

'14

前期日程

受験号

見本

# 理 科 問 題

(医学部医学科)

## 注 意 事 項

問題〔1〕～〔5〕は全て解答してください。問題〔6〕、〔7〕はどちらか一題を選択して解答してください。問題〔6〕、〔7〕では、選択した問題の答案用紙左下の選択欄に、○を記入してください。○がついていない答案は採点の対象になりません。また、問題〔6〕、〔7〕の両方の選択欄に○を記入した場合は、どちらの答案も0点となるので、十分注意してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は25ページです。問題に落丁、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. 解答は指定の答案用紙に記入してください。
4. 下書きには下書き用紙と問題冊子の余白を利用してください。
5. 答案用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

試験日程 前期日程

試験教科・科目名 医学部医学科 理科

問題訂正

問題 3 (2)

12ページ の 問2の式(2)

(誤) ・  $\Pi = \underline{c} R T$

(正) ・  $\Pi = \underline{c} R T$

斜体 (イタリック)

※ 問題文中の「モル濃度  $\underline{c}$ 」と同じ。

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	H = 1.0	Li = 6.9	C = 12.0	N = 14.0
	O = 16.0	F = 19.0	Na = 23.0	P = 31.0
	S = 32.1	Cl = 35.5	K = 39.1	Ca = 40.1
	Zn = 65.4	Br = 79.9		

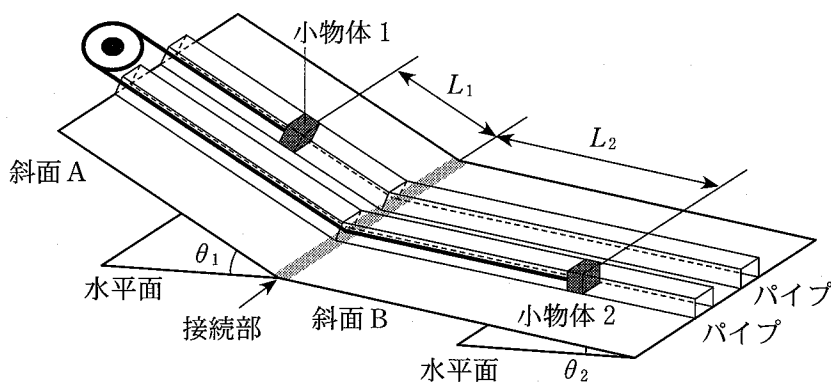
理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C,  $1.01 \times 10^5$  Pa)

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 図のように、水平面からの角度  $\theta_1$  と  $\theta_2$  をもつ二つの斜面，斜面 A と斜面 B がある。ただし， $\theta_1 > \theta_2$  とする。二つの斜面は十分せまい接続部を介して滑らかに接続されている。二つの斜面上に，互いに平行な 2 本の細いパイプが，接続部と直交するように設けられている。大きさが無視できる質量  $m$  の二つの小物体 1 と 2 が，滑らかに動く滑車に掛けられたひもで連結されている。滑車とひもの質量は無視できるものとする。小物体 1 と 2 は，二つの斜面に設けられたパイプ内を運動し，二つの斜面の接続部を滑らかに通過できる。また，ひもは常にパイプと平行で，ひもとパイプとの摩擦は無視できるものとする。そのため，ひもが二つの小物体を引く力（張力）の大きさは等しくなっている。はじめ，ひもを張った状態で，小物体 1 を斜面 A 上のパイプ内で接続部から距離  $L_1$  上方の位置，小物体 2 を斜面 B 上のパイプ内で接続部から距離  $L_2$  下方の位置におき，静かに放したところ，小物体 1 は斜面に沿って下方へ，小物体 2 は斜面に沿って上方へ，初速度の大きさ 0 で動き始めた。その後の運動で，ひもがたるむことはなかった。 $L_2 > L_1$ ，重力加速度の大きさを  $g$  として，以下の(1)から(12)の問に答えなさい。



図

[I] まず、二つの小物体とパイプとの間の摩擦が無い場合を考えよう。

小物体1が斜面Aを下り、小物体2が斜面Bを上るときの運動を考える。

- (1) 小物体1の加速度の大きさを  $g$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  を用いて表しなさい。
- (2) 小物体1が運動を開始してから、距離  $L_1$  移動し、接続部を通過するまでの時間  $t_1$  を、 $L_1$ ,  $g$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  を用いて表しなさい。
- (3) 小物体1が接続部を通過する瞬間の、小物体1の速さ  $V_1$  を、 $L_1$ ,  $g$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  を用いて表しなさい。

小物体1が接続部を通過した後、二つの小物体が斜面B上を対向して移動するときの運動を考える。

- (4) 小物体1が接続部を通過してから、小物体2が接続部に到達するまでの時間を  $g$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  を用いて表しなさい。

