

化学 問題 I

問 1 次の文中の空欄ア～オに適切な語句または数字を入れよ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語句または数字が入る。

固体には、原子やイオンなどの粒子が規則正しく並んだ結晶と粒子の並びに規則性のない がある。結晶の種類には、粒子間相互作用のしかたにより、アルミニウムのような金属結晶、塩化ナトリウムのようなイオン結晶、二酸化ケイ素のような共有結合の結晶、ナフタレンやヨウ素のような 結晶などがある。

結晶内の粒子の並び方には一定の形式があり、ある基本単位が繰り返してつながっている。この基本単位を という。その代表例として、体心立方格子と面心立方格子がある。体心立方格子では、立方体の各頂点と中心に粒子をもつので 内に 個の粒子を含み、一方、面心立方格子では、立方体の各頂点と各面の中心に粒子をもつので 個の粒子を含むことになる。

問 2 次の設問(1)~(3)において、正しい文を選び a~e の記号で答えよ。ただし、正しい文は 1 つとは限らない。正しい文がない場合は「なし」と答えよ。

設問(1):

- a メチルアミンは水に溶けて塩基性を示す。
- b 水はアンモニアに対しては酸として働く。
- c 硝酸、硫酸、フッ化水素酸は、いずれも強酸に分類される。
- d CO_3^{2-} は HCO_3^- より塩基性が強い。
- e pH が 5 の酢酸水溶液を水で 1000 倍に希釈すると、pH は 8 になる。

設問(2):

- a 二酸化硫黄は、相手により酸化剤にも還元剤にもなるので、両性酸化物である。
- b 酸化マンガン(IV)(二酸化マンガン)に濃塩酸を加えて熱すると、酸化還元反応が起こる。
- c イオン化傾向の大きい金属のイオンは、イオン化傾向の小さい金属のイオンよりも酸化力が弱い。
- d イオン化傾向の異なる 2 種の金属を離して希硫酸に浸し、電池を作る。このとき、イオン化傾向の大きい方の金属が正極になる。
- e 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて熱すると、酸化還元反応が起こる。

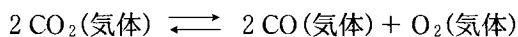
設問(3):

- a 希ガス原子の価電子の数は 2 または 8 である。
- b イオン結晶は融解しても電気を導かない。
- c 典型元素の性質は、周期表においてその元素のすぐ上またはすぐ下にある元素の性質とよく似ている。
- d 現在用いられている周期表は、元素を原子量の順に配列したものである。
- e 無極性分子では、すべての共有結合に電荷のかたよりが無い。

化学 問題Ⅱ

次の記述を読み、設問(1)～(3)に答えよ。ただし、 CO_2 、 CO 、 O_2 は理想気体とみなす。また、解答は有効数字2桁で記せ。

真空中に排気した容積 10.0 l の反応容器に CO_2 を入れて 2000 K に加熱保持したところ、 CO_2 が解離して以下の平衡状態に到達した。



このとき CO_2 、 O_2 の濃度は、それぞれ、 $[\text{CO}_2] = 1.00 \times 10^{-5}\text{ mol/l}$ 、 $[\text{O}_2] = 5.00 \times 10^{-7}\text{ mol/l}$ であった。

設問(1)：反応容器に入れた CO_2 は何 mol か。

設問(2)：上の解離反応の 2000 K における平衡定数を求めよ。単位がある場合は単位も記せ。

設問(3)：上述の平衡状態にある反応容器の温度と容積は変えずに反応容器に O_2 を加えたところ、 $[\text{O}_2] = 2.00 \times 10^{-6}\text{ mol/l}$ で再び平衡状態となった。加えた O_2 は何 mol か。計算過程も示せ。

化学 問題Ⅲ

問 1 次の2つの実験に関する記述を読み、設問(1)～(5)に答えよ。

(実験1) 5%の硫酸マンガン(Ⅱ)水溶液を、陽極に炭素棒、陰極にステンレス鋼板を用いて電気分解したところ、溶液内の炭素棒の表面に黒色の物質が付着した。次に、この炭素棒を水洗した後、濃度 0.300 mol/l の過酸化水素水に浸したところ、黒色の物質のまわりから多数の気泡が発生した。

