

'20

前期日程

# 理 科

(医学部医学科)

## 注 意 事 項

問題(①から⑦)の全てに解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(31頁)、解答用紙は7枚、下書用紙は3枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰って下さい。



問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量	C = 12.0	Ca = 40.1	Cl = 35.5	Cu = 63.5
	H = 1.0	I = 126.9	K = 39.1	N = 14.0
	Na = 23.0	O = 16.0	Pb = 207.2	S = 32.1
	Si = 28.1	Al = 27.0	Fe = 55.8	Mn = 54.9

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C,  $1.01 \times 10^5$  Pa)

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

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

1 以下のように、質量  $m$  の小物体を台の上で運動させる。小物体の運動は、台の上にいる観測者が観測しているとする。重力加速度の大きさを  $g$  とし、空気抵抗の影響は無視できるものとする。

【I】 図1のように、斜面 AB, 面 CD, 半円筒形の曲面 DE をもつ台がある。斜面 AB と水平面がなす角を  $\theta$  とする。面 CD は水平であり、面 CD からの点 A の高さを  $h$  とする。曲面 DE の半径を  $r$ , 中心を点 O とし、直線 DOE は鉛直である。斜面 AB, 面 CD, 曲面 DE はそれぞれ接続部 BC, 点 D を介してなめらかに接続されている。斜面 AB, 接続部 BC, 面 CD, 曲面 DE と小物体の間の摩擦は無視できるものとする。台は床の上に固定されており、動くことはない。

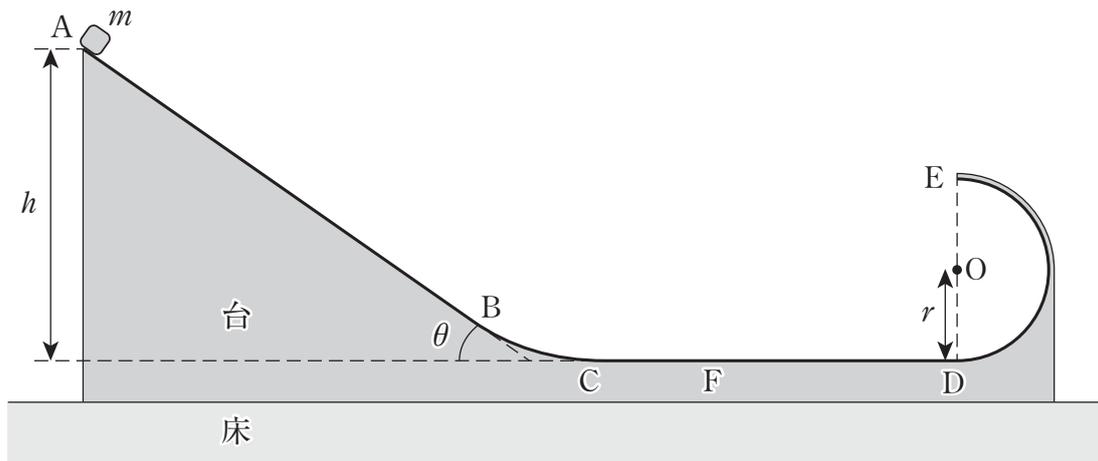


図1

小物体を点 A から初速度 0 で静かにはなすと、小物体は斜面 AB をすべりおりた後、接続部 BC を通り、点 C を通過した。

(1) 小物体が点 C に到達する直前の、小物体の速度の大きさを求めよ。

点 C を通過した小物体は、面 CD 上を点 D へと移動した後、半円筒形の曲面 DE から離れることなく運動し、点 E を通過した。

- (2) 点 E に到達する直前の、小物体の速度の大きさを求めよ。
- (3) 点 E に到達する直前の、小物体が曲面 DE から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。
- (4) 小物体が曲面 DE から離れることなく点 E を通過したことから、面 CD からの点 A の高さ  $h$  は、 $h \geq$   を満たすことがわかる。もし、 $h <$   であったならば、小物体が点 E に到達することはない。 に入る最も適切な数式を求めよ。

その後、小物体は点 E から水平にとびだし、面 CD 上の点 F に着地した。

- (5) 点 D と点 F の間の距離を求めよ。

【II】 図2のように、【I】で用いた台の斜面 AB 上に、距離  $L$  だけ離れた2点 a, b をとり、点 a, b 間の斜面を表面の粗いシートで張りかえ、点 a, b 間では、斜面 AB と小物体の間に、動摩擦係数  $\mu'$  の動摩擦力がはたらくようにする。また、曲面 DE 上で、角  $\angle DOG = \alpha$  ( $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ ) となる位置に点 G をとり。台は床に固定されており、面 CD は水平である。

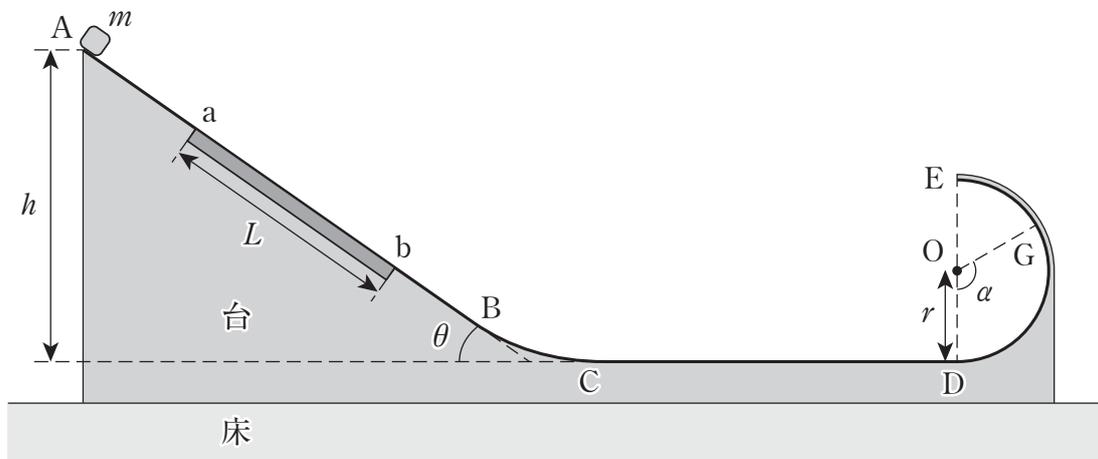


図2

小物体を点 A から初速度 0 で静かにはなすと、小物体は斜面 AB をすべりおりました後、接続部 BC を通り、点 C を通過した。

- (6) 小物体が点 a, b 間にあるときに、斜面 AB から小物体にはたらく動摩擦力の大きさを、 $m, g, \mu', \theta$  を用いて表せ。
- (7) 小物体が点 a から点 b まで移動する間に、斜面 AB から小物体にはたらく垂直抗力が、小物体にする仕事の大きさを求めよ。
- (8) 小物体が点 C に到達する直前の、小物体の速度の大きさを、 $h, g, \mu', L, \theta$  を用いて表せ。

