

令和5年度入学試験問題

理 科

(前期日程)

医 学 部
工 学 部
農 学 部

科 目	ページ	解答用紙枚数	選択方法
物 理	1～9	3	左の科目のうちから、受験票に記載している科目の問題を選択し、解答しなさい。(医学部志望者は、2科目を選択し、解答しなさい。)
化 学	10～16	4	
生 物	17～28	4	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子は28ページあります。
3. すべての解答用紙の受験番号欄に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。
4. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入しなさい。
5. 物理には、下書き用紙が1枚あります。
6. 試験中に問題冊子および解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁および汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
7. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰りなさい。

化 学

1 次の文章を読み、以下の問1～8に答えよ。

金属結晶は、多数の金属原子が規則正しく配列することによってできている。金属結晶中の 金属原子の価電子は、特定の原子の間で共有されるのではなく、全ての原子によって共有されていると考えることができる。そのため金属は、あ (薄く広げられる性質) や い (引き延ばされる性質) といった特徴的な性質を示す。金属結晶は、体心立方格子、面心立方格子、六方最密構造のいずれかに分類され、これらの結晶構造の単位格子(結晶格子の最小のくり返し構造)に含まれる原子の数はそれぞれ、A 個、B 個、C 個であり、配位数(1つの原子に接している他の原子の数)は、a、b、c となる。アルカリ金属元素であるナトリウム Na は体心立方格子であり、融点は 98°C 、密度は 0.97 g/cm^3 である。

一方、非金属の原子が共有結合した構造からなる共有結合結晶は、結晶全体が共有結合によって強く結びついているため、一般的に極めて硬い。単体のケイ素 Si は共有結合結晶であり、電気炉中で酸化物を炭素で還元することで得られる。ケイ素 Si の単位格子は、ダイヤモンドと同様の構造をもち、図のように表される。単位格子には、面心立方格子と同様に、各頂点と各面の中心にケイ素原子が位置している。また、単位格子を大きさの同じ8個の立方体に分けたときには、図のようにケイ素原子が位置しているものも含まれている。単位格子に完全に含まれるケイ素原子は濃い色で示している。

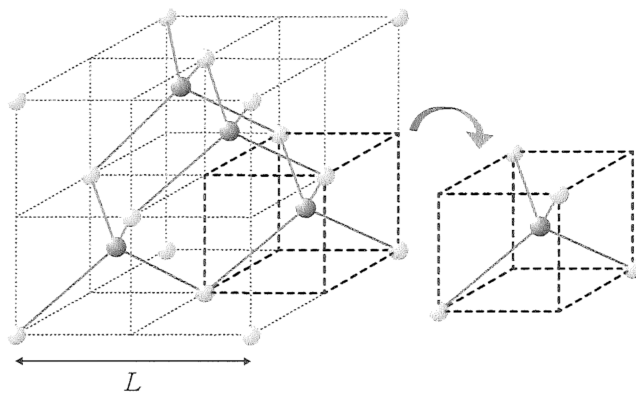


図 単体ケイ素 Si の単位格子の模式図

問1 下線部㉗の価電子の名称を記せ。

問2 空欄 , に適する語句を記せ。

問3 空欄 , , と , , に当てはまる整数を記せ。

問4 下線部㉘のナトリウム **Na** の単位格子の一辺の長さを L とすると、ナトリウム **Na** の原子半径はどのように表されるか L を用いて記せ。平方根を表す根号 ($\sqrt{\quad}$) はそのままよい。

問5 下線部㉘のナトリウム **Na** の原子量を M 、単位格子の一辺の長さを L 、アボガドロ定数を N_A とすると、ナトリウム **Na** の密度はどのように表されるか。以下①～⑧から正しいものを1つ選び番号を記せ。

- ① $4M/(N_A \times L^3)$ ② $M/(N_A \times L^3)$ ③ $N_A/(M \times L^3)$
④ $8M/(N_A \times L^3)$ ⑤ $4L^3M/N_A$ ⑥ $4N_A \times M/L^3$
⑦ $2M/(N_A \times L^3)$ ⑧ $2N_A/(M \times L^3)$

問6 下線部㉙の反応では、有毒な気体が発生する。下線部㉙で起こる反応を化学反応式で記せ。

問7 ケイ素 **Si** の単位格子中に含まれる原子の数を記せ。

問8 ケイ素 **Si** の単位格子の一辺の長さを L とすると、ケイ素 **Si** の原子半径はどのように表されるか L を用いて記せ。ただし、図に示した単位格子に完全に含まれるケイ素原子は淡く示した4つのケイ素 **Si** と接しているものとする。平方根を表す根号 ($\sqrt{\quad}$) はそのままよい。