二つの小物体の運動を、解答欄のグラフに図示してみよう。ただし、グラフにおいて、二つの小物体が動き始めた時刻を  $t=0$  とし、 $t_1$  と  $V_1$  は、(2), (3)で求めた量である。以下の(5)から(7)までは、 $L_1=L$ ,  $L_2=3L$ ,  $\sin \theta_1=3 \sin \theta_2$  とする。

- (5)  $0 \leq t < t_1$ ,  $t_1 < t < 2t_1$ , および  $2t_1 < t < 3t_1$  の範囲で、時刻  $t$  と、小物体1の速さとの関係を、解答欄のグラフに示しなさい。
- (6)  $0 \leq t < t_1$ ,  $t_1 < t < 2t_1$ , および  $2t_1 < t < 3t_1$  の範囲で、時刻  $t$  と、小物体1のパイプに沿った移動距離との関係を、解答欄のグラフに示しなさい。
- (7)  $0 \leq t < t_1$ ,  $t_1 < t < 2t_1$ , および  $2t_1 < t < 3t_1$  の範囲で、時刻  $t$  と、ひもの張力の大きさとの関係を、解答欄のグラフに示しなさい。なお、グラフ中に●(黒丸印)で示す点は、時刻  $t=0$  での張力の大きさを表すものとする。

[II] つぎに、パイプ内の下の面と小物体との間に摩擦力が働く場合を考えよう。パイプ内の下の面と小物体との間の動摩擦係数を  $\mu'$  とする。

ひもを張った状態で、小物体 1 を斜面 A 上のパイプ内で接続部から距離  $L_1$  上方の位置、小物体 2 を斜面 B 上のパイプ内で接続部から距離  $L_2$  下方の位置におき、静かに放したところ、小物体は初速度の大きさ 0 で動き始めた。

- (8) 小物体 1 が斜面 A を下っているときの、小物体 1 の加速度の大きさと、ひもの張力の大きさを  $m, g, \mu', \theta_1, \theta_2$  のうち必要なものを用いて表しなさい。
- (9) 小物体 1 が運動を開始してから接続部を通過するまでの時間と、通過する瞬間の小物体 1 の速さを  $g, L_1, \mu', \theta_1, \theta_2$  を用いて表しなさい。
- (10) 小物体 1 が接続部を通過した後、小物体 2 が接続部に到達するためには、つぎの条件が満足される必要がある。

$$L_2 - L_1 < \boxed{\phantom{000}} \times L_1$$

上の空欄  $\boxed{\phantom{000}}$  にあてはまる式を  $\mu', \theta_1, \theta_2$  を用いて表しなさい。

- (11) (10)の条件が満足されたものとし、小物体 2 が接続部に到達したときの小物体 2 の速さを  $g, L_1, L_2, \mu', \theta_1, \theta_2$  を用いて表しなさい。
- (12) (10)の条件が満足されたものとし、小物体 2 が斜面 A を上り始めた後、初めて静止したときの、小物体 2 と接続部との距離を  $L_1, L_2, \mu', \theta_1, \theta_2$  を用いて表しなさい。

2 以下の【I】，【II】について設問に解答せよ。

【I】 真空中に面積  $S[\text{m}^2]$  で厚みの無視できる正方形金属板 1, 2, 3 を, 金属板 1, 2 間の間隔が  $z[\text{m}]$ , 金属板 1, 3 間の間隔が  $d[\text{m}]$  となるよう, 図 1 のように平行に配置する。ただし,  $z < d$  とする。金属板の 1 辺の長さは極板間隔  $d$  に比べ十分長く, 金属板は平行板コンデンサーの極板として働くものとする。さらに, 金属板 1, 2, 3 と抵抗値  $R[\Omega]$  の抵抗器, 起電力  $V[\text{V}]$  の直流電源, スイッチ  $S_1, S_2$  を使って図 1 のように回路を組む。最初, スイッチ  $S_1, S_2$  は開かれており, 金属板は帯電していないものとして以下の(1)から(7)の間に答えよ。ただし, 真空の誘電率を  $\epsilon_0[\text{F/m}]$  とする。

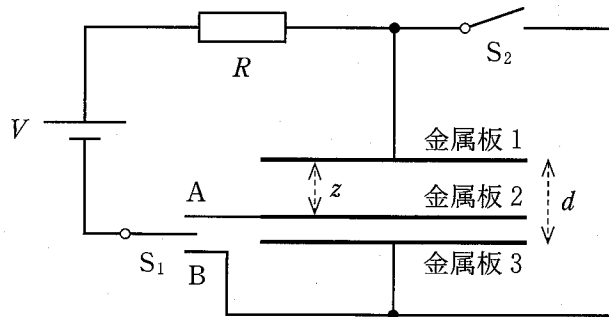


図 1

まず, スイッチ  $S_1$  を接点 A に接続し, 十分時間が経過した。

- (1) 抵抗の両端間の電圧の大きさを求めよ。
- (2) 金属板 1, 2 間の電場(電界)の大きさ  $E[\text{N/C}]$  を求めよ。
- (3) 金属板 1 に帯電した電荷  $Q[\text{C}]$  は  $Q = \boxed{\phantom{00000}} \times E$  と表される。空欄  $\boxed{\phantom{00000}}$  に入る適切な式を求めよ。

