

令和 7 年度入学試験問題

化 学

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入しなさい。また、解答用紙は問題ごとに別になっているので、注意すること。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて 12 ページあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 S : 32.1

Cu : 63.5 Zn : 65.4 Ag : 108 Cd : 112 I : 127

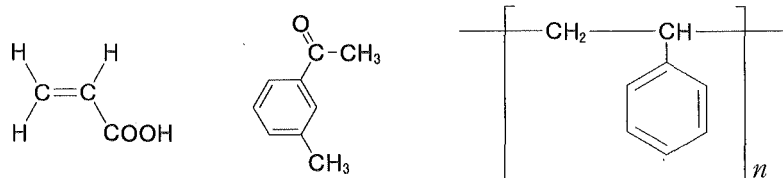
気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

$\sqrt{2} = 1.4$

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示しなさい。

(記入例)



1 次の文章を読み、設問(1)～(7)に答えよ。

物質は、温度と圧力に応じて固体、液体、気体のいずれかの状態をとる。一般に、原子、分子、イオンなどの粒子が規則正しく配列した構造をもつ固体を結晶という。一方、粒子の配列が規則的でない固体を(ア)という。結晶は、構成粒子とその化学結合の様式によって金属結晶、イオン結晶、分子結晶、共有結合結晶(共有結合の結晶)の4つに分類される。金属結晶中の原子はなるべく隙間が少なくなるように積み重ねた構造をとる。例えば、単体の白金 Pt の結晶は面心立方格子をとる。^①

イオン結晶では、陽イオンと陰イオンが規則正しく立体的に配列している。この配列を結晶格子といい、結晶格子の最小の繰り返し単位を単位格子という。陽イオンと陰イオンの個数の比が1:1であるイオン結晶の構造は、陰イオンの半径に対する陽イオンの半径の比の値が小さい値から大きい値へ変化するとき、閃亜鉛鉱型(硫化亜鉛がつくる結晶構造の一種)、塩化ナトリウム型、塩化セシウム型の順に変化する。^②^③^④一般に、陽イオンと陰イオンは(イ)力で引きつけあっている。そのため、それぞれのイオンは反対符号のイオンと接しているので、配位数が大きい結晶ほど安定である。

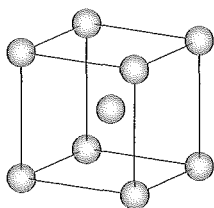
多数の分子が(ウ)力で引き合い、規則正しく配列した結晶を分子結晶という。氷は水分子からなる分子結晶である。液体の水が凝固して固体の水になると、密度は減少し体積が増加することが知られている。^⑤一方、多数の原子がすべて共有結合でつながってできた結晶を共有結合結晶(共有結合の結晶)^⑥という。

(1) 空欄(ア)～(ウ)にあてはまる適切な語句を答えよ。

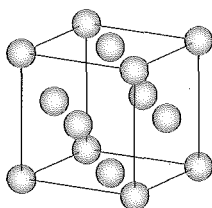
(2) 下線部①の白金は面心立方格子の結晶構造をとり、その単位格子の一辺の長さは $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。以下の問い(a)～(c)に答えよ。

(a) 白金の結晶構造として最も適切な図を次の(ア)～(エ)から1つ選んで答えよ。

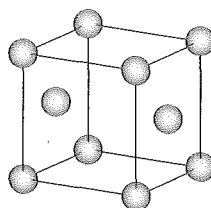
(ア)



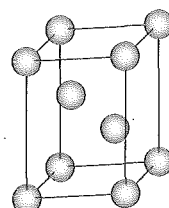
(イ)



(ウ)



(エ)



(b) 白金原子の半径は何 cm になるか、有効数字2桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。このとき、白金原子は球形であり、最も近い原子は互いに接しているものとする。

