

化 学

(注意) 必要であれば次の原子量と数値を用いなさい。

H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cu = 63.5, Ag = 108

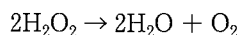
標準状態 (0 °C, 1.01×10^5 Pa) の気体 1 mol の体積 : 22.4 L, アボガドロ数 : 6.02×10^{23}

1. 次の文章を読み、(ア) には整数、(イ) (キ) (ク) (サ) には有効数字 3 桁の数値、(ウ) (エ) (オ) (カ) には物質名、(ケ) (コ) には適切な語句を入れなさい。

- (1) 化合物 X は、2 種類の元素からなるイオン結晶であり、塩化ナトリウム型構造をもつ。単位格子の一辺の長さは 0.481 nm であり、単位格子中に含まれる陽イオンと陰イオンの数は、それぞれ (ア) 個である。X の密度は 3.35 g/cm^3 であり、モル質量は (イ) g/mol である。X の水溶液は、橙赤色の炎色反応を示し、フェノールフタレインを加えると赤色になる。また、X の水溶液は、気体の (ウ) を通じると白濁するが、さらに (ウ) を通じ続けると無色透明となる。以上のことから、化合物 X は (エ) であることがわかる。

- (2) 硝酸銀と硫酸銅を含む水溶液 100 mL を、陰極に炭素、陽極に白金を用いて電気分解した。陰極で気体が発生しないように注意しながら、陽極と陰極の間にかかる電圧を 0 V から徐々に大きくしていくと、陰極では (オ) が先に析出しはじめた。さらに電気分解を続け、水溶液中の 2 種類の金属イオンを還元して、陰極上に金属としてすべて析出させたところ、陰極の質量は 775 mg 増加した。この間、陽極では (カ) が発生し、その体積は標準状態で 56.0 mL であった。以上の実験から、電気分解前の硝酸銀の濃度は (キ) mol/L、電気分解後に析出した銅の質量は (ク) mg であることがわかった。

- (3) 過酸化水素 H_2O_2 は、次の反応式で表されるように水と酸素に分解する。



25 °C において、水溶液中の H_2O_2 は非常にゆっくりと分解するが、少量の鉄(Ⅲ)イオンや酸化マンガン(Ⅳ)を加えると、この反応の (ケ) が低下し、速く分解する。このような働きをする物質を (コ) という。 H_2O_2 の分解の反応速度 v は、反応速度定数 k と H_2O_2 の濃度を用いて次式のように表すことができる。

$$v = k [\text{H}_2\text{O}_2]$$

濃度が 0.500 mol/L の H_2O_2 水溶液 100 mL に少量の酸化マンガン(Ⅳ)を加え、酸素を発生させる実験を行った。発生した酸素の 25 °C, 1.01×10^5 Pa における体積が、反応開始から 4 分後には 180 mL、5 分後には 216 mL であったことから、 k は (サ) /min と求められた。

2. 次の文章を読み、(ア) (イ) には元素記号、(ウ) ~ (コ) には整数、(サ) には適切な語句、(シ) (ス) には有効数字 3 桁の数値、(セ) (ソ) には下記の選択肢から選んだ番号を入れなさい。

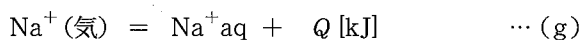
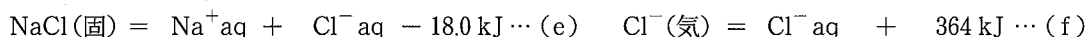
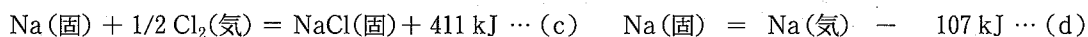
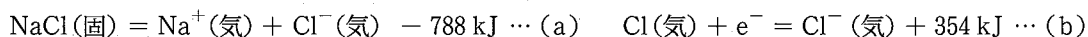
- (1) 原子中の電子の配列のしかたを、水素原子から原子番号順にみていくと、電子は原子核に近い内側の電子殻から順に配置されていく。しかし、(ア) 原子からは、電子は M 殻が完全に満たされる前に、外側の N 殻に配置される。次に、(イ) 原子からは、電子は再び内側の M 殻にも配置されはじめる。このように、不規則な電子配置となるのは、M 殻や N 殻の電子殻が、複数の部分(副殻)に分かれており、それらに対する電子の入りやすさが異なるからである。下表に、第 (ウ) 周期の原子の、M 殻と N 殻の電子配置を示した。M 殻は 3 種類の副殻に分けられ、それぞれの副殻に収容される最大の電子数は、少ない順から (エ) 個、(オ) 個、(カ) 個である。N 殻、O 殻、P 殻にも同様に副殻が存在する。原子番号 56 のバリウムには、N 殻に (キ) 個、O 殻に (ク) 個、P 殻に (ケ) 個の電子が入っている。下表の中の金属元素で、最も大きな第 1 イオン化エネルギーをもつのは、安定な電子配置をとる (コ) 族の元素である。