次に, スイッチ  $S_1$  を開いたのち, 金属板 1, 2 の電荷を取り除いた。その後, スイッチ  $S_1$  を接点 B に接続し, 十分時間が経過した。

- (4) 金属板 1 に帯電した電荷を  $d, S, V, z, \epsilon_0$  のうち必要なものを用いて表せ。

次に、スイッチ  $S_1$  を開き、スイッチ  $S_2$  を閉じた後、スイッチ  $S_1$  を接点 A に接続し、十分時間が経過した。

(5) 金属板 1, 2 間, および, 金属板 2, 3 間における電場の大きさをそれぞれ  $d, V, z$  のうち必要なものを用いて表せ。

(6) 金属板 1, 3 に帯電した電荷  $q_1[\text{C}], q_3[\text{C}]$  をそれぞれ  $d, S, V, z, \epsilon_0$  のうち必要なものを用いて表せ。

その後、スイッチ  $S_1$  を開いたのち、スイッチ  $S_2$  を開き、スイッチ  $S_1$  を接点 B へ接続し、十分時間が経過した。

(7) 金属板 1, 3 に帯電した電荷  $Q_1[\text{C}], Q_3[\text{C}]$  をそれぞれ  $d, S, V, z, \epsilon_0$  を用いて表せ。

【II】 真空中に 1 辺  $w[\text{m}]$  の正方形極板 1, 2 があり, 極板間隔を  $d[\text{m}]$  とする平行板コンデンサーを構成している。このコンデンサーと抵抗値  $R[\Omega]$  の抵抗器, スイッチ  $S$ , および起電力  $V[\text{V}]$  の直流電源を使って図 2 のような回路を組んだ。なお, 極板の 1 辺の幅  $w$  は極板間隔  $d$  に対して十分長いものとし, 極板間が真空のときのコンデンサーの電気容量を  $C_0[\text{F}]$  とする。また, 図 2 に示すように, 極板 1 の真ん中(対角線の交点)を原点  $O$  とし, 辺  $PQ$  に平行右向きに  $x$  軸をとり, 極板 1 に垂直上向きに  $y$  軸をとる。最初, スイッチ  $S$  は開いており, 極板は帯電していないものとする。この状態を初期状態とよぶものとし, 以下の(8)から(13)の間に答えよ。

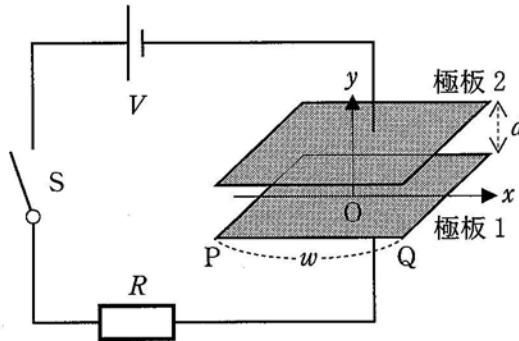


図 2



横幅  $\frac{w}{2}$ ，奥行き  $w$ ，厚さ  $d$  の直方体の形をした帯電していない誘電体を図3のようにコンデンサーの左端から距離  $\frac{w}{6}$  離れた位置に挿入した。その後，スイッチ  $S$  を閉じ，十分時間が経過した。誘電体の比誘電率を  $\epsilon_r$  とし，誘電体は極板間からはみ出ないものとする。

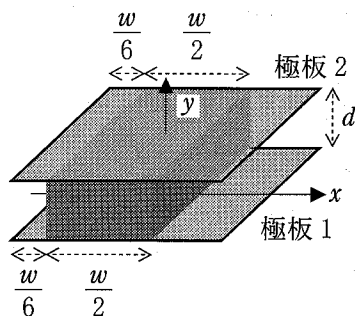


図3

- (8) このときの平行板コンデンサーの電気容量は  $C_0$  の何倍になるか。  $\epsilon_r$  を用いて表せ。
- (9) 横軸を  $x$  座標とし，縦軸をその  $x$  座標での極板間の電場の大きさとしたグラフを解答欄に図示せよ。なお，図示する範囲は  $-\frac{w}{2} < x < -\frac{w}{3}$ ， $-\frac{w}{3} < x < \frac{w}{6}$ ， $\frac{w}{6} < x < \frac{w}{2}$  とする。また，解答欄の  $E_0$  [N/C] は極板間が真空のときに，スイッチ  $S$  を閉じ，十分時間が経過したときの電場の大きさである。

