

平成 29 年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

化学基礎・化学

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は 10 ページ，解答用紙は 6 枚である。
指示があってから確認すること。
3. 解答はすべて解答用紙の指定のところに記入すること。
4. 計算その他を試みる場合は，解答用紙の裏または問題冊子の余白を利用してもよい。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが，問題冊子は必ず持ち帰ること。

〔注意〕 必要があれば次の値を用いよ。

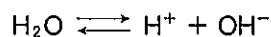
原子量 H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Mg = 24.3, S = 32.1, Cl = 35.5

また、数値を答える際には有効数字3桁で記せ。

〔I〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

水のpHは温度によって変化する。純粋な水は25℃のときpHは7となるが、温度が変化するとpHは7にならない。水の電離平衡は次のような式で表される。



また、水の(ア)(K_w)は次のような式で表すことができ、25℃におけるこの値は $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ である。

$$K_w = K[\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

この電離平衡において、水の電離は吸熱反応であり、温度が低くなると(イ)の原理により電離が起こり(ウ)なる。このため、25℃よりも温度が低い中性の水のpHは7よりも(エ)なる。

強酸や強塩基は、水溶液中でほぼ完全に電離し、その(オ)は1とみなされるが、弱酸や弱塩基は、水溶液中でわずかし電離しない。この(オ)は濃度と温度に依存する。酢酸は(カ)であり、水溶液中で(①)の式で表される電離平衡に達しているとき、酢酸の電離定数 K_a は

$$K_a = (\text{②})$$

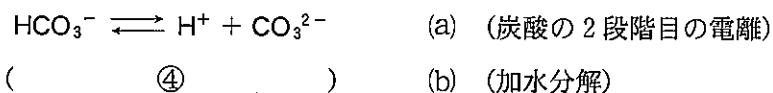
のように表される。ここで、濃度 $c \text{ mol/L}$ の酢酸水溶液において、酢酸の(オ)を α とすると、 α の値が1に比べて非常に小さい場合、(②)の式は、

$$K_a = (\text{③})$$

のように表すことができる。

酸と塩基を混合すると塩が生成される。炭酸水素ナトリウムは酸性塩であるが、その水溶液は弱い塩基性を示す。この事実は、以下のように説明することができる。

炭酸水素ナトリウムは、水溶液中で電離し、ナトリウムイオンと炭酸水素イオンを生じる。このとき生じた炭酸水素イオンには、次のような2つの反応が考えられる。



(a)式で示される反応の平衡定数(電離定数 K_2)は 1.3×10^{-10} mol/L であるとすると、

$$K_2 = (\text{⑤}) = 1.3 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

と求めることができる。一方、(b)式で示される反応の平衡定数(K)は

$$K = (\text{⑥})$$

のように表される。ここで $K[\text{H}_2\text{O}] = K_h$ (K_h は加水分解定数)、炭酸の1段階目の電離定数を $K_1 = 7.8 \times 10^{-7}$ mol/L とすると、

$$K_h = (\text{⑦}) = \frac{(\text{⑨})}{(\text{⑩})} = (\text{⑧}) \text{ mol/L}$$

のように求められる。したがって、(⑪) は (⑫) に比べて大きく、(b)式で示される加水分解の反応の方が進み、炭酸水素ナトリウムの水溶液は、塩基性を示すと判断できる。

問 1 文中の(ア)~(カ)に当てはまる語句を次の語群から選び、記せ。

語 群：

アレニウス, ルシャトリエ, プレンステッド, ドルトン, 大きく,
小さく, にくく, やすく, 強酸, 弱酸, 強塩基, 弱塩基, 電離度,
水和度, 分解度, 溶解度積, イオン積, 電離積

問 2 文中の(①)~(⑥)に当てはまる式をそれぞれ記せ。ただし,
(③)は a を用いた式で記せ。

問 3 文中の(⑦)に当てはまる式を記し, (⑧)の値を求めよ。また,
(⑨)~(⑫)にはそれぞれどのような定数が入るか。本文中から適切な定数を選び, 記号で記せ。

問 4 亜硫酸水素ナトリウム NaHSO_3 の水溶液は, 酸性・中性・塩基性のいずれの性質を示すと考えられるか。根拠となる式および計算値を示して説明せよ。ただし, 亜硫酸の電離定数は,
 $K_1 = 1.4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$, $K_2 = 6.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ とする。

〔Ⅱ〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

硫酸マグネシウム MgSO_4 は、通常、七水和物 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) の結晶で存在している。しかし、硫酸マグネシウムの溶解度は、下の表のように、水 100 g に溶けることができる無水物(無水塩)の質量で表される。したがって、硫酸マグネシウム七水和物を使用し、60℃で飽和溶液を作製するためには、水 100 g に対し、 g の硫酸マグネシウム七水和物が必要となる。このようにして 60℃で作製した飽和溶液を 20℃まで冷やすと、 g の硫酸マグネシウム七水和物の結晶が析出することになる。以上のように、溶質の溶解度の差を利用して、純粋な結晶を析出させる操作を という。

