

問題・解答 用紙番号	3
---------------	---

の解答用紙に解答しなさい。

化 学

〈受験学部・学科〉

理工学部(生命科学科)、薬学部、農学部【理系科目型】

問題は100点満点で作成しています。

解答にあたっては、下記の注意事項に従うこと。

数字をマークするように求められたときは、次の例に従ってマークせよ。

例1. 問題に $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$ とあるとき、

$\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$
 計算結果が 7.103 ならば、四捨五入して 0 7 1 0 をそれぞれマークせよ。

例2. 問題に $C \boxed{a} H \boxed{b} \boxed{c} N \boxed{d} O \boxed{e}$ とあるとき、

$\boxed{a} \boxed{b} \boxed{c} \boxed{d} \boxed{e}$
 答えが $C_2H_7NO_2$ ならば、2 0 7 1 2 をそれぞれマークせよ。

上の例のように、0や1もマークし、空欄を残さないこと。

解答にあたって必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Ca = 40.0$

気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

I 次の文を読み、問1～7に答えよ。(26点)

ナトリウムの炭酸塩は水によく溶け、炭酸水素塩は水に少し溶ける。また、ナトリウムの炭酸塩や炭酸水素塩に塩酸を加えると、二酸化炭素が発生する。ナトリウムの炭酸塩は加熱しても分解しないが、炭酸水素塩は加熱すると分解して、二酸化炭素が発生する。

カルシウムの炭酸塩は水に溶けにくい。カルシウムの炭酸水素塩は固体として存在せず、水溶液中にのみ存在し、カルシウムイオンと炭酸水素イオンに電離している。また、カルシウムの炭酸塩に塩酸を加えるか、加熱すると分解して、二酸化炭素が発生する。

いま、ナトリウムとカルシウムの塩の性質を確認するために、以下の実験Ⅰ～Ⅳを行った。なお、すべての反応は完全に進行し、溶解している物質はすべてイオンとして存在するものとする。

実験Ⅰ：0.500 mol/L の Na_2CO_3 水溶液 200 mL に、1.00 mol/L の CaCl_2 水溶液 200 mL を加えてかく拌したところ、白色沈殿が生じた。

実験Ⅱ：実験Ⅰの沈殿を含む水溶液に、1.00 mol/L の塩酸 300 mL を少しずつ加えたところ、二酸化炭素が発生しながら沈殿が溶けた。

実験Ⅲ：実験Ⅱの水溶液から溶存の二酸化炭素を完全に除いた後、2.00 mol/L の NaOH 水溶液 70.0 mL を少しずつ加えて、純水で全量を 1000 mL としたところ、沈殿は認められなかった。

実験Ⅳ：実験Ⅲの水溶液に、二酸化炭素を通じると白色沈殿が生じた。

問1 二酸化炭素の性質として適するものを a～f から選んでマークせよ。

- a. 水に少し溶け、水溶液は強塩基性を示す。
- b. 水に少し溶け、水溶液は弱酸性を示す。
- c. 水に少し溶け、水溶液は中性を示す。
- d. 水によく溶け、水溶液は弱塩基性を示す。
- e. 水によく溶け、水溶液は強酸性を示す。
- f. 水によく溶け、水溶液は中性を示す。

問2 以下の操作のうち、発生する二酸化炭素の物質量が最も少ないものを a～e から選んでマークせよ。ただし、いずれの反応も完全に進行するものとする。

- a. 炭酸カルシウム 0.1 mol に十分量の希塩酸を加える。
- b. 炭酸カルシウム 0.1 mol を強熱し、熱分解する。
- c. 炭酸水素ナトリウム 0.1 mol に十分量の希塩酸を加える。
- d. 炭酸水素ナトリウム 0.1 mol を強熱し、熱分解する。
- e. 炭酸ナトリウム 0.1 mol に十分量の希塩酸を加える。

問3 実験Ⅰで生じた白色沈殿の質量を g と表すとき、a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問4 実験Ⅱで発生した二酸化炭素の標準状態における体積を . L と表すとき、a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問5 実験Ⅲにおいて、反応後の水溶液に存在するイオンのうち、最も濃度が高い陽イオンの濃度を . $\times 10^{-\text{c}}$ mol/L と表すとき、a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問6 実験Ⅲにおいて、反応後の水溶液 (25℃) の pH を . と表すとき、a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、25℃における水のイオン積を 1.0×10^{-14} (mol/L)² とし、必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$ を用いよ。

問7 実験Ⅳの水溶液中に存在するイオンのうち、最も濃度が高い陰イオンを a～d から選んでマークせよ。

- a. Cl^-
- b. CO_3^{2-}
- c. HCO_3^-
- d. OH^-

Ⅱ 次の文を読み、問1～6に答えよ。(22点)

水素 H_2 とヨウ素 I_2 の混合気体を加熱すると、その一部が反応してヨウ化水素 HI になる。一方、生成した HI の一部は、分解して H_2 と I_2 になる。このように、どちらの方向にも進む反応を可逆反応といい、上記の反応は式(1)のように表される。