次に、スイッチSを開いて、誘電体を取り去り、極板の電荷を全て取り除き、回路を初期状態に戻した。その後、極板間に横幅  $w$ 、奥行き  $w$ 、厚み  $\frac{d}{2}$  の直方体の形をした帯電していない誘電体を、図4のように誘電体の下面を極板1と平行にして、 $\frac{d}{6}$  だけ離れた位置に挿入し、スイッチSを閉じ、十分に時間が経過した。なお、誘電体の比誘電率を  $\epsilon_r$  とし、誘電体は極板間からはみ出ないものとする。

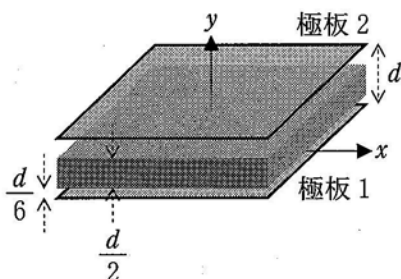


図4

- (10) このときの平行板コンデンサーの電気容量は  $C_0$  の何倍になるか。  $\epsilon_r$  を用いて表せ。
- (11) 横軸を  $y$  座標とし、縦軸をその  $y$  座標での極板間の電場の大きさとしたグラフを解答欄に図示せよ。なお、この問(11)では、比誘電率  $\epsilon_r$  を3とし、図示する範囲は  $0 < y < \frac{d}{6}$ ,  $\frac{d}{6} < y < \frac{2d}{3}$ ,  $\frac{2d}{3} < y < d$  とする。また、解答欄の  $E_0$  は極板間が真空のときに、スイッチSを閉じ、十分時間が経過したときの電場の大きさである。
- (12) 横軸を  $y$  座標とし、縦軸をその  $y$  座標での極板2を基準とした電位にとったグラフを解答欄に図示せよ。なお、この問(12)では、比誘電率  $\epsilon_r$  を3とし、図示する範囲は  $0 < y < \frac{d}{6}$ ,  $\frac{d}{6} < y < \frac{2d}{3}$ ,  $\frac{2d}{3} < y < d$  とする。また、解答欄(12)のグラフの縦軸の  $V$  は、図2の電源の起電力である。

次に、誘電体を取り去り、回路を初期状態に戻した。続けて、極板間に横幅  $\frac{w}{2}$ 、奥行き  $w$ 、厚さ  $\frac{d}{2}$  の直方体の形をした帯電していない誘電体を図 5 のように、誘電体の左側面をコンデンサーの左端から距離  $\frac{w}{6}$  離し、誘電体の下面を極板 1 と平行にして、距離  $\frac{d}{6}$  だけ離れた位置に挿入した。なお、誘電体の比誘電率を  $\epsilon_r$  とし、誘電体は極板間からはみ出ないものとする。

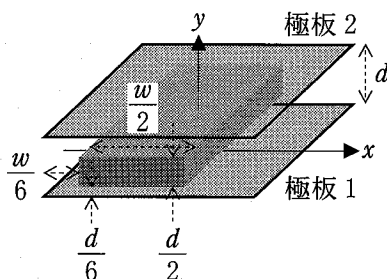


図 5

- (13) このときの平行板コンデンサーの電気容量は  $C_0$  の何倍になるか。  $\epsilon_r$  を用いて表せ。

3

- (1) 気体の化学反応に関する次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

二酸化硫黄と酸素をある温度で反応させると、三酸化硫黄が生成する。この生成反応は発熱反応である。生成した三酸化硫黄は二酸化硫黄と酸素に分解するので、この化学反応は可逆反応である。気体の二酸化硫黄および気体の三酸化硫黄の生成熱はそれぞれ 297 kJ/mol と 397 kJ/mol である。この化学反応が平衡状態にあるときの二酸化硫黄、酸素、三酸化硫黄の分圧をそれぞれ  $p_{\text{SO}_2}$ 、 $p_{\text{O}_2}$ 、 $p_{\text{SO}_3}$  とし、気体は全て理想気体と見なすと、温度が一定のもとでは次の式(1)が成り立つ。

$$\frac{(p_{\text{SO}_3})^2}{(p_{\text{SO}_2})^2 p_{\text{O}_2}} = K_p \quad (1)$$

$K_p$  を圧平衡定数という。式(1)で表される関係を  の法則という。

一般に、可逆反応の正反応と逆反応は、同じ反応経路と活性化状態を経由して進行する。三酸化硫黄が分解して二酸化硫黄と酸素が生成する反応の活性化エネルギーは 351 kJ/mol であるが、ある触媒が存在すると 163 kJ/mol になる。

問1 空欄  にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 気体の二酸化硫黄と酸素が反応し、気体の三酸化硫黄が生成するときの熱化学方程式を記せ。

