



化 学

(90 分)

人 間 文 化 学 部

生活栄養学科

注 意 事 項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子および解答用紙の中を見てはいけません。また、解答開始の合図があるまで、筆記用具を使用してはいけません。
2. 問題は 2 題で、6 ページあります。
3. 解答開始後、2 枚の解答用紙の所定欄に受験番号、氏名をはっきり記入しなさい。
4. 解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に書きなさい。解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがあります。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。解答用紙を持ち帰ってははいけません。

問題 I

次の文章を読んで、問1～問8に答えよ。必要であれば、原子量として $\text{Cl} = 35.5$, $\text{K} = 39.0$, $\text{Ca} = 40.0$ を、平方根の値として $\sqrt{2} = 1.40$, $\sqrt{3} = 1.70$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

塩化カリウムの結晶では、カリウムイオンと塩化物イオンが規則正しく交互に並んでおり、カリウムイオンと塩化物イオンが強い引力で結びついている。この力を **ア** という。このような陽イオンと陰イオンの結びつきをイオン結合という。水分子は極性分子であり、水分子中の **イ** 原子はいくらか負の電荷を、
(a) **ウ** 原子はいくらか正の電荷を帯びている。水に塩化カリウムを加えると、塩化カリウム結晶の表面からカリウムイオンと塩化物イオンが水中に拡散していく。これは、カリウムイオンが水分子の **イ** 原子と、塩化物イオンが **ウ** 原子とそれぞれ **ア** によって引き合って安定化されるためである。このような溶質の分子やイオンが水分子を強く引きつける現象を **エ** という。**エ** した溶質の分子やイオンが水中に拡散していくことによって溶解が進行する。

少量の塩化カリウムを水に溶解させた希薄溶液をゆっくり冷却すると、図1のような冷却曲線が得られる。この冷却曲線から得られる凝固点は水の凝固点よりも低くなる。このように溶液の凝固点が純溶媒の凝固点より低くなることを凝固点降下という。

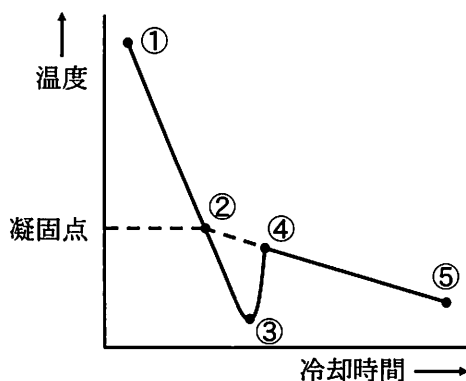


図1 冷却曲線

問 1 ア ~ エ に入る適切な語句を記せ。

問 2 同じ電子配置をもつカリウムイオンと塩化物イオンのイオン半径を比較すると、原子番号が大きいカリウムイオンのイオン半径は塩化物イオンのイオン半径より小さい。原子を構成する粒子に着目してその理由を説明せよ。

問 3 下線部(a)について、水分子が極性分子である理由を、結合の極性と分子の形に関連づけて説明せよ。

問 4 図 1 の冷却曲線について、以下の i) ~ iii) に答えよ。

i) 点①~⑤のうち、どの点の付近で凝固が始まるか、①~⑤から一つ選び記号で答えよ。

ii) 点②と点③の間の状態の名称を記せ。

iii) 点③と点④の間で温度が上昇している理由を簡潔に記せ。

問 5 0.298 g の塩化カリウムと質量がわからない塩化カルシウムを 0.200 kg の水に加えて、完全に溶解させた。この水溶液を冷却して凝固点を測定したところ、凝固点は -0.185°C であった。この水溶液に含まれる塩化カルシウムの質量[g]を求めよ。導出過程も記せ。ただし、水のモル凝固点降下 K_f を $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ 、水の凝固点を 0.000°C とする。また、水溶液中で塩化カリウムと塩化カルシウムはすべて電離しているものとする。

問 6 ナトリウムはカリウムと同じ 1 族元素である。水酸化ナトリウム水溶液と単体のアルミニウムを反応させると、錯塩であるテトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウムと水素を生じる。この反応を化学反応式で記せ。

