

物 理・化 学  
問 題

2022年度

〈R04160017〉

## 注 意 事 項

1. この問題冊子には、物理および化学の問題が印刷されています。  
受験票に記載されている理科解答パターンの問題のみを解答してください。

解答 パターン	物 理	化 学	生 物 (別冊配付)
A	○	○	×
B	○	×	○
C	×	○	○

2. この試験では、解答パターンがAの受験生には、この問題冊子、記述解答用紙およびマーク解答用紙を配付します。解答パターンがBおよびCの受験生には、これらに加え「生物」の問題冊子および記述解答用紙（生物その1、生物その2）を配付します。
3. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないでください。
4. 物理の問題は2～10ページ、化学の問題は14～23ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせてください。
5. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入してください。
6. マーク解答用紙記入上の注意
- (1) 印刷されている受験番号が、自分の受験番号と一致していることを確認したうえで、氏名欄に氏名を記入してください。
  - (2) マーク欄にははっきりとマークしてください。また、訂正する場合は、消しゴムで丁寧に、消し残しがないようによく消してください。

マークする時	● 良	○ 悪	○ 悪
マークを消す時	○ 良	○ 悪	○ 悪

7. 記述解答用紙記入上の注意
- (1) 記述解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入してください。
  - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
  - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入してください。

数字見本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないでください。

	万	千	百	十	一
(例) 3825番⇒		3	8	2	5

8. 解答はすべて所定の解答欄に記入してください。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
9. 文字や数字は明瞭、かつ丁寧に記入してください。判別できない場合や読めない場合は、採点の対象外となる場合があります。
10. 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
11. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにしてください。
12. 問題冊子は持ち帰ってください。
13. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出してください。

# 物理 (マーク解答問題)

[I] 以下の空欄にあてはまるものを各解答群から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークせよ。

図1のように、 $z$ 軸の正の向きに一様であるが時間とともに変化する磁場をかける。この中に、長さ $L$ で絶縁体の細い糸の一方の端を磁場中のある点 $O$ に固定し、もう一方の端に質量 $M$ 、正の電荷 $+q$ を持つ粒子をつなぐ。時刻 $t < 0$ のある時刻に、糸が磁場と垂直に張った状態で、粒子を磁場と糸に垂直な方向に初速 $v$ で打ち出した。粒子は磁場と垂直な平面上を、 $z$ 軸の正の方から見て時計まわりに半径 $L$ で円運動した。粒子の円に沿った運動については、粒子の運動の向きを正の向きとする。円周率を $\pi$ とし、粒子にはたらく重力は無視してよい。

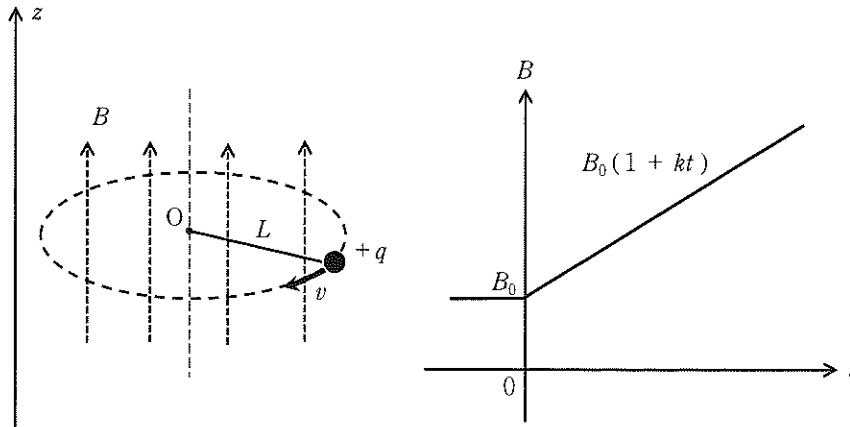


図1

問1 時刻 $t < 0$ では一様磁場の磁束密度は一定値 $B_0$ であった。このとき、糸がたるまずに等速円運動することのできる粒子の速さの最小値を $v_0$ 、角速度を $\omega_0$ とすると、 $v_0$ は (1) と表される。たとえば、 $B_0 = 1.0\text{T}$ として、回転している粒子が陽子と同じ質量 $M = 1.7 \times 10^{-27}\text{kg}$ と電荷 $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ を持つ場合、角速度 $\omega_0$ は (2) rad/sとなる。ただし、粒子の速さは光速よりも十分に小さいものとする。時刻 $t < 0$ で粒子に初速 $v = 3v_0$ を与え、 $t > 0$ では磁束密度を $B = B_0(1 + kt)$  ( $k$ は正の定数)でゆっくり変化させると、半径 $L$ の円周軌道に沿って誘導起電力が発生する。この誘導起電力による、粒子の軌道に沿った方向の電場 $E$ の大きさは (3) となる。この電場により、時刻 $t$ のときの粒子の円運動の速さ $v$ も $v = 3v_0 + at$  ( $a$ は加速度)のように変化する。粒子が受ける、軌道に沿った方向の力を $F$ とすると $F = Ma$ がなりたつので、 $a =$  (4) と表される。

(1)の解答群

- |                       |                      |                      |                              |
|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| a. $\frac{qLB_0}{2M}$ | b. $\frac{qLB_0}{M}$ | c. $\frac{qB_0}{M}$  | d. $\sqrt{\frac{qLB_0}{M}}$  |
| e. $\sqrt{qB_0}$      | f. $\frac{M}{qLB_0}$ | g. $\frac{M}{2qB_0}$ | h. $\sqrt{\frac{qLB_0}{2M}}$ |

(2)の解答群

- |                      |                      |                         |                      |
|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| a. $9.4 \times 10^6$ | b. $1.5 \times 10^7$ | c. $1.1 \times 10^{-8}$ | d. $1.5 \times 10^8$ |
| e. $9.4 \times 10^7$ | f. $5.9 \times 10^6$ | g. $1.1 \times 10^{-7}$ | h. $5.9 \times 10^8$ |

(3)の解答群

- a.  $\frac{1}{2} Lk B_0$       b.  $\pi L^2 k B_0$       c.  $\frac{1}{2} L(1+kt) B_0$       d.  $Lk B_0$   
e.  $\pi L^2(1+kt) B_0$       f.  $Lk^2 B_0$       g.  $2Lk^2 B_0$       h.  $2\pi Lk^2 B_0$

(4)の解答群

- a.  $\frac{q}{M}$       b.  $\frac{q}{M} v_0$       c.  $\frac{k}{2L}$       d.  $\frac{k}{2L} v_0$   
e.  $\frac{k}{2}$       f.  $\frac{k}{2} v_0$       g.  $k$       h.  $\pi k L v_0$

問2 問1のように初速  $3v_0$  で粒子を打ち出した場合、磁束密度が変化する  $t > 0$  では粒子の速さが変化するため、糸の張力  $T$  も  $T = \boxed{(5)}$  と時間変化する。その結果、時刻  $t = \boxed{(6)}$  で、初めて糸がたるむことになる。

(5)の解答群

- a.  $qB_0 v_0 kt$       b.  $qB_0 v_0 (6 + \frac{5}{2} kt + \frac{1}{4} k^2 t^2)$       c.  $qB_0 v_0 (\frac{1}{2} kt - \frac{1}{4} k^2 t^2)$   
d.  $qB_0 v_0 (6 - \frac{1}{2} kt - \frac{1}{4} k^2 t^2)$       e.  $qB_0 v_0 (3 - \frac{1}{2} kt)$       f.  $qB_0 v_0 (3 + \frac{1}{2} kt)$   
g.  $qB_0 v_0 (1 - \frac{1}{2} kt)$       h.  $qB_0 v_0 (12 + \frac{13}{2} kt + \frac{3}{4} k^2 t^2)$

(6)の解答群

- a.  $\frac{6}{k}$       b.  $\frac{2}{3k}$       c.  $\frac{3}{4k}$       d.  $-\frac{6}{k}$   
e.  $\frac{1}{k}$       f.  $\frac{2}{k}$       g.  $\frac{3}{k}$       h.  $\frac{4}{k}$