点 C を通過した小物体は、面 CD 上を点 D へと移動した後、半円筒形の曲面 DE から離れることなく点 G まで運動し、点 G で曲面から離れた。

- (9) 小物体が点 G で曲面 DE から離れたという条件から、 $h, r, L, \mu', \theta, \alpha$  の間には、以下の関係が成り立つ。

$$h = \boxed{\text{(イ)}}$$

$\boxed{\text{(イ)}}$  に入る適切な数式を、 $r, L, \mu', \theta, \alpha$  を用いて表せ。

**【Ⅲ】** **【Ⅱ】** で用いた台上で、小物体を点 A から斜面 AB に平行に、点 B に向けて初速度の大きさ  $v$  で射出することを考える。台は床に固定されており、面 CD は水平であるとする。

- (10) 点 A から射出された小物体が、斜面 AB, 接続部 BC, 面 CD, 曲面 DE から離れることなく運動し、点 E を通過するために必要な、初速度の大きさ  $v$  の最小値を、 $h, g, r, L, \mu', \theta$  を用いて表せ。



2

図1に示すように、紙面上に  $xy$  平面、紙面に垂直に  $z$  軸をとり、紙面の裏から表への向きを  $z$  軸の正の向きとする。 $x \geq 0$  の領域には一様な磁場が  $z$  軸と平行にかかっている。 $xy$  平面上に組まれた回路について、以下の問に答えよ。ただし、回路は  $xy$  平面上に固定されており、回路に流れる電流の作る磁場は無視できるものとする。

【I】 図1に示すように  $x < 0$  の領域に、抵抗値  $R_0[\Omega]$  の抵抗器  $R_0$  と電圧  $V[V]$  の直流電源が、距離  $d[m]$  だけ離して  $y$  軸上に置かれた端子  $A_1$  と  $A_2$  に、電気抵抗の無視できる導線で接続されている。端子  $A_1$  および  $A_2$  の先の  $x \geq 0$  の領域に電気抵抗の無視できる導線と電気抵抗のある抵抗線を接続し、図1の①～③の回路を作る。

回路①では、 $x$  軸と平行に置かれた長さ  $d$  で電気抵抗の無視できる真っ直ぐな2本の導線  $A_1P_1$  と  $A_2Q_1$  が端子  $A_1$  と  $A_2$  に接続され、さらに、2本の導線の端点  $P_1$  と  $Q_1$  に、長さ  $d$  で電気抵抗  $R_1[\Omega]$  の真っ直ぐな抵抗線  $P_1Q_1$  が接続されている。 $x \geq 0$  の領域にかかっている一様な磁場は時間変化しないとする。

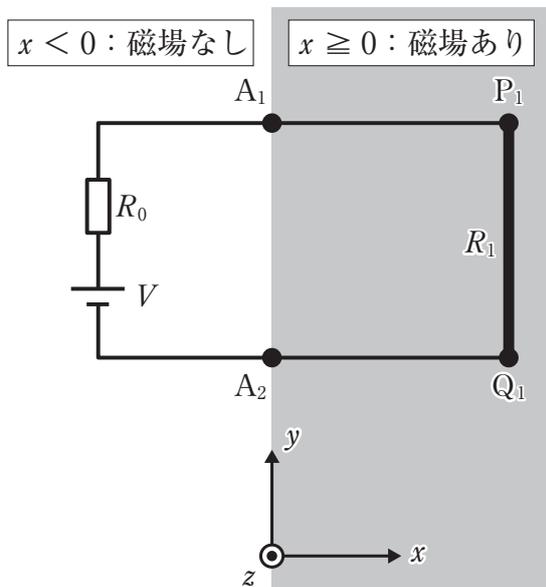
回路①に磁場から加わる力の合力は回路①を構成する導線  $A_1P_1$ 、抵抗線  $P_1Q_1$ 、導線  $A_2Q_1$  に加わる力の和である。回路①に磁場から加わる力の合力の大きさは  $F[N]$  で向きは  $x$  軸と平行で正の向きであった。

(1)  $x \geq 0$  の領域にかかっている磁場の磁束密度の大きさと磁束密度の向きを答えよ。磁束密度の大きさは  $F$ 、 $V$ 、 $d$ 、 $R_0$ 、 $R_1$  のうち必要なものを用いて表せ。磁束密度の向きは、「 $z$  軸の正の向き」、「 $z$  軸の負の向き」のいずれか適切なものを選んで答えよ。

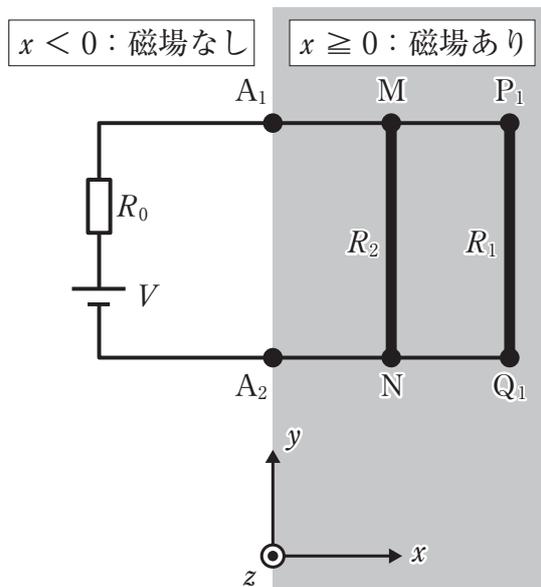
回路①にかけた磁場と同じ磁場を回路②および③の  $x \geq 0$  の領域にかける。問(1)で求めた磁束密度の大きさを  $B_0[T]$  とする。

図1に示すように、回路②では、回路①の抵抗線  $P_1Q_1$  に加えて、導線  $A_1P_1$  の中点と導線  $A_2Q_1$  の中点を結ぶように、長さ  $d$  で電気抵抗  $R_2[\Omega]$  の真っ直ぐな抵抗線  $MN$  が接続されている。

