

前期日程
------

令和3年度入学試験問題（前期日程）

# 化 学

（理 工 学 部）

————— 解答上の注意事項 —————

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で6ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は①から④まで4問あります。解答は、必ず解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 計算問題においては、計算式も記述しなさい。
6. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
7. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

# 令和3年度入学試験 問題訂正

○前期日程

○科目名 化学

訂正箇所1	4 ページ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3</span> 上から 11 行目
誤	$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \boxed{\text{エ}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$
正	$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] [\boxed{\text{エ}}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$

訂正箇所2	6 ページ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</span> 下から 4 行目
誤	(5) 化合物 B を 1.0 g <u>用いたとき,</u>
正	(5) 化合物 B を 1.0 g <u>使い, 完全に反応させたとき,</u>

## 化 学

必要があれば，原子量は以下の値を使いなさい。

H      1.0

C      12

N      14

O      16

1 原子の構造に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

物質の最小構成単位である原子の中心には **ア** が存在し、**ア** は正の電荷をもつ **イ** と中性子からできている。この **ア** のまわりに負の電荷をもつ電子が存在し、**ウ** といわれる層に分かれている。内側から  $n$  番目の **ウ** には、**エ** 個の電子を収容することができる。**ア** 中の **イ** の数は元素ごとに決まっており、この数を原子番号という。**イ** と中性子の質量はほぼ等しく、電子の質量は極めて小さいことから原子の質量は **ア** の質量と等しい。**イ** の数と中性子の数の和を **オ** という。元素の中には、①原子番号が同じであっても **ア** に含まれる中性子数の異なる **カ** が存在するものがある。また **カ** の中には② **ア** が不安定で放射線や電磁波を射出して、他の原子に変わるものがあり、それらを **キ** という。

下線部①のような元素として塩素（原子番号 17）が存在する。天然の塩素には中性子の数が 18 個のものが 70%、中性子の数が 20 個のものが 30%の割合で存在する。また、下線部②のような元素として、原子番号 6 で中性子の数が 8 個の  $^{14}\text{C}$  が存在する。 $^{14}\text{C}$  は年代測定などに用いられ、元の量の半分に減少する **ク** は、 $5.73 \times 10^3$  年である。

- (1) **ア** ~ **ク** にあてはまる適切な語句を答えなさい。
- (2) 塩素分子には質量の異なる分子が存在する。それぞれの分子量と存在割合を百分率で答えなさい。ただし、**イ** の数と中性子の数を合計したものを相対質量とし、分子量は構成する原子の相対質量の和とする。
- (3) 塩素分子の平均分子量を有効数字 2 桁で答えなさい。
- (4) ある地層で発見された木片の  $^{14}\text{C}$  の割合が現代の木の  $^{14}\text{C}$  の割合の 12.5% であるとき、この地層は何年前のものであるか有効数字 3 桁で答えなさい。

2 2族元素とそれらの化合物に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

2族元素の原子は  個の価電子を持つため  価の陽イオンになりやすい。2族元素の単体は同周期のアルカリ金属の単体と比べて融点は  ，密度は  。2族元素の単体はAlの単体と同様に、工業的には  で製造される。Be・Mg・Ca・Sr・Baの単体の中で、 は炎色反応を示さない。2族元素の単体の中には水と反応するものがあり、たとえば、①Caの単体は常温で水と反応する。

Caは生石灰や消石灰やセッコウなどの様々な化合物を形成する。このうち、②生石灰は石灰石を焼いて作られる。また、石灰岩の主成分は③難溶性の塩であるCaCO<sub>3</sub>であるが、④石灰岩が天然に存在する地域では、二酸化炭素を含む地下水の影響により鍾乳洞がみられることがある。また、セメントは石灰・粘土・セッコウなどを用いて作られ、建築材料として使われている。セッコウの化学式は  と書くことができる。さらに、セメントに砂・砂利・水を加えるとセメント中の酸化カルシウムが  になるとともにコンクリートは固まる。このようにコンクリートは  を含むため  性であり、長期間の風雨により中性化して強度が低下する。

