

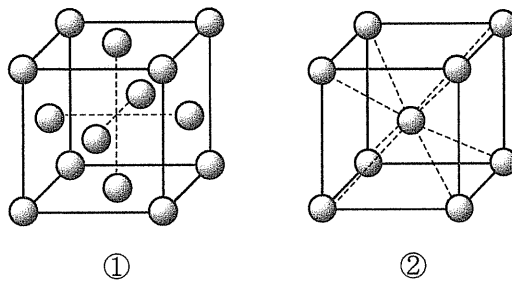
化 学

必要であれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16, Na = 23, Si = 28, S = 32, Cu = 64

1 次の文章 A と B を読んで、問 1 ~ 7 に答えなさい。(配点 20)

A 金属結晶の原子配列の代表的な 2 つの単位格子を①, ②に示した。



問 1 ①と②の単位格子の名称を答えなさい。

問 2 ①と②の単位格子にあてはまる金属について、次の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(a) Mg (b) Na (c) Al (d) Zn (e) Be

問 3 ①と②の構造において、単位格子中に含まれる原子の数はそれぞれ何個か答えなさい。

問 4 ①と②の単位格子で構成される結晶中で、1 個の原子が何個の原子に隣接しているか答えなさい。

問 5 ①の単位格子において、一片の長さが a cm のとき、金属原子の原子半径は何 cm か。また密度は何 g/cm^3 か。計算過程も書いて答えなさい。なお、金属原子の原子量を z 、アボガドロ定数を N_A とする。

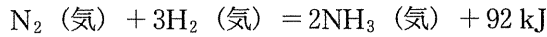
問 6 ②の単位格子において、金属原子の充填率は何 % か。有効数字 2 桁で答え、計算過程も書きなさい。なお、必要ならば、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ 、 $\pi = 3.1$ を用いなさい。

B 硫酸銅 CuSO_4 の水に対する溶解度は、 20°C で $20\text{ g/水 } 100\text{ g}$ 、 60°C で $40\text{ g/水 } 100\text{ g}$ であった。次の問いに有効数字 2 桁で答え、計算過程も書きなさい。

問 7 60°C の硫酸銅飽和水溶液 140 g を 30°C まで冷却すると、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ が 25 g 析出した。
 30°C では水 100 g に CuSO_4 は何 g 溶けるか答えなさい。

2 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

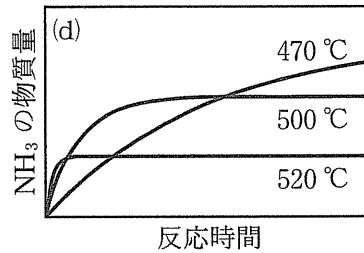
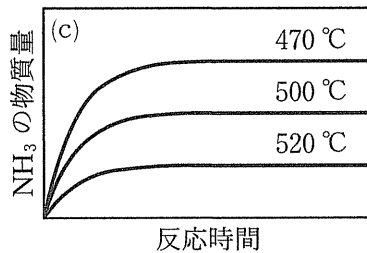
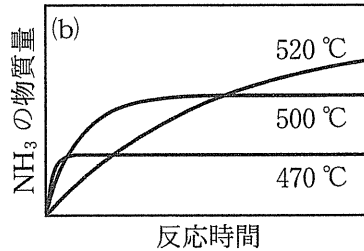
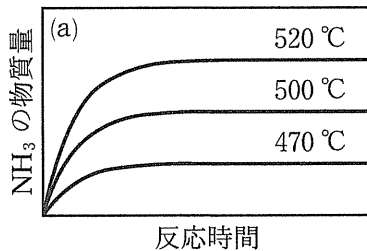
アンモニア NH_3 は、触媒を用いて窒素 N_2 と水素 H_2 から工業的に合成される。反応は次式で表される。



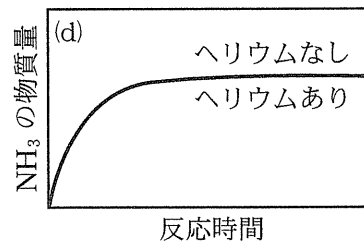
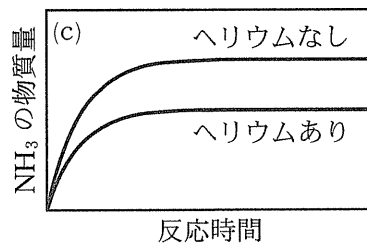
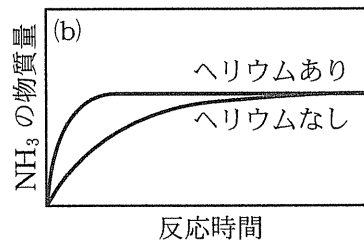
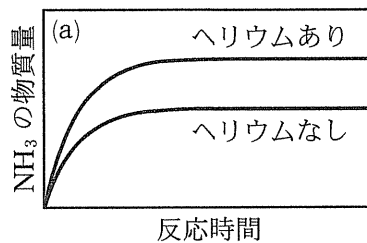
近年化石燃料からではなく太陽光など再生可能エネルギーで生成した水素を保存するのに、アンモニアに変換して体積を小さくする方法の研究が進んでいる。

