

化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）

すべての受験者は、**1**～**4**の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $S = 32.1$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa L/(K mol)}$

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

1 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

空気の主成分は窒素と酸素であり、その他の成分としては希ガスや水蒸気、二酸化炭素などを含んでいる。化石燃料が燃焼すると、化石燃料の構成元素である炭素は二酸化炭素に、水素は水蒸気となるが、不純物として含まれている硫黄は、二酸化硫黄として大気中に排出され、これが酸性雨の原因の一つになっている。雨水は、大気中に存在する二酸化炭素を溶解して弱酸性を示す。酸性雨では、それに加えて硫酸や硝酸などを溶かし込んでいるため、より低いpHを示す。

問1 下線部①の希ガス原子の中で塩化物イオン Cl^- と同じ電子配置を持つものの名称と元素記号を答えなさい。

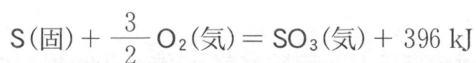
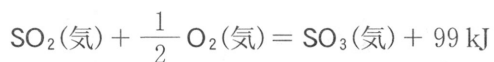
問2 下線部②の二酸化炭素を構造式で示しなさい。

問3 窒素と酸素を理想気体と考え、以下の問いに有効数字2桁で答えなさい。

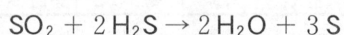
(ア) 窒素 18 g を、 27°C で 10 L の容器に入れた。このときの気体の圧力は何 Pa となるか。

(イ) 温度も体積も(ア)のまま、酸素をさらに 5.0 g 加えて完全に混合した。この混合気体の全圧および窒素の分圧は何 Pa となるか。

問 4 下線部③に関連して、次の熱化学方程式を用いて、硫黄の燃焼熱を求めなさい。



問 5 二酸化硫黄は硫化水素と反応して次式のように硫黄の単体を遊離する。



この反応により SO_2 および H_2S 中の S の酸化数はどのように変化するか、答えなさい。

問 6 下線部④に関連して、仮に 1.0 mg の SO_2 がすべて硫酸になったとして 1.0 L の純水に溶け込んだときの水素イオン濃度を求めなさい。ただし、電離度 $\alpha = 1$ とする。解答は、有効数字 2 桁で答えなさい。

I. 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

愛大エミカさんは猛暑のある日、実験室で0.10 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液を用いて酸化還元滴定を行うことで、過酸化水素水の濃度を調べることにした。過酸化水素水 10.0 mL をビーカーにとり、酸性条件下にした後に、0.10 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した。滴定に要した過マンガン酸カリウム水溶液の量は 20.0 mL であった。なお、実験中の室温は37℃、気圧は 1.00×10^5 Pa であった。

問1 過酸化水素は酸化剤としても還元剤としてもはたらくことが知られている。還元剤としてはたらくときのイオン反応式を示しなさい。

問2 酸性条件下で過マンガン酸カリウム水溶液を用いると、酸化剤としてはたらくことが知られている。このときのイオン反応式を示しなさい。

問3 酸性条件下で過マンガン酸カリウム水溶液と過酸化水素水を反応させたときに起こる反応をイオン反応式で示しなさい。

問4 下線部の実験結果から得られる過酸化水素水のモル濃度を答えなさい。

問5 下線部の実験で発生した気体の体積を答えなさい。気体は理想気体として考えなさい。

化学の試験問題は次ページに続く。

II. 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

一般に、反応物の濃度が大きいほど反応速度は **A** なる。気体の反応では、反応物の濃度とその **B** は比例する。従って、**B** が大きいほど、一般に反応速度は **C** なる。触媒を用いると反応のしくみが変わり、活性化エネルギーの **D** 経路で反応が進むので、反応の速さは大きくなる。触媒は反応の活性化エネルギーを **E** して反応速度を大きくするが、反応熱の値には影響しない。

