

平成 25 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 8 ページ，解答用紙は 5 枚です。指示があつてから確認し，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 下図は第4周期までの元素の周期表を表し、よく似た性質をもつ元素をグループとして(a)~(g)にまとめた。次の問いに答えよ。

族 \ 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	
2																		
3	(a)	(b)													(e)		(f)	(g)
4							(c)						(d)					

- 問 1 グループ(a)に属する元素の水酸化物のうち、水酸化ナトリウムや水酸化カリウムは、大気中に放置すると徐々に水分を吸収して溶解する性質を示す。この性質は一般に何とよばれるか、その名称を答えよ。
- 問 2 グループ(b)に属する元素には、単体が常温の水に対して反応しやすい元素と反応しにくい元素がある。単体が常温の水と反応しやすい元素の元素記号をすべて記せ。
- 問 3 グループ(c)に属する鉄の水酸化物 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ は、鉄(II)イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると淡緑色の沈殿として生成するが、この沈殿は空気中で放置すると赤褐色に変化する。沈殿がこのように変色する理由を説明せよ。
- 問 4 グループ(d)には、単体が酸、強塩基のいずれの水溶液にも溶ける元素が存在し、これらは両性元素とよばれる。グループ(d)に含まれる両性元素の元素記号をすべて記せ。また、これら両性元素の一つを選び、その単体が塩酸および水酸化ナトリウム水溶液に溶ける反応を、それぞれ化学反応式を用いて記せ。

問 5 グループ(e)に属する酸素は、同じグループに含まれる窒素やリンと反応して、二酸化窒素 NO_2 および十酸化四リン P_4O_{10} を生成する。二酸化窒素が水と反応する化学反応式および十酸化四リンが熱水と反応する化学反応式をそれぞれ記せ。

問 6 グループ(f)の三つの元素は、1 : 1 の組成で水素と化合物を形成する。これら三つの水素化合物のうち、水溶液が強酸性を示す化合物を化学式ですべて記せ。

問 7 グループ(f)に属する元素には、単体が常温で気体のものと、液体のものがある。単体が常温で液体である元素を元素記号ですべて記せ。

問 8 グループ(g)に属する元素は化学的に非常に安定で、他の元素と化合物を形成しにくい。その理由を、例としてグループ(g)の第3周期の元素の電子配置を示して説明せよ。

2 次の文を読み、問いに答えよ。

水は、化学式 H_2O で表される水素と酸素の化合物である。水分子は折れ線形の構造をもち、酸素原子と二つの水素原子は共有結合で結びついている。

水は、その沸点が、他の同族元素の水素化合物である H_2S 、 H_2Se 、 H_2Te に比べると、分子量から予想されるよりも著しく高いという特徴をもつ。また、水の固体である氷では、水分子が規則正しく配列し、結晶を構成している。

気体の水(水蒸気)を一酸化炭素 CO と反応させると、二酸化炭素 CO_2 と水素 H_2 を生成する。この反応は可逆反応であり、熱化学方程式は次式で表される。



問 1 $\text{H}-\text{H}$ 結合 (H_2)、 $\text{O}=\text{O}$ 結合 (O_2) の結合エネルギーは、それぞれ 432 kJ/mol、494 kJ/mol である。また、水(液体)の生成熱は 286 kJ/mol、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。ヘスの法則を使って、水の $\text{O}-\text{H}$ 結合の結合エネルギー (kJ/mol) を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。ただし、結合エネルギーとは、気体の状態で分子中の結合を切断するのに必要なエネルギーである。

問 2 水が下線部の特徴をもつ理由を説明せよ。

問 3 氷、水晶、ダイヤモンド、塩化カルシウムは、次の(ア)~(エ)のどの結晶に属するか、それぞれ記号で答えよ。

(ア) イオン結晶

(イ) 共有結晶(共有結合の結晶)

(ウ) 分子結晶

(エ) 金属結晶

問 4 一定容積の容器に水 3.0 mol と一酸化炭素 1.0 mol を入れて、ある温度にしたところ、(1)式の反応が進行し、平衡状態に達した。その温度における(1)式の平衡定数(濃度平衡定数)が 1.0 であるとき、平衡状態における水素 H_2 の物質量(mol)を、有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。

問 5 一定容積の容器内で(1)式の反応が平衡に達しているとき、温度を下げた。このとき、容器内の水素 H_2 の物質量は、どのように変化すると考えられるか。次の(ア)~(ウ)から選び、記号で答えよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

