

化学 (問題用紙 1)

I

次の問(1)、問(2)に答えよ。

問(1) 芳香族化合物に関する設問(a)～(f)に答えよ。

図1は、芳香族化合物A～Mの反応を示す。化合物Aの分子式は C_6H_6 である。化合物Fの水溶液は酸性を示す。化合物Gは解熱鎮痛作用を示す。化合物Iはヒドロキシ基を持ち、水に不溶である。化合物Kはメチル基を持つ。化合物Lは爆薬としても用いられる。

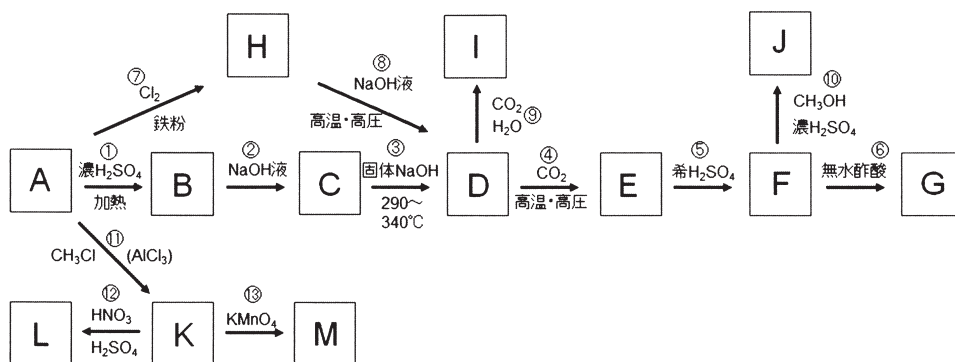


図1. 芳香族化合物の反応

- (a) 図1内の化合物A～Mに塩化鉄(III)水溶液を加えると4個の化合物が紫色の呈色反応を示す。図中の該当する化合物のA～Mの記号とそれぞれに対応する化合物の名称を全て答えよ。
- (b) 図1内の化合物A～Mに炭酸水素ナトリウムを加えると3個の化合物が塩を産生し CO_2 を発生する。図中の該当する化合物のA～Mの記号とそれぞれに対応する化合物の名称を全て答えよ。
- (c) 下記の(ア)～(キ)の各項目に該当する図中の化学反応はどれか。図中の①～⑬の該当する番号を答えよ。
 (ア) アセチル化 (イ) アルカリ融解 (ウ) エステル化 (エ) 酸化 (オ) スルホン化
 (カ) ニトロ化 (キ) ハロゲン化
- (d) 化合物Fから化合物Gができる過程の化学反応式を答えよ。
- (e) 化合物Lの名称と構造式を答えよ。
- (f) 化合物Iとホルムアルデヒドとの付加縮合による重合反応でベークライト(樹脂)ができる。この付加縮合の酸触媒による付加反応と縮合反応の化学反応式を答えよ。

化 学 (問題用紙 2)

I (つづき)

問(2) 天然有機化合物に関する設問(a)～(f)に答えよ。

- (a) フルクトースは結晶中で主に六員環構造を形成するが、水に溶解するとその一部が鎖状構造を經由して五員環構造となり、その後平衡状態となる。この三者の平衡状態の構造（環状は β -構造）について図2内の六員環構造の構造式にならって鎖状構造と五員環構造の構造式を答えよ。

