平成 28 年度　　　　　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80 分〕

# Ｑ３ 物　理　　　　Ｑ４ 化　学

この冊子は，物理 と 化学 の問題を１冊にまとめてあります。

**情報科学科と土木工学科は，物理または化学のどちらかを選択**

**工業化学科は化学指定**

**機械工学科は物理指定**

| |
|---|
| 物理の問題は，１ページより 19 ページまであります。 |
| 化学の問題は，20 ページより 31 ページまであります。 |

〔注　　意〕

⑴　試験開始の指示があるまで，この冊子を開いてはいけません。

⑵　監督者から受験番号等記入の指示があったら，解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し，さらに受験番号と志望学科をマークしてください。

⑶　解答は，所定の解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。

⑷　解答用マークシートについて

①　解答用マークシートは，絶対に折り曲げてはいけません。

②　マークには黒鉛筆(ＨＢまたはＢ)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合，採点できないことがあります。

③　誤ってマークした場合は，消しゴムで丁寧に消し，消しくずを完全に取り除いたうえ，新たにマークしてください。

④　解答欄のマークは，横１行について１箇所に限ります。２箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので，はっきりマークしてください。

⑤　解答用マークシート上部に記載されている解答上の注意事項を，必ず読んでから解答してください。

⑸　試験開始の指示があったら，初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁，印刷不鮮明等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

⑹　問題冊子は，試験終了後，持ち帰ってください。

◇M30(210―498)

# 物　　理

**1**　次の問題の $\boxed{\phantom{xxxx}}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。)　(45 点)

じゅうぶんに長い自然の長さ（自然長）を持つ，質量の無視できるばねがあって，そのばね定数を $k$ [N/m] とする。**図 1-1** のように，まさつのない水平な床の上にばねを置き，その左端を壁に固定する。ばねの右端には，質量が $m$ [kg] で大きさの無視できる小物体 A がとりつけられている。$x$ 軸をばねの伸び縮みする方向にとり，ばねが伸びる向きを正の向きとする。座標の原点は，ばねの長さが自然の長さのときの小物体 A の位置とする。また，原点よりも右方に，固定された壁が鉛直に立っている。

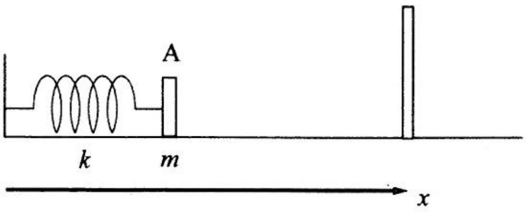



**図 1-1**

**右のページは白紙です。**

**(1)** 小物体 A をばねの方向に沿って水平に少しだけ変位させて，静かに放した後，小物体 A は，原点を中心に周期 $\boxed{\textbf{(ア)}}$ [s] で単振動する。

次に，**図 1-2** のように，小物体 A と同じ質量 $m$ を持ち，大きさの無視できる小物体 B を，$x$ 軸に沿って小物体 A に接するように並べる。(小物体 B は小物体 A の右側にある。) 小物体 A，B をばねの方向に沿って原点から負の向きに $L$ [m]（ただし，$L > 0$）だけ変位させて，静かに放した後の運動を考える。小物体 A と小物体 B が互いに押し合う力の大きさを $F$ [N] として，小物体が互いに接したまま運動するときの，それぞれの小物体の運動方程式を考える。小物体 A，B の座標をそれぞれ $x_{\mathrm{A}}, x_{\mathrm{B}}$ [m]，小物体 A，B の加速度をそれぞれ $a_{\mathrm{A}}, a_{\mathrm{B}}$ [m/s$^2$] とする。ここで，小物体 A，B の大きさは無視できることから $x_{\mathrm{A}} = x_{\mathrm{B}}$ であり，小物体 A，B が接したまま運動するときを考えると $a_{\mathrm{A}} = a_{\mathrm{B}}$ である。そこで，小物体 A，B の位置を $x$ [m]，加速度を $a$ [m/s$^2$] と書くことにすると，小物体 A についての運動方程式は，$ma = \boxed{\textbf{(イ)}}$ [N] で，小物体 B についての運動方程式は，$ma = \boxed{\textbf{(ウ)}}$ [N] と書ける。これらの運動方程式から押し合う力 $F$ を消去することによって，小物体 A，B が互いに接したまま運動するときは，原点を中心として，周期 $\boxed{\textbf{(エ)}}$ [s] で単振動することがわかる。(ただし，1 周期以上の時間にわたって単振動が続くとは限らない。)

