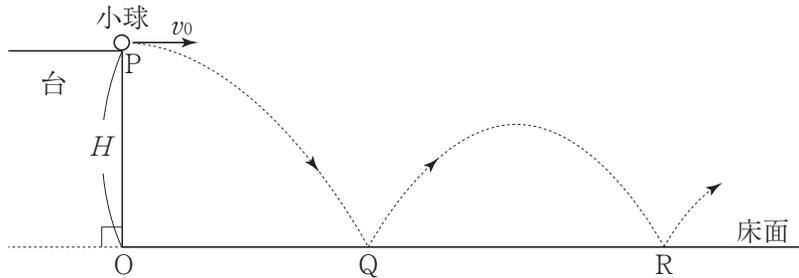


図1

問1 小球が点 $P$ を飛び出してから点 $Q$ で床面に衝突するまでの時間 $t_Q$ を表す式として最も適当なものを，次の中から1つ選び，番号をマークしなさい。

ア

- ①  $t_Q = \frac{H}{2g}$       ②  $t_Q = \frac{H}{g}$       ③  $t_Q = \frac{2H}{g}$   
 ④  $t_Q = \sqrt{\frac{H}{2g}}$       ⑤  $t_Q = \sqrt{\frac{H}{g}}$       ⑥  $t_Q = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

問2 点 $Q$ で床面に衝突した直後の，小球の速度の鉛直成分の大きさを表す式として最も適当なものを，次の中から1つ選び，番号をマークしなさい。

イ

- ①  $\frac{1}{2}gt_Q$       ②  $gt_Q$       ③  $2gt_Q$   
 ④  $\frac{1}{2}egt_Q$       ⑤  $egt_Q$       ⑥  $2egt_Q$

問3 QR間の距離はOQ間の距離の何倍か。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

ウ

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

〔2〕 図2のように、水平な床面上に、なめらかに動くピストンで理想気体を封入した断面積  $S$  の円筒形シリンダーを置く。大気圧を  $p_0$ 、ピストンの質量を  $m$  とする。はじめシリンダーを寝かせて置き、シリンダー内の気体の絶対温度は外部と同じ  $T$ 、圧力も外部と同じ  $p_0$  であり、シリンダーの底面からピストンまでの距離は  $L$  であった。このときを状態Ⅰとする。次に、シリンダーをゆっくりと起こし、鉛直に立てると、ピストンはある位置で静止し、シリンダー内の気体の絶対温度は  $T$  のままであった。このときを状態Ⅱとする。続いて、シリンダー内の気体をゆっくりと加熱すると、気体の絶対温度が上昇し、ピストンはシリンダーの底面からの距離が  $L$  に戻って静止した。このときを状態Ⅲとする。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

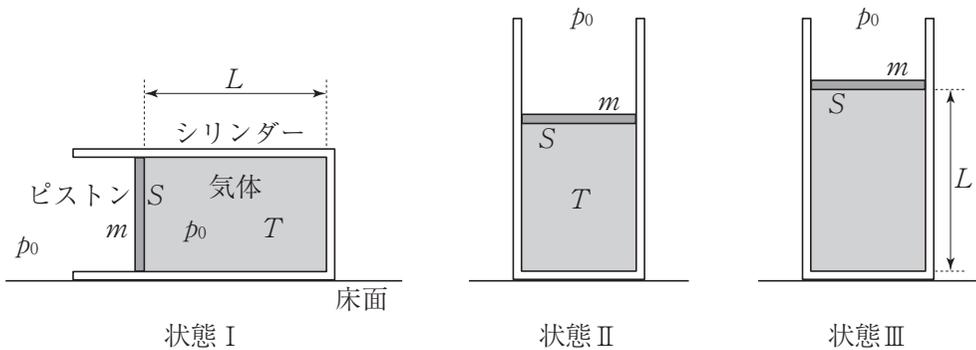


図2

問4 気体定数を  $R$  とすると、シリンダー内の気体の物質量を表す式として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

エ

- ①  $\frac{RTSL}{p_0}$                       ②  $\frac{RSL}{p_0T}$                       ③  $\frac{Rp_0SL}{T}$   
 ④  $\frac{p_0}{RTSL}$                       ⑤  $\frac{p_0SL}{RT}$                       ⑥  $\frac{p_0T}{RSL}$

問5 状態Ⅱにおいて、シリンダーの底面からピストンまでの距離はいくらか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

オ

①  $\frac{mg}{p_0}L$

②  $\frac{mg}{p_0S}L$

③  $\frac{p_0}{p_0+mg}L$

④  $\frac{p_0S}{p_0S+mg}L$

⑤  $\frac{p_0-mg}{p_0}L$

⑥  $\frac{p_0S-mg}{p_0S}L$

問6 状態Ⅱから状態Ⅲまでの過程で、気体が外部にした仕事はいくらか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

カ

①  $mgL$

②  $p_0SL$

③  $(p_0S-mg)L$

④  $(p_0S+mg)L$

⑤  $\frac{p_0Smg}{p_0S-mg}L$

⑥  $\frac{p_0Smg}{p_0S+mg}L$

**IV**

光の干渉，コンデンサーの回路に関する次の文〔1〕，〔2〕を読んで，あとの問いに答えなさい。

〔1〕 図1は，屈折率 $n$ ，厚さ $d$ の薄膜の上面に，入射角 $i$ で入射した光の道すじを拡大して表したものである。薄膜は空気ではさまれており，空気の屈折率を1とし，空気中での光の波長を $\lambda$ とする。光線1は点Aで屈折角 $r$ で屈折した後，薄膜の下面の点Bで反射し，上面の点Cで屈折して空気中に出る。光線2は薄膜の上面の点Cで反射する。破線AA'は入射光の波面，CC'は屈折光の波面を表す。