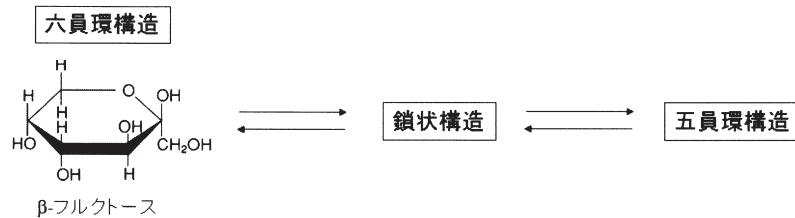


図2. フルクトースの水溶液中での平衡

- (b) デンプンを加水分解して42.8gのマルトースを得た。全てのデンプンがマルトースに分解したとすると、デンプンは何gか答えよ。また、このマルトースをさらに加水分解し単糖にして、酵母によりアルコール発酵させた。生じたすべての単糖がアルコールに代謝された場合、何gのアルコールができるか。それぞれの計算式と答えを書け。有効数字は3桁とする。(原子量 H=1.0、C=12.0、O=16.0)
- (c) タンパク質合成に使われるアミノ酸の中で鏡像異性体のないアミノ酸の名称と構造式を答えよ。
- (d) タンパク質の立体構造の安定化には、その分子内のシステインの結合が関与している。その結合の名称と結合によって形成される二量体の構造式を答えよ。
- (e) DNA (デオキシリボ核酸) は、デオキシリボースがリン酸ジエステル結合によってつながったポリヌクレオチド鎖で構成される。それぞれのデオキシヌクレオチドには4種類のいずれかの塩基が結合している。また、DNAは、2本のポリヌクレオチド鎖が相補的な塩基対の間で引き合い二重らせん構造を形成する。この引き合う力を何というか。また、この引き合う力ほどの組み合わせの塩基同士で起きているのか。引き合う力の名称とその塩基の組み合わせ(塩基対)を答えよ。
- (f) 脂肪酸の融点は、炭素数や不飽和の程度などにより変わる。下記の5種類の脂肪酸の中で最も融点の高い脂肪酸はどれか。(ア)～(オ)の記号で答えよ。

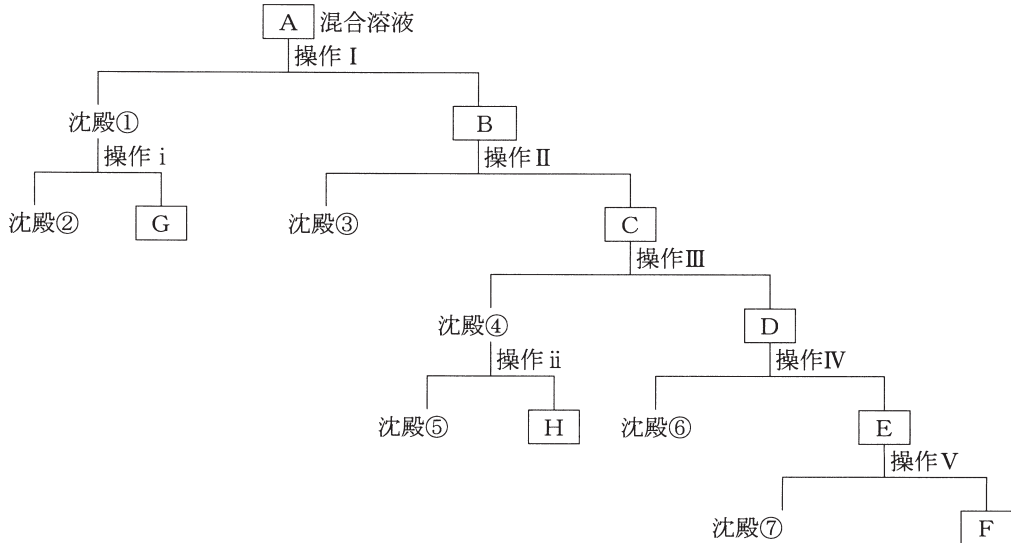
(ア) $C_{19}H_{31}COOH$ (イ) $C_{17}H_{29}COOH$ (ウ) $C_{17}H_{31}COOH$ (エ) $C_{17}H_{33}COOH$ (オ) $C_{17}H_{35}COOH$

化 学 (問題用紙 3)

II

次の文を読み、以下の問(1)～(7)に答えよ。

以下の操作で金属イオンの定性分析を行った。Aは Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Al^{3+} 、一価の陽イオン X^+ の混合溶液、B～Hはろ液であり、ろ液Fには X^+ が残った。各操作において、金属元素は完全に分離できたものとする。



操作 I 混合溶液Aに希塩酸を加えた。

操作 II ろ液Bに硫化水素を通じた。

操作 III ろ液Cを煮沸し、Yを加えた。その後、多量のZを加えた。

操作 IV ろ液Dに硫化水素を通じた。

操作 V ろ液Eに炭酸アンモニウム水溶液を加えた。

問(1) 沈殿①は混合物であるので、操作 i によって沈殿②とろ液Gに分離させた。操作 i とその後に行った操作について説明したつぎの文中の(ア)～(キ)に適する語句をそれぞれ答えよ。

沈殿①は(ア)と(イ)の混合物であり、沈殿①に(ウ)を加えると(イ)のみが溶解するため、分離させることができる。この場合、(ア)が沈殿②となる。この操作後、沈殿②に(エ)を加えると錯イオンである(オ)になって溶解し、ろ液Gにクロム酸カリウム水溶液を加えると(カ)色沈殿が生じる。なお、(オ)は陽イオンであり、その水溶液の色は(キ)色である。

化 学 (問題用紙 4)

II (つづき)