①



②



③

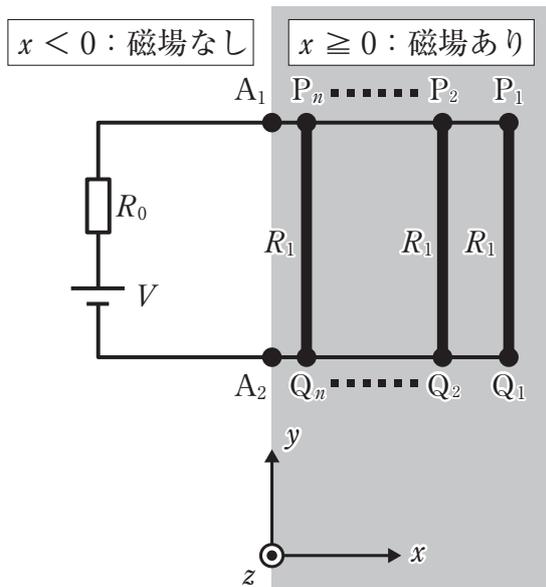


図 1

- (2) 回路②の導線  $A_1P_1$ , 導線  $A_2Q_1$ , 抵抗線  $P_1Q_1$  および抵抗線  $MN$  が磁場から受ける力の和の  $x$  成分を,  $B_0, V, d, R_0, R_1, R_2$  のうち必要なものを用いて表せ。

図1に示すように, 回路③では, 回路①の抵抗線  $P_1Q_1$  に加えて, 導線  $A_1P_1$  と導線  $A_2Q_1$  に, 長さ  $d$  で電気抵抗  $R_1$  の真っ直ぐな  $(n - 1)$  本の抵抗線  $P_2Q_2, P_3Q_3, \dots, P_nQ_n$  が抵抗線  $P_1Q_1$  と平行に接続されている。

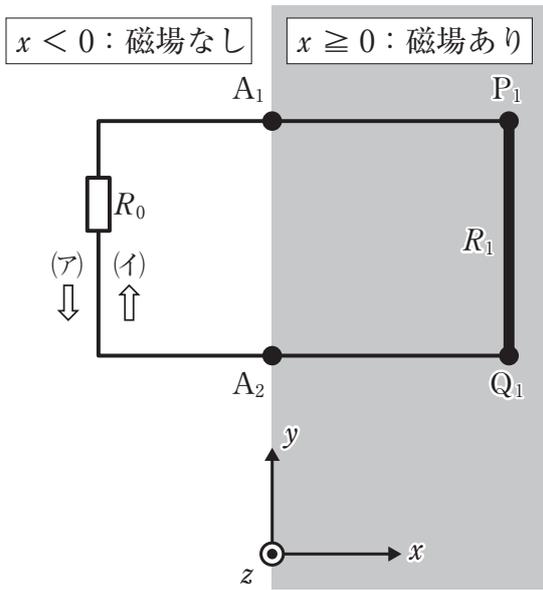
- (3) 回路③の導線  $A_1P_1, A_2Q_1$ , および, 抵抗線  $P_1Q_1, P_2Q_2, \dots, P_nQ_n$  が磁場から受ける力の和の  $x$  成分を,  $B_0, V, d, R_0, R_1, n$  のうち必要なものを用いて表せ。

【II】 図2に示すように, 【I】で用いた回路①および回路②の  $x < 0$  の領域にある直流電源を電気抵抗の無視できる導線に置き換えた回路を作る。回路①を組み直した回路を回路④, 回路②を組み直した回路を回路⑤と呼ぶ。  $x \geq 0$  の領域に  $z$  軸と平行にかかっている一様な磁場の磁束密度を時間変化させる。

まず, 回路④について考察する。  $x \geq 0$  の領域に加わる一様な磁場の磁束密度は, 図3に示すように, 時刻  $t = 0$  s のとき  $-B_1$  [T] で, その後, 一定の割合で変化していき,  $t = 4T$  [s] で  $B_1$  に達した。ただし,  $B_1$  は正の定数である。図3において, 磁束密度が正の値をとっているときは, 磁束密度は  $z$  軸の正の向き, 負の値をとっているときは, 負の向きを向いている。

- (4)  $t = T$  のときに, 抵抗器  $R_0$  に流れる電流の大きさを  $B_1, d, R_0, R_1, T$  のうち必要なものを用いて表せ。また, その流れる向きが図の矢印の (ア), (イ) のいずれになるかを, 記号で答えよ。
- (5)  $t = T$  から  $t = 3T$  の間に回路④で発生するジュール熱を  $B_1, d, R_0, R_1, T$  のうち必要なものを用いて表せ。