一方，これら 2 つの運動方程式から加速度 $a$ を消去すると，$F = \boxed{\textbf{(オ)}}$ [N] と表されることがわかる。したがって，互いに接して運動している小物体 A と小物体 B が最初に離れるときの位置は，$x = \boxed{\textbf{(カ)}}$ [m] であるとわかる。そのとき，小物体 A と小物体 B の速度は，ともに $\boxed{\textbf{(キ)}}$ [m/s] である。両者が離れた後は，小物体 A は原点を中心に周期 $\boxed{\textbf{(ア)}}$ [s] で単振動し，その振幅は $\boxed{\textbf{(ク)}}$ [m] である。

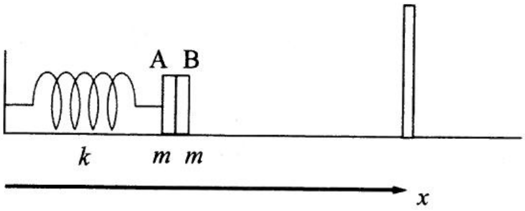



図 1-2

（ア） の解答群

⓪ $\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　① $\pi\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$　② $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　③ $2\pi\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$

④ $\dfrac{1}{\pi}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　⑤ $\dfrac{1}{\pi}\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$　⑥ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　⑦ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$

（イ），（ウ） の解答群

⓪ $-kx+2F$　① $-kx+F$　② $-kx-2F$　③ $-kx-F$

④ $2F$　⑤ $F$　⑥ $-F$　⑦ $-2F$

（エ） の解答群

⓪ $\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　① $\pi\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$　② $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　③ $2\pi\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$

④ $\dfrac{1}{\pi}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　⑤ $\dfrac{1}{\pi}\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$　⑥ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　⑦ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$

（オ） の解答群

⓪ $\dfrac{kx}{2}$　① $-\dfrac{kx}{2}$　② $\dfrac{k(x-L)}{2}$　③ $-\dfrac{k(x-L)}{2}$

④ $kx$　⑤ $-kx$　⑥ $k(x-L)$　⑦ $-k(x-L)$

（カ） の解答群

⓪ $\frac{L}{2}$　　① $L$　　② $0$　　③ $-\frac{L}{2}$　　④ $-L$

（キ） の解答群

⓪ $\sqrt{\frac{k}{2m}}L$　① $\sqrt{\frac{k}{m}}L$　② $0$　③ $-\sqrt{\frac{k}{2m}}L$　④ $-\sqrt{\frac{k}{m}}L$

（ク） の解答群

⓪ $\frac{L}{2}$　　① $\frac{L}{\sqrt{2}}$　　② $L$　　③ $\sqrt{2}L$　　④ $0$

**(2)** 小物体Bが小物体Aから離れた後，小物体Bの速度は正なので，小物体Bは等速直線運動をした後に右方の壁に衝突して，運動の向きを変える。ただし，小物体Bがその壁に衝突した場合は弾性衝突をし，衝突の前後で小物体Bの運動エネルギーは変化しないものとする。次に，小物体Bは負の向きに等速直線運動をした後に，小物体Aと再び出会う。小物体Bが小物体Aと離れてから，再び両者が出会うまでの時間は，右方の壁の位置によって決まる。

以下では，小物体Bが小物体Aと離れてから両者が最初に出会うまでにかかる時間が，$\frac{1}{4}\times$ $\boxed{(ア)}$ [s] である場合を考える。この場合に，右方の壁の原点からの距離は，$\boxed{(ケ)}$ [m] であり，両者が出会う位置は $x =$ $\boxed{(コ)}$ [m] である。出会う直前の小物体A，Bの速度は，それぞれ $\boxed{(サ)}$ [m/s]，$\boxed{(シ)}$ [m/s] である。これらが出会って衝突すると，その直後の速度は，それぞれ $\boxed{(シ)}$ [m/s]，$\boxed{(サ)}$ [m/s] となる。ただし，両者の衝突は非常に短い時間で起こり，弾性衝突と考えられるものとする。その衝突の直後から，小物体Aは，原点を中心に周期 $\boxed{(ア)}$ [s] で単振動し，その振幅は $\boxed{(ス)}$ [m] である。

