

(平成 31 年度 学士課程)

AO入試
(物質理工学院)

総合問題 (筆記)

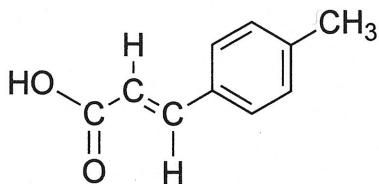
90 分

注意事項

1. 試験開始の合図までこの冊子を開かないこと。
2. 表紙を除き、本問題冊子は 6 ページ、答案用紙は 6 ページである。
3. 各答案用紙の所定の欄に受験番号を必ず記入すること。
4. 解答はすべて各答案用紙の所定の欄に記入し、裏面は使用しないこと。
5. 計算・メモ用紙は試験終了後に回収する。

(問題は次のページより始まります)

問題1 下の設問(1)～(6)に答えよ。ただし、構造式は下図に従って示すこと。



(1) 化合物 **A**, **B**, **C**, **D** は下の①～④に挙げる特徴をもつ。下の問(a)および(b)に答えよ。

- ① **A**～**D** はいずれも分子式 C_7H_8O で表され、ベンゼン環をもつ。
- ② **A** はパラ置換体、**B** はオルト置換体である。
- ③ ナトリウムと室温で反応して水素を発生するのは **A**～**C** のみである。
- ④ **A**～**C** の薄い水溶液に塩化鉄(III)の薄い水溶液を加えると、**A** と **B** は呈色反応を示したが、**C** は示さなかった。

(a) **C** の構造式を示せ。

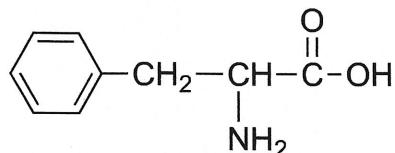
(b) **A** と **B** の融点の差は 4°C である。一方、**A** と **B** のメチル基をカルボキシ基に置換したそれぞれの化合物 **E** と **F** では、**E** が **F** よりも 60°C 程度融点が高い。**E** が **F** よりも融点が高くなる理由を、3 行程度で説明せよ。図を用いてもよいが、図は行数に含まない。

(2) 芳香族化合物 **G** とナトリウムフェノキシドとの反応により、*p*-ヒドロキシアゾベンゼン(*p*-フェニルアゾフェノール) と塩化ナトリウムが生成する。**G** はアニリンより合成することができる。下の問(a)および(b)に答えよ。

(a) **G** の構造式を示せ。

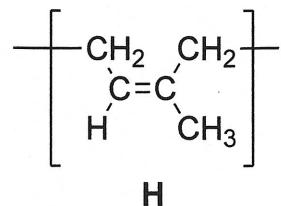
(b) 下線部に関して、アニリンから **G** を合成する化学反応式を記せ。なお、式中の有機化合物は構造式で記すこと。

(3) フェニルアラニンのみで構成される平均分子量 4.0×10^4 のポリペプチドの1分子中に含まれるベンゼン環の個数を、その導出過程を含めて記せ。ただし、原子量は、C = 12, O = 16, N = 14, H = 1.0 とする。

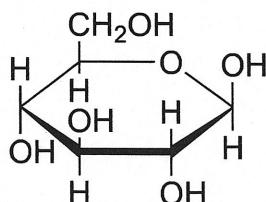


フェニルアラニン

(4) 天然ゴムは、下図の繰り返し単位 **H** より構成されており、イソプレンを付加重合することにより得られる。以下の問(a)および(b)に答えよ。



- (a) イソプレンの付加重合で生成しうる高分子化合物の繰り返し単位を、**H** を除いてすべて示せ。なお、繰り返し単位は、5つの炭素原子と1つの二重結合を含む。ただし、繰り返し単位は、**H** に従って示すこと。
- (b) 天然ゴムは、引っ張ると伸び、はなすと元に戻る。その理由を高分子の構造に着目して3行程度で説明せよ。図を用いてもよいが、図は行数に含めない。
- (5) 下の3つの条件①～③を満たす糖類は何種類であるか、その個数を導出過程を含めて記せ。
- ① グリコシド結合を加水分解すると1分子よりグルコース3分子のみを生じる。
 - ② 含まれるグルコースはすべて6員環構造である。
 - ③ 水溶液中における平衡状態においてホルミル基を含む構造を取りうる。



グルコース

問題2 つぎの文を読み、下の設問(1), (2)に答えよ。

銅は CuFeS_2 を主成分とする黄銅鉱を原料として以下の工程で作られる。まず、溶鉱炉内で①黄銅鉱を燃焼させることで、酸化鉄を主に含むスラグ^{注1)}と硫化銅(I)を主に含むマット^{注2)}を得る。このマットを加熱しながらさらに燃焼させることで不純物を含む粗銅を得る。この粗銅には質量パーセント濃度で99%程度の銅が含まれている。この粗銅から電解精錬により電気銅と呼ばれる質量パーセント濃度で99.99%程度の銅を得て、さらに②帯溶融精製により質量パーセント濃度で99.9999%以上の高純度銅を得る。

