

令和 7 年度医学科入学試験問題

化 学

〔注意事項〕

- 1 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 2 解答用紙に受験番号と氏名を必ず記入すること。
- 3 この問題冊子の本文は、13 ページからなっている。落丁、乱丁及び印刷不鮮明な箇所等があれば、手を上げて監督者に知らせること。
- 4 この問題冊子の白紙と余白は、適宜下書きに使用してもよい。
- 5 解答は、すべて別紙「解答用紙」の指定された場所に記入すること。
- 6 この問題冊子は持ち帰ること。

- 1 硫黄に関するつぎの文章を読んで、設問〔1〕～〔6〕に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $S = 32.1$ 、 $Zn = 65.4$ 、アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

硫黄は16族に属する非金属元素で、原子は6個の価電子をもつ。硫黄の単体⁽ⁱ⁾には、ア、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの同素体が存在し、工業的には、石油精製工程で硫黄を除去する操作(イ)により得られる。天然ゴムに硫黄を数%加えて加熱すると、ゴム分子のところどころに硫黄原子による架橋構造が生じ、弾性ゴムになる。このような架橋構造をつくる操作をウという。

二酸化硫黄 SO_2 は無色の有毒な気体であり、硫黄を燃やしたときに生じる。また、亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えて発生させることもできる。二酸化硫黄⁽ⁱⁱ⁾にはエ作用があり、この作用を利用して紙や繊維などの漂白剤に用いられる。また、二酸化硫黄はヨウ素に対してエ剤として働き、硫酸⁽ⁱⁱⁱ⁾を生じる。

硫化水素 H_2S は、無色、腐卵臭のある有毒な気体であり、実験室では硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸または希塩酸を加えて発生させる。硫化水素は多くの重金属イオンと反応し、特有の色をもつ硫化物の沈殿を生じる。例えば、 Zn^{2+} を含む水溶液に塩基性条件で硫化水素を通じると、 ZnS の白色沈殿^(iv)が生じる。

