

## 令和2年度・入学試験問題

# 理 科 (前)

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は34ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち2科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙8枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。



## 理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	" 2	5 "
	" 3	7 "
	" 4	9 "

化 学	問題 1	11 ページ
	" 2	15 "
	" 3	17 "
	" 4	19 "

生 物	問題 1	21 ページ
	" 2	23 "
	" 3	26 "
	" 4	28 "

## 解 答 用 紙

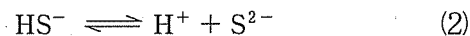
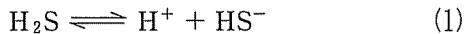
理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚
理科	生物解答用紙	4 枚

# 化 学

## 化学問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。ただし、硫化銅(Ⅱ)と硫化亜鉛の溶解度積は、それぞれ  $6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$ 、 $2.2 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$  とし、また硫化水素の飽和濃度は  $0.070 \text{ mol/L}$  とする。必要な場合には次の数値を用いよ。原子量：Al = 27, S = 32, Cu = 64, Zn = 65, Cd = 112, アボガドロ定数： $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ 。数値を答える際に、設問に指示が無い場合、有効数字を2桁とせよ。

硫化水素は水に溶けて、水溶液中では次の様に2段階に電離する。

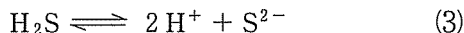


式(1)、式(2)の電離定数  $K_1$ 、 $K_2$  は、それぞれ

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 9.6 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$$

と与えられる。これらより、次の式(3)の電離定数  $K$  が求まる。  
(a)

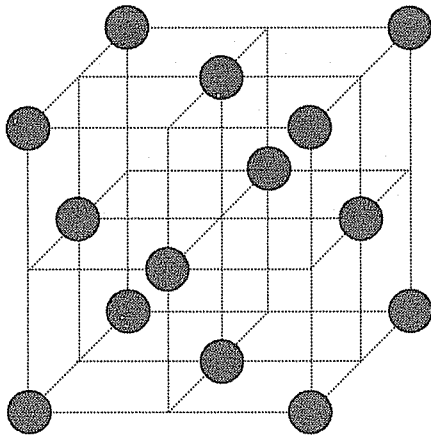


水溶液中に金属イオンが存在するとき、生成した硫化物イオンと反応して、難溶性の塩が沈殿として生じることがある。

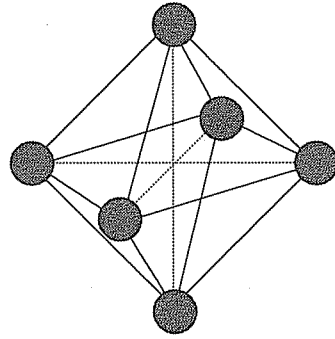
ここに、 $1.0 \times 10^{-4}$  mol/L の銅(II)イオンを含む水溶液 A と  $1.0 \times 10^{-4}$  mol/L の亜鉛イオンを含む水溶液 B があり、どちらも pH は酸性に調整されている。各水溶液に飽和するまで硫化水素を通じると、どちらか一方の水溶液で硫化物の沈殿が生じる。さらに、沈殿が生じなかった水溶液に硫化水素を通し続け、飽和状態を保ったまま pH を大きくする。すると、ある pH になると沈殿が生じる。このように水溶液の pH により、硫化物の沈殿の有無が生じるため、混合水溶液中の金属イオンの分別に応用することができる。

ここに、硝酸カドミウム、硝酸アルミニウム、および硝酸亜鉛の 3 つの化合物を溶かした水溶液がある。塩酸により水溶液を pH = 1.0 に調整した後、硫化水素ガスを充分通じると、沈殿が生じたので、ろ過により沈殿を取り除き、ろ液 C を分離した。ろ液 C から加熱により塩酸と硫化水素を完全に除いたあと、アンモニア水を加えると沈殿が生じ、さらに過剰量のアンモニア水を加えたところ、沈殿の一部は溶けた。溶けなかった沈殿をろ過により取り除き、ろ液 D を分離した。アンモニア水により塩基性としたろ液 D に、再び硫化水素ガスを通じると、沈殿が生じた。