図2のように、 $z$  軸の正の向きに、磁束密度の大きさが  $B_0$  で、一様かつ時間的に変化しない（定常な）磁場をかける。この磁場中に、 $z$  軸と垂直に半径  $L$  の円形導線と、長さ  $L$  の導体棒を置く。導体棒の一方の端は常に円形導線の中心  $O$  にあり、もう一方の端は円形導線に接して滑らかに回転することができる。導体棒の点  $O$  の側と円形導線の点  $P$  を抵抗  $R$  でつなぎ、点  $O$  の側を接地した。導体棒を、点  $O$  を通り磁場と平行な回転軸のまわりに一定の角速度  $\omega$  で回転させ続けると、抵抗  $R$  には電流が流れた。導体棒の回転は、 $z$  軸正の方から見て反時計まわりとする。なお、ここでは角速度  $\omega$  が十分小さいため遠心力は無視できる。

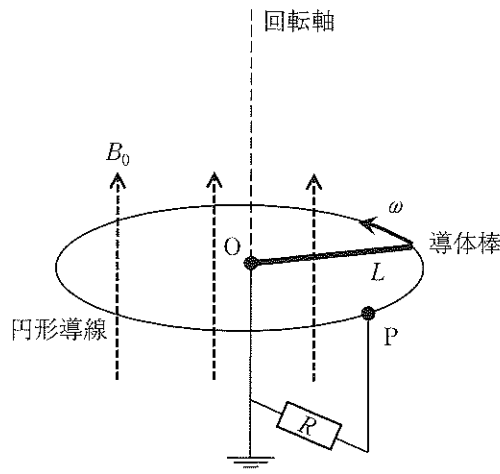


図2

問3 導体棒中で、中心  $O$  から距離  $r$  の位置にある電子を考えよう。電子のもつ電荷を  $-e$ 、質量を  $m$  とする。電子には磁場によるローレンツ力がはたらく。このとき、棒の両端の間で生じる起電力の大きさ  $V$  を、 $1\text{ C}$  の電荷を中心  $O$  から導体棒のもう一方の端まで運ぶ仕事から求めることができ、 $V = \boxed{(7)}$  となる。たとえば、磁束密度  $B_0 = 1.0\text{ T}$ 、 $m = 9.1 \times 10^{-31}\text{ kg}$ 、角速度  $\omega = 1.0 \times 10^2\text{ rad/s}$ 、 $L = 0.10\text{ m}$  とすると、 $P$  点における電位は接地した部分を基準として  $\boxed{(8)}$   $\text{V}$  となる。導体棒を角速度  $\omega$  で1回転させるのに必要なエネルギーは、その時間に抵抗  $R$  で発生するジュール熱と等しく、 $\boxed{(9)}$  と表される。

(7)の解答群

- |                             |                               |                               |                     |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| a. $L^2\omega B_0$          | b. $\frac{1}{4}L^2\omega B_0$ | c. $\frac{1}{2}L^2\omega B_0$ | d. $L\omega B_0$    |
| e. $\frac{1}{2}L\omega B_0$ | f. $\frac{1}{4}L\omega B_0$   | g. $2L\omega B_0$             | h. $2L^2\omega B_0$ |

(8)の解答群

- |         |          |        |         |
|---------|----------|--------|---------|
| a. 0.25 | b. -0.25 | c. 1.0 | d. -1.0 |
| e. 2.0  | f. -2.0  | g. 0.5 | h. -0.5 |

(9)の解答群

- |                                     |                                     |                               |                                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| a. $\frac{\omega B_0}{R}$           | b. $\frac{\omega B_0}{4R}$          | c. $\frac{B_0^2 L^4}{R}$      | d. $\frac{B_0^2 L^4}{4R}$       |
| e. $\frac{\pi\omega B_0^2 L^4}{2R}$ | f. $\frac{\pi\omega B_0^2 L^2}{2R}$ | g. $\frac{\pi B_0^2 L^4}{2R}$ | h. $\frac{\omega B_0^2 L^4}{R}$ |

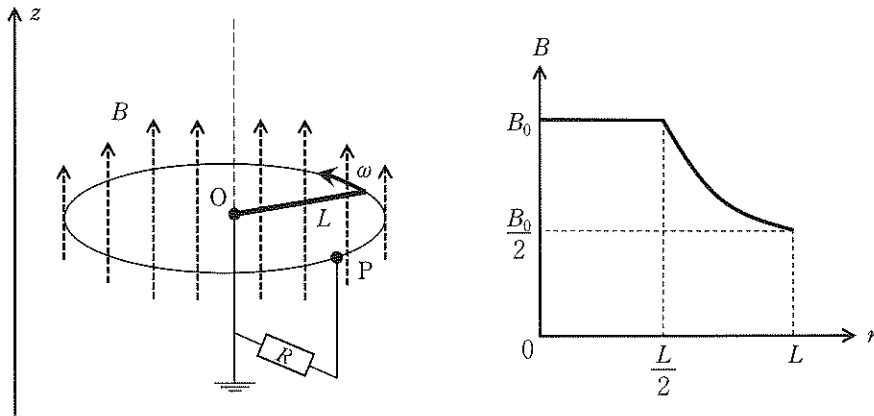


図 3

問 4 図 2 と同じ円形導線と導体棒を用意し、導体棒を一定の角速度  $\omega$  で回転させ続ける。ここで、図 3 のように、 $z$  軸の正の向きにかけられた磁場の磁束密度の大きさが、定常であるが中心  $O$  からの距離  $r$  に対して

$$\begin{cases} B = B_0 & (0 \leq r < \frac{L}{2}) \\ B = B_0 \frac{L}{2r} & (\frac{L}{2} \leq r \leq L) \end{cases}$$

と変化する場合を考える。問 3 と同様に、導体棒の両端間に生じる起電力の大きさ  $V$  は、 $1\text{C}$  の電荷を中心  $O$  から導体棒のもう一方の端まで運ぶ仕事から求めることができ、 $V = \text{□(10)}$  となる。これは、回路を貫く磁束の変化によるものとも考えることもできる。つまり、微小な時間  $\Delta t$  に導体棒が横切る領域内の磁束の大きさは、 $\Delta\Phi = \text{□(11)}$  となる。このうち、中心  $O$  から導体棒の中心 ( $r = \frac{L}{2}$ ) までで生じる磁束の変化の大きさ  $\Delta\Phi_1$  は  $\text{□(12)}$  で表される。導体棒の中心 ( $r = \frac{L}{2}$ ) から導体棒の端 ( $r = L$ ) で生じる磁束の変化の大きさ  $\Delta\Phi_2$  は両者の差分であり、 $\text{□(13)}$  と表される。これは、図 3 において、導体棒の中心 ( $r = \frac{L}{2}$ ) から端 ( $r = L$ ) までが、 $\Delta t$  に横切る領域内の磁束の大きさに相当する。

(10)の解答群

- |                             |                               |                               |                     |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| a. $L^2\omega B_0$          | b. $\frac{3}{4}L^2\omega B_0$ | c. $\frac{3}{8}L^2\omega B_0$ | d. $L\omega B_0$    |
| e. $\frac{1}{2}L\omega B_0$ | f. $\frac{3}{8}L\omega B_0$   | g. $\frac{3}{4}L\omega B_0$   | h. $2L^2\omega B_0$ |