④



⑤

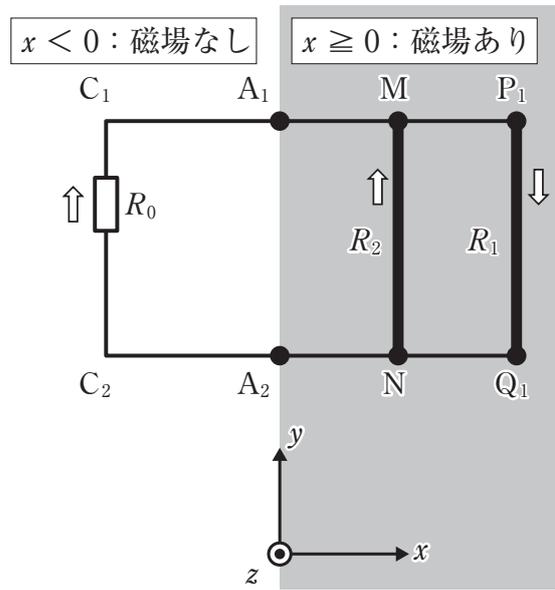


図 2

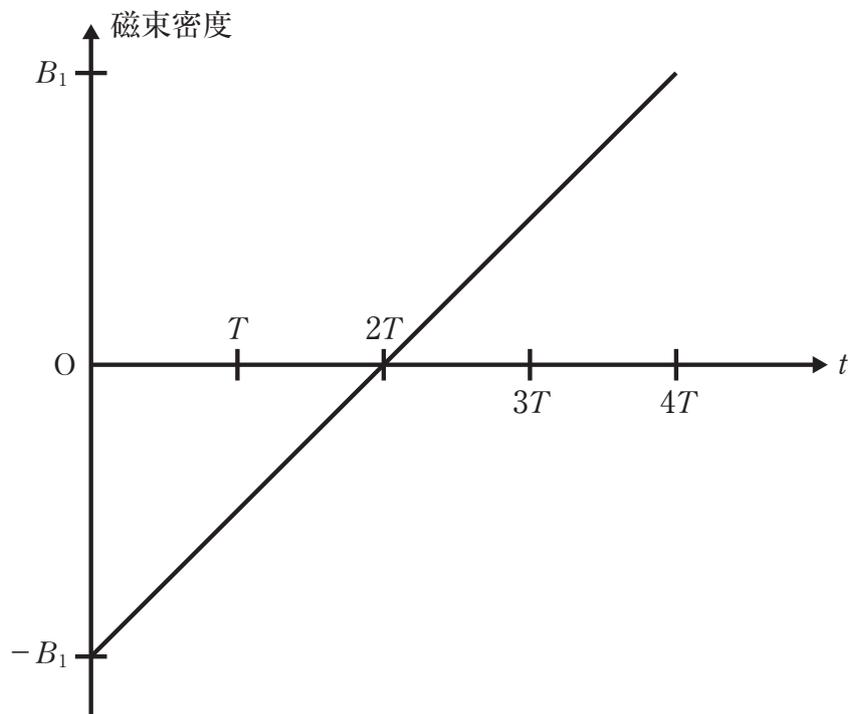


図 3

- (6)  $t = T$  のときに、抵抗線  $P_1Q_1$  が磁場から受ける力の  $x$  成分を  $B_1, d, R_0, R_1, T$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (7)  $0 \leq t \leq 4T$  の時刻における、抵抗線  $P_1Q_1$  が磁場から受ける力の  $x$  成分  $F_x[\text{N}]$  と時刻  $t$  との関係を表すグラフを解答欄に図示せよ。ただし、問(6)で求めた力の  $x$  成分の大きさを  $F_0[\text{N}]$  とする。

次に、回路⑤について考察する。 $x \geq 0$  の領域に加わる一様な磁場の磁束密度は、回路④のときと同様に、図3に示されるような時間変化をした。

$t = 2T$  のときに、抵抗器  $R_0$ 、抵抗線  $P_1Q_1$ 、抵抗線  $MN$  に流れる電流の求め方を考えてみよう。抵抗器  $R_0$ 、抵抗線  $P_1Q_1$  および抵抗線  $MN$  に流れる電流の向きを図の矢印のように仮に定め、抵抗器  $R_0$  に流れる電流の大きさを  $I_0[\text{A}]$ 、抵抗線  $P_1Q_1$  に流れる電流の大きさを  $I_1[\text{A}]$ 、抵抗線  $MN$  に流れる電流の大きさを  $I_2[\text{A}]$  とする。もし、計算で得られた電流の大きさの値が負になれば、電流の流れる向きが仮定と反対であったことになる。

- (8)  $I_0, I_1, I_2$  が満たすべき連立方程式を以下のような手順で作る。数式中の (い)、(ろ) に入る適切な数式を、 $B_1, d, T$  のうち必要なものを用いて表せ。

点  $M$  に流れ込む電流は流れ出る電流に等しいことから、

$$I_0 + I_2 = I_1$$

となる。閉経路  $MP_1Q_1NM$  において電圧降下は起電力に等しいことから、

$$I_1R_1 + I_2R_2 = \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">(い)}$$

となる。図2に示すように、回路⑤中に点  $C_1, C_2$  をとる。閉経路  $C_1MP_1Q_1NC_2C_1$  において電圧降下は起電力に等しいことから、

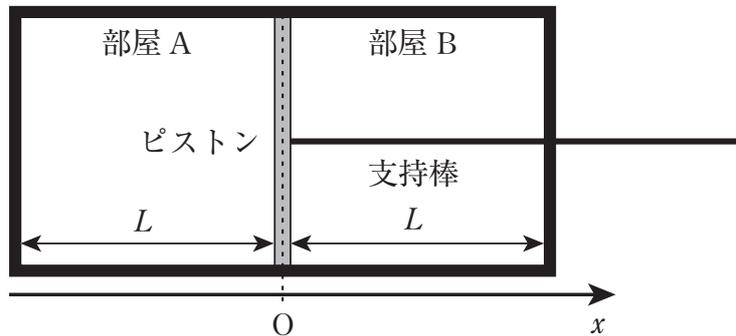
$$I_0R_0 + I_1R_1 = \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">(ろ)}$$

となる。この連立方程式を解くことで、 $I_0, I_1, I_2$  が求まる。



3 図のように、断面積  $S$  [m<sup>2</sup>] で長さ  $2L$  [m] の容器が、支持棒のついたピストンによって2つの部屋に分けられている。以下、左側の部屋を部屋 A、右側の部屋を部屋 B と呼ぶ。ピストン、支持棒と容器の間には摩擦ははたらかないものとする。また、容器、支持棒は断熱材でできており、これらの熱容量は無視できるものとする。図のように右向きを正の向きとして  $x$  軸をとり、容器の中央の  $x$  座標を  $x = 0$  とする。ただし、座標の単位はメートル(m)とする。

最初、部屋 A には  $2n$  [mol] の単原子分子理想気体、部屋 B には  $n$  [mol] の単原子分子理想気体が閉じ込められており、ピストンは支持棒を手で支えることによって固定されている。ピストンの  $x$  座標は  $x = 0$  であり、部屋 A の気体の温度は  $T_A$  [K]、部屋 B の気体の温度は  $T_B$  [K] である。ただし、 $T_A > T_B$  であるとする。この状態を初期状態と呼ぶ。なお、気体定数を  $R$  [J/(mol·K)] とし、単原子分子理想気体の定積モル比熱は  $\frac{3}{2}R$  とする。また、ピストンと支持棒の体積は無視できるものとする。



図

- (1) 初期状態における部屋 A の気体および部屋 B の気体の圧力を、 $L$ 、 $S$ 、 $n$ 、 $R$ 、 $T_A$ 、 $T_B$  のうち必要なものを用いて表せ。

以下の問(2)~(4)では、ピストンは熱を伝える材料でできており、座標  $x = 0$  に固定されているものとする。部屋 A と部屋 B の気体の状態を初期状態にしたのち、十分に時間がたつと、部屋 A と部屋 B の気体の温度は等しくなった。なお、ピストンの熱容量は無視できるものとする。以下の問(2)~(4)について、 $L$ 、 $S$ 、 $n$ 、 $R$ 、 $T_A$ 、 $T_B$  のうち必要なものを用いて答えよ。

- (2) 十分に時間がたった後の部屋 A の気体の温度を求めよ。
- (3) 十分に時間がたった後の部屋 A の気体の圧力を求めよ。
- (4) 初期状態から部屋 A と部屋 B の気体の温度が等しくなるまでの間に、  
部屋 A の気体から部屋 B の気体へ移動した熱量の大きさを求めよ。