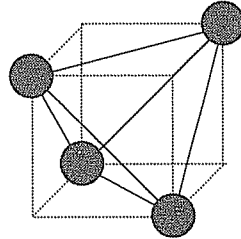
金属イオンと硫化物イオンの化合物は様々なイオン結晶を作る。例えば、硫化亜鉛の結晶は、閃亜鉛鉱型の結晶構造を持つことがあり、硫化物イオンは図 1 で示された面心立方格子と同じ位置に配置する。この単位格子中には、図 2 で表される正八面体の頂点に位置する、6 個の硫化物イオンによってできるすき間(すき間 A とする)と、図 3 のように正四面体の頂点に位置する、4 個の硫化物イオンによってできるすき間(すき間 B とする)の 2 種のすき間がある。亜鉛イオンが、すき間 B に 1 つおきに入ったものが、硫化亜鉛の閃亜鉛鉱型の結晶の構造である。一般に、陰イオンのイオン半径は陽イオンのイオン半径よりも大きく、イオンどうしが密につまる傾向がある。ある結晶構造をとるには、最小のイオン半径比  $\left(\frac{\text{陽イオンの半径}}{\text{陰イオンの半径}}\right)$  があり、陽イオンが小さくなりすぎると、陰イオンどうしが接し不安定となる。この時の限界に相当する半径比を『限界半径比』という。硫化亜鉛の場合、すき間 A に亜鉛イオンが入ると、この限界半径比未満となり、不安定化する。実際には、亜鉛イオンは限界半径比の小さいすき間 B に入り結晶となる。



\*図 1



\*図 2



\*図 3

\*図における球の大きさはイオンの実際の大きさを反映するものではない。

問 1. 下線部(a)について、電離定数  $K$  はいくらか、単位とともに記せ。

問 2. 下線部(b)について、

- (1) 実験室で硫化水素を発生させる場合に、一般的に用いられる方法の一つを化学反応式で示せ。
- (2) 水溶液 A と水溶液 B の硫化物イオンの濃度 (mol/L) をそれぞれ求めよ。  
ただし、硫化水素で飽和させた後の各水溶液の pH は 1.0 とする。

問 3. 下線部(c)について,

(1)  $\text{pH} = x$  以上のとき沈殿が生じ始める。  $x$  は次の①~⑭いずれの範囲に含まれるか、一つ選べ。ただし、 $\text{pH}$  の変化にともなう水溶液の体積の変化は無いものとする。

- ①  $0 \leq x \leq 1$ , ②  $1 < x \leq 2$ , ③  $2 < x \leq 3$ , ④  $3 < x \leq 4$ ,  
⑤  $4 < x \leq 5$ , ⑥  $5 < x \leq 6$ , ⑦  $6 < x \leq 7$ , ⑧  $7 < x \leq 8$ ,  
⑨  $8 < x \leq 9$ , ⑩  $9 < x \leq 10$ , ⑪  $10 < x \leq 11$ , ⑫  $11 < x \leq 12$ ,  
⑬  $12 < x \leq 13$ , ⑭  $13 < x \leq 14$

(2) なぜ、沈殿が生じるのか、その理由を記せ。

問 4. 下線部(d)について、最も適切な沈殿の色を、次の①~⑩の中から一つ選べ。

- ① 白色, ② 淡桃色, ③ 赤色, ④ 赤紫色, ⑤ 青緑色,  
⑥ 青白色, ⑦ 青紫色, ⑧ 紫色, ⑨ 黒色, ⑩ 黄色

問 5. 下線部(e)について、ろ液 D に含まれる錯イオンの名称を一つ記せ。

問 6. 下線部(f)について,

(1) 硫化亜鉛の単位格子中に存在する亜鉛イオンの数はいくつか、整数で答えよ。

(2) 亜鉛イオンの中心間の最短距離は  $3.8 \times 10^{-10} \text{ m}$  である。硫化亜鉛の単位格子の 1 辺の長さ (m) を求めよ。