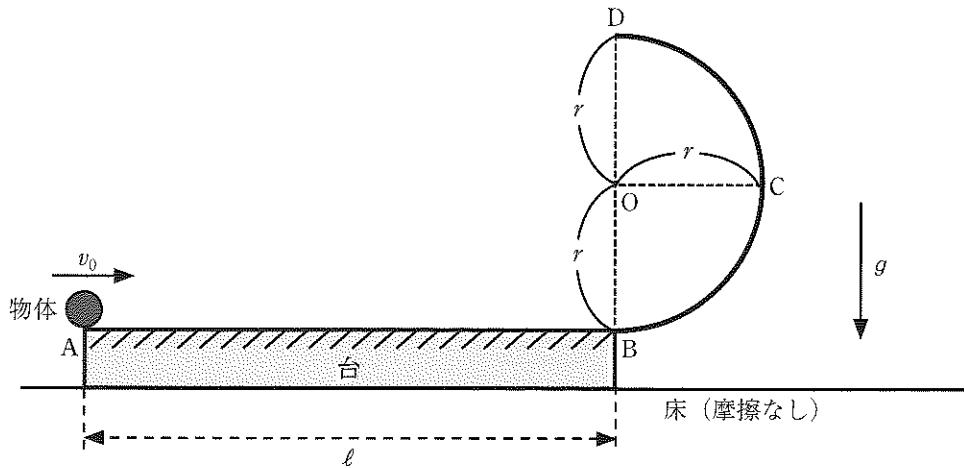
(11), (12), (13)の解答群

- |                                       |                                       |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| a. $\frac{1}{4}L^2\omega B_0\Delta t$ | b. $\frac{1}{2}L\omega^2 B_0\Delta t$ | c. $\frac{3}{8}L^2\omega B_0\Delta t$ | d. $\frac{3}{4}L^2\omega B_0\Delta t$ |
| e. $\frac{1}{8}L^2\omega B_0\Delta t$ | f. $\frac{5}{8}L^2\omega B_0\Delta t$ | g. $\frac{1}{2}L^2\omega B_0\Delta t$ | h. $L^2\omega B_0\Delta t$            |
| i. $L\omega^2 B_0\Delta t$            | j. $\frac{1}{4}L\omega^2 B_0\Delta t$ | k. $\frac{1}{8}L\omega^2 B_0\Delta t$ | l. $\frac{3}{8}L\omega^2 B_0\Delta t$ |
| m. $\frac{3}{4}L\omega^2 B_0\Delta t$ | n. $\frac{5}{8}L\omega^2 B_0\Delta t$ |                                       |                                       |

## 物理（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 以下の問の答を解答用紙の該当欄に記入せよ。

図のように、水平で滑らかな十分広い床の上に台が静止している。台の左端の点Aと右端の点Bの間の距離は $\ell$ である。点Bには半径 $r$ の半円型のレールが接続されており、点Bでのレールの接線方向は水平方向である。円の中心Oは点Bから鉛直上向きに高さ $r$ の位置にある。点Oから水平右向きに $r$ 離れたレールの最右端の点をC、点Oから鉛直上向きに $r$ 離れたレールの最上端の点をDとする。台は床の上を、摩擦を受けることなく水平方向に運動するものとする。このレールを含めた台の質量を $5m$ とし、レール部分の質量は無視できるとする。台の上面の左端の点Aに質量 $m$ で大きさの無視できる物体を置き、右向きを正の向きとして床に対する初速度 $v_0$  ( $> 0$ )を物体に与えたところ、物体と台は運動を始めた。物体が長さ $\ell$ の台の水平部分を運動するとき、物体と台の間には一定の大きさの動摩擦力がはたらく。物体が半円型のレール上を運動するときは、物体とレールの間の摩擦力は無視できるものとする。物体および台には空気抵抗力ははたらかず、重力加速度の大きさを $g$ とする。以下の設問で、物体または台の水平方向の加速度、速度、変位について問われているときには、他の指示がない限り、床を基準としたそれらの量を右向きを正として答えよ。答えに数値が含まれる場合には、2.4のような小数ではなく、 $\frac{12}{5}$ のような約分した分数で答えよ。なお、台は一様な密度を持ち、台の鉛直方向の厚みは $\ell$ と比べて十分小さい。また、物体がレール上を運動中に、台が床から浮かび上がることはなかった。



図

物体は点Aから動き出した後、台の上面を運動して点Bに達した。物体が点Bを通過した瞬間の、物体の床に対する速度は $\frac{v_0}{2}$ であった。

問1 物体が台の上面を点Aから点Bまで運動する際の物体の床に対する加速度を $a$ としたとき、台の加速度を $a$ を用いて表せ。さらに、台の加速度の向きを答えよ。

問2 物体が台上の点Bを通過する瞬間の台の速度を、 $v_0$ を用いて表せ。

問3 物体が台の水平面上を運動するときに、物体と台の間にはたらく摩擦力の動摩擦係数を、 $v_0$ 、 $\ell$ 、 $g$ を用いて答えよ。

問4 物体が点Aから点Bまで移動する間の台の変位を、 $\ell$ を用いて表せ。

問5 物体が点Bを通過した直後に物体が台から受ける垂直抗力の大きさを、 $m$ 、 $g$ 、 $v_0$ 、 $r$ を用いて表せ。この瞬間の物体の床に対する速度は $\frac{v_0}{2}$ であり、物体は台に対して相対的に円運動を開始しているとする。

その後、物体は台に取り付けられた摩擦のないレール面に沿って運動し、点Cを鉛直上向きに速度成分を持ちながら通過した。

問6 物体が点Cを通過する瞬間の台の速度を、 $v_0$ を用いて答えよ。

問7 物体が点Cを通過する瞬間に物体がレール面から受ける垂直抗力の大きさを、 $m$ 、 $g$ 、 $v_0$ 、 $r$ を用いて表せ。

物体はその後、レール面から離れることなく点Dまで運動し、点Dに達した瞬間にレール面から受ける垂直抗力の大きさが0となった。

問8 物体が点Dから離れる瞬間の、台に対する物体の相対速度（右向きを正とする）を、 $g$ と $r$ を用いて表せ。

問9  $v_0$ を、 $g$ と $r$ を用いて表せ。

問10 物体は点Dから離れた後は放物運動を行い、しばらくして台上の点Aから水平右向きに距離 $\frac{9}{10}l$ 離れた点に落下した。このことから、最初に物体が台の水平面上を点Aから点Bまで移動していたときに物体と台の間にはたらく摩擦力の動摩擦係数を、数値のみで表せ。

## 物理（記述解答問題）

〔Ⅲ〕 以下の問の答を解答用紙の該当欄に記入せよ。

図1のような断熱材でできたシリンダー容器に1 molの理想気体が入っており、壁（断熱壁）でふさがれている。この気体分子1個の質量を  $m$  とする。壁の断面積を  $S$  とし、壁の位置（シリンダー容器の内側の長さ）は  $L$  で固定されている。アボガドロ定数を  $N$ 、気体定数を  $R$  とする。以下の問に答えよ。

問1 単原子分子からなる理想気体を考える。まず、気体分子1個の運動に着目しよう。分子どうしの衝突は考えず、分子とシリンダー容器および壁との衝突は弾性衝突であるものとする。図1のように壁に垂直な方向に  $x$  軸の正の向きを設定し、着目している分子が壁に弾性衝突する直前、分子の速度の  $x$  成分が  $u_x (> 0)$  であったとする。この気体分子が壁に1回弾性衝突することによる運動量変化の大きさを  $m, u_x$  のみを用いて表せ。さらに、この気体分子が繰り返し壁に弾性衝突することで単位時間にこの気体分子が壁に与える力積の大きさを  $m, u_x, L$  のみを用いて表せ。

シリンダー容器内の各気体分子の速度にはばらつきがあり、速度の向きは特定の方向にかたよることなく等方的であると考えよう。この場合、各分子の  $u_x^2$  を全ての分子についての平均値  $\overline{u_x^2}$  に置き換えることができる。 $y$  成分、 $z$  成分も同様に平均値  $\overline{u_y^2}, \overline{u_z^2}$  に置き換えることができ、以下では、 $v^2 = \overline{u_x^2} + \overline{u_y^2} + \overline{u_z^2}$  で与えられる  $v$  を気体分子の平均の速さと呼ぶことにする。

問2 理想気体の圧力は気体分子が壁に与える力積の平均に比例すると考えられる。単原子分子理想気体の圧力を  $L, m, v, S, N$  のみを用いて表せ。また、理想気体の温度を  $m, v, R, N$  のみを用いて表せ。

問3 理想気体の内部エネルギーは気体分子の力学的エネルギーの平均に比例すると考えられる。単原子分子理想気体の内部エネルギーを  $m, v, N$  のみを用いて表せ。また、定積モル比熱を  $R$  のみを用いて表せ。