問(2) 沈殿③は硝酸と反応し、金属イオンの溶液になる。その後、アンモニア水を加えると沈殿 a を生じ、更にアンモニア水を加えると沈殿 a は錯イオンとなって溶解し、溶液 b となる。沈殿 a および溶液 b の色をそれぞれ答えよ。また、溶液 b に溶解している錯イオンの化学式および構造(配位しているアンモニア分子の配置により形成される形)をそれぞれ答えよ。

問(3) 操作Ⅲで加えた Y および Z をそれぞれ答えよ。また、操作Ⅲについて説明したつぎの文中の(ク)~(コ)に適する語句をそれぞれ答えよ。

操作Ⅱを行った後のろ液 C には、硫化水素との反応によって(ク)イオンが(ケ)イオンに変化して溶解している。そのため、煮沸により硫化水素をろ液 C から除き、(コ)剤である Y により(ケ)イオンを(ク)イオンに戻した後、多量の Z を加えて沈殿④とろ液 D に分離する。なお、Y の工業的製法において、Z に溶けている物質が原料として用いられている。

問(4) 沈殿④は混合物であるので、操作 ii によって沈殿⑤とろ液 H に分離させた。操作 ii とその後に行った操作について説明したつぎの文中の(サ)~(ソ)に適する語句をそれぞれ答えよ。

沈殿④は(サ)と(シ)の混合物であり、沈殿④に水酸化ナトリウム水溶液を加えると(ス)性化合物の(シ)のみが溶解するため、分離できる。このとき、沈殿⑤は(セ)色であり、ろ液 H には錯イオンである(ソ)が溶解している。

問(5) 沈殿⑥が操作Ⅱでは生じない理由を、解答欄の枠(12文字以内)に合わせて答えよ。

問(6) 沈殿②、③、⑥、⑦の中で、1つのみ沈殿の色が異なる。その沈殿の番号と色を答えよ。

問(7) ろ液 F を白金線につけてガスバーナーの外炎に入れると、炎の色が赤紫色に変化した。このような現象を何反応というか答えよ。また、X⁺の名称を答えよ。

化 学 (問題用紙 5)

Ⅲ

次の問(1)、問(2)に答えよ。必要があれば次の値を用いよ。アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、 $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$ 、 $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$ 、原子量 $\text{Ir} = 192$ 、 $\text{Pt} = 195$

問(1) 次の文章を読み、以下の設問(a)~(f)に答えよ。

白金 90%とイリジウム 10%からなる合金では、白金原子とイリジウム原子が均一に混ざり合い、ともに面心立方格子の構成要素となっている。その単位格子の一边の長さの平均値は $3.9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であった。A この合金 1.0 kg を一边の長さが 3.0 cm の正方形を底面にもつ直方体に成形したが、B 表面を研磨した際に、直方体のすべての面からそれぞれ単位格子の一边に相当する厚さの原子層が剥ぎ取られたため、質量がごくわずかに減少した。有効数字2桁で計算し、数値と単位を答えよ。

- 面心立方格子の単位格子に含まれる原子数はいくつか。
- 下線部 A の合金に含まれる2種類の金属の物質量の合計はいくらか。
- 下線部 A の合金の密度はいくらか。
- 下線部 A の直方体の高さはいくらか。
- 下線部 B の操作によって剥ぎ取られた表面原子の物質量はいくらか。
- 下線部 B の操作によって合金 1.0 kg から剥ぎ取られた表面原子の質量はいくらか。

問(2) 次の文章を読み、以下の設問(a)~(d)に答えよ。

太さが均一の U 字管が垂直に立てられており、底の部分において水分子は通すがタンパク質分子は通さない半透膜によってその内部が仕切られている。U字管の一方にタンパク質 10 mg を溶かした水溶液を入れ、もう一方に純水を同じ高さまで入れた。しばらくすると、タンパク質水溶液の液面が純水の液面より 1.5 cm 高くなったところで液面の高さが変化しなくなった。このときのタンパク質水溶液の体積は 10 mL であり、温度は 27°C であった。純水の液面より下の部分にあるタンパク質水溶液には、純水の液面より突出した部分にはたらく重力を U 字管の内側の断面積で割った圧力が付加的にかかっている。タンパク質水溶液の密度を 1.0 g mL^{-1} とし、 1 kg の物体にはたらく重力の大きさを 9.8 kg m s^{-2} として計算せよ。有効数字2桁で答えよ。

- 下線部の現象においてタンパク質水溶液にかかる付加的な圧力を何と呼ぶか。
- 下線部のタンパク質水溶液にかかる付加的な圧力は何 Pa か。
- 下線部のタンパク質水溶液のモル濃度はいくらか。
- このタンパク質の平均分子量はいくらか。