

## 令和 5 (2023) 年度入学試験問題 (前期)

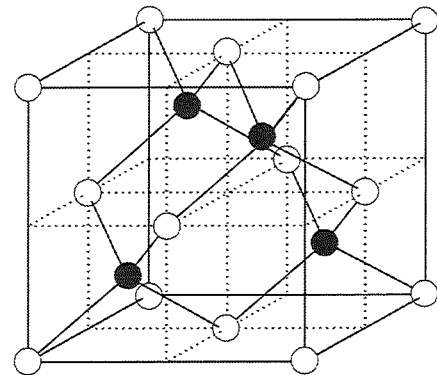
### 理 科

#### 注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 化学, 物理, 生物のうちから, 出願時に選択した 2 科目を受験すること。
3. 化学, 物理, 生物の全ての解答用紙に受験番号, 氏名を記入すること。
4. 受験しない科目の解答欄と右側の採点欄の 2 か所に大きく×印をすること。
5. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
6. 枠外に記入した場合, および解答用紙に解答以外のことを書いた場合, その答案は無効とする。
7. 問題冊子の裏表紙は計算に使用する。
8. 問題冊子は 1 冊, 解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
9. 受験票は机に出しておくこと。

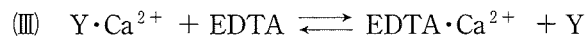
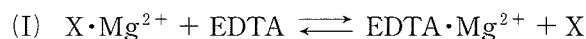
必要な場合には、次の値を用いよ。原子量 H : 1.0, C : 12.0, O : 16.0, Mg : 24.3, Ca : 40.1, Cu : 64

- I 硫化亜鉛の結晶はイオン結晶であり、図に示すような構造(単位格子)が繰り返し並んだ構造を持つ。単位格子は立方体であり、図では立方体の辺を実線で、辺の中点を結ぶ線と面の中心を結ぶ線を点線で示している。黒の球は亜鉛イオン、白の球は硫黄イオンを表す。硫黄イオンは立方体の頂点と面の中心に存在する。なお、実際の亜鉛イオンと硫黄イオンは接している。以下の問いに答えよ。平方根( $\sqrt{\quad}$ )が必要な場合は、これらを含む式で表せ。



- 問 1 単位格子の中にある亜鉛イオンと硫黄イオンの数を答えよ。
- 問 2 亜鉛イオンだけに注目した場合、その並びかたは金属結晶で見られる3つの構造のうちのどの構造と同じか。構造の名称を答えよ。
- 問 3 硫化亜鉛の結晶と同じ原子の並びかたをし、単一の原子のみで構成される物質が存在する。その原子の例を2つ挙げ、元素記号で答えよ。
- 問 4 単位格子の一辺の長さを  $2a$ 、亜鉛のイオン半径を  $b$ 、硫黄のイオン半径を  $c$  として、 $a$ 、 $b$ 、 $c$  の間に成り立つ関係を答えよ。
- 問 5 イオン結晶では同種イオンどうしが接触した状態は不安定である。硫化亜鉛では  $c > b$  であるが、硫黄イオンどうしが接触しないためには  $c < (\text{ア})$  でなければならない。(ア)に入る式を答えよ。
- 問 6 以上より、硫化亜鉛の結晶が安定であるための条件は  $\frac{b}{c} > (\text{イ})$  となる。(イ)に入る式を答えよ。

- II 化合物 X と Y はともに青色の化合物で、化合物 X は  $\text{Mg}^{2+}$  と赤色の錯体を、化合物 Y は  $\text{Ca}^{2+}$  と赤紫色の錯体を形成する。化合物 X は  $\text{Mg}^{2+}$  以外のイオンや化合物には作用せず、化合物 Y は  $\text{Ca}^{2+}$  以外のイオンや化合物には作用しない。エチレンジアミン四酢酸(EDTA)の水溶液は無色であり、EDTA は  $\text{Mg}^{2+}$  と  $\text{Ca}^{2+}$  のどちらも無色の錯体を作る。下に示した(I), (II), (III), (IV)の反応式の“ $\cdot$ ”は錯体を形成する物質の結びつきを示し、これらの平衡はいずれもほぼ完全に右に偏っているとして、以下の問いに答えよ。



- 問 1  $K_1 = \frac{[X][\text{Mg}^{2+}]}{[X \cdot \text{Mg}^{2+}]}$ ,  $K_2 = \frac{[\text{EDTA}][\text{Mg}^{2+}]}{[\text{EDTA} \cdot \text{Mg}^{2+}]}$ ,  $K_3 = \frac{[Y][\text{Ca}^{2+}]}{[Y \cdot \text{Ca}^{2+}]}$ ,  $K_4 = \frac{[\text{EDTA}][\text{Ca}^{2+}]}{[\text{EDTA} \cdot \text{Ca}^{2+}]}$  とする。

$K_1$  と  $K_2$  の大小関係、また  $K_3$  と  $K_4$  の大小関係を解答欄の  に不等号を記入することで示せ。

- 問 2 (III)式の平衡定数  $K_{III}$  を、化合物の濃度を用いずに  $K_1, K_2, K_3, K_4$  のうちの必要なものを用いて表せ。