問 7 塩化ナトリウムを高温で融解させて電気分解すると、単体のナトリウムが得られる。この操作はナトリウムの工業的製法として知られている。この操作を行ったとき、陽極および陰極で起こる反応を、それぞれ電子 e^- とイオンを含む化学反応式で記せ。

問 8 ナトリウムの単体は図 2 のような体心立方格子の結晶構造をとる。単位格子の一辺の長さが $4.40 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であるとき、ナトリウム原子の原子半径 $[\text{cm}]$ を求めよ。導出過程も記せ。

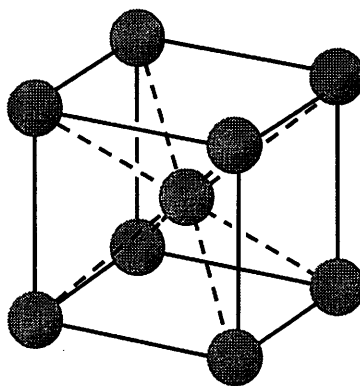


図 2 体心立方格子

問題 II

次の文章を読んで、問1～問3に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ を、常用対数の値として $\log_{10} 0.2 = -0.70$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 5 = 0.70$ を用いよ。

水素原子は水素化合物として地球上に多量に存在する。例えば ア の水素化合物である硫化水素は火山ガスや温泉水に含まれる。また、イ の水素化合物であるメタン^(a)は天然ガスの主成分として存在する。

現在、さまざまな元素の水素化合物が工業的に製造されている。例えば、アンモニア^(b)は水素の単体と窒素の単体との反応によって製造され、塩化水素^(c)は水素の単体とウ^(d)の単体との反応で製造される。

問1 ア ～ ウ に入る適切な元素名を記せ。

問2 下線部(a)～(d)の水素化合物のうち、強い還元性をもつ化合物、および一つの子の中に非共有電子対を3組もつ化合物をそれぞれ一つ選び、その電子式を図1の例にならって記せ。



図1 水素の電子式

問3 下線部(c)について、以下のi)～v)に答えよ。

i) アンモニアにおける窒素原子の酸化数を記せ。

ii) アンモニアは、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して発生させることができる。この反応の化学反応式を記せ。また、発生したアンモニアを捕集する方法として解答欄の記述のうち、最も適切なものを○で囲んで記せ。その理由も説明せよ。

iii) 硝酸はアンモニアを原料として工業的に製造され、火薬や染料、医薬品の製造などに広く利用されている。アルミニウムと銅をそれぞれ濃硝酸に入れた場合に溶けるかどうか、解答欄の記述のうち、それぞれ正しいものを○で囲んで記せ。そのように考えた理由もそれぞれ記せ。

iv) アンモニア水に塩酸を滴下し、中和滴定を行った。以下の式 1 ～ 式 3 にこの中和滴定を行ったときの反応を示す。



このとき、中和点ではアンモニアと塩酸が過不足なく反応し、塩化アンモニウムが生成したとみなすことができる。また、塩化アンモニウムは水中で完全に電離する。ここで生じたアンモニウムイオンの一部はアンモニアと水素イオンを生成して、平衡状態となる。この平衡状態における酸の電離定数 K_a (mol/L) を求めよ。解答の数値は有効数字 2 桁で示せ。導出過程も記せ。ただし、水溶液の温度は 25°C で一定とし、アンモニア水の電離定数 $K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 2.50 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積 $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。

v) 0.100 mol/L のアンモニア水 50.0 mL に 0.100 mol/L の塩酸を滴下し、中和滴定を行った。この中和点における pH を求めたい。iv) で求めた電離定数 K_a を利用してこの中和点における pH を小数第 1 位まで求めよ。導出過程も記せ。ただし、水溶液の温度は 25°C で一定とする。また、式 3 においてアンモニアと水素イオンを生成するアンモニウムイオンの割合を h とし、 h は 1 よりも非常に小さいとみなす。なお、 $h = 1$ はすべてのアンモニウムイオンがアンモニアと水素イオンを生成した状態である。