問3 この化学反応が平衡状態にあるとき、三酸化硫黄の分圧を増加させるためには温度、混合気体の全圧、二酸化硫黄の分圧をそれぞれどのように変化させればよいか。解答欄の「上げる」か「下げる」のいずれかを選び、○で囲め。

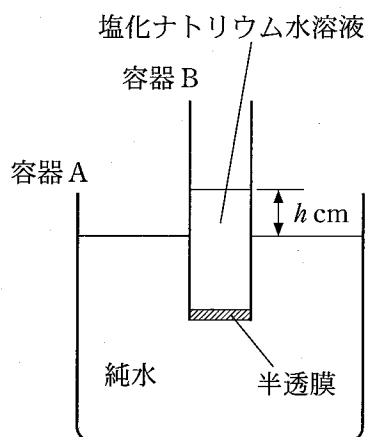
問 4 二酸化硫黄 2.0 mol と酸素 1.0 mol を反応させ、三酸化硫黄を生成させる実験を行った。反応開始時の混合気体の全圧を  $1.0 \times 10^5$  Pa として、温度と体積を一定にして反応させたところ、平衡時の全圧は  $8.0 \times 10^4$  Pa になった。このときの三酸化硫黄の分圧を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 5 下線部の触媒が存在するとき、二酸化硫黄と酸素が反応して三酸化硫黄が生成する反応の活性化エネルギーを計算し、答えよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

容器Aと容器Bは、図に示す位置に固定されており、水分子しか通さない半透膜で仕切られている。また、容器Bは円筒形である。

大気圧( $1.01 \times 10^5$  Pa)の下で、容器Aに純水を、容器Bに5.85 mgの塩化ナトリウムNaClを含む水溶液を入れ、両容器内の液体の温度を300 Kに保った状態で放置した。すると、半透膜を通して、2つの容器の間で水の移動が起こり、しばらくして液面差  $h$  cm で平衡状態になった。このとき、容器Bの水溶液の体積は1.0 Lであった。



ただし、平衡時の容器B内の塩化ナトリウム水溶液の濃度は一様とし、さらに、容器Aの容積は、容器Bの容積と比べて十分大きいいため、水の移動が起こっても容器Aの液面の高さは変わらないとする。また、水の電離および蒸発の影響は無視する。

問1 下線部において容器Bに溶解している全イオンのモル濃度を有効数字2桁で答えよ。ただし、塩化ナトリウムは、水溶液中で完全に電離しているとする。

問2 ファントホッフの法則によると、希薄溶液の浸透圧  $\Pi$  [Pa]は、溶液中の全イオンのモル濃度  $c$  [mol/L]、気体定数  $R$  [Pa·L/(K·mol)]、および絶対温度  $T$  [K]を用いて、式(2)で与えられる。

$$\Pi = cRT \quad (2)$$

下線部における容器Bの塩化ナトリウム水溶液の浸透圧を、式(2)を用いて有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 3 下線部の状態から、容器 B を鉛直下向きに  $h$  cm 押し下げ、容器 A と容器 B の液面の高さが等しくなった位置で固定した。その後、半透膜を通して容器 A から容器 B へ水の移動が起こり、液面差が  $h'$  cm となったところで再び平衡状態になった。この  $h'$  と  $h$  の大小関係について、最も適切なものを以下の①～③の中から 1 つ選び、その番号を記せ。

①  $h' = h$

②  $h' > h$

③  $h' < h$

問 4 下線部の塩化ナトリウム水溶液と同じ浸透圧を示す塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  水溶液 1.0 L には、何 g の塩化カルシウムが溶解しているか、水溶液が十分希薄であるとして、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、塩化カルシウム水溶液の密度は、塩化ナトリウム水溶液の密度と等しいとし、水に溶解した塩化カルシウムは完全に電離しているとする。

4

- (1) シュウ酸(COOH)<sub>2</sub>と水酸化ナトリウムの中和滴定に関する次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

G君は実験室にあった濃度不明の水酸化ナトリウム水溶液Xを中和滴定し、その濃度を求めようと考えた。まず、シュウ酸二水和物  gをはかり取り、蒸留水を加えて溶かすことで0.0500 mol/Lのシュウ酸水溶液を100 mL調製した。このシュウ酸水溶液を10.0 mLはかり取り、指示薬に  を用いた中和滴定を行ったところ、中和には水酸化ナトリウム水溶液Xが25.0 mL必要であった。この結果からG君は水酸化ナトリウム水溶液Xの濃度を求めた。<sup>a</sup>その後、G君は中和滴定で余った水酸化ナトリウム水溶液Xが入った瓶のフタを閉め忘れて帰宅した。

G君は翌日、フタを閉め忘れた瓶の中の水酸化ナトリウム水溶液Xを用いて昨日と同様に0.0500 mol/Lのシュウ酸水溶液10.0 mLの中和滴定を行ったところ、中和に必要な水酸化ナトリウム水溶液Xの量は25.0 mLよりも増加した。<sup>b</sup>このことからG君は、水酸化ナトリウム水溶液はできるだけ空気に触れないように保管すべきであることを学んだ。