問 1 窒素 N_2 と水素 H_2 と触媒を密閉容器に詰めて高温高压にしたところ平衡に達した。このとき反応条件を変えるとアンモニア生成量の反応時間依存性はどのようなになるか。以下の概略図(a)~(d)の中から正しいものを一つ選び、記号で答えなさい。

① 温度を変える (圧力と触媒は変わらない)

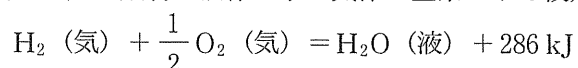


② ヘリウムを加える (窒素と水素の分圧及び温度と触媒は変わらない)

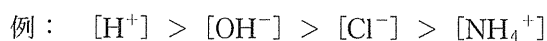


問 2 窒素 N_2 と水素 H_2 の混合ガスを 1.0×10^5 Pa, $27^\circ C$ で容器に詰めた。このときの体積を V とする。圧力を 100 倍の 1.0×10^7 Pa, 温度を $427^\circ C$ にすると体積は V' となった。 V'/V の値を計算し有効数字 2 桁で答え、計算過程も書きなさい。ただし、混合ガスは理想気体として扱うことができ、反応は起こらないとする。

問 3 水素の燃焼反応の熱化学方程式は以下のとおりである。アンモニア 1 mol の燃焼熱の値を答え、計算過程も書きなさい。ただし、燃焼にも触媒を用いることで窒素酸化物生成などの副反応が抑制され、生成物は液体の水と気体の窒素のみと仮定する。



問 4 アンモニア 0.1 mol と塩化水素 0.1 mol を気体の状態で反応させ生じた白色粉末を 1 L の水に溶解した。水溶液中の各イオンの濃度, $[H^+]$, $[OH^-]$, $[Cl^-]$, $[NH_4^+]$, の大小関係を例に従って $>$ 記号を用いて表しなさい。ただし、水和したイオンも水和していないイオンの記号で表記する。



問 5 アンモニア 4.0 mol と問 4 の白色粉末の化合物 1.0 mol を 1 L の水に溶解したところ pH は約 10 であった。この水溶液に HCl 0.1 mol を加えたところ、pH はおよそいくらになるか。1 ~ 14 の整数から一つを選び解答欄に記入しなさい。

問 6 問 4 の白色粉末と水酸化カルシウムの混合物を加熱したときの化学反応式を書きなさい。

問 7 硫酸銅水溶液にアンモニアガスを吸収させると深青色になった。新たに生じた陽イオンの化学式と名前を書きなさい。

3 次の問1～9に答えなさい。(配点20)

問1 CO_2 , Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , ZnO が酸性酸化物, 塩基性酸化物, 両性酸化物のいずれに分類されるか答えなさい。

問2 Na_2O と水との反応を化学反応式を用いて記しなさい。また, Na_2O の水との反応後の溶液が, 酸性, 中性, 塩基性のいずれの性質を示すか答えなさい。

問3 CO_2 が水に溶解する際の化学反応式を記しなさい。また, CO_2 が溶解した水が, 酸性, 中性, 塩基性のいずれの性質を示すか答えなさい。

問4 次の(a)～(d)のうち, CO_2 が発生する操作を選び, 記号で答えなさい。

- (a) 石灰石に塩酸を加える。
- (b) 炭化カルシウム (カーバイド) に水を加える。
- (c) 炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウム水溶液を混合する。
- (d) 酢酸とエタノールの混合物に少量の濃硫酸を加えて 60°C に加熱する。

問5 CO_2 を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下で -78.5°C 以下に冷却すると結晶化する。 CO_2 の結晶の一般的な呼び名を答えなさい。また, CO_2 の結晶の分類を, (a)～(d)のうちから選び, 記号で答えなさい。

- (a) イオン結晶
- (b) 分子結晶
- (c) 共有結合の結晶
- (d) 金属結晶

問6 CO_2 の結晶は, 標準状態では液体の状態を経ずに直接気体に変化する。このような状態変化は, 何と呼ばれるか答えなさい。

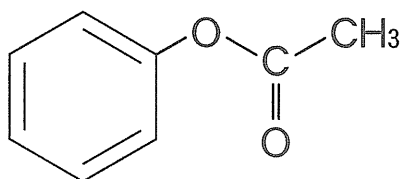
問7 二酸化ケイ素と水酸化ナトリウムを反応させるとケイ酸ナトリウムが得られる。この反応の化学反応式を示しなさい。また, 100 g の二酸化ケイ素と 100 g の水酸化ナトリウムを反応させると何 g のケイ酸ナトリウムが得られるか, 有効数字2桁で答え, 計算過程も書きなさい。

