

化 学

・必要があれば 次の値を用いなさい。

原子量：H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Al=27.0

$0^{\circ}\text{C}=273\text{K}$

気体定数： $R=8.3\times 10^4\text{Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

アボガドロ定数： $N_A=6.0\times 10^{23}/\text{mol}$

・気体は理想気体と仮定しなさい。

1 次の問の説明に最も適合する化合物を以下の選択肢から1つ選び、記号で答えなさい。ただし、同じ化合物を複数回選択してもかまわない。(配点20)

- (a) メタノール CH_3OH
- (b) 酢酸 HCOOH
- (c) アセトン CH_3COCH_3
- (d) ベンゼン C_6H_6
- (e) シクロヘキサン C_6H_{12}

問1 環状構造を有し、化合物中のすべての原子は同一平面上にある。

問2 還元性を有し、銀鏡反応を示す。

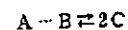
問3 真空にした体積2.0Lの容器に、化合物を2.0g入れ、232℃で完全に気化させたところ、容器内の圧力が $5.0\times 10^4\text{Pa}$ になった。

問4 化合物の完全燃焼後の気体に含まれる水と二酸化炭素のモル比は2:1であった。ただし、液体は存在しないとする。

問5 体積が一定の密閉容器を真空にし、そこに化合物1.0molと、酸素1.5molを加え、化合物を完全に気化させて圧力を測定した。その後、化合物を完全燃焼してから冷却し、生成した水を容器から取り除いた。容器の温度が燃焼前と同じになるまで待ったところ、容器内の圧力は、燃焼前の0.70倍になった。ただし、完全燃焼反応以外は起きないとする。

2 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点20)

AとBが反応してCが生成する下記の反応について考える。



正反応の反応速度 v_1 (速度定数 k_1)はAとBのそれぞれのモル濃度に比例する。一方、逆反応の反応速度 v_2 (速度定数 k_2)はCのモル濃度の2乗に比例する。ただし、A、BおよびCのモル濃度(mol/L)は、それぞれ[A]、[B]および[C]と表記する。また、温度は一定である。

問1 正反応および逆反応の反応速度(v_1 および v_2)を速度定数および各成分のモル濃度を用いた式で示しなさい。

問2 正反応に関して、AとBの反応開始時の濃度がどちらも3.0mol/Lであるとき、反応開始直後のCの生成速度は $3.6\times 10^{-3}\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ であった。一方、逆反応に関して、Cの反応開始時の濃度が2.0mol/Lであるとき、反応開始直後のCの分解速度は $1.0\times 10^{-2}\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ であった。正反応および逆反応の速度定数 k_1 および k_2 ($\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{min})$)を答えなさい。

問3 この反応が平衡状態に達したときの平衡定数 K を答えなさい。

問4 AとBの反応開始時の濃度がどちらも5.0mol/Lであるとき、平衡状態におけるCの濃度(mol/L)を有効数字2桁で答えなさい。

3 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

銀白色の光沢を持つ金属であるアルミニウム (Al) は、原子番号 、価電子数 の元素であり、周期表の 族に属する。アルミニウムは、酸とも塩基とも反応し、気体を発生し溶解することから、 とも呼ばれる。アルミニウム結晶の単位格子が、一辺が 4.0×10^{-10} m の長さの面心立方格子とすると、密度は (g/m^3) である。

アルミニウムの酸化物は、岩石や粘土の成分として地殻に大量に存在している。アルミニウム水溶液の電気分解ではアルミニウムの単体を得ることはできない。そこで以下のような方法が用いられる。

アルミニウムの鉱物であるボーキサイト ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ が主成分) を粉砕し、濃い水酸化ナトリウムに溶解する。不純物を除去した後、この溶液に多量の水を加えると、加水分解が起こり、水酸化アルミニウム ($\text{Al}(\text{OH})_3$) が沈殿する。水酸化アルミニウムを高圧加熱処理することで融点 2054°C の を得ることができる。 の融点を下げるため、 を混合し、約 1000°C で溶融後、陰極・陽極の両方とも炭素電極を用いて電気分解を行なうと 極にアルミニウムが析出する。この操作を 電解法という。

問 1 文中の ~ に適当な語句、または適当な数値を入れ、文章を完成させなさい。

問 2 文中の に入る適当な数値を有効数字 2 桁で計算しなさい。なお、途中の計算過程も書きなさい。

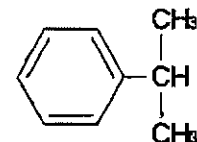
問 3 文中の下線部①において、塩酸および水酸化ナトリウム水溶液がアルミニウムを溶解する反応を化学反応式で記しなさい。