問4 理想気体分子が多原子分子の場合、分子の重心の並進運動に加えて、分子の回転運動によるエネルギーが存在するために、単原子分子の場合とは異なる力学的エネルギーを持つ。いま、1個あたりの気体分子が持つ回転運動の平均エネルギーが温度に比例するとして、その比例係数が  $\frac{R}{N}$  であったとしよう。この気体分子の定積モル比熱を  $R$  のみを用いて表せ。なお、重心の並進運動の平均エネルギーは単原子分子の場合と同様とする。

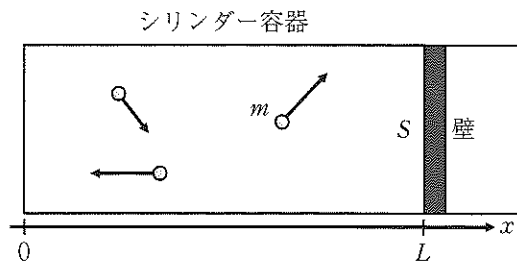


図1



問5 図2のように断熱材でできた長さ $L$ のシリンダー容器を2つ用意した。左側の容器には質量 $m$ で平均の速さ $v$ の単原子分子理想気体が、右側の容器には質量 $m$ で平均の速さ $V$ の問4で考えた多原子分子理想気体が、それぞれ1 mol ずつ入っているとす。いま、この2つのシリンダー容器を仕切りで隔てて連結した。仕切りの断面積は $S$ とする。この仕切りは固定されており、気体分子は通らないが、仕切りを通して左右の理想気体の間で熱によるエネルギーのやりとりが可能であるとする。充分時間がたつと、2つの容器内の温度が等しくなった。内部エネルギーの変化に着目して、この等しくなったときの温度を $m, v, V, N, R$ のみを用いて表せ。なお、仕切りの熱容量は無視できるものとする。

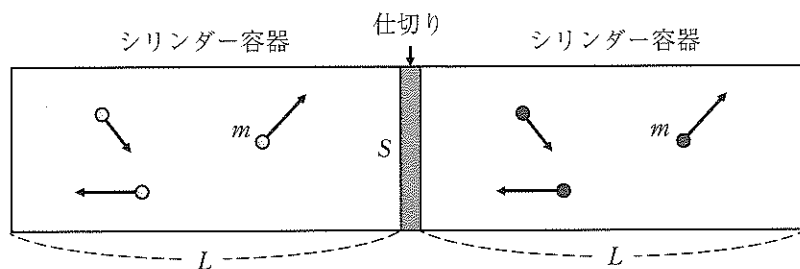


図2

問6以降の問題は次のページに記載されている。

次に、図3のように問1で考えた壁が固定されておらず可動な場合を考える。シリンダー容器には質量  $m$  で平均の速さ  $v$  の単原子分子理想気体が1 mol 入っているとす。また、シリンダー容器内の温度を熱により制御できる熱交換器が追加されている。以下では、 $y$  と  $c$  が実数で、 $|y| \ll 1$  の時に成り立つ近似式  $(1+y)^c \approx 1+cy$  を用いて答えよ。

問6 熱交換器による温度制御は行わず、壁の位置を  $L$  から  $L+d$  へ一定の速度  $w (> 0)$  で移動させた。ただし、 $d \ll L$  とする。まず、問1と同様、気体分子1個の運動に着目しよう。分子どうしの衝突は考えず、分子とシリンダー容器および壁との衝突は弾性衝突であるとする。着目している分子が壁に弾性衝突する直前、分子の速度の  $x$  成分が  $u_x (> 0)$  であったとする。いま  $u_x \gg w$  であるとして、この気体分子が壁に1回弾性衝突することによる運動エネルギーの変化を  $m, u_x, w$  のみを用いて  $w$  の1次式で近似して答えよ。さらに、壁の位置が  $L$  から  $L+d$  へ移動したときの気体分子1個あたりの運動エネルギー変化を  $m, u_x, d, L$  のみを用いて  $d$  の1次式で近似して答えよ。なお、壁が移動している間に気体分子は壁に繰り返し弾性衝突をするものとし、その衝突回数を計算する際には、 $d \ll L$  であるため、壁の位置は  $L$  と近似してよいものとする。

問2と同様に、シリンダー容器内の各気体分子の速度にはばらつきがあり、速度の向きは特定の方向にかたよることなく等方的であると考えよう。

問7 問6の結果を考慮して、壁の位置が  $L$  から  $L+d$  へ移動したときの内部エネルギー変化を  $L, m, v, d, N$  のみを用いて  $d$  の1次式で近似して答えよ。なお、この変化は断熱変化に相当する。

問8 問7のように壁の位置を  $L$  から  $L+d$  へ移動させた後に壁を固定して、熱交換器を通して熱を気体に加えて定積変化で気体の温度を問6で壁を移動させる前の温度にもどした。この定積変化において熱交換器を通して気体に加えられた熱量を  $L, m, v, d, N$  のみを用いて  $d$  の1次式で近似して答えよ。

問9 問8における定積変化前後の圧力差と問6の断熱変化前の圧力との比を、 $L, d$  のみを用いて  $d$  の1次式で近似して答えよ。

問10 問8における定積変化の後、等温変化になるように熱交換器による温度制御を行い、壁の位置を  $L+d$  から  $L$  にもどしたところ、問6で壁を移動させる前の圧力にもどした。これら一連の状態変化(断熱変化→定積変化→等温変化)はサイクルとして捉えることができる。このサイクルの概形をサイクルの向きが分かるように矢印をつけて解答用紙のグラフに描け。なお、解答用紙のグラフには問6で断熱変化を行う前の状態が黒点(●)で示されているので、この黒点から始めてサイクルを描け。さらに、問9の結果を考慮して、このサイクルで気体が行った仕事を  $L, m, v, d, N$  のみを用いて  $d$  の2次式で表せ。

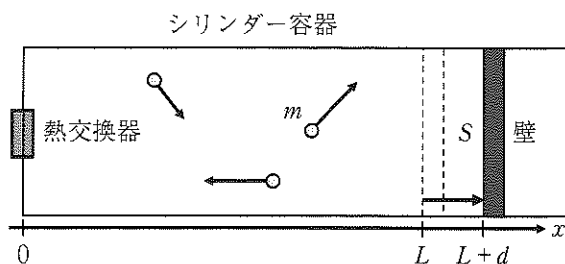


図3

必要ならば、以下の数値を用いなさい。

H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, S=32.1, Cl=35.5, V=50.9,

Cu=63.5, I=126.9

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}$  /mol

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4$  C/mol

気体定数： $8.31 \times 10^3$  Pa · L/(mol · K)

水銀の密度： $13.6 \text{ g/cm}^3$ , 大気圧： $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$

## 化学（マーク解答問題）

〔I〕 つぎの（1）～（10）の文中、（A）、（B）、（C）にもっとも適合するものを、それぞれA群、B群、C群の（ア）～（オ）から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

（1） メタノールは一酸化炭素と水素から適当な触媒を用いて①の反応により合成できる。この反応の熱化学方程式は②式ようになる。



体積 20 L の密閉容器に一酸化炭素 0.80 mol と水素 1.60 mol と触媒を入れ、平衡に達するまで 250 °C に保ったところ、メタノールが 0.10 mol 生成していた。この反応の平衡定数は（A） $(\text{mol/L})^{-2}$  であり、（B）、平衡は右の方向に移動する。メタノールの C-H 結合の結合エネルギーを 413 kJ/mol、C-O 結合の結合エネルギーを 352 kJ/mol、O-H 結合の結合エネルギーを 463 kJ/mol、水素の H-H 結合の結合エネルギーを 436 kJ/mol とし、②式の熱化学方程式を用いると、一酸化炭素の C と O の間の結合エネルギーは（C）kJ/mol である。

A : (ア) 0.073 (イ) 0.10 (ウ) 2.0 (エ) 26 (オ) 29

B : (ア) 容器の体積は大きくなるほど、温度は高くなるほど  
(イ) 容器の体積は大きくなるほど、温度は低くなるほど  
(ウ) 容器の体積は小さくなるほど、温度は高くなるほど  
(エ) 容器の体積は小さくなるほど、温度は低くなるほど  
(オ) 触媒の量を増やすほど