問1 水酸化ナトリウムとシュウ酸の中和反応式を記せ。

問2 下線部aの水酸化ナトリウム水溶液X中の水酸化ナトリウムのモル濃度を有効数字3桁で記せ。

問3 空欄  にあてはまる数値を有効数字3桁で記せ。

問4 空欄  にあてはまる最も適切な指示薬を以下の①～④の中から1つ選び、その番号を記せ。

- |           |              |
|-----------|--------------|
| ① メチルレッド  | ② フェノールフタレイン |
| ③ メチルオレンジ | ④ リトマス       |

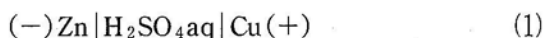


問 5 G 君は酸として塩酸ではなくシュウ酸水溶液を中和滴定に用いた。これは、塩酸は濃度の変化しやすく、中和滴定における酸の標準液として通常使われないためである。塩酸の濃度の変化しやすい理由を 20 字以内で記せ。

問 6 下線部 b にあるように、必要な水酸化ナトリウム水溶液 X の量が増加したのは、フタを閉め忘れた瓶の中で水酸化ナトリウムと空気中に通常約 0.04 % (体積) 含まれる気体が反応したためである。その気体の化学式を記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

式(1)および式(2)で表される電池がある。式(2)の電池では負極と正極で電解液が異なり、両極の電解液の間に素焼き板が存在する。式(1)の電池を放電すると、負極で  が酸化され  が生成し、正極で  が還元され  が生成する。



問1 空欄  ～  にあてはまる最も適切なものを以下の①～⑩から選び、番号を記せ。

- ① Cu      ②  $\text{Cu}^{2+}$       ③ Zn      ④  $\text{Zn}^{2+}$       ⑤  $\text{SO}_4^{2-}$   
⑥  $\text{SO}_2$       ⑦  $\text{O}_2$       ⑧  $\text{OH}^-$       ⑨  $\text{H}_2$       ⑩  $\text{H}^+$

問2 式(2)の電池を放電したときの全体の反応をイオン反応式で記せ。

問3 式(2)の電池を5.00 Aの一定電流で放電したとき、亜鉛電極の質量が0.163 g減少した。放電時間は何分か、有効数字3桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問4 式(2)の電池において銅電極を炭素棒電極に代えて放電したとき、正極で起こる反応を電子 $e^-$ を含むイオン反応式で記せ。

問5 式(2)の電池の負極の電解液を硫酸亜鉛水溶液から塩化ナトリウム水溶液に代えて放電した。電池の放電後に負極側および正極側の全ての電解液中に存在する $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  および  $\text{Zn}^{2+}$  イオンのそれぞれの総量は放電前と比較してどのように変化するか、解答欄の中から最も適切なものに○を記せ。

5

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

軟体動物の一種であるイカに含まれる物質を調べるため、以下のような実験を行った。

まず、フラスコに溶媒(沸点62℃)と細かく切ったイカを入れ、これを70℃で1時間加熱した。冷却後、この溶媒に溶け出した成分を、吸着剤と有機溶媒を用いた  により分離した。分離された成分の一つである、物質Aを精製するため、メタノールを用いて  したところ、きれいな白色の固体が得られた。このAは分子量が386の炭素・水素・酸素からなる脂環式化合物であり、38.6 mgのAを完全燃焼させると、水が41.4 mg、二酸化炭素が118.8 mg 生成した。Aの構造を調べてみると、ヒドロキシ基が存在し、不飽和結合として、炭素—炭素二重結合が1つだけ含まれていた。さらに5員環と6員環の2種類の環構造が含まれていた。これらの結果と他の実験データから、最終的にAはコレステロールであることがわかった。

問1 空欄  と  にあてはまる最も適切な語句を、以下の語群より選び答えよ。

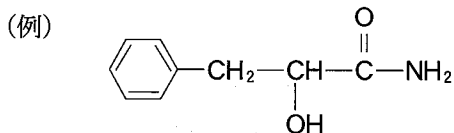
【語群】 ろ過、抽出、昇華、蒸留、分留、再結晶、クロマトグラフィー

問2 Aの組成式と分子式を求めよ。また、計算過程も示せ。

問3 Aの構造式には5員環と6員環が合わせていくつ含まれると考えられるか、その数を記せ。

問4 下線部の実験を行うための装置図を、化学実験でよく使われる器材を用いて描け。ただし、装置を支持するための器具(スタンド、三脚など)については省略してよい。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5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。



エチレン(エテン)への水の付加ではエチルアルコールが得られる。エチルアルコールをおだやかに酸化すると  が得られる。アセチレン(エチン)への水の付加では ビニルアルコール が生じるが、これは不安定なため  へ異性化<sup>a</sup>する。 は酸化により  に変換される。 を炭酸水素ナトリウムに加えると、激しく気体が発生する。<sup>b</sup>