ヨウ化水素 HI を密封容器に入れて高温に保つと、水素 H_2 とヨウ素 I_2 に分解される。この変化は 9 kJ/mol の吸熱反応である。白金 Pt を触媒として用いたときの活性化エネルギーを 58 kJ/mol 、金 Au を触媒として用いたときの活性化エネルギーを 105 kJ/mol とし、触媒を用いないときの活性化エネルギーを 178 kJ/mol とする。

問1 文章中の **A** から **E** の中に適した語句を入れなさい。

問2 図1はヨウ化水素を触媒を用いないで水素とヨウ素に分解するときの反応経路とエネルギーの関係を表したグラフである。

(ア) 触媒を使わないときの活性化エネルギー、および、反応熱に相当する部分を両矢印(\longleftrightarrow)で示し、その熱エネルギーの値を両矢印の右横に記入しなさい。必要な補助線も記入すること。

(イ) この反応に Pt もしくは Au を触媒として加えた。Pt を触媒として用いたときの反応経路を実線で、Au を触媒としたときの経路を点線で記入しなさい。

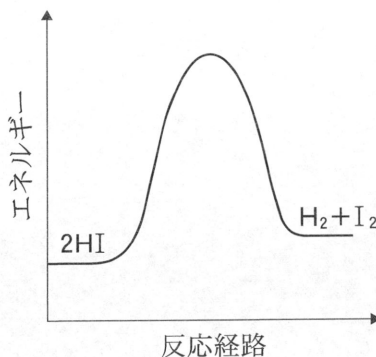


図1

問 3 水素とヨウ素からヨウ化水素が生成する反応速度は水素とヨウ素のそれぞれの濃度 (mol/L) に比例する。反応容器中に 1.5 mol の水素と 1.5 mol のヨウ素を入れて 410 °C に保ったとき、最初の 1 秒間にヨウ化水素が 0.10 mol 生成した。同じ容器中に 0.40 mol の水素と 3.6 mol のヨウ素を入れて 410 °C に保ったとき、最初の 1 秒間に生成するヨウ化水素は何 mol か答えなさい。ただし、反応のはじめの間はヨウ化水素の分解は無視できるものとする。

I. 炭化水素に関する以下の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

分子が鎖状構造の飽和炭化水素をアルカンと呼ぶ。アルカンは分子量が大きいものほど融点や沸点が高く、室温(約25℃)、通常の大気圧下(1気圧)において炭素原子の数 n が 以下では気体、 n が 以上では液体、16～18以上では固体となる。

一方、エチレン C_2H_4 やプロペン C_3H_6 のように分子中の炭素原子間に二重結合を1つ含み、他は全て単結合の鎖式炭化水素を という。炭素原子数 n が 以上の には炭素原子の繋がり方及び二重結合の位置に基づく と、二重結合への原子・原子団の付き方の向きによる が存在する。エチレンやプロペンは、特定の条件下で同じ分子同士で連続的に付加反応を行い、ポリエチレンやポリプロピレンを生じる。この反応を という。

アセチレン $H-C\equiv C-H$ やプロピン $CH_3-C\equiv C-H$ などのように分子中の炭素原子間に三重結合を1個含む鎖式炭化水素を と呼ぶ。

問1 文中の ～ に最も適した語句または数値を答えなさい。

問2 ガス燃料として用いられるプロパンを完全燃焼させたときの化学式をかきなさい。

問3 プロパンをある量だけ完全燃焼させたところ、標準状態で5.6 Lの酸素が消費された。このとき反応したプロパンの質量は何gか、答えなさい。

II. 以下の実験に関する文章を読み、問1～問7に答えなさい。

試験管にニトロベンゼン 1 mL とスズ 2 g をとり、良く振り混ぜながら濃塩酸 7 mL を少しずつ加えた後、60℃の温浴で熱したところ、ニトロベンゼンの油滴が無くなった。この溶液を三角フラスコに移し、弱塩基性になるまで水酸化ナトリウム水溶液を加えると、再び油の層が現れた。ここにジエチルエーテルを少量加え、分液ろうとを用いてエーテル層を取り出し、エーテル層を蒸発皿にとってエーテルを蒸発させたところ、独特の臭気を持つ液体が残った。二クロム酸カリウム水溶液 2 mL と硫酸 2 mL をこの液体に加えて熱したところ、黒く変色した。