この可逆反応において、 HI の生成反応の反応速度を v_1 、 HI の分解反応の反応速度を v_2 とすると、 v_1 および v_2 は、反応速度定数 k_1 および k_2 を用いて、それぞれ式(2)および式(3)のように表すことができる。ただし、 H_2 、 I_2 、 HI のモル濃度をそれぞれ $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{HI}]$ とする。

$$v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2] \quad \cdots \cdots (2)$$

$$v_2 = k_2[\text{HI}]^2 \quad \cdots \cdots (3)$$

容積一定の密閉容器に H_2 と I_2 の混合気体を入れて高温に保ち、しばらく時間が経過すると、 v_1 と v_2 の値が等しくなり、見かけ上、化学反応は停止したように見える。このような状態を化学平衡の状態(平衡状態)という。式(1)の可逆反応が平衡状態にあるとき、式(4)のような関係が成り立ち、 K をこの可逆反応の平衡定数という。

$$K = \frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}} \text{ (一定)} \quad \cdots \cdots (4)$$

問1 下記の文に該当する原理または法則の名称を a～e から選んでマークせよ。

「可逆反応が平衡状態にあるとき、濃度、圧力、温度などの条件を変化させると、その変化による影響を打ち消す方向に平衡が移動し、新しい平衡状態になる。」

- a. シャルルの法則 b. ファラデーの法則 c. ヘスの法則
d. ヘンリーの法則 e. ルシャトリエの原理

問2 式(1)の平衡定数 K に関する記述として正しいものを a～c から すべて選んで マークせよ。

- a. 反応容器内の圧力が変化しても、平衡定数 K は一定である。
- b. 反応容器内の温度が変化しても、平衡定数 K は一定である。
- c. 反応触媒を加えても、平衡定数 K は一定である。

問3 式(1)の反応に触媒として白金を加えた場合、化学反応の活性化エネルギーおよび v_2 はそれぞれどのように変化するか。下表の組合せのうち、正しいものを a～f から選んでマークせよ。

	活性化エネルギー	v_2
a	小さくなる	小さくなる
b	小さくなる	大きくなる
c	小さくなる	変化しない
d	大きくなる	小さくなる
e	大きくなる	大きくなる
f	大きくなる	変化しない

問4 ア および イ に該当するものを a～h からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. $[\text{H}_2]$ b. $[\text{H}_2]^2$ c. $[\text{H}_2][\text{I}_2]$ d. $[\text{H}_2]^2[\text{I}_2]^2$
- e. $[\text{I}_2]$ f. $[\text{I}_2]^2$ g. $[\text{HI}]$ h. $[\text{HI}]^2$

問5 容積一定の密閉容器に気体の H_2 2.0 mol と気体の I_2 2.0 mol を入れて加熱し、一定温度に保ったところ、反応が平衡状態に達して HI が 3.2 mol 生成した。このときの平衡定数 K の値を a b と表すとき、a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。

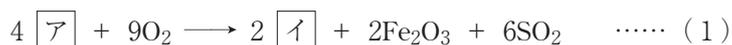
問6 平衡状態を反応速度から考えると、平衡定数 K は下式のように表すことができる。 ウ に該当するものを a～d から選んでマークせよ。

$$K = \text{ウ}$$

- a. $\frac{k_1}{k_2}$ b. $\frac{k_2}{k_1}$ c. $\frac{v_1}{v_2}$ d. $\frac{v_2}{v_1}$

Ⅲ 次の文を読み、問1～7に答えよ。(27点)

銅の製造に用いる鉱石は、硫化物である黄銅鉱(主成分 $\boxed{\text{ア}}$)として産出されることが多い。黄銅鉱を石灰石やけい砂とともに高温の炉で加熱して還元すると、式(1)の化学反応によって $\boxed{\text{イ}}$ が得られる。 $\boxed{\text{イ}}$ に酸素を吹き込みながら加熱することで、式(2)のように反応し、硫黄は二酸化硫黄として取り除かれ、純度99%程度の粗銅が得られる。



粗銅板と純銅板を電極に用い、硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を電気分解すると、粗銅板は溶
① 解して純銅板に純度99.99%以上の純銅が析出する。一方、不純物である他の金属は、粗銅板
からはがれ落ちて下にたまるか、もしくはイオンになって溶け出す。 ②

銅の単体は、塩酸や希硫酸とは反応しないが、③ 硝酸などの酸化力のある酸と反応して溶解し、
気体を発生する。

④ 硫酸銅(Ⅱ)五水和物を水に溶かすと、銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液になる。この水溶液に少量
のアンモニア水を加えると $\boxed{\text{ウ}}$ の沈殿が生じるが、さらに過剰のアンモニア水を加えると沈殿
は溶けて $\boxed{\text{エ}}$ の水溶液となる。