(c) 白金原子を球と考え、結晶の全体積に対する原子が占める割合を充填率という。円周率 π を用いて、面心立方格子の充填率(%)を表す式を書くと、次式で表される。

$$\text{面心立方格子の充填率(\%)} = 100 \times (\text{エ}) \times \pi$$

(エ)にあてはまる数値を有効数字2桁で求めよ。計算過程も示せ。

- (3) 下線部②の硫化亜鉛と同じ結晶構造をとる化合物として、次の未知のある化合物 AB (A：金属元素, B：非金属元素) を考える。図 1 に、閃亜鉛鉱型結晶 AB の単位格子を示す。以下の問い(a)～(c)に答えよ。

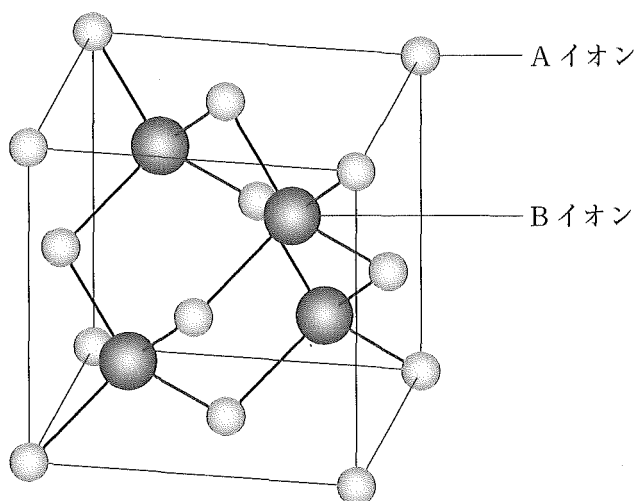


図 1 閃亜鉛鉱型結晶 AB の単位格子 (A：金属元素, B：非金属元素)

- (a) AB の単位格子に含まれる A イオンと B イオンの数の総数を整数で答えよ。計算過程も示せ。
- (b) AB の単位格子の一辺の長さは $6.5 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であり、AB の密度は 5.7 g/cm^3 である。この AB の候補として適切な閃亜鉛鉱型結晶を次の中から 1 つ選んで答えよ。計算過程も示せ。
- 【 ZnS, CdS, CuI, AgI 】
- (c) AB は難溶性塩であり、 20°C での AB の溶解度積 K_{sp} は $2.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。1.0 L の AB の飽和水溶液に溶けている AB の溶解量は何 mg になるか、有効数字 2 桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。
- (4) 下線部③の塩化ナトリウムはベンゼン等の無極性溶媒に溶けにくく、極性をもつ水に溶ける。この理由を 60 字以内で説明せよ。
- (5) 下線部④の塩化セシウム CsCl の結晶構造において、1 個の Cs^+ に接している Cl^- は何個になるか、整数で答えよ。
- (6) 下線部⑤について、液体の水に比べて氷の密度が低くなる理由を 60 字以内で説明せよ。
- (7) 下線部⑥について、次の選択肢から該当する共有結合結晶(共有結合の結晶)をすべて選んで答えよ。

【 ヨウ素, 石英, 塩化ナトリウム, 銅, ドライアイス, ダイヤモンド, ナフタレン 】

2 次の文章を読み、設問(1)～(7)に答えよ。なお、気体は液体の水に溶解せず、液体の水および炭素(黒鉛)の体積は無視できるものとする。また、容器の内容積は温度や圧力によって変化せず、コック部分の体積は無視できるものとする。気体はすべて理想気体とする。

図2のように、内容積がともに10.0 Lの容器1と容器2がつながっている。コックを閉じた状態で、容器1には未知量の酸素と240 gの炭素(黒鉛)が入っており、容器2には4.20 gの炭化水素Aだけが入っている。これらの容器に対して、以下の操作を順番に行なった。

- (操作1) 容器1内の炭素(黒鉛)を燃焼したところ、すべての炭素(黒鉛)が完全に酸化されて二酸化炭素となった。その後、容器1の温度を27℃にしたところ、容器1内の圧力は 2.49×10^5 Paとなった。
- (操作2) 容器2の温度を127℃にしたところ、炭化水素Aは完全に気体となり、容器2内の圧力は 1.66×10^4 Paとなった。
- (操作3) 両容器の温度を127℃にしてコックを開け、両容器内の気体を混合し、均一になるまで放置した。
- (操作4) 炭化水素Aを燃焼したところ、完全に酸化されて二酸化炭素と水だけが生成した。その後、両容器の温度を57℃にしたところ、一部の水が凝縮した。