(実験2) 濃度 1.80 mol/l の過酸化水素水を純水で正確に5倍の体積にうすめ、その 10.0 ml をビーカーにとって希硫酸を加えた。次に、この溶液をかくはんしながら、濃度が不明の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットから少しずつ滴下した。ビーカー内の溶液が、わずかに赤紫色に変色した時点を反応の当量点と判断した。それまでに滴下した過マンガン酸カリウム水溶液の体積は 22.5 ml であった。

設問(1)：実験1で、炭素棒に付着した黒色の物質の化学式を記せ。

設問(2)：実験1の下線で示した反応の化学反応式を記せ。

設問(3)：実験2の滴定実験に関するイオン反応式を記せ。

設問(4)：実験2の滴定実験に基づいて、過マンガン酸カリウム水溶液の濃度 (mol/l) を有効数字3桁で求めよ。ただし、計算過程も記せ。

設問(5)：実験1と実験2における過酸化水素の反応において、黒色の物質と過マンガン酸カリウムとがそれぞれ示した特徴的な化学的作用を80字以内で記せ。ただし、化学式を用いる場合は、1つの化学式を4字として数えよ。

問 2 アルミニウム板を用いて下記のような実験を行った。以下の設問(1)~(3)に答えよ。

薄いアルミニウム板(3 cm × 1 cm)を溶けないように注意しながら全体をブンゼンバーナーで加熱したところ、表面に皮膜が形成された。その表面にナイフで金属表面に達する深さの傷をつけ、塩化水銀 HgCl_2 の飽和水溶液に沈めた。しばらくすると、表面から皮膜がはがれたので、これを取り去った。

設問(1)：はがれた皮膜の化学式を記せ。

設問(2)：表面に傷をつけたアルミニウム板を塩化水銀の飽和水溶液に沈めたときに、アルミニウム金属の表面で起こる反応をイオン反応式で記せ。

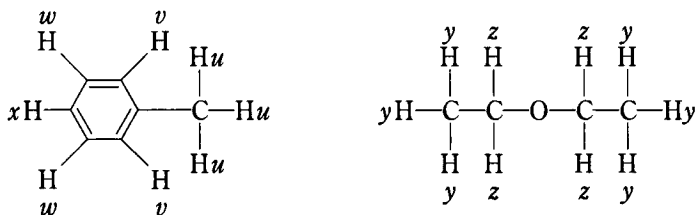
設問(3)：塩化水銀水溶液にある気体を吹き込むと、水銀を安定な固体(HgS)として回収することができる。この気体を発生するために必要な試薬名と、使用する気体発生装置の概略図を示せ。

化学 問題IV

有機合成実験に関する次の記述を読み、設問(1)~(4)に答えよ。

(実験 1) トルエンを過マンガン酸カリウムと反応させ酸性にすると化合物 A が得られた。

(実験 2) トルエンを濃硫酸と濃硝酸の混合物と反応させると、化合物 B とその異性体の混合物が得られた。この混合物から化合物 B を純粋に取り出し元素分析を行った結果、1 分子当たり窒素原子を 1 つ含むことが分った。また、化合物 B をある測定装置(分子の中の水素原子を環境の違いで区別して観測する機器)で分析したところ、3 種類(3 個ではない)の水素を有することが分った。例えば、この測定装置を用いると、次の図のようにトルエンでは 4 種類の水素($u \sim x$)を、ジエチルエーテルでは 2 種類の水素(y, z)を観測することができる(分子の対称性や炭素-炭素単結合の自由な回転により、水素 u, v, w, y, z の各々の中で個々の原子は区別できないことに注意)。化合物 B の合成で同時に得られた異性体には B 以外に ア 種類の可能性が考えられる。これらの異性体をこの測定装置で分析すると、B 以外の異性体のいずれも イ 種類の水素が観測されると予想される。