問1 $\boxed{\text{ア}}$ に該当する化学式を a～c から選んでマークせよ。

- a. CuFeS b. CuFeS₂ c. CuFeS₃

問2 $\boxed{\text{イ}}$ に該当する化学式を a～d から選んでマークせよ。

- a. CuS b. Cu₂S c. CuSO₄ d. Cu₂SO₄

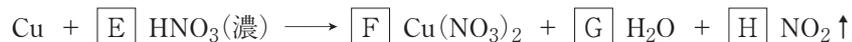
問3 下線部①について、陽極として用いる銅板として正しいものを a および b から選んでマークせよ。

- a. 純銅板 b. 粗銅板

問4 下線部②について、粗銅板からはがれ落ちて下にたまる金属を a～e から 2つ選んでマークせよ。

- a. Ag b. Au c. Fe d. Ni e. Zn

問5 下線部③について、銅と希硝酸または濃硝酸を反応させたときの化学反応式をそれぞれ下式で表すとき、 $\boxed{\text{A}}$ ～ $\boxed{\text{H}}$ に該当する数字をそれぞれマークせよ。



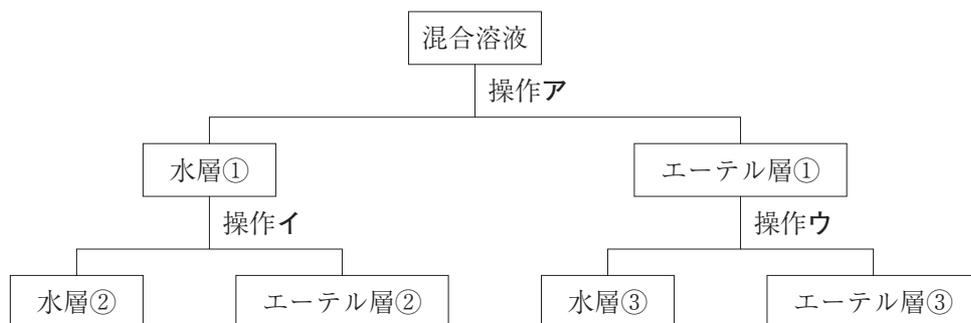
問6 $\boxed{\text{ウ}}$ および $\boxed{\text{エ}}$ に該当する色を a ～ f からそれぞれ選んでマークせよ。

a. 褐色 b. 黒色 c. 深青色 d. 青白色 e. 白色 f. 無色

問7 下線部④について、30℃の水 100 g に溶ける硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (式量 250) の最大質量を $\boxed{\text{a}} \boxed{\text{b}} . \boxed{\text{c}}$ g と表すとき、a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 (式量 160) は、30℃の水 100 g に 25.0 g 溶けるものとする。

IV 次の文を読み、問1～5に答えよ。(25点)

アニリン、安息香酸およびニトロベンゼンをジエチルエーテルに溶解させた混合溶液がある。この混合溶液からそれぞれの有機化合物を分離するため、分液ろうとを用い、以下の操作ア～ウを行った。

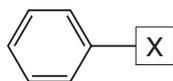


操作ア：混合溶液に塩酸を加えてよく振り混ぜた。静置した後、水層①とエーテル層①に分離した。

操作イ：水層①に水酸化ナトリウム水溶液を加えて十分に塩基性にした後、ジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜた。静置した後、水層②とエーテル層②に分離した。

操作ウ：エーテル層①に水酸化ナトリウム水溶液を加えて十分に塩基性にした後、よく振り混ぜた。静置した後、水層③とエーテル層③に分離した。

問1 アニリンおよびニトロベンゼンの構造式を以下のように表すとき、 X に該当する原子団（官能基）を a～h から選んでそれぞれマークせよ。



- | | | | |
|---------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| a. -CHO | b. -COOH | c. -N ₂ Cl | d. -NH ₂ |
| e. -NO ₂ | f. -OH | g. -ONa | h. -SO ₃ H |

問2 アニリン、安息香酸およびニトロベンゼンが分離される層を a～d から選んでそれぞれマークせよ。

- | | | | |
|--------|--------|-----------|-----------|
| a. 水層② | b. 水層③ | c. エーテル層② | d. エーテル層③ |
|--------|--------|-----------|-----------|

問3 アニリンに二クロム酸カリウム水溶液と硫酸を加えて混合すると、染料として利用される化合物 **A** が得られた。**A** に該当するものを a～e から選んでマークせよ。

- a. アニリンブラック b. アリザリン c. インディゴ
d. 塩化ベンゼンジアゾニウム e. *p*-ヒドロキシアゾベンゼン

問4 ニトロベンゼンに濃塩酸とスズを加え、加熱しながらかく拌した。その後、水酸化ナトリウム水溶液を加えて十分に塩基性になると、化合物 **B** が得られた。**B** に該当するものを a～e から選んでマークせよ。

- a. アニリン b. 塩化ベンゼンジアゾニウム c. クロロベンゼン
d. *p*-クロロアニリン e. フェノール

問5 酸素原子を酸素の同位体 ^{18}O に置き換えたエタノール ($\text{C}_2\text{H}_5^{18}\text{OH}$) と安息香酸を反応させると、化合物 **C** が得られた。**C** の構造式として最も適するものを a～d から選んでマークせよ。ただし、反応に用いた安息香酸は ^{18}O を含まないものとする。