(3) 硫化亜鉛の結晶の密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) を求めよ。

問 7. 下線部(g)について、すき間 A の限界半径比を求めよ。

## 化学問題 2

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。ただし、ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ ，原子量：Ag = 108， $\log_{10} 9.87 = 0.99$  とし，気体は理想気体とする。

図の装置を組み立て，外部電源から 1.00 A の電流を 20 分間流して電気分解を行ったところ，電解槽のア槽の陰極には Ag が 0.810 g 析出した。

問 1. 電気分解中，ア槽の陰極では  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}$  の反応が起きている。次の(a)，(b)で起きている反応を半反応式でそれぞれ記せ。

(a) ア槽の陽極，(b) イ槽の陰極

問 2. ア槽の陽極に発生した気体は何 mol か。有効数字 3 桁で答えよ。

問 3. ア槽，イ槽，ウ槽に流れた電気量はそれぞれ何 C か。有効数字 3 桁で答えよ。

問 4. イ槽の陰極に発生した気体の体積は標準状態で何 mL か。有効数字 2 桁で答えよ。

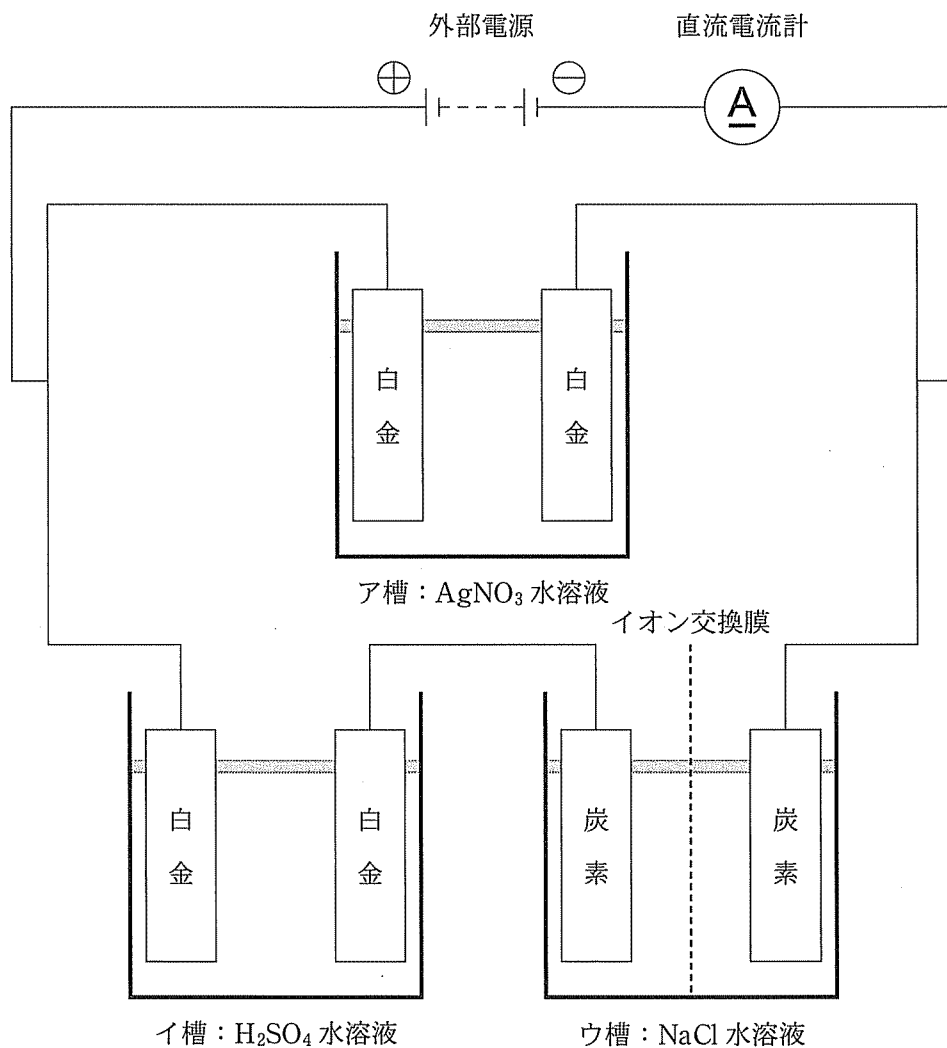
問 5. ウ槽の陰極側の液の体積が 500 mL である時，電気分解後の陰極側の液の pH の値を求めよ。ただし，電気分解を行う前，ウ槽の NaCl 水溶液の pH は 7.0 とし，有効数字 2 桁で答えよ。

