

化 学

注 意

1. 問題は全部で14ページである。
2. 解答用紙に氏名・受験番号を忘れずに記入すること。
3. 解答はすべて解答用紙に記入すること。
4. 解答用紙は必ず提出のこと。この問題冊子は提出する必要はない。
5. **I** の答はマーク・シート解答用紙に記入し、**II** と **III** の答は記述式解答用紙に記入すること。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけない。

マーク・シート記入上の注意

1. HBの黒鉛筆またはシャープペンシルを用いて記入すること。
2. 解答用紙にあらかじめプリントされた受験番号を確認すること。
3. 解答する記号の○を塗りつぶしなさい。○で囲んだり×をつけたりしてはいけない。

解答記入例(解答が1のとき)

1	☒	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 0	☐ a	☐ b	☐ c	☐ d	☐ -	☐ *
---	----------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

4. 一度記入したマークを消す場合は、消しゴムでよく消すこと。×をつけても消したことになる。
5. 解答用紙をよごしたり、折り曲げたりしないこと。

I 次の問 1、問 2 の答をマーク・シート解答用紙に記入せよ。

問 1 以下の文を読み、下線①、③～⑤の値を有効数字 2 桁で、下線②の値を有効数字 3 桁で求め、**1** ～ **17** にあてはまる最も適切な数値を、マーク・シート解答用紙の同じ番号の解答欄にマークせよ。ただし、気体はすべて理想気体とし、気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

高温で窒素は水素と反応してアンモニアを生成し、次のような化学平衡に達する。



この化学平衡を調べるため、下の図に示すような容器 A と容器 B、容器 C を連結させた反応容器を用いて、温度一定の条件で[実験 1]と[実験 2]を行った。なお、容器 A と容器 B、容器 C をつなぐコック I とコック II を開けば、容器内の気体は十分に混ざり合う。また、コックが付いている細管の内容積は無視できるものとする。

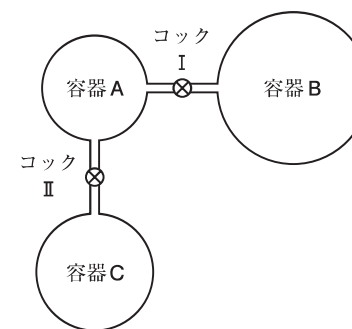


図 実験に用いた反応容器

[実験 1]

すべてのコックが閉じた状態で、容器 A には窒素(気体)を、容器 B には窒素の 3 倍の物質量の水素(気体)を入れた。このとき容器 A 内と容器 B 内の圧力は同じで、 1.80×10^7 Pa であった。その後、コック I を開いて容器 A と容器 B の気体をよく混合させた。十分に時間が経つと平衡に達した。

[実験 1]において平衡に達した後の容器 A 内と容器 B 内の圧力は、コック I を開ける前の圧力の $3/4$ であった。平衡に達した後のアンモニア(気体)の物質^①量に対する窒素(気体)の物質量の比の値を有効数字 2 桁で求めると

$\boxed{1} . \boxed{2} \times 10^{-\boxed{3}}$ と計算される。また、[実験 1]の平衡における圧平^②

衡定数 $K_p = \frac{(p_{\text{NH}_3})^2}{p_{\text{N}_2} \cdot (p_{\text{H}_2})^3}$ (Pa⁻²) を有効数字 3 桁で求めると

$\boxed{4} . \boxed{5} \boxed{6} \times 10^{-\boxed{7} \boxed{8}}$ Pa⁻² となる。なお、この式で、 p_{N_2} 、 p_{H_2} 、 p_{NH_3} は、それぞれ窒素(気体)、水素(気体)、アンモニア(気体)の分圧(Pa)である。

[実験 2]

[実験 1]の平衡に達した後、コック I を閉めて容器 A と容器 B を切り離れた。次に、真空にしておいた容器 C と容器 A をつなぐコック II を開き、容器 A 内の気体を容器 C に流入させた。十分に時間が経つと平衡に達した。

[実験 2]において平衡に達した後のアンモニア(気体)の物質量は気体全体の $1/4$ であった。[実験 2]の平衡におけるアンモニア(気体)の物質^③量に対する窒素(気体)の物質量の比の値を有効数字 2 桁で求めると

$\boxed{9} . \boxed{10} \times 10^{-\boxed{11}}$ と計算される。また、“[実験 1]の平衡時における容器 A・B 内のアンモニア(気体)の全物質^④量”に対する“[実験 2]の平衡時における容器 A・C 内のアンモニア(気体)の全物質量”の比の値を有効数字 2

桁で求めると $\boxed{12} . \boxed{13} \times 10^{-\boxed{14}}$ となる。さらに、[実験 2]の平衡における容器 A 内と容器 C 内の圧力(Pa)を有効数字 2 桁で求めると^⑤

$\boxed{15} . \boxed{16} \times 10^{\boxed{17}}$ Pa と計算される。

問 2 以下の文(1)～(5)について、下線部の記述が正しければ①を、誤っていれば②を同じ番号の解答欄にマークせよ。ただし、原子量は H 1.0, C 12.0, O 16.0, Na 23.0, Cl 35.5 とする。