2 次の文章を読み、以下の問1～5に答えよ。

容器中で1.0 mol/Lの過酸化水素 H_2O_2 の水溶液 10 mL に少量の酸化マンガン(IV) MnO_2 を加え、27℃に保ったところ、反応時間の経過とともに H_2O_2 の濃度は下表のようになった。また、分解反応により発生した気体を標準大気圧下で連続的に捕集した。 H_2O_2 の分解速度 v は H_2O_2 の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ に比例するものとする。また、反応前後での水溶液の体積変化はないものとする。

反応時間 t [min]	0	1	2	3	4	5
H_2O_2 の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L]	1.00	0.91	0.83	0.76	0.69	0.63

問1 容器中での H_2O_2 の分解反応の化学反応式を記せ。なお、反応水溶液中には H_2O_2 と MnO_2 以外は存在していないものとする。

問2 反応時間 t が 3 min から 4 min までの反応における $[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L] の平均値および H_2O_2 の分解速度 v [mol/(L·min)] から、 H_2O_2 の分解反応の反応速度定数を単位を付けて有効数字2桁で求めよ。また、計算過程も示せ。

問3 H_2O_2 の濃度が 0.50 mol/L になるときの分解速度 v の値を問2で求めた反応速度定数の値を使って有効数字2桁で求めよ。

問4 反応時間 t が 0 min から 5 min までの間に捕集された気体の体積 [L] を有効数字2桁で求めよ。また、計算過程も示せ。なお、気体には水蒸気を含み 27℃での水の蒸気圧を 3.57×10^3 Pa、気体定数を 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)、標準大気圧を 1.013×10^5 Pa とする。また、発生した気体の水への溶解は無視するものとする。

問5 反応液に触媒である MnO_2 を添加しなければ H_2O_2 の分解速度は極端に小さくなる。その理由を 60 字以内で説明せよ。

3 次のAとBの文章を読み、以下の問1～7に答えよ。

A

8種類の金属イオン Na^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} をそれぞれ別に含む8つの水溶液は、有色の2つと無色透明な6つに分けられる。これらの水溶液のうち、常温で希硫酸を加えると白色沈殿を生じるものが2つ、クロム酸カリウム水溶液を加えると赤褐色と黄色の沈殿を生じるものがそれぞれ1つずつあった。また、水溶液を塩基性にして硫化水素 H_2S を通じると沈殿が生じるのに対し、酸性にする^⑦と硫化水素 H_2S を通じても沈殿しないものが Al^{3+} 以外に2つあった。

問1 有色の水溶液2つについて、それぞれに含まれる金属イオンとその水溶液の色を記せ。

問2 常温で希硫酸を加えて生じた2つの白色沈殿の化学式を、それぞれ記せ。

問3 クロム酸カリウム水溶液を加えて生じる赤褐色沈殿および黄色沈殿の物質名を記せ。

問4 下線部^⑦の硫化水素を通じて生じた2つの沈殿の化学式と色を、それぞれ記せ。

B

8種類の金属イオン Na^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} をすべて含む水溶液に、希塩酸を加えると白色沈殿を生じた。白色沈殿を分離した後に、ろ液に硫化水素 H_2S を吹き込むと黒色沈殿を生じた。黒色沈殿を分離したろ液を加熱して硫化水素 H_2S を取り除いた後、希硝酸を加えた。^⑦

問5 下線部^①で生じた白色沈殿をろ過によって分離した。この沈殿物に熱水を加えると一部が溶けた。この水溶液に含まれる金属イオンについて誤っているものを以下^①～^⑥から1つ選び番号を記せ。

- ① 水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると沈殿を生じる。
- ② アンモニア水を過剰に加えると沈殿を生じる。
- ③ 希硫酸を加えると沈殿を生じる。
- ④ 硫化水素を通じると沈殿を生じる。
- ⑤ 塩酸を加えると沈殿を生じる。
- ⑥ クロム酸カリウム水溶液を加えると沈殿を生じる。

問6 下線部㉔のろ液には亜鉛イオン Zn^{2+} が含まれている。ろ液に含まれている亜鉛イオン Zn^{2+} 以外の金属イオンをすべてイオン式で答えよ。ただし、白色沈殿および黒色沈殿を生じた金属イオンはすべて取り除かれているものとし、硝酸の酸化力は十分大きいものとする。