(ア) 増加する (イ) 変化しない (ウ) 減少する

3 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 $N = 14.0$ 、 $O = 16.0$ 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。

容積が自由に変化することのできる容器に、窒素と酸素の混合気体を入れ、温度を 0°C 、全圧を $4.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。このとき、混合気体の密度は、標準状態 (0°C 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) において 1.30 g/L であった。

問 1 混合気体の平均分子量を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。

問 2 混合気体中の窒素の体積百分率を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。

問 3 容器内の窒素の分圧を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。

問 4 この容器に水を 3.00 L 加え、温度を 0°C 、全圧を $4.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。このとき、水に溶解している窒素は何グラムか、有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。ただし、 0°C の水 1.00 mL に溶解する窒素の体積は標準状態に換算して $2.30 \times 10^{-2} \text{ mL}$ とし、溶解した気体の物質量は十分に小さく、気体の組成に影響を与えないものとし、水の蒸気圧は無視できるものとする。

問 5 次に、温度を 0°C に保ったまま、全圧を $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に低下させた。このとき、水に溶解している窒素の体積は、どのように変化すると考えられるか。(ア)~(ウ)から選び、記号で答えよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

(ア) 増加する

(イ) 変化しない

(ウ) 減少する

4 次の文を読み、問いに答えよ。

- (1) ある濃度のアンモニア水(A)の pH を測定したところ、11.00 であった。このアンモニア水(A) 10.0 mL をとり、0.0100 mol/L 硫酸で中和滴定したところ、27.5 mL を要した。
- (2) 0.100 mol/L アンモニア水(B) 50.0 mL に 0.100 mol/L 塩化アンモニウム水溶液 50.0 mL を加えて、混合水溶液(C)をつくった。この混合水溶液(C)に少量の硝酸を加えても、pH はほとんど変化しなかった。

問 1 (1)のアンモニア水(A)のモル濃度はいくらか、有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。

問 2 (1)のアンモニア水(A)の電離度はいくらか、有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。ただし、水のイオン積を、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² とする。

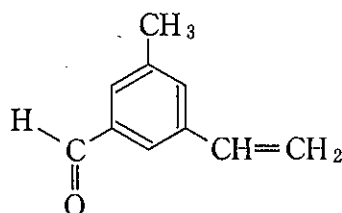
問 3 (1)の中和点において、水溶液は、酸性、中性、塩基性のいずれを示すか、答えよ。また、その理由をイオン反応式を示して説明せよ。

問 4 (1)の中和点を示す指示薬として、メチルオレンジとフェノールフタレインのいずれを用いればよいか、指示薬の名称を答えよ。

問 5 下線部において、pH がほとんど変化しない理由を説明せよ。また、このように pH をほとんど変化させずほぼ一定に保つはたらきは、一般に何とよばれるか、その名称を答えよ。

- 5 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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。また、構造式は下の例にならって書け。

[例]



I 炭素、水素、酸素からなる分子量 136 の化合物 A がある。28.5 mg の A を完全燃焼させると、二酸化炭素 74.0 mg と水 15.0 mg が生成した。

9.60 mg の 1 価のカルボン酸 B を水 5.00 mL に溶解し、0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、1.60 mL を要した。

A に水を加え、希塩酸を触媒として加熱すると、B と化合物 C が生じた。B を脱水すると、化合物 D が得られた。C の水溶液に塩化鉄(III)水溶液を加えると、青紫色に呈色した。また、C と D を反応させたところ、再び A が生成した。

II 分子式 $C_4H_8O_2$ のエステル E がある。E に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、完全に反応させた後、反応混合液にジエチルエーテルを加えてよく振って静置し、ジエチルエーテル層から化合物 F を得た。また、水層に塩酸を加えて酸性にすると、化合物 G が生じた。F はヨードホルム反応を示し、G は銀鏡反応を示した。F を酸化すると、化合物 H が生成した。H は酢酸カルシウムを熱分解することによっても得られる。

問 1 化合物 A の分子式を答えよ。また、その計算の過程を記せ。

問 2 化合物 B の分子量を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。

問 3 化合物 A ~ H の構造式を書け。

問 4 下線部の反応を化学反応式で書け。

問 5 化合物 C と H が同時に得られる工業的製法は何とよばれるか、その名称を答えよ。