また，この衝突からその次に両者が出会うまでに，$\boxed{(セ)}$ [s] だけの時間を要する。その出会う位置は，$x =$ $\boxed{(コ)}$ [m] であり，出会う直前の小物体A，Bの速度は，それぞれ $\boxed{(ソ)}$ [m/s]，$\boxed{(タ)}$ [m/s] であるので，これらが衝突すると，その直後の速度は，それぞれ $\boxed{(タ)}$ [m/s]，$\boxed{(ソ)}$ [m/s] となる。

それから時間が $\frac{1}{4}\times$ $\boxed{(ア)}$ [s] だけ経過すると，両者はまた出会う。その位置は原点であり，そのときの小物体A，Bの速度は，ともに $\boxed{(チ)}$ [m/s] であるので，その後は両者は互いに接したまま運動する。両者の位置が次に $x =$ $\boxed{(カ)}$ [m] となるのは，時間がさらに $\boxed{(ツ)}$ [s] だけ経過したときである。この位置は，両者が最初に離れた位置と同じである。また，このときの両者の速度は $\boxed{(キ)}$ [m/s] で，やはり両者が最初に離れたときの速度と同じなので，その後は上記の運動が繰り返される。

**右のページは白紙です。**

（ケ） の解答群

⓪ $\dfrac{\pi}{2\sqrt{2}}L$　① $\dfrac{\pi}{\sqrt{2}}L$　② $\sqrt{2}\pi L$　③ $2\sqrt{2}\pi L$

④ $\dfrac{1+\pi}{2\sqrt{2}}L$　⑤ $\dfrac{1+\pi}{4\sqrt{2}}L$　⑥ $\dfrac{2+\pi}{2\sqrt{2}}L$　⑦ $\dfrac{2+\pi}{4\sqrt{2}}L$

（コ） の解答群

⓪ $\dfrac{L}{2}$　① $\dfrac{L}{\sqrt{2}}$　② $L$　③ $\sqrt{2}L$

④ $0$　⑤ $-\dfrac{L}{2}$　⑥ $-\dfrac{L}{\sqrt{2}}$　⑦ $-L$

（サ），（シ） の解答群

⓪ $\dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{k}{m}}L$　① $\sqrt{\dfrac{k}{2m}}L$　② $\sqrt{\dfrac{k}{m}}L$　③ $\sqrt{\dfrac{2k}{m}}L$

④ $0$　⑤ $-\dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{k}{m}}L$　⑥ $-\sqrt{\dfrac{k}{2m}}L$　⑦ $-\sqrt{\dfrac{k}{m}}L$

（ス） の解答群

⓪ $\dfrac{L}{2}$　① $\dfrac{L}{\sqrt{2}}$　② $L$　③ $\sqrt{2}L$　④ $2L$

（セ） の解答群

⓪ $\dfrac{\pi}{4}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　① $\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　② $\dfrac{3\pi}{4}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　③ $\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

④ $\dfrac{5\pi}{4}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　⑤ $\dfrac{3\pi}{2}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　⑥ $\dfrac{7\pi}{4}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　⑦ $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

（ソ），（タ），（チ） の解答群

⓪ $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}L$　① $\sqrt{\frac{k}{2m}}L$　② $\sqrt{\frac{k}{m}}L$　③ $\sqrt{\frac{2k}{m}}L$

④ $0$　⑤ $-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}L$　⑥ $-\sqrt{\frac{k}{2m}}L$　⑦ $-\sqrt{\frac{k}{m}}L$

（ツ） の解答群

⓪ $\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$　① $\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$　② $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$　③ $2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$

④ $\frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$　⑤ $\frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{2m}{k}}$　⑥ $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$　⑦ $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2m}{k}}$

**2** 次の問題の $\boxed{\phantom{xx}}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。) (30点)

電気抵抗を無視することができ，またその太さも無視できる導線を $N$ 回巻いた長さ $\ell$ [m] のじゅうぶんに長い（ソレノイド）コイル，抵抗 $R_1$ [Ω] の抵抗器1，電圧を変更できる直流電源を接続する。真空の透磁率を $\mu_0$ [N/A$^2$] とし，空気中の透磁率も真空中のものと同じ値であるとする。