分子構造が炭素—炭素二重結合に関して対称でないアルケンに水が付加する場合は、生成するアルコールとして2種類の異性体が考えられる。例えば、プロピレン(プロペン)への水の付加では、アルコールA、またはアルコールBの生成が考えられる。アルコールAは、酸化されると化合物Cとなり、化合物Cはさらなる酸化を受けにくい。一方、アルコールBはおだやかな酸化で化合物Dとなり、化合物Dがさらに酸化されると化合物Eに変換される。なお、アルコールAと化合物Cはヨードホルム反応を示すが、アルコールB、および化合物D、Eは示さない。<sup>c</sup>

問1 空欄  と  にあてはまる最も適切な化合物名を記せ。

問2 下線部 a のビニルアルコールの構造式を記せ。

問3 下線部 b の気体は何か、その化合物名を記せ。

問4 化合物A～Eの構造式を記せ。

問 5 下線部 c の実験操作，およびそのときに観測される現象として最も適切なものを，①～⑤の中からそれぞれ 1 つ選び，その記号を記せ。

実験操作

- ① ヨウ化ナトリウムと硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えて温める。
- ② ヨウ化ナトリウムとアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温める。
- ③ ヨウ素とヨウ化カリウム水溶液を加えて温める。
- ④ ヨウ素と希硫酸水溶液を加えて温める。
- ⑤ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温める。

観測される現象

- ① 赤褐色の沈殿が生じる。
- ② 緑色の沈殿が生じる。
- ③ 黄色の沈殿が生じる。
- ④ 溶液の色が青から無色に変化する。
- ⑤ 溶液の色が無色から青紫色に変化する。

[選択問題] (  6 ,  7 ) のどちらか一題を選択して解答)

6 次の文章を読んで、問1～問9の答を解答欄に記入せよ。

高分子化合物は、一般的に分子量が1万を超える巨大な分子であり、大別すると、デンプンや羊毛のような  ア 高分子化合物とポリスチレンやポリエス  
テルのような  イ 高分子化合物に分けられる。このような高分子化合物<sup>a</sup>  
は、小さい構成単位が繰り返し結合した構造をしている。この構成単位のもととなる小さな分子を単量体(モノマー)といい、単量体を次々に結合する反応を重合という。

重合は、その反応様式により  ウ 重合と縮合重合に分類される。  
 ウ 重合は、不飽和結合を持つ単量体が連続的に  ウ 反応し、結合  
が形成される重合である。もう一方の縮合重合は、 エ 個以上の官能基を  
持つ単量体から分子間で簡単な化合物がとれ、結合が形成される重合である。

イ 高分子化合物に含まれる単量体の数<sup>b</sup>は一定ではなく、分子量は平均の  
値(平均分子量)で表される。

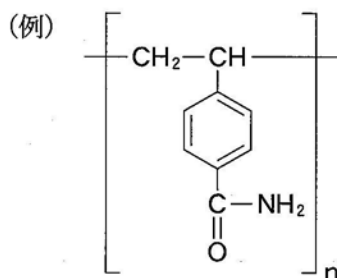
多くの高分子化合物は加熱すると、ある温度で柔らかくなって変形する。さら<sup>c</sup>  
に加熱すると次第に流動性を増し、やがて液体となる。一方、加熱しても柔らかくならず、硬くなる高分子化合物もある。このような高分子化合物の代表的な<sup>d</sup>  
例として尿素樹脂やメラミン樹脂のようなアミノ樹脂がある。

高分子化合物は繊維や樹脂など様々な形状で利用されている。ナイロン繊維<sup>e</sup>  
は、ナイロンを加熱により溶解し、細孔から押し出すことで得られる。繊維の染色<sup>f</sup>  
には、染料が用いられ、ナイロン繊維は綿や羊毛と同様に染色されやすい。

酸性または塩基性の官能基を持つ樹脂には、水溶液中のイオンを別のイオンと交換する働きがあり、イオン交換樹脂とよばれている。特に、スルホ基を持つ樹脂は、陽イオン交換樹脂<sup>g</sup>とよばれている。

問 1 空欄 ア ~ エ にあてはまる最も適切な語句や数字を記せ。

問 2 下線部 a のポリエステル的一种に、エチレングリコールとテレフタル酸から得られるポリエチレンテレフタレートがある。その構造式を下の例にならって記せ。



問 3 分子量  $2.4 \times 10^4$  のポリエチレンテレフタレート 1 分子に含まれているエステル結合の数を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 4 下線部 b の単量体の数は何とよばれているか記せ。