C : (ア) 378 (イ) 1082 (ウ) 1282 (エ) 1518 (オ) 2826

（2） ハロゲン化水素のうちで最も沸点の低いハロゲン化水素を酸化して得られるハロゲン単体は常温常圧で（A）である。また、あるハロゲン化水素の水溶液は（B）であり、ガラスと反応する。一方、ハロゲン化銀のうち水によく溶解するものは（C）である。

A : (ア) 淡黄色の気体 (イ) 黄緑色の気体 (ウ) 無色の気体  
(エ) 赤褐色の液体 (オ) 黒紫色の固体

B : (ア) 弱酸 (イ) 強酸 (ウ) 弱塩基  
(エ) 弱い酸化剤 (オ) 強い酸化剤

C : (ア) AgBr (イ) AgCl (ウ) AgF  
(エ) AgBr と AgI (オ) AgF と AgI

- (3) 金属の製錬はいくつかの方法に分類できる。鉄は溶鉱炉（高炉）で鉄鉱石を高温で還元させて製錬されるが、この際、主に作用する還元剤は（ A ）である。一方、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を氷晶石とともに高温で融解させて電解精錬すると、（ B ）、Alの単体が得られる。不純物を含む硫化銅に酸素を吹き込みながら高温にすると銅が遊離し、粗銅が得られる。粗銅には不純物として他の金属元素が多く含まれるが、引き続き電解精錬を行うと純度の高い銅が得られる。このとき（ C ）は陽極泥となって除かれる。

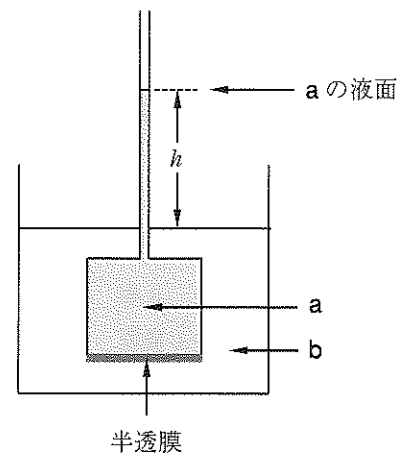
- A : (ア)  $\text{H}_2$ (気) (イ) C(気) (ウ) C(液) (エ)  $\text{CO}$ (気) (オ)  $\text{SiO}_2$ (液)  
 B : (ア) アルミニウムイオンに電子が与えられ (イ) アルミニウムイオンとCOが反応し  
 (ウ) アルミニウムイオンと氷晶石が反応し (エ) 酸化物イオンに電子が与えられ  
 (オ) 酸化物イオンが窒素と反応し  
 C : (ア) アルミニウム (イ) ニッケル (ウ) 銅  
 (エ) 鉄や銀 (オ) 金や銀

- (4) 水100gにエチレングリコール ( $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ ) 0.352gを溶かした水溶液の凝固点は、 $-0.105^\circ\text{C}$ である。したがって、水溶液の凝固点を $-0.230^\circ\text{C}$ にするには、1kgの水に約（ A ）gのエチレングリコールを加えればよい。

エチレングリコールを脱水して得られる化合物Xを元素分析したところ、各元素の質量の割合は、炭素48.0%、水素9.3%、残りは酸素であった。したがって、Xの組成式は（ B ）である。また、5.00gのXを水124gに溶かした水溶液の凝固点は、 $-0.500^\circ\text{C}$ であった。したがって、Xの分子量は約（ C ）である。

- A : (ア) 0.74 (イ) 0.77 (ウ) 7.4 (エ) 7.7 (オ) 8.4  
 B : (ア)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  (イ)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$  (ウ)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2$  (エ)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4$  (オ)  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_4$   
 C : (ア) 44 (イ) 75 (ウ) 88 (エ) 150 (オ) 186

- (5) 水に溶ける非電解質の高分子化合物IとIIがある。高分子化合物Iを1.00g秤量し、水に溶解して体積1.00Lの溶液①とした。右図のaを溶液①とし、bを水として、1気圧下で温度300Kにおける浸透圧を測定する実験を行ったところ、 $h = 2.50\text{ cm}$ であった。このとき、溶液①の浸透圧は（ A ）Paである。また、この高分子化合物の分子量は（ B ）である。この高分子化合物Iを0.50g、分子量が $1.0 \times 10^5$ の高分子化合物IIを0.50g秤量し、水に溶解して体積1.00Lの溶液②とした。右図のaを溶液②とし、bを水としたとき、温度300Kにおいてhは（ C ）cmである。ただし、溶液①と②の密度はともに $1.00\text{ g/cm}^3$ であり、濃度変化は無視できるものとする。

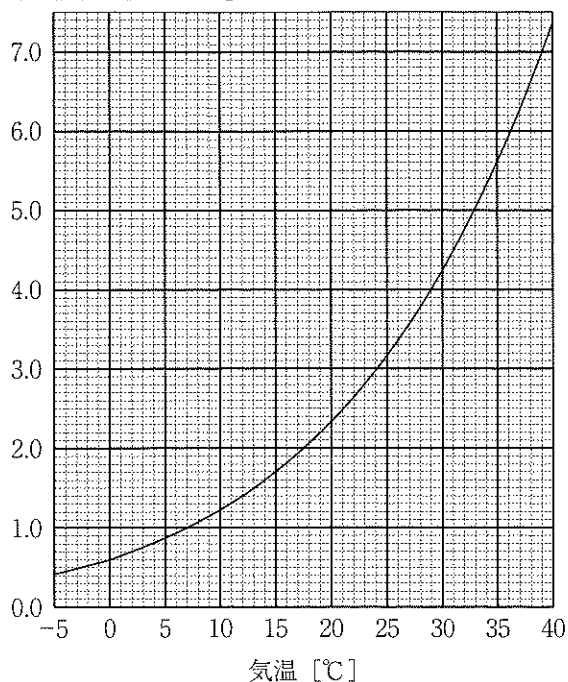


- A : (ア)  $2.45 \times 10$  (イ)  $2.45 \times 10^2$  (ウ)  $2.45 \times 10^3$   
 (エ)  $2.45 \times 10^4$  (オ)  $2.45 \times 10^5$   
 B : (ア)  $1.0 \times 10^2$  (イ)  $1.0 \times 10^3$  (ウ)  $1.0 \times 10^4$   
 (エ)  $1.0 \times 10^5$  (オ)  $1.0 \times 10^6$   
 C : (ア) 0.35 (イ) 0.70 (ウ) 1.4 (エ) 2.1 (オ) 2.8

- (6) 右図は水の蒸気圧曲線である。ある夏の日、打ち水をした地表付近で、水蒸気で飽和した空気を透明なポリ袋に入れ密封した。この袋の中は  $39^{\circ}\text{C}$ 、 $1.02 \times 10^5 \text{ Pa}$  で  $27.3 \text{ L}$  であった。この袋には ( A ) mol の気体が入っており、そのうち水蒸気は ( B ) mol である。

この袋を上空  $5000 \text{ m}$  まで上昇させたところ、袋は膨らんだが容積にはまだ余裕があった。十分に時間をおくと袋の中の温度と圧力は外と同じ値になり、内側についた液滴を除くと袋の中は透明であった。この高度では、外気は  $0.0^{\circ}\text{C}$ 、 $5.30 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。このとき、袋の中の気体の物質量は ( C ) mol である。ただし、気体の液体への溶解量は微量であるため、ここでは考慮しなくてよい。また、ポリ袋を物質は透過しないものとする。

水蒸気圧 [ $\times 10^3 \text{ Pa}$ ]



- A : (ア) 0.859      (イ) 0.959      (ウ) 1.07      (エ) 1.38      (オ) 8.59  
 B : (ア) 0.074      (イ) 0.083      (ウ) 1.00      (エ) 1.07      (オ) 1.08  
 C : (ア) 0.06      (イ) 0.90      (ウ) 1.01      (エ) 1.07      (オ) 1.32