**(1)** まず，断面が円形で断面積が $S$ [m$^2$] のコイルAを，**図 2-1** の ab 間に図のように接続する。このときコイルAの断面を貫く磁場は一様であり，Aの外部の磁場は無視できるものとする。直流電源の電圧を定電圧 $V$ [V] としてしばらく時間が経過したのちに，Aには一定の電流が流れ，その大きさは **(ア)** [A] である。回路に流れる電流は**図 2-1** の矢印の向きに流れるとすると，Aの断面を貫く磁場の強さは **(イ)** [A/m] であり，向きは **(ウ)** である。したがって，Aの断面を貫く磁束は **(エ)** [Wb] と求められる。

電源を操作して，電流を時間 $t$ [s] の関数として $I(t) = \alpha \times t$ （$\alpha$ [A/s] は比例定数）のように時間変化させたとする。このときAに発生する誘導起電力の大きさは **(オ)** [V] となる。したがって，Aの自己インダクタンスは **(カ)** [H] と表される。電流が一定値 **(ア)** [A] に達したときに電源を操作するのを止める。このときコイルに蓄えられているエネルギーは **(キ)** [J] である。

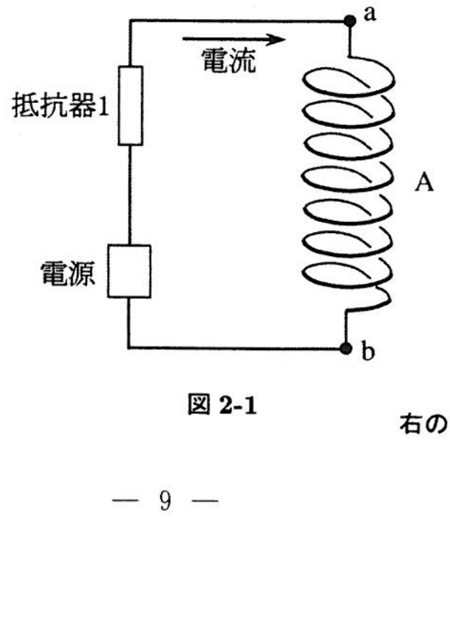



**図 2-1**

**右のページは白紙です。**

**(ア) の解答群**

⓪ $VR_1$　① $\dfrac{R_1}{V}$　② $\dfrac{V}{R_1}$　③ $VR_1^2$

**(イ) の解答群**

⓪ $NV$　① $\dfrac{V}{R_1}$　② $\dfrac{NV}{R_1}$　③ $\dfrac{N^2V}{R_1}$

④ $\dfrac{NV}{\ell R_1}$　⑤ $\dfrac{NV^2}{\ell R_1}$　⑥ $\dfrac{NR_1}{V}$　⑦ $\dfrac{NR_1}{\ell V}$

**(ウ) の解答群**

⓪ a→ b　① b→ a

**(エ) の解答群**

⓪ $NVS$　① $\mu_0 NVS$　② $\dfrac{\mu_0 NVS}{R_1}$　③ $\dfrac{\mu_0 NV^2S}{R_1}$

④ $\dfrac{\mu_0 NVS}{\ell R_1}$　⑤ $\dfrac{\mu_0 NV^2S}{\ell R_1}$　⑥ $\dfrac{\mu_0 NR_1S}{\ell V}$　⑦ $\dfrac{\mu_0 NR_1^2S}{\ell V}$

**(オ) の解答群**

⓪ $\dfrac{NS\alpha}{\ell}$　① $\dfrac{\mu_0 NS\alpha}{\ell}$　② $\dfrac{\mu_0 N^2\alpha}{\ell}$　③ $\dfrac{\mu_0 N^2S\alpha}{\ell}$

④ $\dfrac{\mu_0 NS\alpha}{\ell R_1}$　⑤ $\dfrac{\mu_0 N^2S\alpha}{\ell R_1}$　⑥ $\dfrac{N^2S\alpha^2}{\ell}$　⑦ $\dfrac{\mu_0 N^2S\alpha^2}{\ell}$

**(カ) の解答群**

⓪ $\dfrac{NS}{\ell}$　① $\dfrac{\mu_0 NS}{\ell}$　② $\dfrac{\mu_0 N^2}{\ell}$　③ $\dfrac{\mu_0 N^2S}{\ell}$