亜硝酸ナトリウムと塩酸をこの液体に加え、そこにナトリウムフェノキシド C_6H_5ONa の水溶液を加えると、液体は橙赤色に変化した。

問 1 下線部①の反応の反応式をかきなさい。

問 2 下線部②の反応の反応式をかきなさい。

問 3 下線部③において得られた化合物の構造式を示しなさい。

問 4 下線部④の液体にさらし粉を加えるとどうなるか、簡潔に答えなさい。

問 5 下線部⑤で得られた物質の名称を答えなさい。

問 6 下線部⑥で起こった反応を何と呼ぶか、答えなさい。

問 7 下線部⑥の反応で得られる化合物の構造式を示しなさい。

4 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

糖類(炭水化物)、タンパク質、脂質は三大栄養素と呼ばれ、ヒトの生命活動を維持するために必要な物質である。タンパク質は複数のアミノ酸が **A** 結合によってできた構造をもつ。タンパク質を構成する約20種類のアミノ酸のうち、グルタミン酸(等電点3.2) $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ とリシン(等電点9.7) $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ を図2のように食塩水で湿らせたろ紙の上にのせ、直流の電源につなぐと、生じたイオンがろ紙上を移動する。この現象を **B** と呼ぶ。

糖類(炭水化物)の一種であるでんぷん($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_nはヒトの体内で消化酵素 **C** と **D** により順に加水分解され、マルトース(麦芽糖) $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ を経てグルコースになる。生体内で脂質の一種である油脂は、酵素(リパーゼ)により加水分解され、**E** と **F** を生成する。また、油脂は水酸化ナトリウムを加えて熱すると、**G** と **F** を生成する。この反応を **H** という。

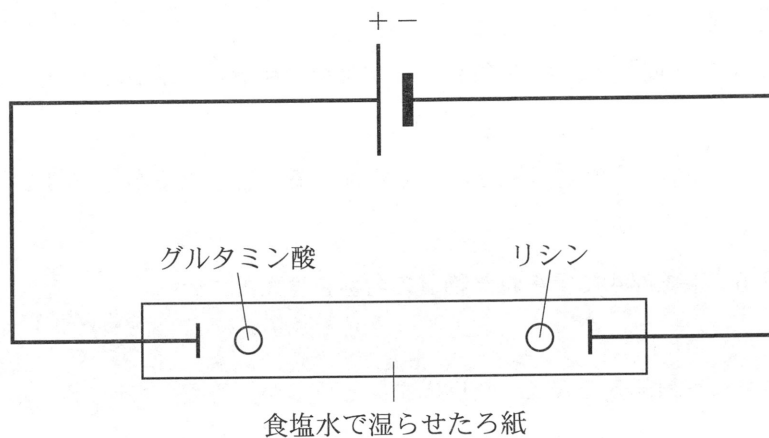


図2

問 1 ~ に入る語句を記入しなさい。

問 2 図 2 について説明した文章中の ~ にイオン式または語句を記入しなさい。

pH 7.0 の食塩水中で、アミノ酸が電離することにより、グルタミン酸から が生じ、また、リシンが溶解することにより が生じる。直流の電源につなぐと、 は陰極側へ、 は陽極側にそれぞれ移動し、出会うところで 反応が起こる。

問 3 問 2 について、この反応が起こる位置を知るための方法を述べなさい。

問 4 9.0 g のでんぷんが完全にマルトースに加水分解されるとき、何 g のマルトースが得られるか、答えなさい。