

平成26年度入試  
個別学力試験問題(前期日程)

化 学  
(総合理工学部物質科学科)

注 意

1. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
2. 問題紙は7ページ，解答用紙は5枚です。指示があってから確認し，解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
3. 受験生はすべての問題を解答してください。
4. 答はすべて解答用紙の所定のところ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. 試験終了後，問題紙は持ち帰ってください。

1 次の I, II の文を読み, 問いに答えよ。ただし, 必要であれば, 原子量として  $H = 1.0$ ,  $O = 16$ ,  $S = 32$ ,  $Pb = 207$  を, ファラデー定数として  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  を用いよ。

I 水でぬらしたろ紙に銅粉をのせて塩素中におくと, やがて銅粉は緑色に変わる。これは  が生成したためである。

物質が電子を失う反応を  といい, 電子を受け取る反応を  という。物質中の原子やイオンの酸化や還元を程度を示すとき, 酸化数という数値が用いられる。

II 鉛蓄電池は, 鉛  $Pb$  の極と二酸化鉛  $PbO_2$  の極を希硫酸に浸した構造の電池である。ある程度放電した鉛蓄電池の両極を, それぞれ外部の直流電源につなぎ, 放電の時とは逆向きに電流を流すと, 負極に付着した  は  に, 正極に付着した  は  になり, 電池の  力はもとに戻る。この過程を  という。

問 1 ,  ~  に適当な化学式を, , , ,  に適当な語句を入れよ。

問 2 下線部の反応を電子の授受で考えると, 銅と塩素はそれぞれ電子を (a)「失った」か, あるいは (b)「受け取った」か, (a)あるいは (b)の記号で答えよ。

問 3 次の物質中の下線をつけた原子の酸化数を算用数字で答えよ。

(1)  $H_2$                       (2)  $H_2O$                       (3)  $MnO_4^-$                       (4)  $CaCl_2$

問 4 鉛蓄電池の正極および負極で放電のときに進行する反応を, それぞれ電子 ( $e^-$ ) を用いたイオン反応式で表せ。

問 5 鉛蓄電池において,  $1.93 \times 10^4 \text{ C}$  の電気量が放電されたとき, 各電極はそれぞれ何 g 増減するか, 増加であれば + を, 減少であれば - をつけて, 有効数字 2 桁で答えよ。また, その計算の過程も示せ。

- 2 次の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として  $H = 1.0$ ,  $O = 16$ ,  $Na = 23$  を用いよ。また、すべての水溶液の密度を  $1.0 \text{ g/mL}$ , 比熱を  $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{°C)}$  とする。

化学反応に伴って放出または吸収される熱を反応熱という。反応熱に関して次の実験1および実験2を行った。ここで、反応によって生じた熱はすべて水溶液の温度変化に使われたものとし、この温度範囲では反応熱は一定とする。

〔実験1〕  $5.0 \text{ g}$  の水酸化ナトリウム(固体)を  $20.0 \text{ °C}$  の水  $495 \text{ g}$  に溶解したところ、水溶液の温度が  $2.6 \text{ °C}$  上昇した。

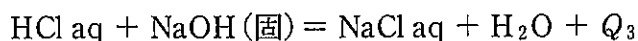
〔実験2〕  $25.0 \text{ °C}$  の  $0.50 \text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液  $500 \text{ g}$  と、 $20.0 \text{ °C}$  の  $0.50 \text{ mol/L}$  塩酸  $500 \text{ g}$  とを混合したところ、水溶液の温度は  $25.9 \text{ °C}$  となった。

問1 実験1および実験2の反応を、それぞれ熱化学方程式で表せ。ただし、それぞれの反応の反応熱を  $Q_1$ ,  $Q_2$  とする。

問2 反応熱  $Q_1$  および  $Q_2$  は一般に何とよばれるか、その名称をそれぞれ答えよ。

問3  $Q_1$  および  $Q_2$  をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

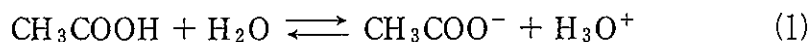
問4 塩酸と水酸化ナトリウム(固体)から塩化ナトリウム水溶液を生成する反応の熱化学方程式は、反応熱を  $Q_3$  として次のように表される。



$Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  の間に成り立つ関係式を示し、関係式の根拠となる法則の名称を答えよ。また、 $Q_3$  を有効数字2桁で求めよ。

3 次の文を読み、問いに答えよ。

弱酸である酢酸は、水溶液中で一部電離し、(1)式の平衡が成り立っている。



ブレンステッド・ローリーの定義によれば、 $\text{H}^+$ (陽子)を与える分子やイオンは酸、 $\text{H}^+$ を受け取る分子やイオンは塩基とよばれる。したがって、(1)式において、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ は  であり、 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ は  である。また、 $\text{H}_2\text{O}$ は  であり、 $\text{H}_3\text{O}^+$ は  ということになる。