④ $\dfrac{\mu_0 NS}{\ell R_1}$　⑤ $\dfrac{\mu_0 N^2S}{\ell R_1}$　⑥ $\dfrac{N^2S\alpha}{\ell}$　⑦ $\dfrac{\mu_0 N^2S\alpha}{\ell}$

(キ) の解答群

⓪ $\dfrac{NSV^2}{2\ell R_1}$　① $\dfrac{\mu_0 NSV^2}{2\ell R_1}$　② $\dfrac{NSV^2}{2\ell R_1^2}$　③ $\dfrac{\mu_0 NSV^2}{2\ell R_1^2}$

④ $\dfrac{N^2SV^2}{2\ell R_1}$　⑤ $\dfrac{\mu_0 N^2SV^2}{2\ell R_1}$　⑥ $\dfrac{N^2SV^2}{2\ell R_1^2}$　⑦ $\dfrac{\mu_0 N^2SV^2}{2\ell R_1^2}$

**(2)**　次に，一辺が $d$ [m] の正方形の断面を持つ，長さ $\ell$ [m]，巻き数 $N$ のじゅうぶんに長い四角柱状のコイル B を用意し，**図 2-1** の回路のコイル A のかわりにこれを ab 間に取り付ける（**図 2-2**）。断面が円形のコイル A と同様に，B の場合もその断面を貫く磁場は一様であり，外部の磁場は無視できる。このとき，B の断面を貫く磁束はコイル A と同様なやり方で計算することができる。電源の電圧を一定値 $V$ [V] にしたとき，B の断面を貫く磁束は $\boxed{\text{（ク）}}$ [Wb] と求められる。

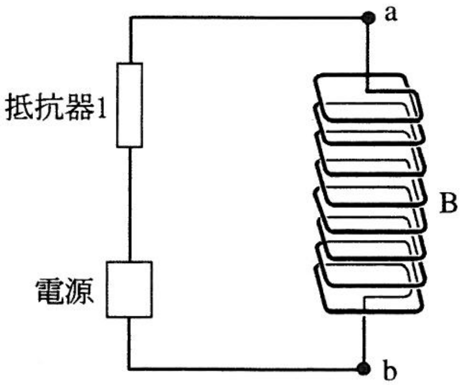



**図 2-2**

**(ク) の解答群**

⓪ $NVd^2$　① $\mu_0 NVd^2$　② $\dfrac{\mu_0 NVd^2}{R_1}$　③ $\dfrac{\mu_0 NV^2d^2}{R_1}$

④ $\dfrac{\mu_0 NVd^2}{\ell R_1}$　⑤ $\dfrac{\mu_0 NV^2d^2}{\ell R_1}$　⑥ $\dfrac{\mu_0 NR_1d^2}{\ell V}$　⑦ $\dfrac{\mu_0 NR_1^2d^2}{\ell V}$

**右のページは白紙です。**

(3)　一辺が $d$ [m] の正方形のコイル C をコイル B の内部に B,C が完全に重なるように挿入し，その両端に抵抗 $R_2$ [Ω] の抵抗器 2 をつなぐ（**図 2-3**）。コイル B と C の配線は互いに接触しないようにする。また，コイル C の自己誘導は無視できるものとする。

電源を操作して，コイル B がつながれた回路に**図 2-3** の矢印の向きに電流を流す。電流の大きさを時間 $t$ の関数として $I(t) = \alpha \times t$（$\alpha$ [A/s] は比例定数）のように時間変化させる。このとき，C には $\boxed{\text{(ケ)}}$ の向きに大きさ $\boxed{\text{(コ)}}$ [A] の電流が流れる。したがって，B と C の相互インダクタンスは $\boxed{\text{(サ)}}$ [H] と表される。

電源の電圧を定電圧 $V$ [V] にする。B の内部から，コイル C をその一辺に沿った向きに一定の速さ $v$ [m/s] で徐々に引き抜いていく。C を B の内部から引き抜き始めた時間をあらためて $t = 0$ s とする。この瞬間からじゅうぶん短い時間 $\Delta t$ [s] までの間の C を貫く磁束の変化量 $\Delta \Phi$ は $\boxed{\text{(シ)}}$ $\times \Delta t$ [Wb] と求められる。時刻 $t$ [s] を横軸，C に流れる電流を縦軸として描いたグラフとして最も適切なものは $\boxed{\text{(ス)}}$ である。ただし，電流は**図 2-3** の矢印 c の向きに流れる場合が正であるとする。