表 20℃と60℃における硫酸マグネシウム(無水物)の溶解度

水の温度 (℃)	溶解度 (g/100 g 水)
20	33.7
60	54.6

問 1 に当てはまる数値を、途中の計算過程とともに記せ。

問 2 に当てはまる数値を、途中の計算過程とともに記せ。

問 3 に当てはまる語句を記せ。

〔Ⅲ〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

元素 A, B, C, D, E はそれぞれ次のような性質を示す。

元素A：周期表 14 族に属し、単体は金属と似た光沢がある。半導体としてコンピュータの部品や太陽電池などに用いられる。

元素B：周期表 18 族に属し、安定な電子配置をとる単原子分子として存在する。大気中に約 1 % 含まれており、蛍光灯の封入ガスなどに用いられる。

元素C：周期表 13 族に属し、単体は銀白色の軽くてやわらかい金属で、酸化物の融解塩(熔融塩)電解によって得られる。

元素D：周期表 11 族に属し、単体は赤味の光沢を帯びた金属で、展性、延性が大きく、電気や熱の伝導性が良い。

元素E：周期表 8 族に属し、地殻中に酸化物や硫化物として多量に含まれている。単体は銀白色の金属で、磁石に引き寄せられる。

また、元素 A, C, D, E の化合物は、次の(1)~(4)の反応を示す。

反応(1)：元素 A の酸化物は、フッ化水素酸と反応して溶解する。

反応(2)：元素 C の酸化物は両性酸化物であり、塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも溶解する。

反応(3)：元素 D の二価イオンの硫酸塩水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えると青白色の水酸化物沈殿が生じる。この沈殿に過剰のアンモニア水を加えると、沈殿は溶解して深青色の水溶液になる。

反応(4)：元素 E の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赤褐色の沈殿が生じ、チオシアン酸カリウム(KSCN)水溶液を加えると血赤色の水溶液になる。

問 1 元素 A, B, C, D, E はそれぞれ何か。元素記号で記せ。

問 2 反応(1)を表す化学反応式を記せ。

問 3 反応(2)を表す化学反応式をそれぞれ記せ。

問 4 反応(3)の下線部で生成する錯イオンを化学式で記せ。

問 5 反応(4)の水溶液に含まれる元素 E のイオンの酸化数を記せ。

問 1 下線部で、硫酸酸性のうすい過マンガン酸カリウム水溶液数滴をアルケンに加えよく振った場合、反応前後で溶液の色がどのように変化するか答えよ。

問 2 分子式が C_5H_{10} である炭化水素 A, B, C について、次の a) ~ d) の実験を行った。以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

- a) 炭化水素 A, B, C をそれぞれ別の試験管に入れ、ここに臭素水を数滴加えたところ、A は反応しなかったが、B および C はすぐに色が消えた。
- b) 炭化水素 A, B, C をそれぞれ別の試験管に入れ、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えたところ、A は反応しなかった。B は酸化され化合物 X と二酸化炭素を生じた。C も同様に酸化され化合物 Y と二酸化炭素を生じた。
- c) 実験 b) で得られた化合物 X および Y についてヨードホルム反応を行ったところ、化合物 X では黄色のヨードホルムの生成が確認された。一方、化合物 Y では変化が見られなかった。
- d) 実験 b) で得られた化合物 X および Y を、それぞれ炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると化合物 X では変化が見られなかったが、化合物 Y を加えた場合には二酸化炭素の発生が確認された。

- (1) 推定される炭化水素 B と化合物 X の構造式を記せ。
- (2) 実験 b) と d) から推定される化合物 Y の構造式をすべて記せ。
- (3) 実験 a) ~ d) の結果から推測される炭化水素 A の構造式を 1 つ記せ。

〔V〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

乳酸は分子式 $C_3H_6O_3$ で表されるヒドロキシ酸の 1 種で、不斉炭素をもつため光学異性体(鏡像異性体)が存在する。ある乳酸のヒドロキシ基と別の乳酸のカルボキシ基が反応することによって複数の乳酸が縮合したポリ乳酸が得られる。このポリ乳酸は、生分解性高分子の 1 種としてゴミ袋などに利用されている。ただし、単純な加熱脱水縮合では高重合度のポリ乳酸は合成できない。高重合度のポリ乳酸を得るためには、乳酸 2 分子から 2 分子の水が脱水縮合した環状 2 量体を重合する必要がある。ポリ乳酸などのように、加熱すると軟らかくなり、冷却するとふたたび硬くなる性質をもつ樹脂のことを 樹脂という。一方で、フェノールとホルムアルデヒドの付加反応と縮合反応により合成されるフェノール樹脂は、加熱すると硬くなり、一度硬化すると熱しても軟らかくならない性質をもつ。このような樹脂を 樹脂という。

この他、私たちの身の回りには 2 価アルコールであるエチレングリコールと 2 価カルボン酸であるテレフタル酸の により合成される や、 ϵ -カプロラクタムの により得られる , アクリロニトリルの により得られるアクリル繊維など多数の合成繊維が存在する。

問 1 文中の ~ に当てはまる適切な語を記せ。

問 2 文中の ~ に当てはまる最適な語を、下記から選べ。ただし、複数回使用してもよい。

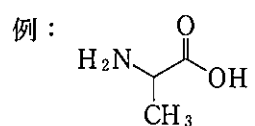
付加重合 開環重合 付加縮合 縮合重合

問 3 下線部①について、鏡像異性体の立体構造がわかるように乳酸の構造を図示せよ。

問 4 下線部②について、この反応により形成される結合の名称を答えよ。

問 5 下線部③について、この特性を説明せよ。

問 6 下線部④について、この構造式を例にならって記せ。ただし、立体化学は考慮しなくてよい。



問 7 下線部⑤について、酸触媒を用いた場合の各反応における化学変化を反応式で記せ。