次に、ピストンを、熱を伝える材料でできたピストンから断熱材でできたピストンに変更した後、部屋 A と部屋 B の気体の状態を初期状態にした。なお、ピストンの熱容量は無視できるものとする。その後、支持棒を手で支えながらピストンを、部屋 A と部屋 B の気体の圧力が等しくなるまで、ゆっくりと動かした。この変化は断熱変化であり、このような断熱変化においては、気体の圧力  $p$  と体積  $V$  の間には、 $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$  の関係が成立する。

- (5) 圧力が等しくなったときのピストンの  $x$  座標を  $x_1[\text{m}]$  とすると、 $x_1$  は以下のように表すことができる。

$$x_1 = L \left\{ \frac{\left( \boxed{\text{あ}} \right)^{\frac{3}{5}} - 1}{\left( \boxed{\text{あ}} \right)^{\frac{3}{5}} + 1} \right\}$$

$\boxed{\text{あ}}$  に入る最も適切な式を、 $T_A$  と  $T_B$  を用いて表せ。

次に、ピストンを、熱を伝える材料でできたピストンに変更した後、部屋 A と部屋 B の気体の状態を初期状態にした。支持棒の固定を外し、ピストンが自由に動けるようにしたところ、ピストンは気体からの圧力のみを受けて移動し、十分に時間がたつと、ある  $x$  座標で静止した。このとき、部屋 A と部屋 B の気体の温度および圧力は、それぞれ等しくなった。なお、ピストンの熱容量は無視できるものとする。以下の問(6)~(8)について、 $L$ ,  $S$ ,  $n$ ,  $R$ ,  $T_A$ ,  $T_B$  のうち必要なものを用いて答えよ。

- (6) 十分に時間がたった後の部屋 A の気体の温度を求めよ。
- (7) 十分に時間がたった後のピストンの  $x$  座標を求めよ。
- (8) 十分に時間がたった後の部屋 A の気体の圧力を求めよ。

次に、部屋 B の気体を  $n$  [mol] の単原子分子理想気体から  $n$  [mol] の二原子分子理想気体に入れかえた。熱を伝える材料でできたピストンを座標  $x = 0$  に固定し、部屋 A の気体の温度を  $T_A$ 、部屋 B の気体の温度を  $T_B$  にした。その後、支持棒の固定を外し、ピストンが自由に動けるようにしたところ、ピストンは気体からの圧力のみを受けて移動し、十分に時間がたつと、ある  $x$  座標で静止した。このとき、部屋 A と部屋 B の気体の温度および圧力は、それぞれ等しくなった。なお、ピストンの熱容量は無視できるものとする。二原子分子理想気体の定積モル比熱は  $\frac{5}{2}R$  とし、以下の問(9)~(11)について、 $L$ ,  $S$ ,  $n$ ,  $R$ ,  $T_A$ ,  $T_B$  のうち必要なものを用いて答えよ。

- (9) 十分に時間がたった後の部屋 A の気体の温度を求めよ。
- (10) 十分に時間がたった後のピストンの  $x$  座標を求めよ。
- (11) 十分に時間がたった後の部屋 A の気体の圧力を求めよ。



## 4

- (1) 溶液の浸透圧に関する次の問 1 および問 2 の答を解答欄に記入せよ。ただし、浸透圧はファンツホッフの法則に従うものとする。

問 1 塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  0.585 g を、純水に完全に溶解して 1.00 L の塩化ナトリウム水溶液とした。次の各問に答えよ。

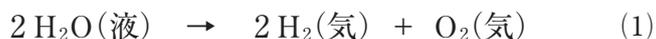
- 1) この塩化ナトリウムの物質量を、有効数字 3 桁で答えよ。
- 2) この塩化ナトリウム水溶液のイオン全体のモル濃度を、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、溶解した塩化ナトリウムは水溶液中で  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  に完全に電離しているものとする。
- 3) この塩化ナトリウム水溶液の浸透圧 [Pa] を、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、温度は  $27^\circ\text{C}$  とする。

問 2 次頁の図に示すように、水分子のみを通す半透膜で仕切られた U 字管の B 側に、浸透圧が  $\Pi$  [Pa] の塩化ナトリウム水溶液  $v$  [ $\text{cm}^3$ ] を入れ、A 側には純水  $v$  [ $\text{cm}^3$ ] を入れた。最初、図(a)に示すように両側の液面の高さは等しかったが、これを放置すると、次第に水が A 側から B 側に移動し、図(i)に示すように、B 側の水面が、もとの位置より  $h$  [cm] 上がったところで水の移動が止まった。図(i)の状態に関して、次の各問に答えよ。ただし、塩化ナトリウム水溶液と純水の密度は同じとし、A 側と B 側の水面差 1 cm あたりの水柱の圧力は、 $p$  [Pa/cm] とする。また、図(a)と図(i)の温度は等しく、U 字管の断面積は一様で  $s$  [ $\text{cm}^2$ ] とする。



(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

水素  $\text{H}_2$  は燃料電池に利用されるなど、エネルギー源として有用な物質である。 $\text{H}_2$  を得るための方法の一つに水の電気分解がある。純粋な水はイオンの濃度が低く、電気伝導性がよくないため、高い電圧をかけないと電気分解ができない。電気分解により効率よく  $\text{H}_2$  を得るためには、水に少量の電解質を加えて電気伝導性をよくする。例えば、希硫酸に、二本の白金電極を入れて電極間に直流電流を流すと、陽極と陰極のそれぞれで化学反応がおこる。このときの両極の反応をまとめて示すと、次の(1)式のようなになる。



問1 下線部 a について、水のごく一部は電離してイオンを生じる。純粋な水に含まれるイオン全体のモル濃度を有効数字2桁で答えよ。ただし、水のイオン積  $K_w$  は  $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$  とする。

問2 (1)式の反応の熱化学方程式を記せ。また、この反応が発熱反応、吸熱反応のどちらであるかを答えよ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$  の生成熱は  $286 \text{ kJ/mol}$  とする。

問3 下線部 b について、陽極および陰極でおこる化学反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

問4 希硫酸の電気分解反応を、一定電流で965秒間行い、 $0.010 \text{ g}$  の  $\text{H}_2$  を得るには何 A の電流を流せばよいか。有効数字2桁で答えよ。

問 5 水の電気分解によって  $H_2$  を得るためには、硫酸以外の電解質を用いる方法もある。次の①～④の電解質の水溶液に、二本の白金電極を入れて電極間に直流電流を流した場合に、 $H_2$  が発生するものをすべて選び、その番号を記せ。

① 塩化カルシウム

② 硫酸銅

③ 硝酸銀

④ 硝酸カリウム

5

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

ある物質が直径  m 程度の大きさの粒子として、均一に他の物質中に分散している状態をコロイドといい、分散している粒子をコロイド粒子という。コロイド粒子を分散させている物質を分散媒、コロイド粒子として分散している物質を分散質といい、分散媒が液体であるコロイドをコロイド溶液という。