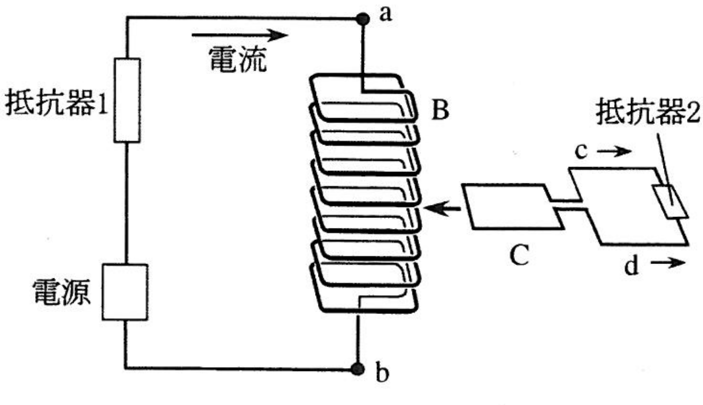



**図 2-3**

**右のページは白紙です。**

**(ケ) の解答群**

⓪ c　　① d

**(コ) の解答群**

⓪ $\dfrac{Nd^2\alpha}{\ell R_1}$　① $\dfrac{\mu_0 Nd^2\alpha}{\ell R_1}$　② $\dfrac{Nd^2\alpha}{\ell R_2}$　③ $\dfrac{\mu_0 d^2\alpha}{\ell R_2}$

④ $\dfrac{\mu_0 Nd^2\alpha}{\ell R_2}$　⑤ $\dfrac{\mu_0 Nd^2\alpha^2}{\ell R_2}$　⑥ $\dfrac{\mu_0 Nd^2\alpha}{\ell R_1 R_2}$　⑦ $\dfrac{\mu_0 Nd^2\alpha^2}{\ell R_2^2}$

**(サ) の解答群**

⓪ $\dfrac{Nd^2}{\ell}$　① $\dfrac{\mu_0 N}{\ell}$　② $\dfrac{\mu_0 Nd^2}{\ell}$　③ $\dfrac{Nd^2}{\ell R_1}$

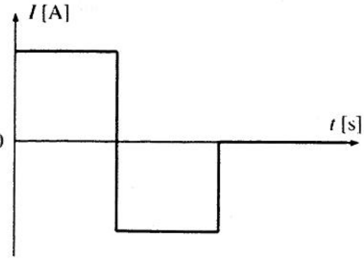
④ $\dfrac{\mu_0 Nd^2}{\ell R_1}$　⑤ $\dfrac{Nd^2}{\ell R_2}$　⑥ $\dfrac{\mu_0 Nd^2}{\ell R_2}$　⑦ $\dfrac{\mu_0 Nd^2}{\ell R_1 R_2}$

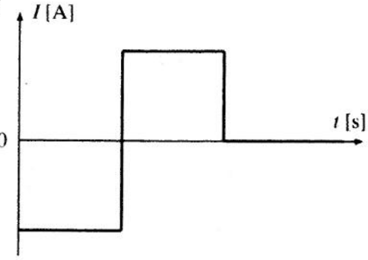
**(シ) の解答群**

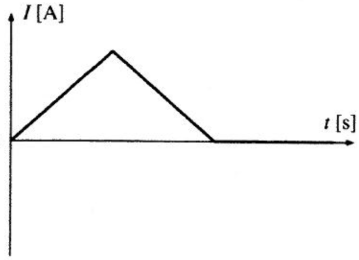
⓪ $\dfrac{\mu_0 NVvd}{\ell R_1}$　① $-\dfrac{\mu_0 NVvd}{\ell R_1}$　② $\dfrac{\mu_0 NVd^2}{\ell R_1}$　③ $-\dfrac{\mu_0 NVd^2}{\ell R_1}$

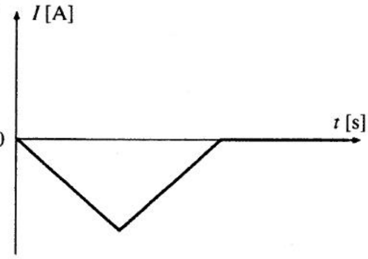
④ $\dfrac{\mu_0 NVvd}{\ell R_2}$　⑤ $-\dfrac{\mu_0 NVvd}{\ell R_2}$　⑥ $\dfrac{\mu_0 NVvd^2}{\ell R_2}$　⑦ $-\dfrac{\mu_0 NVvd^2}{\ell R_2}$