問 4 文中の下線部②のように、アルミニウム水溶液の電気分解ではアルミニウムの単体を得ることはできない。その理由を答えなさい。

問 5 1円硬貨は、アルミニウムからできている。ここで1円硬貨が、質量 1.00g のアルミニウムの単体のみからなると仮定した場合、上記の 電解法において、1円硬貨を1枚つくるのに必要な電気量 (C) を、有効数字 3 桁で計算しなさい。なお、途中の計算過程も書きなさい。ただし、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{C}/\text{mol}$ とする。

4 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。なお、化合物の構造式については以下の例にならって書きなさい。(配点 20)

構造式の書き方の例



芳香族化合物は種々利用されている。フェノールを濃硝酸濃硫酸混液で処理すると生成されるピクリン酸は、強酸性、爆発性等の特徴があり、医薬品では、ある種の薬理標本固定剤に配合されている。 水溶液をフェノール類の水溶液に加えると青紫～赤紫色を呈するが、ピクリン酸水溶液に加えても呈色しない。サリチル酸は、フェノールと金属ナトリウムを反応させて生成するナトリウムフェノキシドと を加熱・加圧 (125°C , $0.4 \sim 0.7 \text{MPa}$) し反応させた後、硫酸を加えると生成される。サリチル酸と無水酢酸に濃硫酸を加えると生成する や、サリチル酸とメタノールに濃硫酸を加え加熱すると生成する は医薬品として用いられている。無水フタル酸はフェノールフタレインやサリドマイド等の原料である。薬害事件の原因となったサリドマイドには、その後、ある種の「がん」に対する治療効果が発見された。フェノール、スチレン、テレフタル酸等の芳香族化合物は、合成樹脂や合成繊維の原料になっている。テレフタル酸は、 と を重合してポリエチレンテレフタレート (PET) を形成する。

問 1 ~ の化合物名を答えなさい。

問 2 フェノール、ピクリン酸 、無水フタル酸、スチレンの構造式を、それぞれ書きなさい。

問 3 水溶液を加えると、 と の水溶液の片方だけ、赤紫色に呈色する。どちらの化合物が呈色するか、記号で答え、分子量も答えなさい。

問 4 サリドマイドには不斉炭素原子が 1 つ含まれており、立体異性体が 1 組存在する。これは何と呼ばれているか答えなさい。

問 5 にあてはまる適切な語句を次の語句から選び答えなさい。

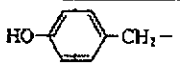
置換 付加 縮合 付加縮合 開環



5 次の文章を読んで、後の問に答えなさい。(配点 20)

ペプチドXは、グリシン1分子を含む3分子の α -アミノ酸からなる鎖状のトリペプチドである。
 ペプチドXの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、薄い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を少
 ①量加えたところ赤紫色になった。また、ペプチドXの水溶液に、濃硝酸を加えて加熱すると(ア)の
 ②色になり、一度冷却してからアンモニア水を加えたところ橙黄色となった。さらに、ペプチドXの水
 ③溶液に濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿を生
 じた。表1に α -アミノ酸の名称、分子量および側鎖の構造を示す。

表1. α -アミノ酸の名称、分子量および側鎖の構造

名称	分子量	側鎖の構造
グリシン	75	H-
メチオニン	149	H ₃ C-S-CH ₂ -CH ₂ -
アスパラギン酸	133	HOOC-CH ₂ -
リシン	146	H ₂ N-(CH ₂) ₄ -
チロシン	181	HO-  -CH ₂ -

- 問1 下線部①の反応を何と呼ぶか答えなさい。
- 問2 下線部②の反応を何と呼ぶか答えなさい。
- 問3 (ア)にあてはまる色を答えなさい。
- 問4 下線部③の呈色反応の結果から、ペプチドXには表1に示すどの α -アミノ酸が含まれていると判定できるか答えなさい。
- 問5 下線部④の呈色反応の結果から、ペプチドXには表1に示すどの α -アミノ酸が含まれていると判定できるか答えなさい。
- 問6 下線部⑤の反応で生じた黒色沈殿は何か、化学式で答えなさい。
- 問7 ペプチドXの分子量を答えなさい。なお、途中の計算過程も書きなさい。