コロイド溶液に強い光線を当てて、光線の進行方向と直角の方向から観察すると、粒子によって光が散乱され、光の通路が明るく輝いて見える。この現象を  という。また、限外顕微鏡を用いてコロイド溶液を観察すると、コロイド溶液中のコロイド粒子が不規則にゆれ動く様子が見える。この現象を <sup>a</sup> という。分散媒が水であるコロイド溶液に浸した2本の電極に直流電圧をかけると、コロイド粒子はどちらか一方の電極の方に移動する。この現象を  という。

水に対する親和力が小さいコロイド粒子が水溶液中に分散しているコロイドを疎水コロイドという。疎水コロイドに少量の電解質を加えると、コロイド粒子は反発力を失い、集まって沈殿する。この現象を  という。 は河川水の浄化などに利用されている。また、水に対する親和力が大きいコロイド粒子が水溶液中に分散しているコロイドを親水コロイドという。親水コロイドに多量の電解質を加えると、コロイド粒子が集まって沈殿する。この現象を  という。

問1 空欄  に当てはまる数値の範囲として、最も適切なものを次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。

①  $10^{-17} \sim 10^{-15}$

②  $10^{-13} \sim 10^{-11}$

③  $10^{-9} \sim 10^{-7}$

④  $10^{-5} \sim 10^{-3}$

問 2 空欄 

イ
---

 ~ 

カ
---

 に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 3 下線部 a について、コロイド溶液中のコロイド粒子が不規則にゆれ動く理由を 35 字以内で記せ。

問 4 ある疎水コロイドに浸した 2 本の電極に直流電圧をかけたところ、コロイド粒子は陽極側に移動した。この疎水コロイドにできるだけ少ない体積の電解質水溶液を加えてコロイド粒子の沈殿を生じさせるには、次の①～③のうち、どの電解質の水溶液を加えるとよいか。最も適切なものを 1 つ選び、その番号を記せ。ただし、電解質水溶液中の電解質のモル濃度はすべて同じであり、また、電解質は水溶液中で完全に電離するものとする。

- ①  $\text{NaNO}_3$                       ②  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$                       ③  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

問 5 コロイドに関する次の①～④の記述のうち、正しいものをすべて選び、それらの番号を記せ。

- ① コロイドには、分散媒が気体で分散質が液体であるものも存在する。  
② デンプンやタンパク質のコロイド粒子が分散した水溶液は疎水コロイドである。  
③ コロイド溶液が加熱などの操作によって流動性を失って固化したものをゾルという。  
④ セッケンのような界面活性剤が水溶液中で会合してつくるコロイド粒子をミセルという。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

炭素は、周期表の  族に属する元素である。炭素の単体は、天然にはダイヤモンドや黒鉛(グラファイト)の形で存在する。また、炭素の単体には、分子式  $C_{60}$ 、 $C_{70}$  などと表される球状の分子もあり、これらは  とよばれている。このように、同じ元素の単体で性質の異なる物質どうしを、互いに  であるという。

ケイ素は、炭素と同じく周期表の  族に属する元素である。ケイ素の単体は天然には存在せず、例えば、電気炉中で溶融させた 二酸化ケイ素  $SiO_2$  を炭素で還元してつくられる。二酸化ケイ素を水酸化ナトリウムとともに加熱すると、ケイ酸ナトリウムを生じる。ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、 とよばれる無色透明で粘性の大きな液体が得られる。 の水溶液に塩酸を加えると白色の沈殿が生成し、この沈殿を水で洗浄したのち加熱して脱水すると、 が得られる。 は多孔質の固体であり、乾燥剤や吸着剤として利用される。

次頁の図は、単体のケイ素の結晶の単位格子を示したものである。図中の白丸(○)は、ケイ素原子の位置を示している。ケイ素の結晶は、ダイヤモンドと同じ結晶構造をしており、その単位格子は立方体である。いま、この単位格子の1辺の長さを  $L$  とし、 $L$  の値からケイ素原子間の結合距離を求めることを考える。ここで、単位格子の頂点の1つを  $A$  とし、 $A$  に対し立方体の対角に位置する頂点を  $B$  とする。また、単位格子を8分割してできる小さな立方体のうち、頂点  $A$  を含む小さな立方体の中心を  $C$  とする。このとき、 $A - B$  間の距離は、 $A - C$  間の距離の  倍になる。また、 $A - B$  間の距離は、 $L$  を用いて  と表される。したがって、 $A - C$  間の距離、すなわち、ケイ素原子間の結合距離は、 と表すことができる。

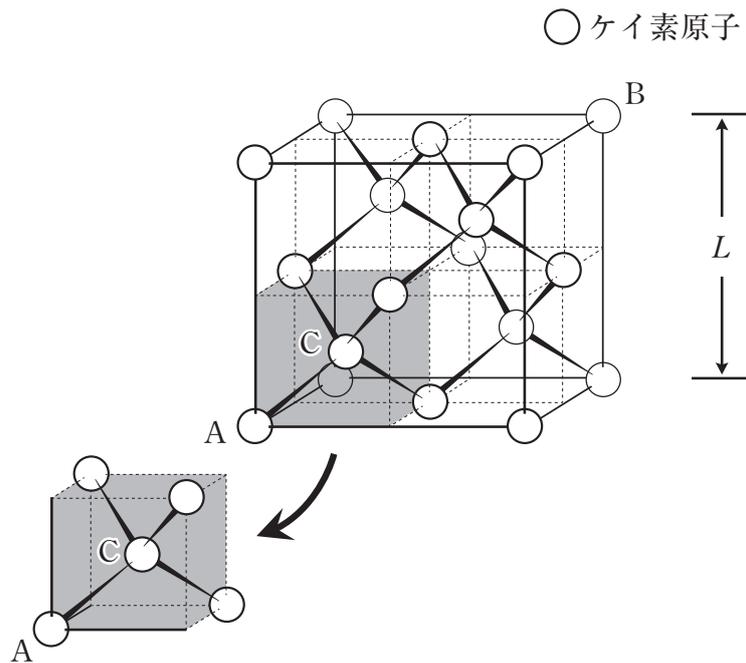


図 ケイ素の結晶の単位格子

問 1 空欄  に当てはまる数字, および空欄  ~  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a に記された反応の化学反応式を記せ。