問7 下線部㉔の希硝酸を加えたろ液から亜鉛を分離したい。最も適切な操作を以下①～⑧から1つ選び番号を記せ。また、分離した亜鉛の化合物を化学式で記せ。

- ① アンモニア水を過剰量加え、生じた沈殿を分離する。
- ② 水酸化ナトリウム水溶液を過剰量加え、生じた沈殿を分離する。
- ③ アンモニア水を少量加え、生じた沈殿を分離する。
- ④ 水酸化ナトリウム水溶液を少量加え、生じた沈殿を分離する。
- ⑤ アンモニア水を過剰に加えて生じた沈殿をろ過し、ろ液に硫化水素を吹き込み、生じた沈殿を分離する。
- ⑥ 水酸化ナトリウム水溶液を過剰量加えて生じた沈殿をろ過し、ろ液に硫化水素を吹き込み、生じた沈殿を分離する。
- ⑦ アンモニア水を少量加えて生じた沈殿をろ過し、ろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加えて、生じた沈殿を分離する。
- ⑧ 水酸化ナトリウム水溶液を少量加えて生じた沈殿をろ過し、ろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加えて、生じた沈殿を分離する。

4 下図について、以下の問1～4に答えよ。ただし、化合物の構造式は記入例にならって答えよ。

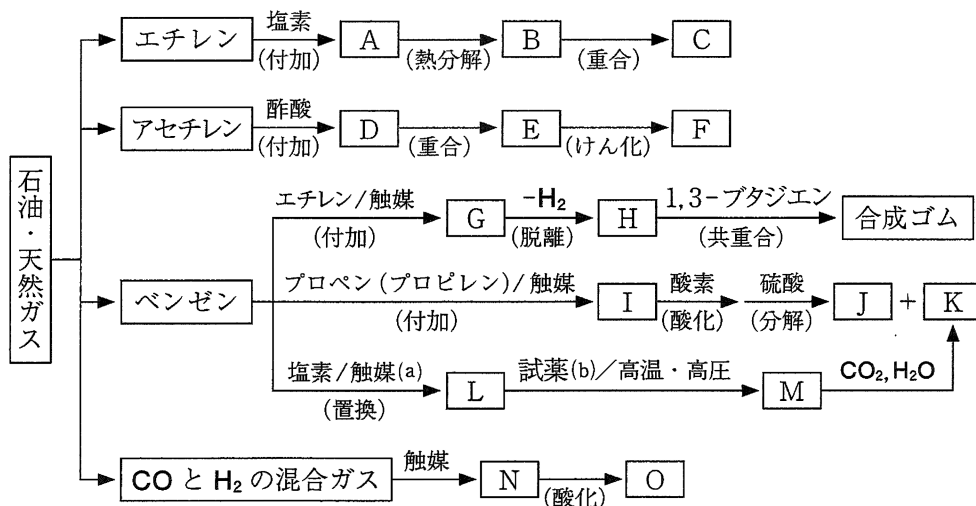
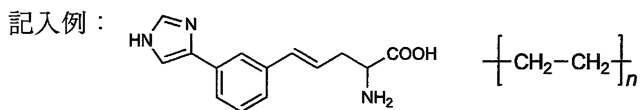


図 石油や天然ガスを原料として様々な化合物を合成する経路

問1 図中の化合物 A～O の構造式および使用する触媒(a)と試薬(b)の名称を記せ。

ただし、以下の①～⑥は化合物について説明している。

- ① E は D のポリマーである。
- ② F は水溶性のポリマーである。
- ③ G は、分子式 C_8H_{10} を有する芳香族炭化水素である。
- ④ G から H への反応は、水素が脱離する反応である。
- ⑤ J と K は同時に生成する。J はよく使用される有機溶媒で、K は合成樹脂や医薬品などの原料として用いられる。
- ⑥ N は有毒な液体であり、かつては木材の乾留で得られていた。O は刺激臭のある無色の気体で、水によく溶け、銀鏡反応を示す。

問2 Oをさらに酸化すると還元性のある液体が得られる。この化合物の名称を記せ。

問3 KとOが付加縮合して得られる合成樹脂の名称を記せ。また、酸触媒あるいは塩基触媒を用いた反応で生成する重合度の低い中間生成物の名称をそれぞれ記せ。

問4 アセチレンはカーバイドに水を加えて発生させることができる。この化学反応式を記せ。