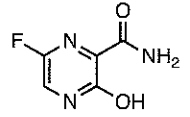
- (7) ナイロン 66 の原料はヘキサメチレンジアミンと ( A ) である。ヘキサメチレンジアミンはアクリロニトリルを原料とし、慣用名でアジポニトリルと呼ばれる 1,4-ジシアノブタンを経て合成される。アクリロニトリルを酸性水溶液中で電解によって還元すると、電極から電子が、また、溶液から水素イオンがそれぞれ供給されて反応し、アジポニトリルが合成される。この際、( B ) では溶媒として用いられている  $\text{H}_2\text{O}$  が酸化され、 $\text{O}_2$  が生成する。アジポニトリルは触媒を用いて水素が付加されヘキサメチレンジアミンとなるが、触媒を用いた水素付加反応は ( C ) を製造する際にも用いられている。

- A : (ア) アジピン酸      (イ)  $\epsilon$ -カプロラクタム      (ウ) シュウ酸  
 (エ) テレフタル酸      (オ) フマル酸  
 B : (ア) 正極      (イ) 負極      (ウ) 正極と負極  
 (エ) 陽極      (オ) 陰極  
 C : (ア) 原料にアルケンを用いてアルキン  
 (イ) 原料に飽和脂肪酸を多く含む油脂からセッケン  
 (ウ) 原料に不飽和脂肪酸を多く含む油脂からマーガリン  
 (エ) 原料に生ゴムを用いてエポナイト  
 (オ) オストワルト法を用いて硝酸

(8) 下図に示したピラジンは、ベンゼンの二箇所のCHを窒素原子で置き換えた芳香族化合物である。ピラジンの構造異性体のうち、6員環を持つ芳香族化合物はピラジンの他に ( A ) 種類存在する。これらの化合物ではいずれもベンゼンと同じように、二重結合は特定の原子間に固定されておらず、6個の原子間の結合はすべて単結合と二重結合の中間の状態にある。抗インフルエンザウイルス薬であるファビピラビル (別名: アビガン) は、ピラジンの3個の水素原子が、フッ素原子、アミド基 (-CONH<sub>2</sub>)、ヒドロキシ基で置換された化合物である。ファビピラビルと同じ置換基をもつピラジンの置換体には、ファビピラビルの他に ( B ) 種類の異性体が存在する。また、ファビピラビルと同じくウイルスの増殖を抑制する抗ウイルス薬として承認され、医薬品として利用されているものに ( C ) がある。



ピラジン



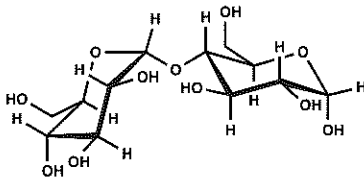
ファビピラビル

- A : (ア) 1            (イ) 2            (ウ) 3            (エ) 4            (オ) 5  
 B : (ア) 3            (イ) 5            (ウ) 7            (エ) 9            (オ) 11  
 C : (ア) アセチルサリチル酸            (イ) アセトアミノフェン            (ウ) ストレプトマイシン  
       (エ) ペニシリン                            (オ) レムデシビル

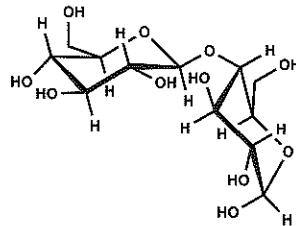
(9) 次の化合物群のうち、アンモニア性硝酸銀水溶液によって酸化されるものは ( A ), インペルターゼにより加水分解をうけて転化糖になるものは ( B ), α-グリコシド結合をもつものは ( C ) である。

化合物群 :

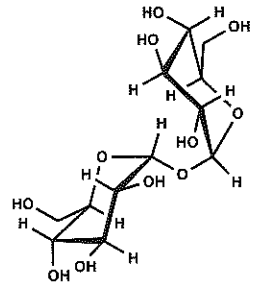
①



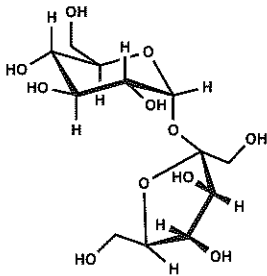
②



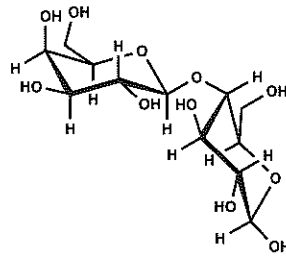
③



④



⑤



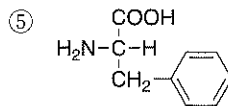
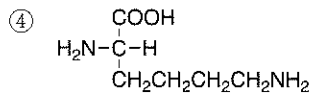
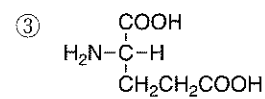
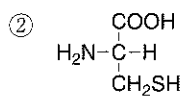
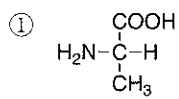
- A : (ア) ①と②と⑤                            (イ) ①と④と⑤                            (ウ) ②と③と④  
       (エ) ②と⑤                                (オ) ③と④と⑤  
 B : (ア) ①                                        (イ) ②                                        (ウ) ③  
       (エ) ④                                        (オ) ⑤  
 C : (ア) ①と②と③                            (イ) ①と③と④                            (ウ) ②と③と⑤  
       (エ) ②と④と⑤                            (オ) ③と④と⑤

(10) しょう油に含まれるペプチド混合物を加水分解して得られる5種類のL-アミノ酸①～⑤の混合物の水溶液を強酸性にして、アミノ酸をすべて正に荷電した状態にし、これを陽イオン交換樹脂を充填したカラム（ガラス管）に通すことで樹脂に吸着させた。このカラムに、緩衝液を右記の1～3の順にpHを順次上げながら十分に流し溶出させることで、アミノ酸溶液X、Y、Zに分離した。

溶出順	緩衝液のpH	アミノ酸溶液
1	4	X
2	7	Y
3	11	Z

溶液Xに含まれるアミノ酸を原料として縮合反応を行うとアミド結合を一つ有するジペプチドが2種類得られた。また、溶液Zに含まれるアミノ酸を原料として縮合反応を行うと、同様にジペプチドが2種類得られた。溶液Yに含まれるアミノ酸を原料とした縮合反応で得られるジペプチドは（A）種類である。ただし、環状構造のジペプチドは、ここでは考慮しなくて良い。

一方、納豆のネバネバの主成分として抽出されるポリグルタミン酸をNaOH水溶液で加水分解したのち酢酸で中和して得られるアミノ酸は（B）であり、分離したアミノ酸溶液（C）に含まれる。



A : (ア) 4                      (イ) 6                      (ウ) 9                      (エ) 18                      (オ) 24

B : (ア) ①                      (イ) ②                      (ウ) ③                      (エ) ④                      (オ) ⑤

C : (ア) X                      (イ) Y                      (ウ) Z                      (エ) XとZ                      (オ) YとZ

## 化学 (マーク・記述解答問題)

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、問1、問8、問11の答をマーク解答用紙の該当欄にマークし、その他の答を記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

(1) 0.100 mol/Lの<sup>(問1)</sup>硫酸銅(Ⅱ)水溶液 10.0 mLにアンモニア水を加えたところ、<sup>(問2)</sup>青白色の沈殿が生成した。アンモニア水を加えつづけたところ、<sup>(問3)</sup>沈殿は完全に溶解して深青色の水溶液が得られた。この水溶液に希硫酸を少量加えると、<sup>(問4)</sup>沈殿が生成したが、加えつづけると<sup>(問5)</sup>沈殿が完全に溶解した。この水溶液に純水を加えて体積を80 mLとし、<sup>(問6)</sup>2 gのヨウ化カリウムを加えたところ、白色沈殿(CuI)が生成しヨウ素が遊離した。<sup>(問7)</sup>デンプン水溶液を指示薬として、遊離したヨウ素を $x$  mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、終点までに10.2 mLを要した。