問 6. イ槽の水溶液に加えても陰極の反応に影響しない金属イオンを，次の選択肢①～⑥よりすべて選べ。

①  $\text{Ag}^+$ ，②  $\text{Al}^{3+}$ ，③  $\text{Cu}^{2+}$ ，④  $\text{K}^+$ ，⑤  $\text{Mg}^{2+}$ ，⑥  $\text{Na}^+$



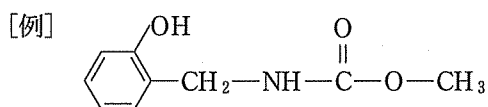
問 7. 水酸化ナトリウムの製造は、ウ槽の構造を利用して行われる。ウ槽のようにイオン交換膜を使用すると NaOH を取り出せるが、イオン交換膜を使用しないと NaOH を取り出すことが難しくなる理由を簡潔に説明せよ。



図

### 化学問題 3

次の実験1～実験8の文章を読み、問1～問8に答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.00$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$  とする。構造式は例にならって記せ。有効数字は3桁とする。



実験1 ベンゼンを濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)と反応させると、主に芳香族化合物Aが生成した。<sup>(a)</sup>

実験2 芳香族化合物Aにスズと濃塩酸を加えて還元した後、水酸化ナトリウム水溶液を加えると、芳香族化合物Bが生成した。<sup>(b)</sup>

実験3 芳香族化合物Bを無水酢酸と反応させると、芳香族化合物C(分子式  $C_8H_9NO$ )の白色固体が得られた。

実験4 ベンゼンの2つの水素がメチル基で置換された芳香族化合物Dを、過マンガン酸カリウムの塩基性水溶液で酸化した後、希硫酸を加えると、芳香族化合物Eが生成した。芳香族化合物Eは、加熱により分子内脱水して、酸無水物Fが生成した。

実験5 芳香族化合物G(分子式  $C_{20}H_{16}N_2O_2$ )を加熱により加水分解すると、芳香族化合物Bと芳香族化合物Eが得られた。

実験6 芳香族化合物Hは、ベンゼンスルホン酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを混ぜて加熱することで生成した。芳香族化合物Hに希硫酸を加えると、芳香族化合物Iが生成した。

実験7 芳香族化合物Hを高圧・高温下で二酸化炭素と反応させ、希硫酸を加えると、主としてオルト構造異性体の芳香族化合物J(分子式  $C_7H_6O_3$ )が生成した。

実験8 芳香族化合物Jを硫酸酸性下で、メタノールと反応させると、芳香族化合物Kが生成した。また、芳香族化合物Jを無水酢酸と反応させると、芳香族化合物Lが生成した。

問 1. C, G, K, L の構造式を記せ。

問 2. 下線部(a)で、1 種類の酸ではなく混酸を用いる理由を簡潔に述べよ。

問 3. 下線部(b)をイオン反応式で記せ。

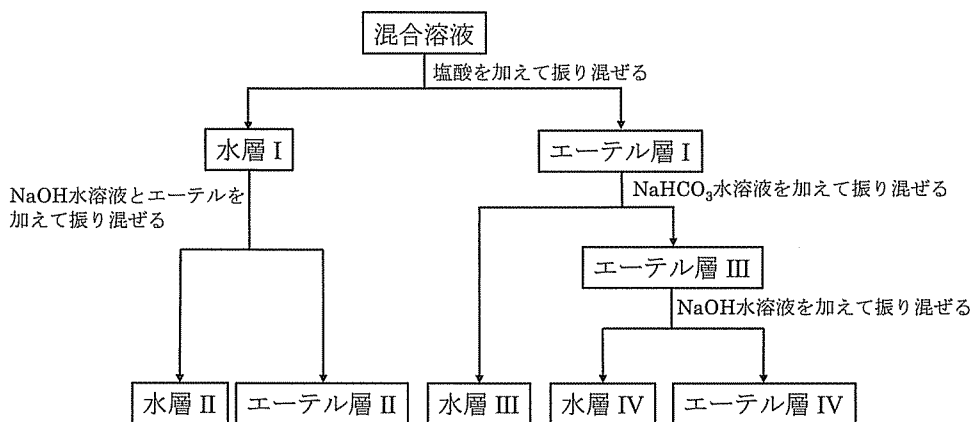
問 4. 実験 4 で、10.6 g の D を使用したところ、反応後に D と E の混合物が 13.0 g 得られた。何%の D が反応したか答えよ。