設 問

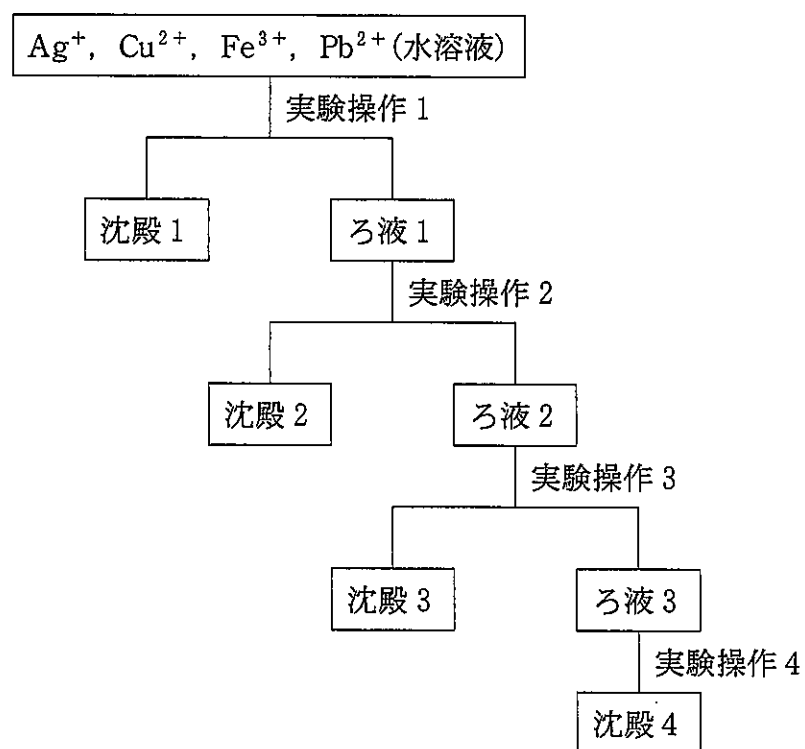
〔1〕 ア ～ エ に当てはまる適切な語句を記せ。

〔2〕 下線部(i)の水素化合物 H_2O 、 H_2S 、 H_2Se 、 H_2Te について、沸点の高い順に並べよ。また、その理由を説明せよ。

〔3〕 下線部(ii)の亜硫酸ナトリウムと希硫酸の反応について、化学反応式をかけ。

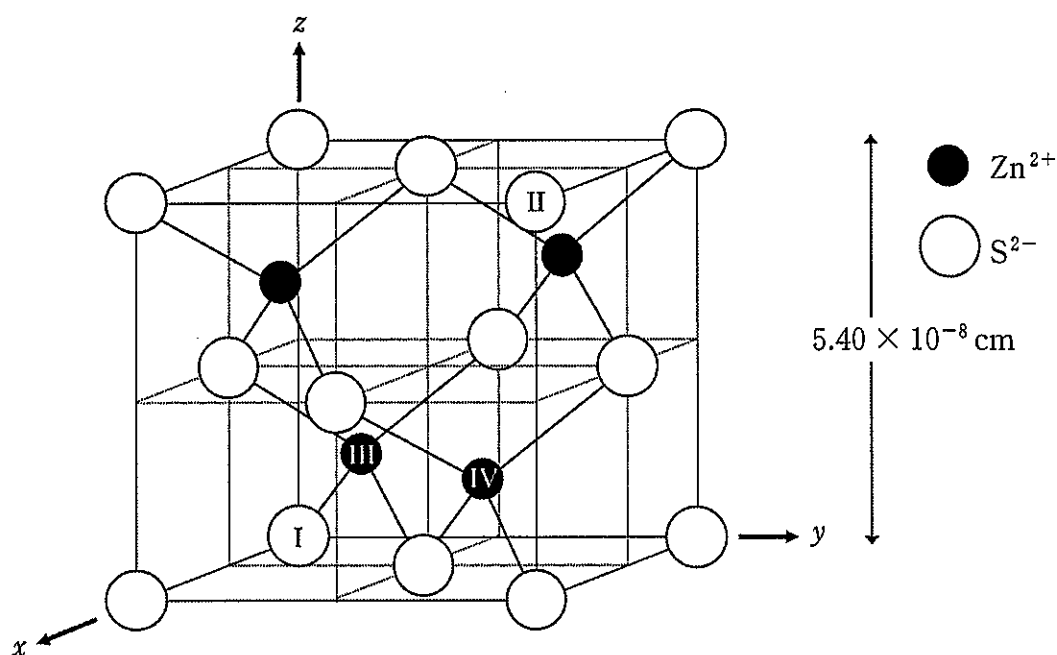
〔4〕 下線部(Ⅲ)について、セルロースでできた紙に希硫酸で文字を書いて火であぶると、文字が黒く浮かび上がる。この現象を化学的に説明せよ。

〔5〕 4種類の陽イオン Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Pb^{2+} を含む混合水溶液がある。この混合水溶液に対して実験操作 1 ～ 4 を順次行い、ろ過すると沈殿 1 ～ 4 が得られた。実験操作 1 ～ 4 として適したものを(A)～(D)から選び、生じた沈殿 1 ～ 4 の化学式をかけ。



- (A) 酸性条件で硫化水素を通じる。
- (B) 希塩酸を加える。
- (C) 希硫酸を加える。
- (D) 水酸化ナトリウム水溶液を加える。

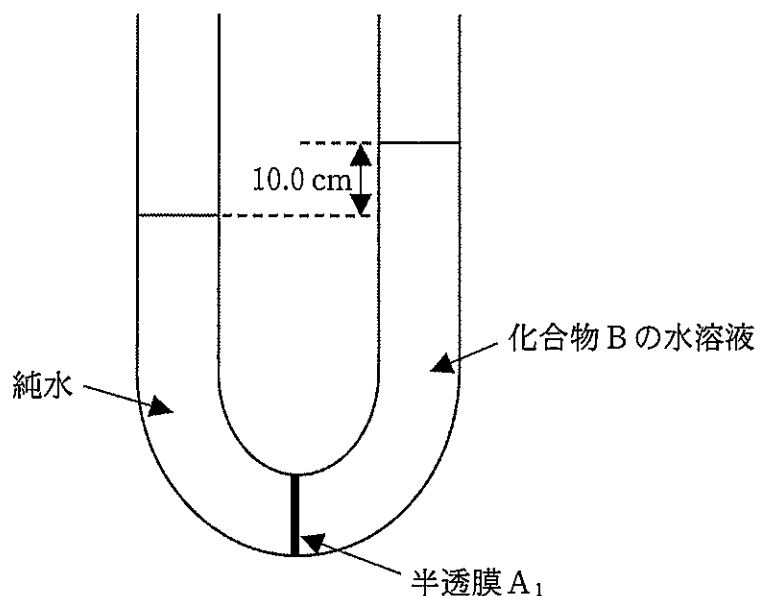
- 〔6〕 下線部(iv)について、硫化亜鉛 ZnS の結晶の構造は下図に示すとおり、 Zn^{2+} 、 S^{2-} とともに配位数は4であり、 Zn^{2+} と S^{2-} の結合距離はすべて同じである。図中の矢印 x 、 y 、 z は座標軸の方向を表し、 x 座標、 y 座標、 z 座標の値を (x, y, z) と書き、この点の座標を表すことにする。 S^{2-} イオンⅠとⅡの座標をそれぞれ $(0, 0, 0)$ と $(4, 4, 4)$ と表すと、 Zn^{2+} イオンⅢとⅣの座標は $(1, 1, 1)$ 、 $(3, 3, 1)$ と表すことができる。以下の(1)～(3)に答えよ。



