

化 学

(化学基礎・化学)

(注意事項)

1. 解答開始の指示があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子と解答用紙は別になっています。
3. 解答用紙の各ページの所定欄に受験番号、氏名を記入しなさい。
4. 計算の下書き等が必要な場合は問題冊子の余白を利用しなさい。
5. 試験終了後は問題冊子を持ち帰りなさい。

第1問 次の間に答えなさい。

問1 次の(1)～(3)の間に答えなさい。

(1) 元素記号の左上, 左下, 右上, 右下に数字あるいは記号を記入し原子の性質を示す。元素記号の左上と左下に記入するものとして適切なものを次の(a)～(f)から記号で選びなさい。

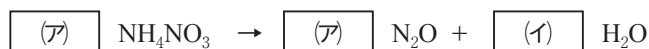
- (a) 質量数, (b) 原子番号, (c) 電荷の価数, (d) 原子の個数・比率, (e) 酸化数,
(f) 中性子の数

(2) 以下の物質の化学式を組成式と分子式に分類しなさい。解答は化学式で記入すること。

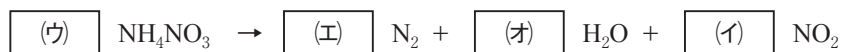
黄リン P_4 , 二酸化ケイ素 SiO_2 , 硝酸アンモニウム NH_4NO_3 ,

炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$

(3) 窒素肥料としても用いられる硝酸アンモニウムは加熱により以下のような分解反応を起こす。



一方, 急激に加熱すると反応が爆発的となり, 次のような大気汚染の原因となる窒素酸化物が生じる反応も起こる。



(ア)～(オ)に数字を入れて化学反応式を完成させなさい。(なお, 同じ記号の欄には同じ数字が入る。この問題では係数がないときでも1と記入すること。)

問2 次の混合物の分離に関する文章を読み、(1)～(3)の問に答えなさい。

混合物の分離法に関して、蒸留や沈殿は主要な手法であり、蒸留は混合物の一方を（ア）から（イ）に、沈殿は（ア）から（ウ）に状態変化させ分離する方法である。また、混合物の中から目的の物質を溶媒に溶かし出して分離する操作のことを（エ）という。河川や飲料水などに含まれる汚染物質を調べる時に、水と混和しない溶媒を用いて（エ）する方法がよく用いられる。共有結合している原子間に（オ）の大きな差があり、電気的な偏りが分子全体として打ち消されないものは極性分子となる。水は極性分子であり、ヘキサンなどの無極性分子とは混じり合わない。

(1) （ア）～（オ）に入る適切な語句を記しなさい。

(2) 次の分子を極性分子と無極性分子に分類しなさい。解答は化学式で記入すること。

二酸化炭素 CO_2 、フッ化水素 HF 、アルゴン Ar 、塩化水素 HCl 、
メタン CH_4 、ベンゼン C_6H_6

(3) ヨウ素を含むヨウ化カリウム水溶液 10 mL にヘキサン 10 mL を加え、分液漏斗でよく降り混ぜた後静置するとどのようなようになるか。ヘキサンの色の変化とその理由を 40 字以内で説明しなさい。

化学

問3 次の文章を読み、(1)～(3)の間に答えなさい。なお、原子量は $H = 1.0$, $O = 16$, $S = 32$, $Mn = 55$ とする。

結晶中に水分子を一定の割合で含む物質を水和物といい、結晶中の水分子を水和水という。硫酸マンガン(II) ($MnSO_4$) は無水物および 1, 4, 5, 7 水和物が存在する。ある硫酸マンガン(II) 水和物を加熱し、無水物とし水和物の組成を決める実験を行った。この硫酸マンガン(II) 水和物 0.507 g を量り取ってつぼに入れ、ガスバーナーで 5 分間加熱し、完全に水和水を取り除いた。10 分放冷し、質量を量ってつぼの質量を差し引くと 0.453 g であった。

(1) 酸化数の異なる硫酸マンガン(III) $Mn_2(SO_4)_3$ の無水物を湿った空气中で放置すると、水蒸気を吸収してその水に溶ける。この現象を何というか次の (a)～(c) から記号で選びなさい。