- (1) 同温同圧において、乾燥空気(気体)の平均密度は窒素(気体)の密度に比べて小さい。 18
- (2) 同温において、グルコース $C_6H_{12}O_6$ 0.18 g を水 100 mL に溶解した水溶液が示す浸透圧は、塩化ナトリウム NaCl 0.10 g を水 200 mL に溶解した水溶液が示す浸透圧よりも高い。 19
- (3) 体心立方格子と面心立方格子の配位数は同じである。 20
- (4) 一定温度で一定量の溶媒に溶ける気体の体積を考える。溶解度の小さい気体では、溶ける気体の体積は圧力一定の下での体積で表すと、溶かした際の気体の圧力に比例する。 21
- (5) 気体 1 mol が液体になるときに放出する凝縮熱は、液体 1 mol が気体になるときに吸収する蒸発熱と等しい熱量である。 22

Ⅱ 以下の文を読み、設問(1)～(8)の答を解答欄に記入せよ。ただし、必要ならば原子量、H 1.0, O 16, S 32, K 39, Mn 55 を用いること。

過酸化水素は、常温、常圧では(ア)の(イ)である。濃い水溶液は(ウ)が強く有機物を発火させる。濃度の低い水溶液はオキシドールと呼ばれ、消毒剤に利用される。過マンガン酸カリウムのような強い(エ)に対して、過酸化水素は(オ)としてはたらくことが知られている。

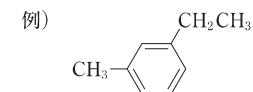
水溶液中の過酸化水素は常温では分解しにくい、酸化マンガン(Ⅳ)を加えると酸素が発生する。これは酸化マンガン(Ⅳ)が(カ)としてはたらくためである。

過酸化水素と二酸化硫黄の反応においては、過酸化水素は(キ)としてはたらく。

- (1) (ア)にあてはまる最も適した色を以下の a～f から選び記号で答えよ。
a 白色 b 黄色 c 赤色 d 無色 e 褐色 f 青色
- (2) (イ)に当てはまる最も適した語句を以下の a～c から選び記号で答えよ。
a 気体 b 液体 c 固体
- (3) (ウ)に当てはまる最も適した語句を以下の a～c から選び記号で答えよ。
a 触媒作用 b 酸化力 c 還元力
- (4) (エ), (オ), (カ), (キ)に当てはまる最も適した語句を以下の a～c から選び記号で答えよ。
a 触媒 b 酸化剤 c 還元剤
- (5) 硫酸酸性水溶液中における過マンガン酸カリウムと過酸化水素の反応の化学反応式を示せ。
- (6) (5)の反応におけるマンガン原子の酸化数の変化として最も適したものを、以下の a～l から選び記号で答えよ。
a $+6 \rightarrow +3$ b $+6 \rightarrow +2$ c $+6 \rightarrow +1$ d $+7 \rightarrow +3$
e $+7 \rightarrow +2$ f $+7 \rightarrow +1$ g $+3 \rightarrow +6$ h $+2 \rightarrow +6$
i $+1 \rightarrow +6$ j $+3 \rightarrow +7$ k $+2 \rightarrow +7$ l $+1 \rightarrow +7$

- (7) オキシドール 2.0 mL をとり、水 20 mL と質量パーセント濃度で 10 % の硫酸 20 mL を入れたビーカーの中に加えた。これを 0.020 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を用いて滴定したところ、終点に達するまでに 40 mL を要した。このオキシドールに含まれる過酸化水素の質量パーセント濃度を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、オキシドールの密度は 1.0 g/cm^3 とする。
- (8) 過酸化水素と二酸化硫黄の反応の化学反応式を示せ。

III 以下の文を読み、化合物 **A** ～ **L** の構造式を解答欄に記入せよ。ただし、構造式は下の例にならって示せ。



トルエンに濃硫酸と濃硝酸の混合物(混酸)を加えて常温で反応させ、パラ位で置換反応を起こした生成物を単離して化合物 **A** を得た。**A** を過マンガン酸カリウム水溶液と反応させて酸性にすると化合物 **B** が生成した。この **B** を塩酸中でスズと反応させたのち、中性にすると化合物 **C** が生成した。濃硫酸を触媒として **C** とエタノールを反応させたのち、反応液を塩基性にしてエーテル抽出を行い、**D** を得た。**D** に 5°C 以下で塩酸と亜硝酸ナトリウムを反応させ、その水溶液を温めたところ気体が発生し化合物 **E** が生成した。また、**D** に 5°C 以下で塩酸と亜硝酸ナトリウムを反応させたのち、その温度を保ったままナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると主生成物として化合物 **F** が生成した。

化合物 **G** と **H** はいずれも **E** の構造異性体でありベンゼンの一置換体である。**G** は不斉炭素原子を 1 個もつが、**H** は不斉炭素原子をもたない。**G** を加水分解すると芳香族化合物 **I** と脂肪族化合物 **J** が生成し、**H** を加水分解すると **I** と脂肪族化合物 **K** が生成した。**I**、**J**、**K** を水酸化ナトリウムと反応させるといずれも塩となったが、炭酸水素ナトリウムと反応させると **J**、**K** は塩となったが、**I** は塩にならなかった。**H** に無水酢酸を反応させるとアセチル化が進行し、化合物 **L** が生成した。

<余 白>

<余 白>

<余 白>

<余 白>

<余 白>