問1 硫酸銅(Ⅱ)水溶液の性質について正しいものを次の(ア)～(オ)から一つ選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- (ア) 硫酸銅(Ⅱ)は水酸化銅(Ⅱ)と硫酸から生成した塩基性塩であるため、硫酸銅(Ⅱ)水溶液は塩基性である。
- (イ) 硫酸銅(Ⅱ)は水酸化銅(Ⅱ)と硫酸から生成した酸性塩であるため、硫酸銅(Ⅱ)水溶液は酸性である。
- (ウ) 硫酸銅(Ⅱ)は水酸化銅(Ⅱ)と硫酸から生成した正塩であるため、硫酸銅(Ⅱ)水溶液は中性である。
- (エ) 硫酸銅(Ⅱ)は水酸化銅(Ⅱ)と硫酸から生成した正塩であるが、硫酸銅(Ⅱ)水溶液は塩基性である。
- (オ) 硫酸銅(Ⅱ)は水酸化銅(Ⅱ)と硫酸から生成した正塩であるが、硫酸銅(Ⅱ)水溶液は酸性である。

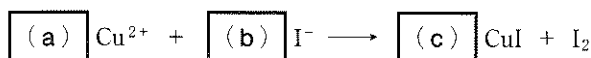
問2 このときの水溶液の体積が12.2 mLであり、 $[\text{OH}^-]$ が $1.0 \times 10^{-9}$  mol/Lであるとき、何%の $\text{Cu}^{2+}$ が沈殿したか、有効数字2桁で答えなさい。ただし、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ の溶解度積の値は、 $K_{\text{sp}} = 2.2 \times 10^{-20}$  (mol/L)<sup>3</sup>である。

問3 深青色の水溶液の体積が20.0 mLであり、アンモニアの濃度が0.10 mol/Lであるとき、この水溶液中の $\text{Cu}^{2+}$ の濃度を有効数字2桁で答えなさい。ただし、この水溶液中にはCu(Ⅱ)イオンとして $\text{Cu}^{2+}$ と $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ のみが含まれているものとし、 $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ の平衡定数を、 $K = 3.9 \times 10^{12}$  (mol/L)<sup>-4</sup>とする。

問4 この沈殿を化学式で示しなさい。

問5 沈殿がちょうど溶解したときの水溶液の体積が45.6 mLであるとき、 $[\text{H}^+]$ を有効数字2桁で答えなさい。ただし、水のイオン積は $K_{\text{w}} = 1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup>である。

問6 この反応は、次の式で表される。



(a)、(b)、(c)にあてはまる係数を答えなさい。

問7 この反応は、 $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ で表される。 $x$ の値を有効数字3桁で答えなさい。



- (2) (問8) バナジウムは、周期表の ( a ) 族に属する ( b ) である。バナジウムを含む陽イオンからなる塩には、 $VCl_3$  や  $V(CH_3COO)_4$  などのほかに、(問9)  $VOSO_4$  (硫酸バナジル) や、 $(VO_2)_2SO_4$  などのオキシ陽イオンの塩があり、バナジウムは様々な酸化数を示す。

バナジウムを含むイオンの酸化還元反応を利用した二次電池に、レドックスフロー電池がある。レドックスフロー電池では、正極の電解液タンクから  $(VO_2)_2SO_4$  が、負極の電解液タンクから  $VSO_4$  が、それぞれ正極と負極に供給されて電力が取り出される (図1)。(問10) 電池の反応式は次のように表される。

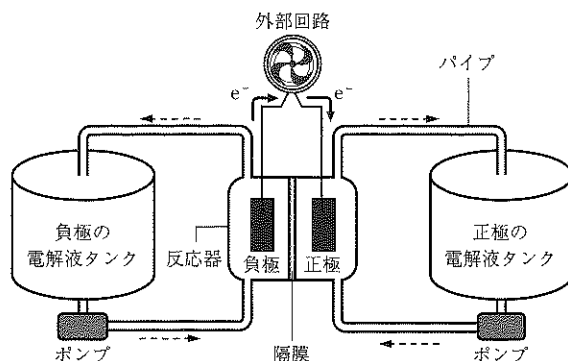
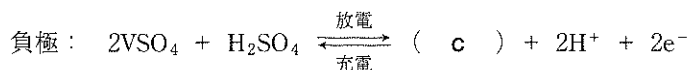
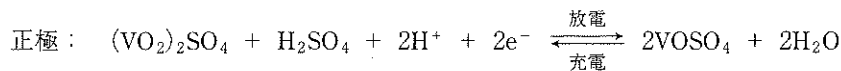


図1 レドックスフロー電池の構造。点線の矢印はパイプの中を電解液が流れる方向を表す。

電池の中では、(問11) 正極液と負極液は混合しないように隔膜によって隔てられている。  $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$  の  $(VO_2)_2SO_4$  を硫酸に溶解し、全体の体積を  $1.00 \text{ L}$  として、正極タンクに入れた。また、 $4.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$  の  $VSO_4$  を硫酸に溶解し、全体の体積を  $1.00 \text{ L}$  として、負極タンクに入れた。(問12) この電池を外部回路につなぎ、正極タンクと負極タンクの溶液を、送液ポンプによりそれぞれ内径 (内側の直径)  $0.200 \text{ cm}$  の円筒形のパイプの中を  $3.00 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$  の速さで流して反応器に供給し、放電させた。

問8 ( a ) と ( b ) に入る語句として最も適切なものをそれぞれ次の (ア) ~ (オ) から一つ選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- |              |              |          |       |        |
|--------------|--------------|----------|-------|--------|
| (a) (ア) 1    | (イ) 2        | (ウ) 4    | (エ) 5 | (オ) 17 |
| (b) (ア) 遷移元素 | (イ) ハロゲン元素   | (ウ) 典型元素 |       |        |
| (エ) アルカリ金属   | (オ) アルカリ土類金属 |          |       |        |

問9  $(VO_2)_2SO_4$  に含まれるバナジウムの酸化数を答えなさい。

問10 ( c ) に入る化合物を化学式で答えなさい。

問11 次の (ア) ~ (オ) のイオンのうち、隔膜を透過しないことが求められるものを全て選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- (ア)  $H^+$       (イ)  $V^{2+}$       (ウ)  $VO_2^+$       (エ)  $OH^-$       (オ)  $SO_4^{2-}$

問12 この電池を完全に放電させたとき、得られた電気量 (単位: C) を有効数字3桁で求めなさい。また、放電を始めた直後に流れた電流 (単位: mA) を有効数字3桁で求めなさい。ただし、反応器の中の溶液の体積はタンクの中の溶液の体積に比べて十分小さく、また、反応器に供給された活物質は反応器から出るまでにすべて反応するものとする。

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、問3と問11の答をマーク解答用紙の該当欄にマークし、その他の答を記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

合成高分子化合物は、用途の違いから合成繊維、合成樹脂（プラスチック）、合成ゴムなどに分類され、一般に構成単位となる単量体を重合することによって得られる。得られた高分子をさらに化学的に処理、反応させることで溶解性を変えたり、機能をもたせたりすることもできる。

ある<sup>(問13)</sup>高分子化合物Aを生成する単量体Bの組成式は元素分析より $C_2H_3O$ で表され、Bは金属の溶接や切断にも利用される気体Cに触媒を用いて<sup>(問12)</sup>化合物Xを付加反応させることで得られた。高分子化合物Aを水酸化ナトリウム水溶液で十分に（ a ）した後、細孔から硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すと（ b ）が起こり、繊維状に固まった。この繊維状物質をろ過し、得られたろ液を塩酸により中和すると、化合物Dが得られた。またBに対して水酸化ナトリウム水溶液を十分に反応させると、<sup>(問2)</sup>化合物Eが得られた。

フェノールと<sup>(問3)</sup>気体の化合物Fの水溶液に酸を触媒として加え（ c ）すると分子量1000程度の（ d ）を生成し、さらに硬化剤を加えて加熱することで<sup>(問4)</sup>熱硬化性樹脂Gが得られた。

ヨーグルトなど乳製品にも含まれる化合物Hを脱水縮合すると環状構造の<sup>(問5)</sup>化合物Iが得られ、Iをスズ触媒とともに加熱して重合すると生分解性の高分子化合物が得られた。