(a) 塩析, (b) 潮解, (c) 風解

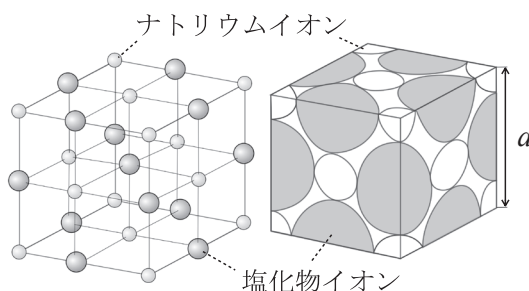
(2) 実験に用いた硫酸マンガン(II) 水和物 0.507 g に含まれる、硫酸マンガン(II) の物質と水の物質を求めなさい。また、この硫酸マンガン(II) 水和物の化学式を答えなさい。

(3) この硫酸マンガン(II) 水和物を水に溶かして、モル濃度が 0.0200 mol/L である硫酸マンガン(II) 水溶液を 100 mL 調製したい。この硫酸マンガン(II) 水和物は何 g 必要であるか、有効数字 3 桁まで求めなさい。

問4 次の文章を読み、(1)～(5)の間に答えなさい。なお、原子量は $\text{Na} = 23$, $\text{Cl} = 35.5$ とする。

アボガドロ数は $6.02214076 \times 10^{23}$ と9桁の精密さで定められており、粒子をアボガドロ数個含むときの物質の量を1 mol という。逆に、結晶中で1個の粒子が占める体積と1 molの粒子集団が占める体積が分かれば、アボガドロ数を求めることができる。9桁のような精密さは一般的な実験室では不可能であるが、おおよその値を求めることはできる。ある塩化ナトリウムの結晶の体積と質量は $V [\text{m}^3]$, $m [\text{g}]$ であった。

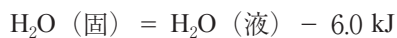
- (1) 塩化ナトリウムの結晶の単位格子は図のようになっている。単位格子に含まれる Na^+ , Cl^- の正味の個数はそれぞれいくつか。



- (2) ナトリウムイオンと塩化物イオンのイオン半径がそれぞれ $r_+ [\text{m}]$, $r_- [\text{m}]$ であるとする。単位格子の1辺の長さ $a [\text{m}]$ を, r_+ , r_- を用いて式で示しなさい。
- (3) 単位格子中で塩化ナトリウム1組に割り当てられる体積はいくらになるか。 a を用いて式で示しなさい。
- (4) 1 mol の塩化ナトリウム結晶の体積 $[\text{m}^3]$ はいくらになるか。質量 m 体積 V を用いて式で示しなさい。
- (5) (3), (4) よりアボガドロ定数 N_A を a , m , V を用いて示しなさい。

第2問 次の問に答えなさい。

問1 0℃の水36gを加熱して10℃の水にするには何kJの熱量が必要かを、計算過程も含めて小数第1位までで答えなさい。ただし、原子量をH = 1.0, O = 16とし、水(液体)の比熱は4.2 J/(g・K)とする。また、水の融解における熱の出入りは、以下の熱化学方程式で表される。



問2 次の(1)～(3)について、下線部の原子の酸化数の変化を答え、さらに、その物質が酸化されたか、還元されたかを答えなさい。

(1) 硫化水素 H_2S が溶けた溶液(温泉水など)を空気中に放置すると乳白色に濁る。



(2) メタンが空気中で燃えて炭酸ガスと水になる。



(3) 高温で融かした鉄鉱石中の Fe_2O_3 を一酸化炭素と反応して鉄が得られる。



化学

問3 硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 水溶液に白金電極を浸し、 0.50 A の電流を 1.93×10^3 秒間流して電気分解した。次の(1)～(3)の間に答えなさい。ただし、原子量を $\text{Cu} = 63.5$ とし、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

- (1) 陽極と陰極でおこる変化を、それぞれ電子 e^- を用いたイオン反応式で表しなさい。
- (2) 流れた電子は何 mol かを、計算過程も含めて有効数字2桁で答えなさい。
- (3) 陰極で析出する銅は何 g かを、計算過程も含めて有効数字2桁で答えなさい。