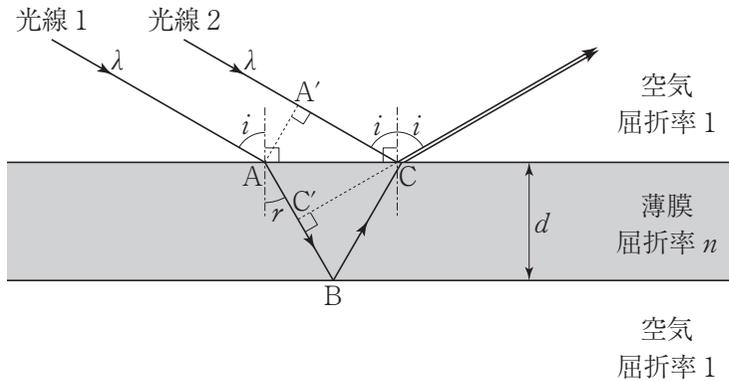


図1

問1  $n$ を表す式として最も適当なものを，次の中から1つ選び，番号をマークしなさい。

ア

- |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ | ② $n = \frac{\sin r}{\sin i}$ | ③ $n = \frac{\cos i}{\cos r}$ |
| ④ $n = \frac{\cos r}{\cos i}$ | ⑤ $n = \frac{\tan i}{\tan r}$ | ⑥ $n = \frac{\tan r}{\tan i}$ |

問2 波面AA'から波面CC'までの光学距離（光路長）は等しいので，光線1と光線2に光路差を生じさせる道のりの距離の差（経路差）はC'B + BCとなる。この距離C'B + BCを $d$ と $r$ を用いて表す式として最も適当なものを，次の中から1つ選び，番号をマークしなさい。

イ

- |                                  |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ① $C'B + BC = 2d \sin r$         | ② $C'B + BC = 2d \cos r$         | ③ $C'B + BC = 2d \tan r$         |
| ④ $C'B + BC = \frac{2d}{\sin r}$ | ⑤ $C'B + BC = \frac{2d}{\cos r}$ | ⑥ $C'B + BC = \frac{2d}{\tan r}$ |

問3  $n > 1$ なので、点Cでの光の反射では位相が $\pi$ ずれ、点Bでの光の反射では位相はずれない。このことを考慮すると、光線1、光線2の反射光が強め合うために、距離 $C'B + BC$ が満たすべき条件は、0以上の整数 $m$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ )などを用いてどのように表されるか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

ウ

- ①  $C'B + BC = \frac{1}{2}mn\lambda$                       ②  $C'B + BC = \frac{1}{2}m \cdot \frac{\lambda}{n}$   
 ③  $C'B + BC = mn\lambda$                       ④  $C'B + BC = m \cdot \frac{\lambda}{n}$   
 ⑤  $C'B + BC = \left(m + \frac{1}{2}\right)n\lambda$                       ⑥  $C'B + BC = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n}$

[2] 図2のように、電圧 $V$ の直流電源に、極板間隔 $d$ 、電気容量 $C$ の平行板コンデンサー、抵抗 $R$ 、スイッチ $S$ を接続する。はじめ、スイッチ $S$ は開かれており、コンデンサーに電気量は蓄えられていない。

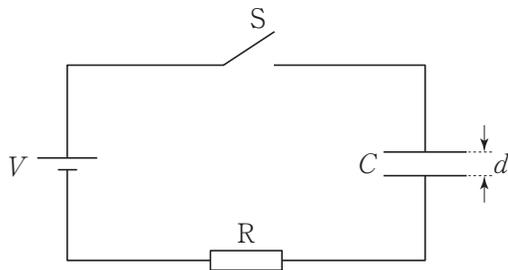


図2

問4 スイッチ $S$ を閉じて十分に時間が経過した後、スイッチ $S$ を開いた。このとき、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを表す式として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

エ

- ①  $\frac{1}{2}CV$                       ②  $CV$                       ③  $\frac{V}{2C}$   
 ④  $\frac{1}{2}C^2V$                       ⑤  $\frac{1}{2}CV^2$                       ⑥  $\frac{V^2}{2C}$

**問5** 問4に続いて、スイッチSを開いたまま、コンデンサーの極板間隔をゆっくりと広げて  $d+x$ にした。ただし、 $0 < x < d$ とする。このときのコンデンサーの極板間の電圧を表す式として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

オ

①  $\sqrt{\frac{d+x}{d}}V$

②  $\sqrt{\frac{d}{d+x}}V$

③  $\frac{d+x}{d}V$

④  $\frac{d}{d+x}V$

⑤  $\left(\frac{d+x}{d}\right)^2V$

⑥  $\left(\frac{d}{d+x}\right)^2V$

**問6** 問5に続いて、スイッチSを再び閉じて十分に時間が経過した。スイッチSを再び閉じてから十分に時間が経過するまでの間に、スイッチSを流れた電気量の大きさを表す式として最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

カ

① 0

②  $\frac{d}{d+x}CV$

③  $\frac{x}{d+x}CV$

④  $\frac{x}{d}CV$

⑤  $\frac{d+x}{d}CV$

⑥  $\frac{d+x}{x}CV$