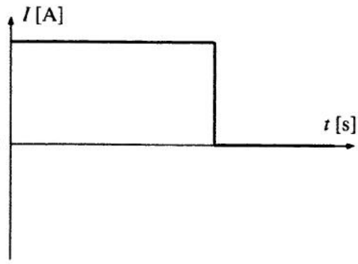
**(ス) の解答群**

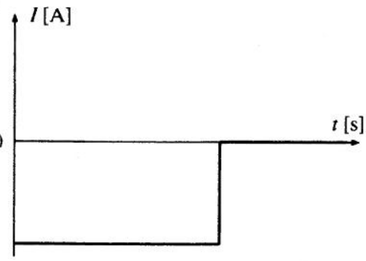
⓪


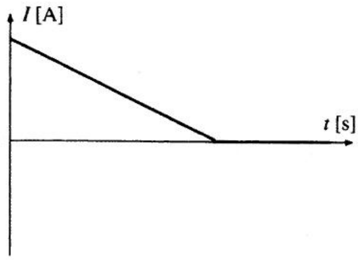

①


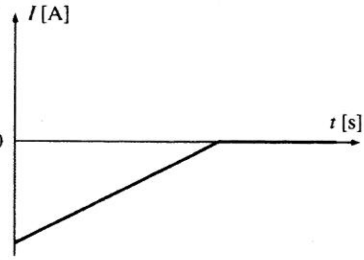

②



③



④



⑤



⑥



⑦


**3** 次の問題の $\boxed{\phantom{xx}}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。)　(25 点)

**図 3-1** のように，鉛直方向に立てて置かれた断面積 $S$ [m$^2$] のシリンダーがあり，その内部は，鉛直方向にのみ動くことのできるピストンで A, B の 2 室に仕切られている。A 室には圧力調整弁がついており，気体を出し入れすることによって A 室の圧力の調整ができる。B 室の中には物質量が 1 mol の理想気体が入っており，その理想気体に熱を与えたり奪ったりすることができるように，体積の無視できる熱交換器が取り付けられている。なお，ピストンはなめらかに動き，ピストンの厚さは無視できる。また，シリンダー，ピストンは断熱性のよい材質でできている。以下では，気体定数は $R$ [J/(mol·K)]，重力加速度の大きさを $g$ [m/s$^2$] とする。

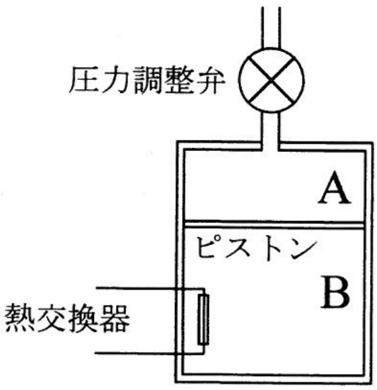



**図 3-1**

最初の状態（状態 a）において，B 室内の理想気体の圧力が $P$ [Pa]，温度が $T$ [K] であるとき，A 室の圧力が $\frac{2P}{3}$ [Pa] だった。したがって，ピストンの質量は $\boxed{\text{(ア)}}$ [kg] である。この状態 a に対して，以下のプロセス１～３を順に行う。（これらのプロセスを実行する際に，必要に応じて，A 室の圧力の調節を行ったり，熱交換器を使用したりする。）