問4 純水に対する塩化銀 AgCl の溶解度は何 mg/L か。計算過程も含めて有効数字2桁で答えなさい。

ただし、塩化銀 AgCl の溶解度積 K_{sp} は、 $K_{\text{sp}} = 1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ であり、 AgCl の式量は 143、 $\sqrt{1.8} = 1.3$ とする。

第3問 次の問に答えなさい。

問1 次の文章を読み、(1)～(4)の問に答えなさい。

窒素 N は、周期表 15 族に属する典型元素で、原子は(ア)個の価電子をもっている。アンモニア NH_3 は刺激臭をもつ(イ)色の気体であり、水によく溶け、その水溶液は弱い(ウ)性を示す。実験室では、塩化アンモニウムと(エ)の混合物を加熱して発生させ、(オ)置換で捕集する。また、アンモニアは工業的には(カ)法を用いて製造される。(カ)法では、四酸化三鉄などの鉄を含む触媒を用いて、窒素と水素から直接合成される ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 + Q \text{ kJ}$)。この反応は発熱反応であり、生成率の良い平衡状態をつくるには低温、(キ)圧の条件が望ましい。また、アンモニアを高温・高圧下で二酸化炭素と反応させると固体の(ク)が生成し、これは肥料の原料としても使われている。

- (1) 文中の(ア)～(ク)に当てはまる語句・数字を答えなさい。
- (2) 下線部の化学反応式を答えなさい。
- (3) アンモニアに濃塩酸を近づけたら白煙が生じた。この反応の化学反応式を答えなさい。
- (4) N_2 5 mol と H_2 20 mol の混合物をアンモニア合成の触媒に通過させたとき、 N_2 の 20 % が NH_3 に変化した。通過後の気体に含まれる物質の化学式とそれぞれの物質量を計算過程も含めて答えなさい。

問2 次の文章を読み、(1)～(5)の間に答えなさい。なお、原子量は $H = 1.0$, $N = 14$, $O = 16$ とする。

窒素の化合物である硝酸 HNO_3 は揮発性のある無色の液体で、褐色びんに入れ、冷暗所に保存する。工業的には以下の反応①～③に示すオストワルト法で製造される。

<オストワルト法>

反応① 白金を触媒としてアンモニアを酸化し、(ア)をつくる

反応② (ア)を空气中で酸化し、(イ)とする

反応③ (イ)を水と反応させ、硝酸をつくる

濃硝酸に、銅や銀を入れると二酸化窒素を発生するが、鉄やアルミニウムを濃硝酸に入れると、表面に緻密な酸化物の被膜ができて反応が進まなくなる。このような状態を(ウ)という。

- (1) 文中の(ア)～(ウ)に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) 下線部のように保存する理由を答えなさい。
- (3) オストワルト法の①～③の化学反応式を、それぞれ答えなさい。
- (4) 上記(3)の①～③の化学反応式を一つの式にまとめなさい。
- (5) オストワルト法において、63%の硝酸30 kgを得るために必要なアンモニアは、 $27\text{ }^\circ\text{C}$, $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ で何Lか。計算過程も含めて有効数字2桁で答えなさい。ただし、気体定数を $8.3 \times 10^3\text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

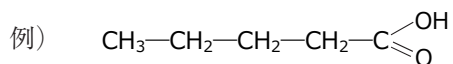
問3 次の文章を読み、(1)～(5)の間に答えなさい。

リンPは、周期表15族に属する典型元素である。①空気中で赤リンに点火すると激しく白煙をあげて燃焼し、(ア)が生成する。また、生成した(ア)に水を加えて加熱すると(イ)が生成する。(イ)は無色の結晶で、水によく溶ける。

リンの化合物である②リン酸カルシウムと硫酸を反応させると、水に溶けるリン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物が得られる。この混合物は(ウ)と呼ばれ、肥料に用いられる。

- (1) 文中の(ア)～(ウ)に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) 赤リンと黄リンについて、間違っているものを以下の(a)～(d)の中から一つ選びなさい。
 - (a) 黄リンは赤リンに比べ、毒性が強い。
 - (b) リンの同素体には黄リンや赤リンがある。
 - (c) 黄リンの発火点は赤リンより高い。
 - (d) 赤リンはマッチの箱側の薬剤などに用いられる。
- (3) 下線部①の化学反応式を答えなさい。
- (4) 黄リンは水中に保存するが、その理由を答えなさい。
- (5) 下線部②の化学反応式を答えなさい。