問 3 空欄  に当てはまる数字を記せ。また, 空欄 ,  に当てはまる式を  $L$  を使って, それぞれ記せ。

問 4 ケイ素の結晶の単位格子 1 つあたりに含まれるケイ素原子の数を記せ。  
また, ケイ素の結晶の密度  $[\text{g}/\text{cm}^3]$  を求め, 有効数字 3 桁で答えよ。密度については, 計算過程も記せ。ただし, ケイ素の結晶の単位格子の 1 辺の長さは  $5.43 \times 10^{-8} \text{ cm}$  であり, また,  $5.43^3 = 160$  とする。

## 6

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

炭素と水素だけからできている有機化合物を<sup>a</sup>炭化水素という。炭化水素は、分子の形や、炭素原子間に不飽和結合があるかどうかなどによって、鎖式炭化水素、環式炭化水素、飽和炭化水素、不飽和炭化水素などに分類される。

炭化水素の水素原子を官能基で置換すると、その官能基に特有の性質をもつ化合物となる。炭化水素の水素原子をヒドロキシ基で置換した化合物をアルコールという。ベンゼン環にヒドロキシ基が直接結合した化合物は  類とよばれる。酸素原子に2個の炭化水素基が結合した化合物は  とよばれる。<sup>b</sup>アルデヒド、ケトン、カルボン酸は、炭素原子と酸素原子間に二重結合のある原子団を有している。アルデヒドとケトンの場合はこの原子団を  基という。2個のカルボキシ基から1分子の水がとれて結合した構造をもつ化合物は  とよばれる。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部 a の化合物の分子の構造に関する次の記述①～④のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① アセチレンの炭素原子間の結合距離は、エチレンの炭素原子間の結合距離よりも長い。
- ② ベンゼンの炭素原子間の結合距離は、エタンの炭素原子間の結合距離よりも長い。
- ③ プロピン分子中の炭素原子は、すべて同一直線上にある。
- ④ 2-メチルプロペン分子中の炭素原子は、すべて同一平面上にある。

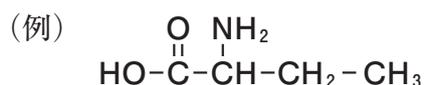
問 3 下線部 a の化合物の反応に関する次の記述①～④のうち、正しいものすべてを選び、その番号を記せ。

- ① 臭素水に十分な量のエチレンを通すと、溶液が無色になる。
- ② アセチレンに水を反応させると、エタノールを生じる。
- ③ プロピレンに臭素を付加させると、不斉炭素原子をもつ化合物を生じる。
- ④ ベンゼンに紫外線を当てながら塩素を反応させると、クロロベンゼンを生じる。

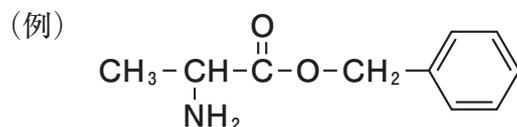
問 4 下線部 b の化合物の反応に関する次の記述①～④のうち、正しいものすべてを選び、その番号を記せ。

- ① 酢酸に炭酸水素ナトリウムを加えると、二酸化炭素を生じる。
- ② ギ酸にアンモニア性硝酸銀水溶液を加え穏やかに加熱すると、銀を生じる。
- ③ アセトンにフェーリング液を加え加熱すると、酸化銅(I)を生じる。
- ④ ホルムアルデヒドに塩基性の条件下でヨウ素を加え加熱すると、ヨードホルムを生じる。

問 5 ヒドロキシ基とカルボキシ基の両方を持ち、分子式が  $C_3H_6O_3$  で表される化合物には、2種類の構造異性体が存在する。一方の構造異性体は不斉炭素原子を持ち、もう一方の構造異性体は不斉炭素原子をもたない。それら2種類の構造異性体の構造式を、次の例にならって記せ。



(2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は下の例にならって記せ。



分子式  $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_2$  をもつエステル **A** に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した。これを室温に冷却し、ジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜ静置すると、水層とエーテル層に分離した。この水層を取り出し ア を加えると、芳香族カルボン酸 **B** が析出した。一方、エーテル層からは分子式  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  をもつアルコール **C** が得られた。

アルコール **C** の構造を決定するために、次の2つの実験を行った。1つめの実験では、アルコール **C** に 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱した。その結果、ケトン **D** が生成した。2つめの実験では、アルコール **C** の分子内脱水反応を行った。その結果、アルコール **C** から 2種類のアルケン が生成した。これら2種類のアルケンは、両方ともシス-トランス異性体(幾何異性体)をもたなかった。ただし、この分子内脱水反応は、ヒドロキシ基と、それが結合している炭素原子の隣の炭素原子に結合した水素原子が水分子となってとれる条件で行われた。

問1 空欄 ア に当てはまる最も適切な化合物を、次の①～⑥から1つ選び、その番号を記せ。

- |        |           |           |
|--------|-----------|-----------|
| ① アセトン | ② アニリン    | ③ ベンゼン    |
| ④ 塩酸   | ⑤ 酢酸ナトリウム | ⑥ 硫酸ナトリウム |

問 2 芳香族カルボン酸 **B**, ケトン **D** の分子式をそれぞれ記せ。

問 3 以下の手順でアルコール **C** の構造を決定する。次の各問に答えよ。

- 1) 分子式  $C_5H_{12}O$  で表される化合物の構造異性体のうち、アルコールは全部でいくつあるか、その数を記せ。
- 2) 1)のアルコールのうち、下線部 a の反応によりケトンになるアルコールは全部でいくつあるか、その数を記せ。
- 3) 下線部 b の 2 種類のアルケンの構造式を記せ。
- 4) アルコール **C** の構造式を記せ。

7

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

多くの高分子化合物は、小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしている。高分子化合物を構成する繰り返し単位の数は一定ではなく、高分子化合物にはさまざまな分子量をもつものが存在する。そのために、高分子化合物の分子量を表すには、 分子量が用いられている。 分子量は、それぞれの分子の分子量の総和を、分子の総数で割ったものである。

構成単位となる小さな分子を単量体といい、多数の単量体が次々に結合する反応を重合という。重合には、 重合や付加重合などがある。

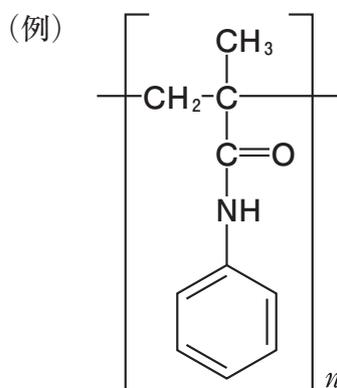
重合は、1分子内に2個以上の官能基をもつ単量体間で簡単な分子がとれ、単量体が次々と結合する重合反応である。例えば、2価アルコールの と2価カルボン酸の を重合すると がとれて、<sup>a</sup>ポリエチレンテレフタレートが得られる。