- (1) 単位格子中の Zn^{2+} および S^{2-} の数を求めよ。
- (2) Zn^{2+} と S^{2-} の結合距離は何 cm か求めよ。ただし、単位格子は一辺の長さが $5.40 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の立方体であるとし、解答は有効数字2桁で示すこと。必要ならば $\sqrt{3} = 1.73$ を用いよ。
- (3) 硫化亜鉛の結晶の密度は何 g/cm^3 か求めよ。解答は有効数字2桁で示し、解き方の過程を記すこと。

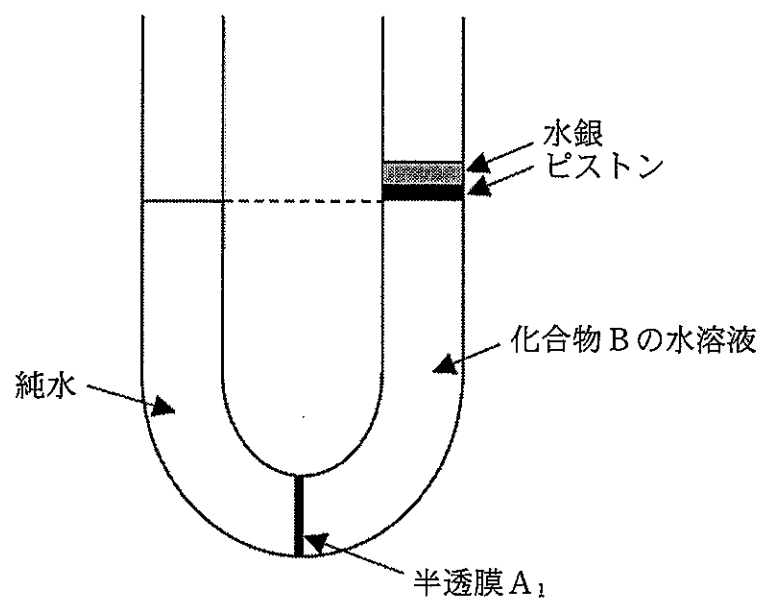
- 2 つぎの文章を読んで、設問〔1〕～〔6〕に答えよ。温度は300 Kで変化しないものとし、水溶液は希薄であり、水および水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とみなせるものとする。また、水銀の密度を 13.6 g/cm^3 、1気圧は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ とし、気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ である。

断面積が 1.00 cm^2 で一定の筒状容器が半透膜 A_1 により左右に隔てられている。純水(左側)と化合物Bの水溶液(右側)を 50.0 mL ずつ入れたあと、長時間放置すると図1のようになった。左右の液面の高さの差は 10.0 cm だった(状態①)。なお、半透膜 A_1 は水分子以外を通さず、化合物Bの分子量は20000である。