第4問 次の問に答えなさい。なお、構造式は例にならって答えなさい。



問1 炭素、水素、酸素からなる化合物Aの試料 29 mg を元素分析装置で完全燃焼させたところ、二酸化炭素 66 mg, 水 27 mg を生じた。また化合物Aの分子量は 58 と測定された。次の(1)～(4)の問に答えなさい。なお、原子量は $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ とする。

- (1) 化合物Aの組成式を求めなさい。解答欄には計算過程も書きなさい。
- (2) 化合物Aは、酢酸カルシウムを乾留しても得られ、芳香を持つ液体で、水と任意の割合で混合する。化合物Aの名称、ならびにその構造式を記しなさい。
- (3) 化合物Aにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、黄色の物質が生成する。この反応を何というか、答えなさい。
- (4) 化合物Aと同じ分子式で表される化合物には、(3)の反応を示さない化合物Bが存在する。化合物Bは無色で刺激臭のある液体で、銀鏡反応を示す。化合物Bの構造式を答えなさい。

化学

問2 エステルに関する次の(1)～(4)の間に答えなさい。

- (1) カルボン酸とアルコールからエステルが生成する際に脱離する物質は何か、答えなさい。
- (2) 酢酸とエタノールに触媒の濃硫酸を加えて温めると、エステルが生成する。このエステルの名称を書きなさい。
- (3) (2)の生成物の特徴について、正しいものを以下の①～④の中から一つ選びなさい。
- ① 有色・油状の液体で、水には溶解しない。
 - ② 果実臭をもつ液体で、水とよくなじむ。
 - ③ 果実臭をもつ液体で、揮発性が高い。
 - ④ 無色・無臭の液体で、水に溶解し酸性を示す。
- (4) (2)の生成物に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、加水分解が起き、カルボン酸のナトリウム塩とアルコールが生成する。この反応を何というか、答えなさい。

問3 天然有機化合物に関する(1)～(3)の問に答えなさい。

天然有機化合物のうち、自然界に最も多く存在するものは(ア)であり、単糖・二糖・多糖に分類される。(ア)にはエネルギー貯蔵物質であるデンプンや、植物細胞壁に含まれる(イ)がある。デンプンや(イ)はいずれも単糖である(ウ)が多数結合した構造である。また動物の体内にも、(ウ)や(エ)の形で(ア)が存在する。(ア)のうち数個の単糖分子が結合した糖を小糖または(オ)といい、菓子や食品に使用されている。

- (1) (ア)～(オ)に当てはまる語句を書きなさい。
- (2) (ウ)は結晶状態では1個の酸素原子と5個の炭素原子が単結合で環状につながった構造であり、水溶液中では2種類の環状構造と1種類の鎖状構造が平衡状態で存在する。(ウ)の水溶液にフェーリング液を加えて加熱すると、酸化銅(Ⅰ) Cu_2O の赤色沈殿を生じる。この反応が起こる理由を述べなさい。
- (3) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ の分子式で表される単糖のうち、寒天に含まれるガラクトースの説明として正しいものを以下の①～④から一つ選びなさい。
- ① 還元性を示す。甘味は弱い。
 - ② 還元性を示さない。甘味は弱い。
 - ③ 還元性を示す。単糖の中で最も甘味が強い。
 - ④ 還元性を示さない。甘味は強い。

問4 タンパク質に関する(1)～(3)の問に答えなさい。

タンパク質を構成する物質によって分類すると、単純タンパク質と複合タンパク質に分けられる。

- (1) 単純タンパク質と複合タンパク質の違いについて、60文字程度で説明しなさい。
- (2) タンパク質水溶液に薄い水酸化ナトリウム水溶液と薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると、赤紫色を呈する。この反応を何というか答えなさい。
- (3) タンパク質水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、生じる気体に赤色リトマス紙を近づけると、青くなった。この理由を説明しなさい。