(実験 3) 化合物 B をスズと塩酸を用いて反応させ、アルカリ性にするとう化合物 C が得られた。

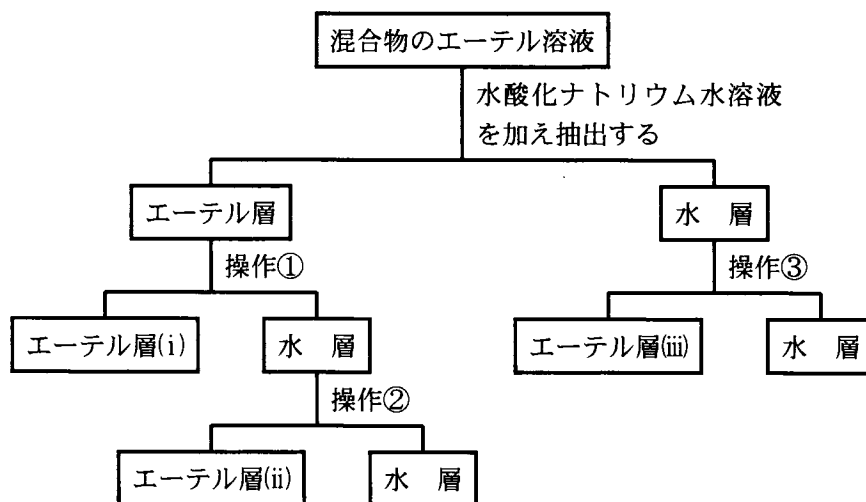
(実験 4) 化合物 A と C の混合物を加熱すると、化合物 D が合成できた。このとき、新たに形成される結合を ウ 結合と呼ぶ。

設問(1)：化合物 A, B, D の構造式を記せ。なおベンゼン環上の水素は省いてよい。

設問(2)：文中の空欄ア～ウに適切な語句や数字を記入せよ。

設問(3)：化合物 D を合成するとき、完全には反応しなかったため化合物 A および C が残った。そこで、D を混合物から分離するために、混合物をジエチルエーテルに溶解した後、下図のような抽出操作を行った。図中の操作①～③にあてはまる適切な実験操作を下記の a～eの中から選択して記号で答えよ。

設問(4)：設問(3)において、目的の化合物 D はどのエーテル層に含まれるかを記号(i)～(iii)で答えよ。

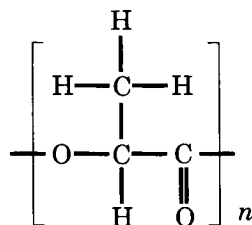


操作：

- a 塩酸を加え抽出する。
- b 塩酸で酸性にしてエーテルで抽出する。
- c 水酸化ナトリウム水溶液を加え抽出する。
- d 水酸化ナトリウム水溶液でアルカリ性にしてエーテルで抽出する。
- e エーテルを加えて抽出する。

化学 問題 V

高分子 I は、加水分解反応を受けやすく生分解性高分子と呼ばれる。設問(1)～(5)に答えよ。



高分子 I

設問(1)：高分子 I を水酸化ナトリウムで十分にけん化すると化合物 A ができる。化合物 A の構造式を記せ。

設問(2)：化合物 A の水溶液を希塩酸で酸性にすると化合物 B となる。化合物 B の名称を記せ。

設問(3)：化合物 B には不斉炭素原子が 1 つあるので、立体的な構造の異なる 1 対の光学異性体(鏡像異性体)が存在する。鏡像であることがわかるように、化合物 B の 1 対の異性体の立体構造を記せ。なお、これらの光学異性体を D 型および L 型と呼ぶことができる。

設問(4)：化合物 B に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、2 分子の化合物 B から 2 分子の水が失われて、1 分子の環状化合物 C が生じる。高分子 I は、化合物 C の開環重合によっても合成することができる。化合物 C の構造式を記せ。ただし、ここでは光学異性体を考慮しなくてよい。

設問(5)：化合物 C には、2 個の不斉炭素原子があり、D 型および L 型の組み合わせによって立体的な構造の異なる異性体(立体異性体)が存在する。光学異性体を考慮して、立体異性体の数を記せ。その理由を 80 字以内で述べよ。