注1) スラグ：溶鉱炉内で生成する金属酸化物の混合物

注2) マット：溶鉱炉内で生成する金属硫化物の混合物

(1) 下線部①では主に CuFeS_2 の燃焼により硫化銅(I), 酸化鉄(III), 二酸化硫黄が生じる反応が起きている。この CuFeS_2 の燃焼を化学反応式で表せ。

(2) 下線部②の帯溶融精製に関するつぎの文を読み、下の問(a)～(c)に答えよ。

図中の(ア)は銅の帯溶融精製の模式図である。電気銅の一部をヒーターで加熱し溶融させて「溶融帶」を作り、ヒーターを一定速度で移動させることでこの溶融帶も移動して精製が行われる。このとき、界面Iでは電気銅が溶融すると同時に電気銅中にある不純物（異種元素の原子）も溶融帶に溶け込む。界面IIでは溶融した銅が凝固し、その際、溶融帶中の不純物の一部だけが凝固する銅に取り込まれるため、凝固した銅は高純度銅となる。一方、高純度銅に取り込まれなかつた不純物は溶融帶中に留まる。

図中の(イ)は精製時の銅中にある不純物の濃度分布を示している。電気銅中の不純物のモル濃度を C_0 とする。界面IIの位置が x のとき、溶融帶中の不純物のモル濃度を $C_L(x)$ とする。このとき、界面IIでの高純度銅の不純物のモル濃度 $C_S(x)$ は $kC_L(x)$ で表され、 k は1より小さい定数である。帯溶融精製の間、電気銅、溶融帶、高純度銅の断面積 A はすべて一定であり、溶融帶の長さ l も一定であるとする。また、帯溶融精製の間、電気銅から溶融帶に溶け込んだ不純物と高純度銅に取り込まれなかつた不純物は共に直ちに溶融帶中に拡散して均一に分布するものとする。なお、固体内の不純物は拡散しないとする。

- (a) 溶融帶に含まれる不純物の物質量 $Z_L(x)$ を A , l , $C_L(x)$ を用いて示せ。
- (b) 界面IIが x の位置から極めて微小な距離 dx だけ移動したとき、
- 高純度銅に取り込まれている不純物の物質量 $Z_S(x)$ の変化 dZ_S を k , A , $C_L(x)$, dx を用いて示せ。
 - 溶融帶中の不純物の物質量の変化 dZ_L を k , A , l , C_0 , dx , $Z_L(x)$ を用いて示せ。なお、導出過程も示すこと。

(c) $k = 0.1$, $A = 0.1 \text{ m}^2$, $l = 0.1 \text{ m}$, $C_0 = 10 \text{ mol/m}^3$ のとき, 界面 II が x の位置のときの $Z_L(x)$ を x の関数として示し, そのグラフをかけ. ただし, $x = 0$ のとき $C_L(0) = C_0$ である. なお, 導出過程も示すこと.