(1)  ～  にあてはまる適切な語句や化学式、数値を答えなさい。  
なお、 についてはあてはまるものをすべて答えなさい。

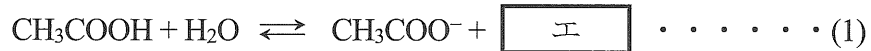
(2) 下線部①と②の化学反応式を書きなさい。

(3) 下線部③に関して、水溶液中のCa<sup>2+</sup>のモル濃度を[Ca<sup>2+</sup>]、水溶液中のCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>のモル濃度を[CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>]、CaCO<sub>3</sub>の溶解度積をK<sub>sp</sub>(mol/L)<sup>2</sup>としたとき、CaCO<sub>3</sub>の沈殿が生じないための関係を答えなさい。

(4) 下線部④について、鍾乳洞が形成される際の、化学反応式を書きなさい。

3 酸や塩基、塩の水溶液に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。  
 ただし、温度は 25 °C、水のイオン積は  $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$  とする。また、必要であれば  $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$  を使いなさい。

水に酸や塩基、塩などの電解質を溶解すると、 して  を生じ、電解質のままの化合物とのあいだで  が成り立つ。酢酸を水に溶解したとき  は、



と表すことができる。また、 $\text{CH}_3\text{COOH}$  と  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  との割合を  といい、 $\alpha$  で表す。酢酸は弱酸であり  $\alpha$  は  よりも非常に小さい。

式(1)中の物質の濃度から  は、

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \text{}}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$$

と表される。希薄水溶液では、水の濃度は他の物質の濃度よりも十分に  。したがって、水の濃度は一定とみなせ、酸の   $K_a$  は、  
 ①  $K_a = K[\text{H}_2\text{O}]$  と表すことができる。  $K_a$  は  が一定であれば一定の値をとる。酢酸の  $K_a$  は、 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  である。

一方、酢酸の塩である酢酸ナトリウムを水に溶解するとほぼ完全に  $\text{Na}^+$  と  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  に分かれる。②生じた  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  が  を起こし、水溶液は塩基性を示す。

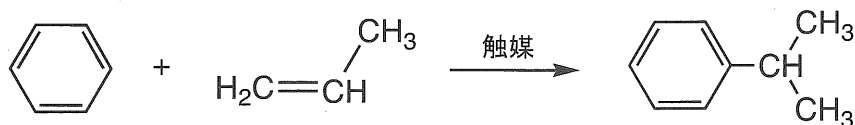
(1)  ~  にあてはまる適切な語句や化学式、数値を答えなさい。

(2) ブレンステッド・ローリーの酸・塩基の定義をそれぞれ答えなさい。

- (3) 下線部①について、溶解した酢酸の初濃度を $C$  mol/Lとして、 $\alpha$ と $K_a$ の関係を示す近似式を導きなさい。
- (4) 0.20 mol/Lの酢酸水溶液のpHを計算しなさい。答は有効数字2桁で書きなさい。
- (5) 下線部②について、酢酸ナトリウム水溶液が塩基性を示すことを、化学反応式を用いて説明しなさい。
- (6) 0.20 mol/Lの酢酸ナトリウム水溶液のpHを計算しなさい。答は有効数字2桁で書きなさい。

4 有機化合物に関する次の文章を読んで問いに答えなさい。なお、構造式と化学反応式は例にならって示しなさい。

(構造式と化学反応式の例)



ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させることによって合成される化合物 A をスズと濃塩酸で還元した。これに水酸化ナトリウム水溶液を加え、エーテルで抽出すると化合物 B が得られた。化合物 B をさらし粉水溶液に加えたところ、赤紫色に呈色した。

①化合物 B の希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 C が生成した。化合物 C は低温では安定であるが、温度が上がると加水分解し、窒素と ア が生成する。②化合物 C の溶液にナトリウムフェノキシド水溶液を加えると、分子中に  $\text{-N=N-}$  をもつ イ 化合物が得られた。

- (1) 化合物 A および B の名称を答えなさい。
- (2) 下線部①の化学反応式を書きなさい。
- (3) ア にあてはまる有機化合物の名称および イ にあてはまる適切な語句を答えなさい。
- (4) 下線部②の反応について、生成する有機化合物の構造式を書きなさい。
- (5) 化合物 B を 1.0 g 用いたとき、下線部②の反応により生成する有機化合物の質量を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、亜硝酸ナトリウム、ナトリウムフェノキシドは化合物 B に対して過剰に用いられており、下線部①および②以外の反応は起こらないとする。