表 原子の電子配置

殻 \ 族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	3	4	5	6	7	8
M	8	8	9	10	11	13	13	14	15	16	18	18	18	18	18	18	18	18

- (2) 塩化ナトリウムのイオン結晶の生成と溶解について考える。さまざまな過程の熱化学方程式を下に示した。式(a)から、NaCl(固)の 1 mol あたりの (サ) エネルギーは 788 kJ/mol であることがわかる。Na⁺(気)が水和して Na⁺aq となる反応を式(g)に示した。この反応熱 Q は (シ) kJ/mol となる。Cl₂(気)の結合エネルギーを 244 kJ/mol とすると、Na(気)の第 1 イオン化エネルギーは (ス) kJ/mol となる。以上から、下記の選択肢の中で、エネルギー的に最も不安定な状態は (セ) で、最も安定な状態は (ソ) である。

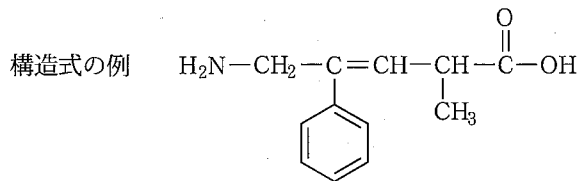
熱化学方程式：



選択肢：

- 1 Na⁺aq + Cl⁻aq 2 Na(気) + Cl(気) 3 Na⁺(気) + Cl⁻(気)
4 NaCl(固) 5 NaCl(気)

3. 次の文章を読み、(ア) には分子式、(イ) (エ) (オ) (キ) (ク) には構造式、(ウ) には化学式、(カ) と (ケ) ～ (セ) には適切な語句を入れなさい。なお、化合物の構造式は、例にならって書きなさい。



- (1) 炭素、水素、窒素、酸素だけからなる分子量 191 の有機化合物 **A** がある。**A** の構造を決定するために、以下に示す実験 1 から実験 6 を行った。

実験 1 **A** 15.28 mg を燃焼させたところ、二酸化炭素 38.72 mg、水 9.36 mg、および窒素酸化物 (NO_x) のみを得られた。このことから **A** の分子式は (ア) であることがわかった。

実験 2 **A** にニンヒドリンの水溶液を加えて加熱すると、赤紫色を呈した。

実験 3 **A** を塩酸と反応させて完全に加水分解した。この反応液とジエチルエーテルを分液漏斗に入れ、十分に振り混ぜたのち、ジエチルエーテル層と水層を分離した。

実験 4 実験 3 のジエチルエーテル層からは、有機化合物 (イ) が得られた。これをフェーリング液に加えて加熱すると、赤色の (ウ) が沈殿した。また、有機化合物 (イ) を過マンガン酸カリウムの水溶液と反応させると、有機化合物 (エ) が得られた。

実験 5 有機化合物 (エ) のナトリウム塩と水酸化ナトリウムの混合物を強熱すると、メタンが発生した。

実験 6 実験 3 の水層からは、有機化合物 (オ) の塩酸塩が得られた。有機化合物 (オ) は、ヒトの必須アミノ酸の一つである (カ) であった。

これらの結果より、**A** の構造は (キ) であることがわかった。

- (2) メタクリル酸とアニリンを反応させると、有機化合物 (ク) と水が生成した。0.5 mol の有機化合物 (ク) と少量の *p*-ジビニルベンゼンをフラスコに入れ、(ケ) 重合させると、熱 (コ) 性のポリマー **B** が得られた。**B** は、*p*-ジビニルベンゼンで連結された三次元の (サ) 構造を形成していた。細かく粉砕した **B** をガラス製のカラム (円筒状の容器) につめた。このカラムの上部から、酢酸フェニル、アセトアニリド、クメン、ナフタレン、クロロベンゼンを 0.002 mol ずつ混合したジエチルエーテル溶液を流した。これら 5 種類の有機化合物のうち、カラムから最も遅く出てきた有機化合物は、(シ) であった。これは、**B** に含まれる (ス) 結合部分が、(シ) の (ス) 結合部分と (セ) 結合を形成するためである。