問 5. 実験 5 で、10.0 g の G を完全に加水分解すると、何 g の B が得られるか。

問 6. A~L のうち(ただし、B および H を除く)、塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色するのはどれか。記号ですべて答えよ。

問 7. A~L のうち(ただし、G を除く)、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると加水分解されるのはどれか。記号ですべて答えよ。

問 8. B, D, E, I, J をジエチルエーテルに溶解させた混合溶液を、分液ロートを用いて下図に示す手順で分離操作を行った。水層 III に塩酸を加えることで得られる化合物はどれか。記号ですべて答えよ。



## 化学問題 4

次の文を読み、問1～問7に答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.00$ 、 $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$  とする。

一般に、平均分子量が1万以上の物質を高分子化合物という。多くの高分子化合物は明確な融点をもたず、加熱していくと、ある温度でやわらかくなり変形する。<sup>a)</sup> この温度を  という。

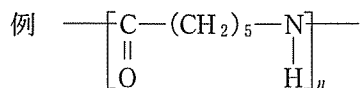
ビニロンは合成高分子化合物に分類され、次のようにつくられる。酢酸ビニルを付加重合させて重合体とし(第1段階)、これを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解してポリビニルアルコールとする(第2段階)。<sup>b)</sup> ポリビニルアルコールの親水コロイド溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すと、 が起こり、繊維状に凝固する。この繊維は水に溶けやすい。これを乾燥後にホルムアルデヒドを含む水溶液で処理すると、水に不溶な繊維であるビニロンができる。このように、ビニロンの  化は部分的に行われるため、適度な吸湿性をもつ。ビニロンは日本で開発された合成繊維であり、強度と耐薬品性があるため、衣料、ロープ、漁網や産業資材などに広く利用される。

セルロースは天然高分子化合物であり、 $\beta$ -グルコースが縮合重合して直鎖状に連なった構造をもつ。<sup>c)</sup> セルロースは植物の細胞壁の主成分であり、綿やパルプ、ろ紙の原料として用いられる。硫酸や塩化亜鉛などの存在下で、セルロースに無水酢酸を作用させ、ヒドロキシ基を全てアセチル化すると、トリアセチルセルロースになる。<sup>d)</sup>

問 1. 下線部 a) の理由を二つあげ、合わせて 60 字以内で説明せよ。

問 2.  ～  に最も適切な語句を記せ。

問 3. 下線部 b) について、酢酸ビニルを原料とする二段階の反応によるポリビニルアルコールの合成をそれぞれ化学反応式で表せ。ただし、重合度は  $n$  とし、高分子化合物は例にならって書け。



問 4. ビニロンの合成について、ポリビニルアルコール 24.0 g のヒドロキシ基のうち 40.0 % がホルムアルデヒドと反応した場合のビニロンの生成量は何 g か。ただし、答えは有効数字 3 桁で示せ。

問 5. 下線部 c) について、セルロースを構成する  $\beta$ -グルコースどうしを結びつけている結合の名称を記せ。

問 6. 示性式を用いて下線部 d) を化学反応式で表せ。ただし、重合度は  $n$  とし、セルロースの示性式を  $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3]_n$  とせよ。

問 7. 下線部 d) について、セルロース 100 g を完全にアセチル化した。この反応に最小限必要である無水酢酸は何 g か。ただし、答えは有効数字 3 桁で示せ。