(1)式に化学平衡の法則をあてはめると、平衡定数  $K$  は(2)式で表される。

$$K = \frac{[\text{A}] \times [\text{B}]}{[\text{C}] \times [\text{H}_2\text{O}]} \quad (2)$$

ここで、水溶液中で水は多量に存在し、かつ反応する水の物質量はごくわずかであるので、 $\text{H}_2\text{O}$  のモル濃度  $[\text{H}_2\text{O}]$  はほぼ一定と考えてよい。したがって、(2)式の  $[\text{H}_2\text{O}]$  を左辺に移して、 $K[\text{H}_2\text{O}]$  を  $K_a$  で表し、また  $\text{H}_3\text{O}^+$  を  $\text{H}^+$  で表すと、(2)式は(3)式のように表される。この  $K_a$  を酸の  といい、 $K_a$  の値が小さいほど弱い酸と考えることができる。

$$K_a = \frac{[\text{D}] \times [\text{E}]}{[\text{F}]} \quad (3)$$

問 1  ~  に「酸」あるいは「塩基」を、 に適当な語句を入れよ。

問 2  ~  に適当な化学式を入れよ。

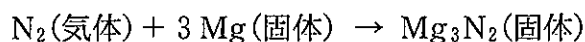
問 3 0.100 mol/L の酢酸水溶液の pH を求めよ。ただし、酢酸の  $K_a$  を  $2.5 \times 10^{-5}$  mol/L,  $\log_{10} 5 = 0.70$  とし、pH の値は小数点以下 1 桁まで求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 4 0.100 mol/L の酢酸水溶液 10.0 mL に 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 10.0 mL 加えた水溶液は、「酸性」、「中性」、「塩基性」のいずれを示すか、答えよ。また、その理由をイオン反応式を用いて説明せよ。

4 次の I, II の文を読み, 問いに答えよ。ただし, 必要であれば, 原子量として  $N = 14.0$ ,  $Ar = 40.0$  を, 気体定数として  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  を用いよ。また, 気体はすべて理想気体として取り扱うことができるものとする。

I 天然の元素は多くの場合, 質量数の異なる  が一定の割合(存在比)で混じって存在する。そこで, 各  の相対質量と存在比から, その元素を構成する原子の相対質量の平均値が計算されている。これをその元素の原子量という。原子量は相対値なので, 単位はつけない。

II マグネシウムは, 高温で窒素と反応するが, アルゴンとは全く反応しない。マグネシウムと窒素との反応は, 次の化学反応式で示される。



標準状態で 3.36 L の窒素とアルゴンの混合気体がある。この混合気体に十分な量のマグネシウムを加え, 高温で反応させたところ, 7.29 g のマグネシウムが消費された。

問 1  に適当な語句を入れよ。

問 2 次の表の値を用いて, マグネシウムの原子量を有効数字 3 桁で求めよ。また, その計算の過程も示せ。

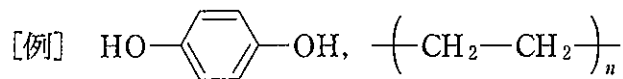
表 マグネシウムの  の相対質量と存在比

<input type="text" value="ア"/>	相対質量	存在比[%]
$^{24}\text{Mg}$	24.0	80.0
$^{25}\text{Mg}$	25.0	10.0
$^{26}\text{Mg}$	26.0	10.0

問 3 II の反応前の混合気体に含まれていた窒素の物質量を、有効数字 2 桁で答えよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、マグネシウムの原子量は、問 2 で求めた値を用いよ。

問 4 反応前の混合気体の全圧を  $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$  にしたとき、窒素とアルゴンの分圧はそれぞれ何 Pa になるか、有効数字 2 桁で答えよ。また、その計算の過程も示せ。

5 次の文を読み、問いに答えよ。ただし、構造式は下の例にならって書け。



分子式  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  で表される芳香族炭化水素の異性体のうち、3種類の化合物を酸化すると、いずれも分子式  $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$  で表される化合物 A, 化合物 B, 化合物 C がそれぞれ生成した。A, B, C は、いずれも水には溶けにくい、水酸化ナトリウム水溶液にはよく溶けた。

A を加熱すると化合物 D が生成した。D は、触媒を用いて空気中の酸素で、ナフタレンを酸化することによっても得られた。

また、C とエチレングリコールの重合により、繊維やプラスチックボトルとして一般に利用される高分子 E が得られた。一方、C とヘキサメチレンジアミンの重合により、繊維に利用される高分子 F が得られた。

問 1 化合物 A~D の構造式を書け。

問 2 化合物 A, B, C が水酸化ナトリウム水溶液によく溶ける理由を説明せよ。

問 3 下線部(a), (b)の重合反応は、一般に何重合とよばれるか、その名称を答えよ。

問 4 高分子 E, F の構造式を書け。

問 5 高分子 F は強い繊維である。この強さの原因の一つとして、高分子鎖間に相互作用が存在することがあげられる。それはどのような相互作用であるか、説明せよ。