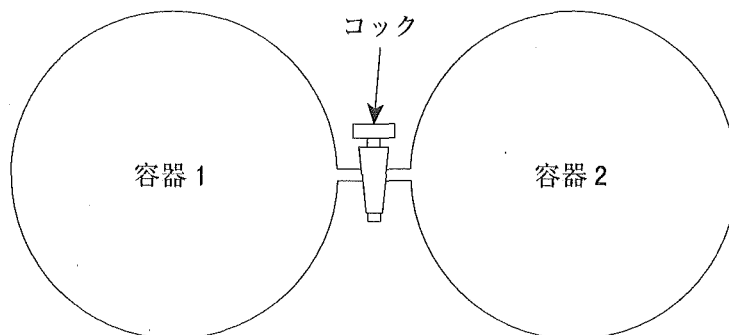


図2 気体混合の実験装置図

- (1) 操作1前後の、容器1内の炭素(黒鉛)、酸素、二酸化炭素の物質量[mol]について、表を完成させよ。有効数字2桁の数値で示せ。

操作1の前または後の容器1内に存在していない物質については、その物質の物質量[mol]を0.0と解答せよ。

	操作1の前	操作1の後
炭素(黒鉛)	mol	mol
酸素	mol	mol
二酸化炭素	mol	mol

- (2) 操作1の後に、容器1内に存在する混合気体の平均分子量および密度[g/L]を求め、有効数字2桁の数値で示せ。
- (3) 炭化水素Aの分子量を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁の数値で示せ。ただし、操作2で完全に蒸発した炭化水素Aは、127℃で分子として安定に存在するものとする。
- (4) 操作3の後の二酸化炭素の分圧[Pa]を求め、有効数字2桁の数値で示せ。ただし、炭化水素Aは完全に気体のままで存在し、両容器内に存在する気体は混合しても互いに反応しないものとする。
- (5) 炭化水素Aを分子式で示し、操作4の燃焼反応を化学反応式で示せ。
- (6) 操作4の後に両容器内に存在する酸素、二酸化炭素、水の物質量[mol]を求め、有効数字2桁の数値で示せ。
- (7) 操作4で凝縮した液体の水の物質量[mol]を有効数字2桁の数値で示せ。ただし、57℃における水の飽和蒸気圧を 1.73×10^4 Pa とする。また、液体の水と水蒸気は気液平衡にあるものとする。

3

下記のアゾ染料を用いた木綿布の染色に関する文章を読み、設問(1)～(7)に答えよ。

実験① 亜硝酸ナトリウム水溶液を試験管にとり、これを氷水に浸して十分に冷却した。

実験② 湯浴で液体にしたフェノールを試験管にとり、これに水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜた。この水溶液を、時計皿に置いた木綿布に注ぎ、十分に染み込ませた。次にピンセットでこの布を取り出し、軽くしぼったのち、別の時計皿に移した。

実験③ ビーカーにアニリンと希塩酸を加えてよくかき混ぜた。これを氷水に浸して十分に冷却した。

実験④ 氷水で冷却しながら、実験③のアニリン塩酸塩水溶液に、実験①の亜硝酸ナトリウム水溶液を少しずつ加えた。

実験⑤ 実験④で準備した水溶液を実験②の布に注ぎ、色の変化を観察した。その後、布を取り出して水洗いを行なった。

- (1) アニリン塩酸塩はニトロベンゼンに濃塩酸とスズを作用し得ることができる。この反応を化学反応式で表せ。
- (2) ニトロベンゼンとアニリンの混合したジエチルエーテル溶液からニトロベンゼンとアニリンを分離するにはどのような操作を行なえばよいか。使用する器具も含め 140 字以内で答えよ。
- (3) アニリン 2.0 mL の物質質量[mol]を計算せよ。アニリンの密度は 1.02 g/cm^3 とする。有効数字 2 桁の数値で答えよ。
- (4) 実験④で起こる反応を化学反応式で表せ。
- (5) 実験④で、氷水で冷却する理由を 40 字以内で答えよ。
- (6) 実験⑤で起こる反応を化学反応式で表せ。
- (7) 実験⑤で染色された木綿布の色を答えよ。