付加重合は、二重結合や三重結合をもつ単量体が付加反応を繰り返しながら結びつく重合反応である。特に、ビニル基( $-\text{CH}=\text{CH}_2$ )をもつ単量体が多く用いられている。例えば、アクリロニトリルを付加重合すると<sub>b</sub>ポリアクリロニトリルが生成する。また、酢酸ビニル( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OCOCH}_3$ )を付加重合するとポリ酢酸ビニルが得られ、<sup>c</sup>ポリ酢酸ビニルを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解(けん化)するとポリビニルアルコールが得られる。ポリビニルアルコールの水溶液を細孔から硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すと繊維状に固まる。これを水に溶けなくするために、 水溶液で処理(アセタール化)すると、ビニロンができる。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 空欄  ～  に当てはまる最も適切な化合物名を記せ。

問 3 下線部 a のポリエチレンテレフタレートと下線部 b のポリアクリロニトリルの構造式を，次の例にならって，それぞれ記せ。



問 4 下線部 c の加水分解によりポリビニルアルコール 22 g を得るには，何 g のポリ酢酸ビニルが必要か，有効数字 2 桁で答えよ。ただし，加水分解は完全に起こるものとする。

(2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

タンパク質は、種々のアミノ酸が重合して鎖状に結合したポリペプチドである。タンパク質の一次構造とは、アミノ酸の配列順序のことである。タンパク質の二次構造とは、ペプチド結合の  $\text{>C=O}$  と別のペプチド結合の  $\text{H-N<}$  の間で形成される  $\text{>C=O}\cdots\text{H-N<}$  のような  結合により安定化された、比較的狭い範囲で規則的にくり返される立体構造のことである。この二次構造には、 とよばれるポリペプチド鎖がらせん状に巻いた構造や、 とよばれるジグザグ状に折れ曲がったポリペプチド鎖部分が平行に並んだ構造がある。タンパク質の三次構造とは、ポリペプチド鎖の側鎖間の相互作用や、システインの  $-\text{SH}$  基どうしの反応で生じた共有結合である  結合などによって、ポリペプチド鎖が複雑に折りたたまれた立体構造のことである。

生体内で起こる化学反応では、タンパク質を主成分とする酵素が触媒としてはたらく。それぞれの酵素は、はたらきかける相手が決まっており、これを酵素の  という。例えば、すい液や胃液に含まれる酵素であるリパーゼは、油脂を  と  に加水分解するが、タンパク質を加水分解することはできない。また、プロテアーゼは、タンパク質をペプチドに加水分解する酵素としてはたらく。酵素反応の反応速度は、温度や pH などの影響を受ける。

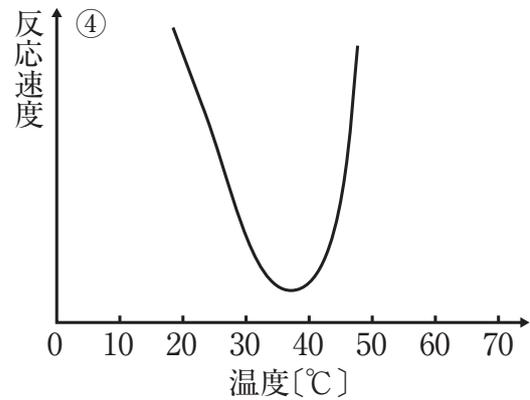
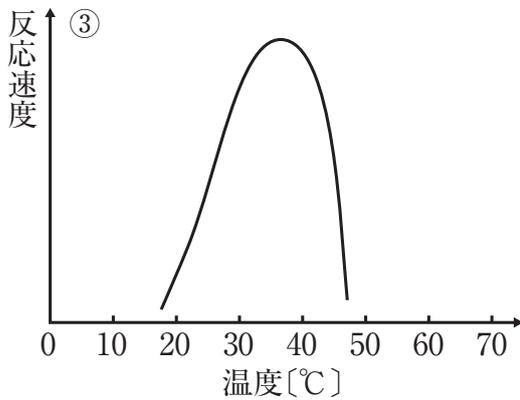
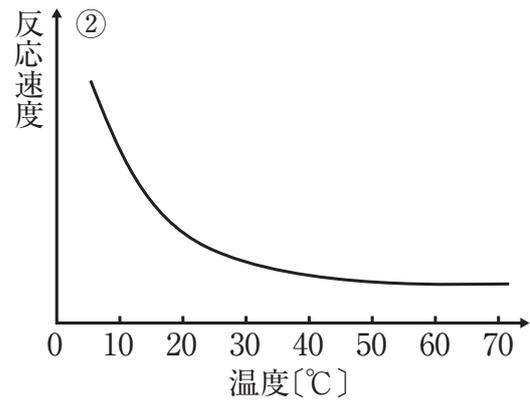
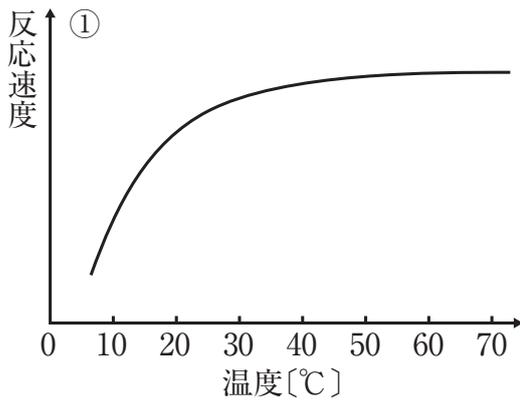
問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 次の①～④の文章には誤ったものと正しいものが含まれている。正しい場合には○を記せ。また、誤っている場合には、正しい記述になるように下線部の語句を修正し、修正後の語句を記せ。

- ① タンパク質水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫色になる。この反応を、ニンヒドリン反応という。
- ② タンパク質水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、タンパク質が分解し、アンモニアが生成する。
- ③ あるタンパク質を含む水溶液に、濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると、橙黄色になる。この結果は、このタンパク質を構成するアミノ酸に、カルボキシ基を側鎖にもつアミノ酸が含まれていることを示す。
- ④ あるタンパク質を含む水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加え加熱した後に、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると、黒色沈殿を生じる。この結果は、このタンパク質を構成するアミノ酸に、窒素を側鎖に含むアミノ酸が含まれていることを示す。

問 3 下線部 a について、酵素としてアミラーゼを用いた反応に関する次の各問に答えよ。

- 1) この酵素反応の反応速度と温度の関係を表わす図として、最も適切なものを次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。



2) この酵素反応の反応速度と pH の関係を表わす図として、最も適切なものを次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。