- 問 3 EDTA 水溶液 A の 20.00 mL に化合物 X を数滴加え、ここに 0.0100 mol/L に調製した  $\text{MgCl}_2$  水溶液を滴下していったところ、16.00 mL 滴下したところで溶液の色が変わった。続いて水道水を 200 mL とり、化合物 Y を数滴加え、ここに EDTA 水溶液 A を滴下していったところ、4.0 mL 滴下したところで溶液の色が変わった。この水道水 1000 L に含まれる  $\text{Ca}^{2+}$  の質量(g)を有効数字2桁で求めよ。また下線部ア、イのそれぞれで溶液が何色から何色に変化したかを答えよ。

- 問 4 水道水中の  $\text{Ca}^{2+}$  は、石灰岩に由来することも多い。空気中の二酸化炭素が溶け込んだ雨水により、石灰岩が溶解する反応の化学反応式を記せ。

- 問 5 次の文章の【 ① 】【 ② 】【 ③ 】に適した語を答えよ。【 ① 】は選択肢の中から選べ。

複数の都市の水道水を等量採取し、化合物 X を数滴加え、続いてそれぞれに同濃度の EDTA 水溶液を滴下する。このとき、より【 ① 大量, 少量 】の EDTA 水溶液の滴下により溶液の色が【 ② 】から【 ③ 】に変化した都市の水道水を用いたほうが、より高濃度、すなわちより高い洗浄力をもつセッケン水を作成しやすい。

Ⅲ 以下の実験を行った。問いに答えよ。

- (1) シュウ酸二水和物  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  6.30 g を純水に溶かし 1 L の ( A ) に入れた。標線まで純水を加えよく振りまぜシュウ酸標準液を作った。
- (2) このシュウ酸標準液 10.0 mL を ( B ) を用いてコニカルビーカーにはかり取り、純水と指示薬を加えた。これを ( C ) に入れた濃度不明の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、終点までに 5.00 mL を要した。
- (3) 濃度不明のシュウ酸と酢酸の混合溶液 X がある。X の 10.0 mL を ( D ) を用いてコニカルビーカーにはかり取り、酸を加えて十分に酸性にして温めた。これを ( E ) に入れた 0.0400 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、赤紫色が消えなくなる終点までに 8.00 mL を要した。
- (4) X の 10.0 mL を(2)の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、終点までに 16.00 mL を要した。

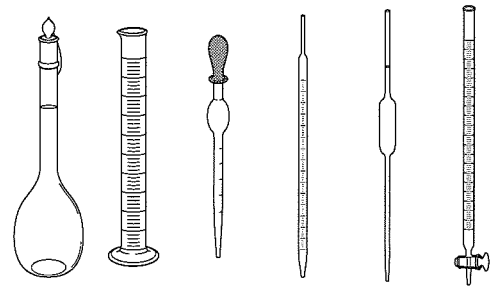
問 1 A～E に最も適切な器具の名称をかけ。また、それに該当する器具を図から選び記号で答えよ。

(ア) (イ) (ウ) (エ) (オ) (カ)

問 2 A～E の中で、純水でぬれたまま直接用いてよいものはどれか、記号で答えよ。

問 3 下線部で加える酸として最も適切なものを化学式で答えよ。

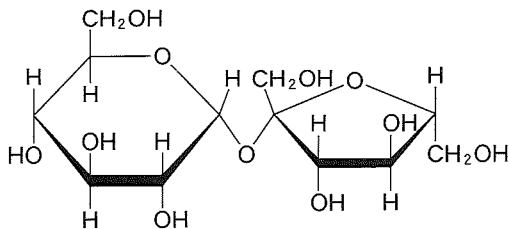
問 4 (2)の水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を、有効数字を考慮して単位とともに答えよ。



問 5 (3)の滴定で、過マンガン酸カリウムと反応する物質の電子  $e^-$  を含むイオン反応式をかけ。

問 6 混合溶液 X 中のシュウ酸と酢酸のモル濃度を、それぞれ有効数字を考慮して単位とともに答えよ。

Ⅳ 図のような構造をもつ二糖 X がある。



X を ( A ) という酵素で加水分解すると、単糖である ( B ) と ( C ) が得られ、( B ) と ( C ) の等量混合物は ( D ) と呼ばれる。水溶液中では ( B ) や ( C ) は、環状構造と鎖状構造との間で平衡状態にあり、鎖状構造にある ( C ) には ( E ) 基が存在するため ( C ) は還元性を示す。鎖状構造の ( B ) は ( E ) 基をもたないものの還元性がある。ある三糖 Y は、X と  $\alpha$ -ガラクトースが、X に含まれる ( C ) の 6 位の  $\text{-OH}$  と、 $\alpha$ -ガラクトースの 1 位の  $\text{-OH}$  との間で ( F ) 結合することによって生成される。

問 1 ( A ) ～ ( F ) に適切な語句をそれぞれ答えよ。なお、 $\alpha$ 、 $\beta$  をつける必要はない。

問 2 6.84 mg の X を完全燃焼した場合に得られる二酸化炭素と水はそれぞれ何 mg か。

問 3 下線部アと下線部イがもつ不斉炭素原子の数をそれぞれ答えよ。

問 4 X を質量パーセント濃度で 17.1 % 含む水溶液を 100 mL とり、( A ) を加え反応させたのち、十分な量のフェーリング液を加えて煮沸すると 3.6 g の赤色沈殿が得られた。このとき、X の何% が加水分解されたか、整数で答えよ。

問 5 図の構造にならって  $\alpha$ -ガラクトースの構造を描き、下線部ウの  $\text{-OH}$  を丸で囲め。

問 6 Y は還元性を示すかどうかを、その理由とともに答えよ。