問 5 下線部 c の柔らかくなって変形する温度は何とよばれているか記せ。

問 6 下線部 d のように加熱により硬くなる理由を 15 字以内で記せ。

問 7 下線部 e の尿素樹脂とメラミン樹脂を得る際に、両方で使用される共通の単量体名を記せ。

問 8 下線部 f の染料が繊維を染色するしくみを 40 字以内で記せ。

問 9 下線部 g の陽イオン交換樹脂に塩化ナトリウム水溶液を通すと、その水溶液の pH の値が変化した。pH の値の変化で正しいものは以下の①または②のどちらか、その番号を記せ。また、その理由を 50 字以内で記せ。

① 大きくなる

② 小さくなる

〔選択問題〕 (〔6〕, 〔7〕 のどちらか一題を選択して解答)

〔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。

生体の基本単位である細胞を構成する物質には、水、無機化合物、そして糖類(炭水化物)・核酸・タンパク質・〔ア〕などの有機化合物がある。

〔ア〕は、水に溶けにくく、エーテルやトリクロロメタン(クロロホルム)などの有機溶媒に溶ける物質の総称である。糖類の中の多糖、核酸、タンパク質は、低分子量の単量体(モノマー)が縮合重合することにより生成する高分子化合物<sup>a</sup>である。

多糖には、植物の細胞壁を構成する重要な物質である〔イ〕や、光合成により作られ、植物の種子や根茎に多く存在するデンプンがある。

核酸は、リン酸基・糖(ペントース)・塩基からなる〔ウ〕とよばれる化合物が鎖状に縮合重合した高分子化合物であり、構成成分の糖がデオキシリボースであるデオキシリボ核酸(DNA)と、リボースであるリボ核酸(RNA)の2種類に大別される。DNAは遺伝情報を伝えるはたらきをし、DNAから転写されたRNAの情報にしたがってタンパク質が合成される。DNAとRNAを構成する塩基はどちらも4種類であり、アデニン(A)・グアニン(G)・シトシン(C)の3種類が共通で、残りの1つはDNAでは〔エ〕(T)、RNAでは〔オ〕(U)である。2本のDNA分子鎖間で、A—T、G—Cのように塩基<sup>b</sup>対を形成することにより、DNAは〔カ〕構造をとっている。

問1 空欄〔ア〕～〔カ〕にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部aについて、多糖、核酸、タンパク質のいずれの化合物においても、縮合重合により取れる化合物は同一である。その名称を記せ。



問 3 下線部 b について，塩基対の形成に重要な役割をはたす結合の名称を記せ。

問 4 デンプン水溶液はフェーリング液を還元しない。一方，デンプン水溶液に希硫酸を加えて加熱し，その後中和した溶液は，フェーリング液を還元し，沈殿が生じる。この沈殿物の化学式と色を記せ。また，希硫酸を加えて加熱した試料では，フェーリング液の作用により沈殿が生じる原因を 50 字以内で説明せよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

酵素は、主にタンパク質からなる物質であり、生体内で起こる複雑な化学反応の触媒としてはたらき、温和な条件でも反応を速やかに進行させることができる。酵素は特定の基質に作用する。これを酵素の基質 ア という。酵素がその基質 <sup>a</sup> ア をもつのは、酵素が特有の イ 構造をもっているからである。酵素は特有の イ 構造にはまりこむ基質とだけ結合し、速やかに ウ をつくる。このとき、基質と結合する酵素の部位を エ という。また、酵素反応の反応速度は、温度、水素イオン濃度、基質濃度などの影響を強く受ける。<sup>b</sup>

問1 空欄 ア ～ エ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部aについて、酵素カタラーゼが作用する基質の物質名とその酵素による反応式を記せ。

問3 下線部bについて、酵素反応の反応速度に関する記述①～③のうち、正しいものには○、誤っているものには×を記せ。

- ① だ液に含まれるアミラーゼの最適pHは約7、すい液に含まれるトリプシンの最適pHは約8であり、生体内の全ての酵素の最適pHは6～8の間にある。
- ② 酵素反応の反応速度が最適温度より高い温度において小さくなるのは、酵素を構成しているタンパク質が変性するためである。
- ③ 酵素の濃度が一定の条件では、基質の濃度の増加に伴って酵素反応の反応速度は大きくなり、ある濃度で反応速度は最大値に達するが、それ以上の濃度では反応速度は一定になる。

問 4 無酸素状態での嫌気呼吸のアルコール発酵において、グルコースは酵母が持つ酵素群チマーゼのはたらきで、エタノールと二酸化炭素に分解される。この反応において、グルコースを 9.0 g 含む水溶液に酵母を混ぜてアルコール発酵を行うと、二酸化炭素が発生し、その体積は  $1.01 \times 10^5$  Pa, 310 K のもとで 1.0 L であった。この時点での未反応のグルコースと生成したエタノールはそれぞれ何 g か、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、グルコースとエタノールの分子量は 180 と 46 とし、発生した二酸化炭素は、理想気体として扱うものとする。