(下書き用紙)

4 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

分子量が1万を超えるような巨大な分子を高分子といい、その化合物を高分子化合物という。単量体が連なった高分子化合物を重合体といい、重合体をつくる単位構造の数 n を(ア)という。高分子化合物の分子量は平均値を用いて表すことが多く、その値を^①平均分子量という。デンプンやセルロース、動物の筋肉や肝臓に蓄えられている(イ)は、いずれも分子式が(ウ)で表される天然高分子化合物である。デンプンは冷水には溶けにくい、温水につけておくと溶け出す(エ)と温水にも不溶な(オ)からなる。(エ)は多数の^② α -グルコースが1位と4位の-OHでのみ脱水縮合した直鎖構造をとっている。^③デンプンにアミラーゼを作用させると、途中さまざまな分子量をもつ(カ)とよばれる生成物を経て、最終的に^④マルトースまで加水分解される。さらに、(キ)という酵素を作用させることでグルコースへと加水分解される。

グルコースやリボースのようにそれ以上加水分解されない糖を単糖といい、グルコースとフルクトース、ガラクトースはともに同じ分子式 $C_6H_{12}O_6$ で表せるが、構造や性質に違いが見られ、フルクトースはグルコースの(ク)異性体であり、ガラクトースはグルコースの(ケ)異性体である。単糖2分子が脱水縮合したものを二糖といい、グルコース、フルクトース、ガラクトースは水溶液中で還元性を示すのに対して^⑤二糖であるマルトースは水溶液中で還元性を示すが、同じ二糖のスクロースは水溶液中で還元性を示さない。

- (1) 空欄(ア)～(ケ)にあてはまる適切な語句または分子式を答えよ。
- (2) 下線部①に関して、高分子化合物の平均分子量は、ファンツホッフの法則を使って求めることができる。ある非電解質の高分子化合物 6.0 g を水に溶かして 2.0 L とした溶液の浸透圧が 27℃において 6.0 hPa だったとき、この高分子化合物の平均分子量を、有効数字2桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。
- (3) 下線部②に関して、水に溶解したグルコースは、環状構造の α -グルコースと β -グルコースおよび鎖状構造のグルコースの3種類の異性体が一定の割合で混合した平衡状態で存在する。図3に示す α -マンノースの構造式を参考にして、水溶液中の3つのグルコースの構造を記し、平衡状態の構造式を完成させよ。

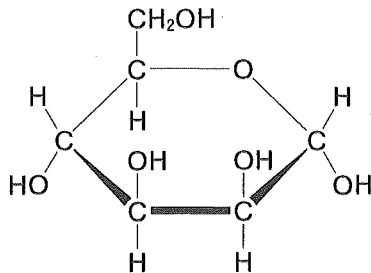


図3 α -マンノースの構造式
太線は結合が手前であることを示す。

- (4) 下線部③に関して、デンプン 24.3 g を完全に加水分解した後に、アルコール発酵させると、何 g のエタノールが得られるか、有効数字 3 桁の数値で求めよ。ただし、デンプンはすべてエタノールに変化したものとする。計算過程も示せ。
- (5) 下線部④に関して、還元性を示す糖類はフェーリング液中の銅イオン(Ⅱ)と反応する。質量未知のマルトースに十分なフェーリング液を加えて加熱すると、28.6 mg の赤色沈殿物が得られた。以下の問い(a)と(b)に答えよ。
- (a) 得られた赤色沈殿物の化学式を答えよ。
- (b) 得られた赤色沈殿物の質量から、反応したマルトースの質量[mg]を有効数字 3 桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。
- (6) 下線部⑤に関して、スクロースが還元性を示さない理由をマルトースの構造と比較して 70 字以内で答えよ。