**【プロセス１】**　B 室の体積を一定に保ちながら，B 室内の理想気体の圧力を $3P$ [Pa] に増やした。（プロセス１完了後の状態を状態 b と呼ぶ。）

**【プロセス２】**　状態 b に対して，B 室内の理想気体の温度を一定に保ちながら，B 室の圧力を $P$ [Pa] に変化させた。（プロセス２完了後の状態を状態 c と呼ぶ。）

**【プロセス３】**　状態 c に対して，B 室内の理想気体の圧力を一定に保ちながら，状態 a に戻した。

プロセス１で B 室内の理想気体が吸収した熱量を $Q_{\mathrm{ab}}$ [J] とすると，$Q_{\mathrm{ab}}$ の符号については $\boxed{\text{(イ)}}$ が成り立つ。プロセス２で理想気体が吸収した熱量を $Q_{\mathrm{bc}}$ [J] とすると，$Q_{\mathrm{bc}}$ の符号については $\boxed{\text{(ウ)}}$ が成り立つ。プロセス２にともなうピストンの位置エネルギーの増加を $\Delta E$ [J] とすると，$\Delta E = \boxed{\text{(エ)}}$ [J] であり，その際の理想気体の内部エネルギーの増加は，$\boxed{\text{(オ)}}$ [J] である。プロセス２の間に，理想気体がした仕事を $W$ [J] とすると，$\Delta E$ と $W$ の間に $\boxed{\text{(カ)}}$ の関係が成り立つ。また，状態 c での理想気体の体積は $\boxed{\text{(キ)}}$ [m$^3$] である。プロセス３で理想気体が吸収した熱量を $Q_{\mathrm{ca}}$ [J] とすると，$Q_{\mathrm{ca}}$ の符号については，$\boxed{\text{(ク)}}$ が成り立つ。また，$Q_{\mathrm{ab}} + Q_{\mathrm{ca}} = \boxed{\text{(ケ)}}$ [J] が成り立つ。

上記のプロセス１～３を順に行うことは，ひとつのサイクルを運転したと考えることができる。このサイクルでの熱効率を $Q_{\mathrm{ab}}, Q_{\mathrm{bc}}, Q_{\mathrm{ca}}$ を用いて表すと $\boxed{\text{(コ)}}$ となる。

（ア） の解答群

⓪ $\frac{PS}{3g}$　① $\frac{PS}{2g}$　② $\frac{2PS}{3g}$　③ $\frac{PS}{g}$　④ $\frac{3PS}{2g}$

（イ） の解答群

⓪ $Q_{\mathrm{ab}} > 0$　① $Q_{\mathrm{ab}} = 0$　② $Q_{\mathrm{ab}} < 0$

（ウ） の解答群

⓪ $Q_{\mathrm{bc}} > 0$　① $Q_{\mathrm{bc}} = 0$　② $Q_{\mathrm{bc}} < 0$

（エ），（オ） の解答群

⓪ $\frac{RT}{3}$　① $\frac{RT}{2}$　② $\frac{2RT}{3}$　③ $RT$　④ $\frac{3RT}{2}$

⑤ $0$　⑥ $-\frac{RT}{3}$　⑦ $-\frac{RT}{2}$　⑧ $-\frac{2RT}{3}$　⑨ $-RT$

（カ） の解答群

⓪ $\Delta E > W$　① $\Delta E = W$　② $\Delta E < W$

（キ） の解答群

⓪ $\frac{3RT}{P}$　① $\frac{3RT}{2P}$　② $\frac{RT}{P}$　③ $\frac{2RT}{3P}$　④ $\frac{RT}{3P}$

（ク） の解答群

⓪ $Q_{\mathrm{ca}} > 0$　① $Q_{\mathrm{ca}} = 0$　② $Q_{\mathrm{ca}} < 0$

（ケ） の解答群

⓪ $0$　① $\dfrac{RT}{2}$　② $RT$　③ $\dfrac{3RT}{2}$　④ $2RT$

⑤ $\dfrac{5RT}{2}$　⑥ $-\dfrac{RT}{2}$　⑦ $-RT$　⑧ $-\dfrac{3RT}{2}$　⑨ $-2RT$

（コ） の解答群

⓪ $\dfrac{Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{bc}}+Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{bc}}}$　① $\dfrac{Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{bc}}-Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{bc}}}$　② $\dfrac{Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{bc}}+Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{ca}}}$

③ $\dfrac{Q_{\mathrm{ab}}-Q_{\mathrm{bc}}+Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{ca}}}$　④ $\dfrac{Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{bc}}+Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{bc}}+Q_{\mathrm{ca}}}$　⑤ $\dfrac{-Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{bc}}+Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{bc}}+Q_{\mathrm{ca}}}$

⑥ $\dfrac{Q_{\mathrm{ab}}-Q_{\mathrm{bc}}-Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{ab}}}$　⑦ $\dfrac{-Q_{\mathrm{ab}}+Q_{\mathrm{bc}}-Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{bc}}}$　⑧ $\dfrac{-Q_{\mathrm{ab}}-Q_{\mathrm{bc}}+Q_{\mathrm{ca}}}{Q_{\mathrm{ca}}}$

⑨ $0$