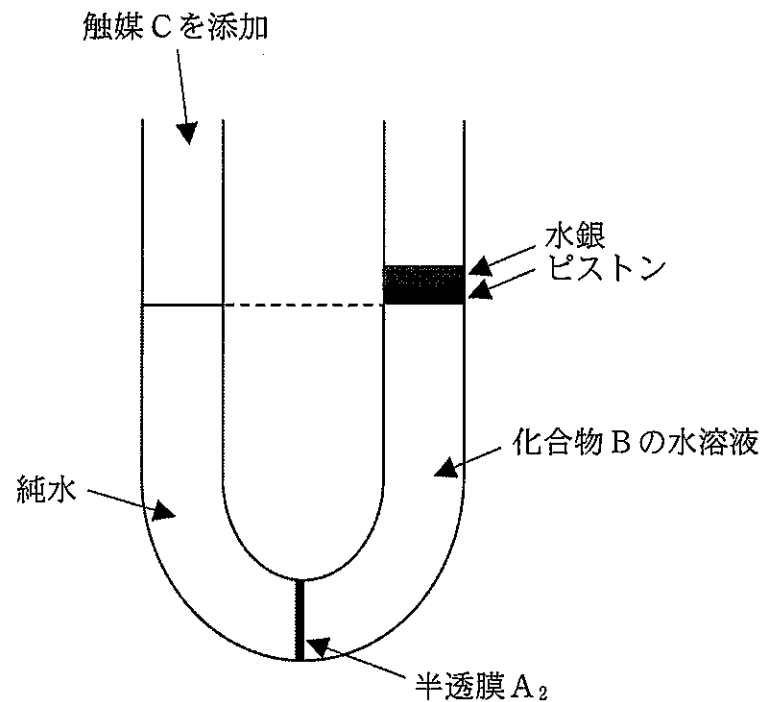
(図1 状態①)

状態①の右側にピストンをはさんで水銀を入れたところ、図2のように左右で液面の高さが等しくなった(状態②)。なお、ピストンの重さは無視できるものとする。



(図2 状態②)

つぎに、状態②における半透膜 A_1 を半透膜 A_2 に交換した。図 3 は、左側に触媒 C を微量添加する直前である(状態③)。なお、半透膜 A_2 は分子量 500 以下の分子を通す。触媒 C は分子量 300 であり、1 分子の化合物 B を 1 分子の化合物 D と 5 分子の化合物 E に速やかに分解する。ただし、化合物 D の分子量は 18000 であり、化合物 E の分子量は 400 である。



(図 3 状態③)

設 問

〔1〕 水溶液の半透膜に用いられる素材として最も適切なものを以下の(a)~(e)から1つ選べ。

- (a) ポリスチレン
- (b) ポリエチレンテレフタレート
- (c) セロハン
- (d) ポリ乳酸
- (e) エポナイト

〔2〕 状態①における右側の水溶液中の化合物 B の濃度 (mg/mL) を求めよ。
解答は有効数字 2 桁で示すこと。

〔3〕 状態①において、左側に純水をさらに加えたあと、しばらく放置した。
右側の液面がさらに 10.0 cm 上昇した。左側に加えた純水は何 mL か求めよ。解答は有効数字 2 桁で示すこと。

〔4〕 状態②において、水銀柱は何 cm か求めよ。解答は有効数字 2 桁で示し、解き方の過程を記すこと。

〔5〕 状態②のように、水溶液側に圧力をかけることで水分子だけが純水側に透過する。以下の I, II に答えよ。

I この現象を何というか答えよ。

II この現象の応用例として適切なものを以下の(a)~(e)からすべて選べ。

- (a) 海水の淡水化
- (b) キセロゲルの作製
- (c) ホルマリンでの動物標本作製
- (d) 果汁の濃縮
- (e) 紙おむつでの吸水

〔6〕 状態③において触媒 C を添加してから放置すると、ア 側の液面は上昇した後に下降を始め、しばらくしたあとに両者の液面の高さは等しくなった(状態④)。なお、触媒 C の濃度は液面の高さに影響しない。以下の I ～IV に答えよ。

I ア に当てはまるのは右と左のどちらか答えよ。また、ア 側の液面はなぜ上昇した後に下降したのか理由を説明せよ。

II 状態④において、右側に水銀を追加し、しばらく放置したところ、右側の水溶液の液面の高さが 20.0 cm 下降した(状態⑤)。右側の水銀は何 mL か求めよ。解答は有効数字 2 桁で示し、解き方の過程を記すこと。

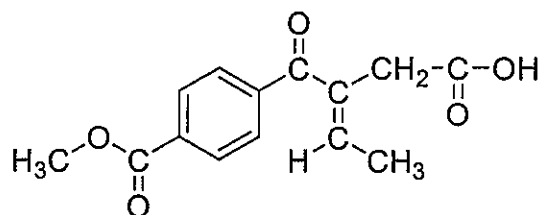
III 状態⑤のあと、左側を空とし、新たに左側に純水を 70.0 mL 加え、しばらく放置した。右側の溶質において、化合物 D の含有量(質量百分率)は何%となるか求めよ。解答は有効数字 2 桁で示すこと。なお、触媒 C の含有量は無視できるほど小さいものとする。