フェーリング液に化合物E、F、Hをそれぞれ加えて加熱すると、EもFも赤色沈殿が生じたが、Hは赤色沈殿を生じなかった。また、化合物E、F、Hに対し、塩基性条件下でヨウ素を反応させると、EとHは特異臭を持つ<sup>(問2)</sup>黄色沈殿Jを生じたが、Fは沈殿を生じなかった。黄色沈殿Jを含む反応液に<sup>(問6)</sup>水と有機溶媒を加え、分液ろうとうを用いて室温（20℃）で抽出したところ、いずれも図2のように二層に分かれ下層が黄色となった。また化合物Eを酸化すると化合物Dと同じ臭いがした。

なお、気体Cは工業的には、<sup>(問7)</sup>アルカンを熱分解させて、また、実験室ではカーバイドとも呼ばれる<sup>(問8,9)</sup>炭化カルシウム $CaC_2$ に水を作用させてつくられる。気体Cは反応性が高い物質であり、高温の鉄と接触させると、臭素水とは反応しない<sup>(問10)</sup>化合物Kが得られた。

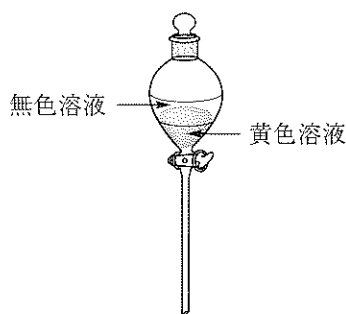


図2 分液ろうとうを用いた抽出。

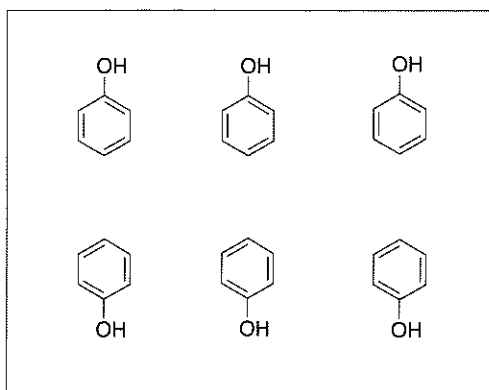
問1 （ a ）, （ c ）に該当するもっとも適切な反応の名称を、また（ b ）, （ d ）に該当するもっとも適切な語句を、それぞれ答えなさい。

問2 化合物E、Jを示性式で示しなさい。

問3 気体の化合物Fの特徴として該当するものを以下の(ア)～(オ)の中からすべて選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- (ア) メタノールを白金や銅触媒を用いて空气中で酸化すると得られる。
- (イ) メラミン樹脂の原料の1つである。
- (ウ) 酢酸ナトリウムに水酸化ナトリウムを加えて加熱すると得られる。
- (エ) 加熱した濃硫酸(160～170℃)にエタノールを加えると得られる。
- (オ) ニクロム酸カリウムの硫酸酸性溶液を用いてエタノールを酸化すると得られる。

問4 高分子化合物Gに含まれるフェノールの構造式のみ解答欄に示してあるので、必要な元素記号と化学結合を書き加えてGの構造を表しなさい。



問5 化合物Iの構造式を示しなさい。ただし、立体異性体を区別して考える必要はない。

問6 下表には、この抽出操作に使うことのできる有機溶媒が複数含まれている。表に示す物質の性質をもとに、図2のように抽出することができる有機溶媒を(ア)～(コ)の中からすべて選び、解答欄の該当する記号を○印で囲みなさい。ただし、黄色沈殿Jが溶解しても溶液の性質は溶媒と変わらないものとする。

物質	融点(℃)	沸点(℃)	密度(g/cm <sup>3</sup> )	蒸発熱(kJ/mol)	溶解度(g/水 100g)
ア	-95	56	0.79	29.1	∞
イ	-115	78	0.79	38.9	∞
ウ	-64	61	1.49	0.2	0.800
エ	-116	34	0.71	26.0	1.300
オ	-95	40	1.33	0.3	2.000
カ	17	118	1.05	23.0	∞
キ	-84	77	0.90	32.3	8.700
ク	-95	111	0.87	38.0	0.045
ケ	81	218	1.18	46.4	0.002
コ	-95	69	0.66	33.1	0.001

ただし、密度、溶解度は室温での値、蒸発熱は沸点での値。

問7 アルカンとしてメタンを用いた場合、気体Cを生成する化学反応式を答えなさい。

問8 下線部の化学反応式を答えなさい。

問9 下線部の反応で生成した気体Cを試験管に捕集したい。どのように気体Cを発生させ捕集すれば良いか、使用する試薬と器具の名称とともに図に示しなさい。ただし、試薬は炭化カルシウムと水のみとし、器具は以下の中から必要なものだけを用いなさい。

試験管、水槽、ピンセット、ガスバーナー、アルミニウム箔、駒込ピペット、ゴム栓、葉包紙、広口びん、ガラスのふた、ガラス管、ゴム管、ビュレット

問10 化合物Kの物質名を答えなさい。

問11 単量体から重合体が生成する反応には、付加重合や縮合重合などがある。下線部の高分子化合物Aを生成する重合反応と同じ種類の重合反応で得られる高分子を以下の(ア)～(オ)の中からすべて選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- (ア) ナイロン6
- (イ) ナイロン66
- (ウ) ポリアクリロニトリル
- (エ) ポリエチレンテレフタレート
- (オ) ポリスチレン

問12 化合物Xと同じ化合物はA～Kのどれか、記号で答えなさい。

問13 高分子化合物Aの平均分子量は37,000であった。高分子化合物Aの平均の重合度はいくらか、有効数字2桁で答えなさい。

[以下余白]

# 物 理

<2022 R04160017>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

採 点 欄

〔Ⅱ〕

--

〔Ⅲ〕

--

〔Ⅰ〕 マーク解答用紙へ

<2022 R04160017>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

# 物 理

(記述解答用紙)

下書きは問題冊子の余白を使用してください。

〔Ⅱ〕

問1	台の加速度	台の加速度の向き
問2	台の速度	
問3	動摩擦係数	
問4	台の変位	
問5	垂直抗力の大きさ(点B)	
問6	台の速度	
問7	垂直抗力の大きさ(点C)	
問8	台に対する物体の相対速度	
問9	$v_0 =$	
問10	動摩擦係数	

〔Ⅲ〕

問1	運動量変化の大きさ	力積の大きさ
問2	圧力	温度
問3	内部エネルギー	定積モル比熱
問4	定積モル比熱	
問5	温度	
問6	1回の弾性衝突による運動エネルギー変化	壁が移動したときの運動エネルギー変化
問7	内部エネルギー変化	
問8	気体に加えられた熱量	
問9	比	
問10	グラフ	
	気体がされた仕事	

# 化 学

<2022 R04160017>

採 点 欄

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

〔Ⅱ〕

--	--

〔Ⅲ〕

--	--

<2022 R04160017>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

〔Ⅰ〕 マーク解答用紙へ

〔Ⅱ〕

問 1	マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい		
問 2	沈殿したCu <sup>2+</sup>	%	
問 3	Cu <sup>2+</sup> の濃度	mol/L	
問 4	化学式		
問 5	[H <sup>+</sup> ]	mol/L	
問 6	(a)	(b)	(c)
問 7	x =	mol/L	
問 8	(a) マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい	(b) マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい	
問 9	酸化数		
問 10	(c)		
問 11	マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい		
問 12	電気量	C	電流 mA

〔Ⅲ〕

問 1	(a)名称	(b)語句
	(c)名称	(d)語句
問 2	Eの示性式	Jの示性式
問 3	マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい	
問 4	Gの構造	Iの構造式
		問 5
問 6	ア イ ウ エ オ カ キ ク ケ コ	
問 7	化学反応式	
問 8	化学反応式	
問 9	☒	問 10 Kの物質名
		問 11 マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい
		問 12
		問 13

# 化 学

(記述解答用紙)

下書きは問題冊子の余白を使用してください。