問8 問7で得られるケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると無色透明で粘性の大きな液体が得られる。この液体に塩酸を加えるとケイ酸が得られる。下線部の反応の化学反応式を示しなさい。

問9 問8で得られるケイ酸を加熱・脱水して得られる物質は, 多孔質で表面に水や気体分子を吸着するので, 乾燥剤や吸着剤として利用される。この物質の名称を答えなさい。

4 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。なお、化合物の構造式については以下の例にならって書きなさい。(配点 20)

構造式の書き方の例



炭素、水素、酸素から成る化合物A、化合物B、化合物Cは全て同じ分子式で表され、分子量は74である。25℃ではいずれも液体である。74 mg の化合物Aを完全燃焼させると、二酸化炭素が176 mg、水が90 mg 生じた。^① それぞれに単体のナトリウムを加えると、化合物Aはほとんど変化を示さなかったが、化合物Bと化合物Cは気体を発生した。^② 化合物Bと化合物Cが同じ官能基を持つこと^③ がわかったので、それぞれに過マンガン酸カリウム水溶液を加えたところ、化合物Bは二酸化マンガンの沈殿物を生じたが、化合物Cはほとんど変化を示さなかった。化合物Bを濃硫酸と混合し170℃で加熱すると、化合物X、化合物Y、化合物Z^④の生成が認められ、分子量は全て56だった。化合物Xと化合物Yは互いに幾何異性体の関係にあった。化合物A、化合物B、化合物Cの沸点を大まかに調べたところ、化合物Aの沸点は30℃から40℃の間だったが、化合物Bと化合物Cは、70℃でも沸騰しなかった。^⑤

問 1 下線部①より、化合物Aの分子式を答え、計算過程も書きなさい。

問 2 下線部②の気体の名称と下線部③の官能基の名称を答えなさい。

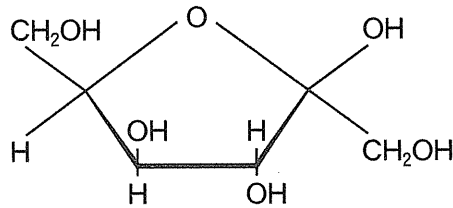
問 3 化合物Cの構造式を答えなさい。

問 4 下線部④の化合物Zの構造式を答えなさい。

問 5 下線部⑤について、化合物Bと化合物Cは同程度の分子量を持つ炭化水素化合物に比べて沸点が高い。この理由を20字程度で答えなさい。

問 6 化合物Aとして考え得る全ての異性体を構造式で答えなさい。

5 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。構造式は以下の例にならって書きなさい。(配点 20)



多糖のうち、デンプンは植物体内に存在し、水に溶けにくい **ア** と、水（熱水）に可溶性な **イ** の 2 種類の成分からなる。セルロースは植物の細胞壁の主成分で、植物体の 30～50% を占めている。一方、**ウ** は動物の肝臓や筋肉などに多く含まれるエネルギー貯蔵物質で、これらの多糖はすべて分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で示される。デンプンを希硫酸と加熱して、加水分解すると単糖のグルコースが得られる。グルコースのような単糖 2 分子から 1 分子の水が脱水して縮合すると二糖類と呼ばれる化合物が生じる。スクロース（ショ糖）は二糖類のひとつで、グルコースと **エ** が脱水縮合した構造をしている。

セルロースの化学処理によってさまざまな有用物質が作られる。セルロースが完全にアセチル化したトリアセチルセルロース $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n$ は溶媒に溶解しにくい。そのため、トリアセチルセルロースを穏やかに加水分解して **オ** とし、アセトンに溶解後、繊維化したものが **カ** である。一方、セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させ、十分に反応させると、無煙火薬の原料になる **キ** が生じる。

問 1 文中の **ア** ～ **キ** に当てはまる語句を答えなさい。

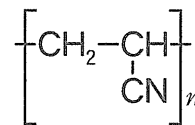
問 2 以下に示す物質について、ヨウ素デンプン反応を示すものには A、銀鏡反応を示すものには B、いずれの反応も示さないものには C の記号で答えなさい。

- (1) デンプン水溶液
- (2) セルロース
- (3) グリコーゲン水溶液
- (4) デンプンにアミラーゼを加えて十分に作用させた水溶液
- (5) スクロース（ショ糖）水溶液

問 3 セルロースを、酵素セルラーゼとマルターゼを加えた溶液中で十分に加水分解させたときに生成する化合物の名称を答え、例にならって構造式を書きなさい。

問 4 288 g のトリアセチルセルロースを得るためには、セルロースは何 g 必要か、整数で答え、計算過程も書きなさい。

問 5 天然の高分子に対して、合成高分子の構造はやや簡単である。右の式はポリ
アクリロニトリルの構造を示したものである。この例にならって次の重合体の
構造を書きなさい。



- (1) ナイロン 66
- (2) ポリスチレン
- (3) ポリエチレンテレフタレート