IV III の作業をあと何回繰り返せば、右側の溶質における化合物 D の含有量(質量百分率)が 99.9 % を超えるか求めよ。

l

- 3 つぎの文章を読んで、設問〔1〕～〔8〕に答えよ。ただし、構造式をかくときは例にならってかき、不斉炭素原子には*印をつけよ。また、各元素の原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ であり、メタノールの密度は、 0.792 g/cm^3 とする。

(構造式の例)



化合物 A, B, C, D はいずれも分子量 200 以下の炭素(C), 水素(H), 酸素(O)原子から構成されるベンゼン環をもつ化合物であり、それぞれ構造異性体の関係にある。なお、化合物 C と D は両化合物の混合物として存在している。化学構造を決定するため、以下の実験を行った。

実験 1 : 1.36 g の化合物 A を酸化銅(Ⅱ)とともに完全燃焼させると、3.96 g の二酸化炭素と 1.08 g の水が生じた。

実験 2 : とともに不斉炭素原子を 1 つもつ化合物 A と B を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液と加熱すると、化合物 A のみ化合物 E に変換されるが、化合物 B は反応しない。化合物 E に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたところ、二酸化炭素の発生が確認された。

(i)
実験 3 : 化合物 A, B および化合物 C と D の混合物に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を作用させると、化合物 C と D の混合物のみ呈色した。そこで、化合物 C と D の混合物に水酸化ナトリウム水溶液を加えたのち、ジエチルエーテルを加えて分離操作を行ったところ、化合物 C のみジエチルエーテル層に移行し、ジエチルエーテルを蒸発させることで化合物 C を得た。

実験 4 : 実験 3 によって得られた化合物 C を濃硫酸と加熱すると、分子量が 18 減少した 3 種類の異性体が生成する可能性があることがわかった。

(ii)

実験 5：実験 3 によって得られた水酸化ナトリウム水溶液中の化合物 **D** の塩を適切な方法によりもとの化合物 **D** として分離した後、過マンガン酸カリウム水溶液と反応させることで化合物 **F** が得られた。化合物 **F** は濃硫酸存在下で 1 分子のメタノールと反応し、消炎鎮痛剤として用いられる化合物 **G** が生成した。

設 問

- 〔1〕 化合物 **A** の分子式を答えよ。
- 〔2〕 下線部(i)について、二酸化炭素は実験室では石灰石に希塩酸を加えて発生させる。この反応の化学反応式をかけ。
- 〔3〕 化合物 **A**, **B**, **C** の構造式をかけ。
- 〔4〕 下線部(ii)について、生成する可能性のある異性体の構造式をすべてかけ。
- 〔5〕 化合物 **D** として考えられる構造式をすべてかけ。
- 〔6〕 下線部(iii)について、水酸化ナトリウム水溶液中の化合物 **D** の塩をもとの化合物 **D** として単離する適切な方法として、考えられる方法を記述せよ。その際、以下の(I)~(Ⅲ)の選択肢の中から適切な語句をそれぞれ 1 つずつ用いよ。
- (I) 炭酸水素ナトリウム水溶液 希塩酸 塩化ナトリウム水溶液
- (Ⅱ) アセトン エチレングリコール クロロホルム
- (Ⅲ) 脱水 抽出 乾留

〔7〕 下線部(iv)について、1.00 g の化合物 F をメタノールと完全に反応させる場合、必要なメタノールの体積(mL)を求めよ。また、このとき得られた化合物 G の質量(g)を求めよ。解答は有効数字 2 桁で示すこと。なお、反応は完全に進行するものとする。

〔8〕 本文中の文章に関する(a)~(e)の記述のうち、正しいものをすべて選べ。

- (a) ベンゼンの炭素原子間の結合距離はすべて等しく、エテン(エチレン)の炭素原子間の結合距離より短い。
- (b) 元素分析において酸化銅(II)は、試料中の水分を除去する乾燥剤として用いられる。
- (c) 鏡像異性体どうしは、融点、密度は等しいが、光に対する性質は異なる。
- (d) エーテルは同分子量のアルコールより、沸点が高い。
- (e) メタノールの酸化により得られるホルムアルデヒドは還元性を有し、ヨードホルム反応で黄色の沈殿を生成する。