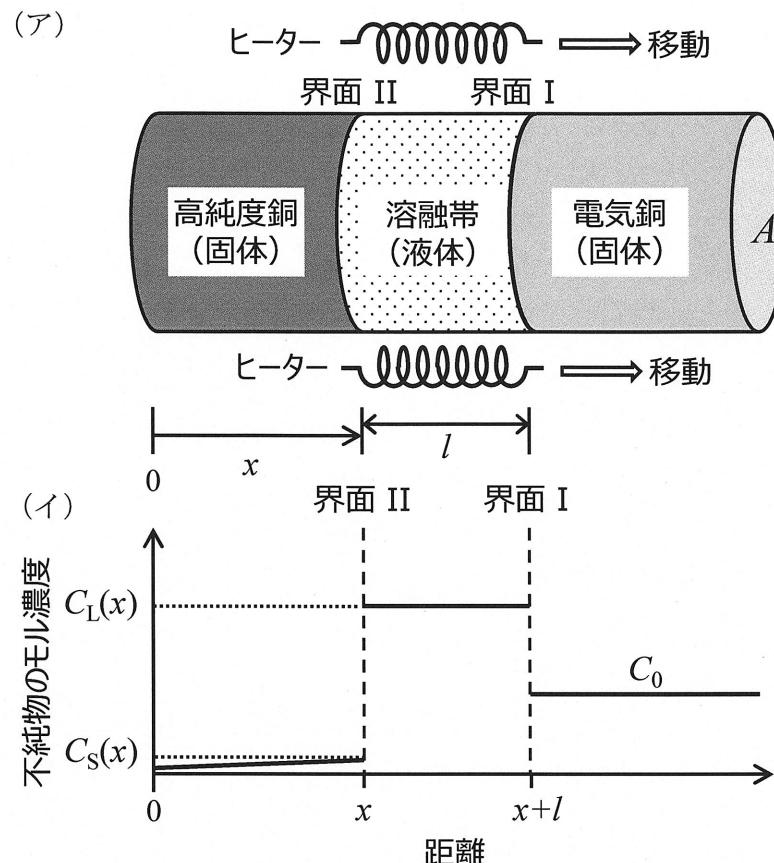


図 銅の帯溶融精製 (ア) と精製時の不純物の濃度分布 (イ)

問題3 つぎの文を読み、下の設問(1)～(3)に答えよ。

磁石には鉄やコバルトなどを含む化合物からなる強磁性体が使われている。強磁性体は巨視的な磁極を持つが、物質を構成する素粒子は固有の磁荷（微視的な磁極）を持たない。強磁性体内部での微視的な磁気の起源は、磁気モーメントと呼ばれるベクトル量である。大きさ μ の磁気モーメントは、微小な距離 d だけ離れた仮想的な磁荷の対（磁気量 m と $-m$ ）で表現でき、 $\mu = md$ の関係がある。

(1) 磁気モーメントは磁場を発生させる。空間座標の原点において、正の z 方向を向いている磁気モーメントとして、以下の仮想的な磁荷アとイの対を考える。

ア. 磁気量 : m , 位置 : $(x, y, z) = (0, 0, d/2)$

イ. 磁気量 : $-m$, 位置 : $(x, y, z) = (0, 0, -d/2)$

正の磁気量 m を持つ磁荷から距離 r だけ離れた点における磁場の大きさ H は、比例定数を k として $H = km/r^2$ と書くことができる。

(a) $|x| \ll 1$ のとき $1/(1+x^2) \approx 1$ および $1/(1+x)^2 \approx 1-2x$ の近似は同程度の精度をもつ。
 $1/(1+x)^2 \approx 1-2x$ の近似式を導出せよ。

(b) 上記の磁気モーメントが原点から十分遠い位置 $(x, y, z) = (r, 0, 0)$ に作る磁場の x, y, z 成分 H_x, H_y, H_z を、 μ, k, r のうち必要な記号を用いて表せ。ただし、 $r \gg d$ とし、 m と d を消去するための適切な近似を用いて導くこと。

(c) 上記の磁気モーメントが原点から十分遠い位置 $(x, y, z) = (0, 0, r)$ に作る磁場の x, y, z 成分 H_x, H_y, H_z を、 μ, k, r のうち必要な記号を用いて表せ。ただし、 $r \gg d$ とし、 m と d を消去するための適切な近似を用いて導くこと。

(2) 磁気モーメントは、周囲の磁気モーメントの作る磁場と同じ向きになる方向に、回転しようとする。大きさ H の磁場が、それと角度 θ をなす大きさ μ の磁気モーメント（図1）に及ぼす、偶力のモーメントの大きさを求めよ。

(3) 磁石材料内部では、多数の磁気モーメントの間に量子力学的な相互作用も働いており、互いにほとんど同じ向きを向いている。設問(2)で考えた相互作用による磁気モーメントの回転を抑制するために、最も適切な磁石の形状と磁気モーメントの向きを、図2に示す①～④の選択肢の中から1つ選び、その理由を3行程度で述べよ。

- ① 形状：細長い円柱、磁気モーメントの向き：円柱の高さ方向に平行
- ② 形状：細長い円柱、磁気モーメントの向き：円柱の高さ方向に垂直
- ③ 形状：薄い円盤、磁気モーメントの向き：円盤平面に垂直
- ④ 形状：薄い円盤、磁気モーメントの向き：円盤平面に平行

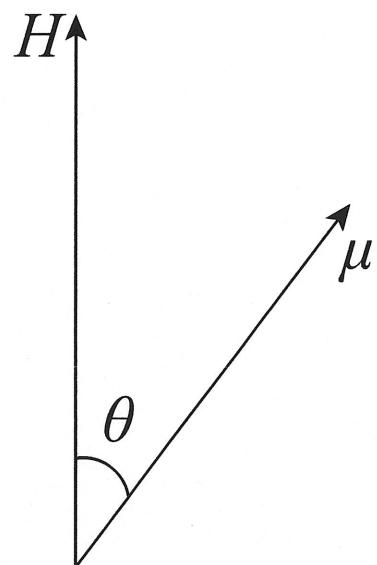


図 1

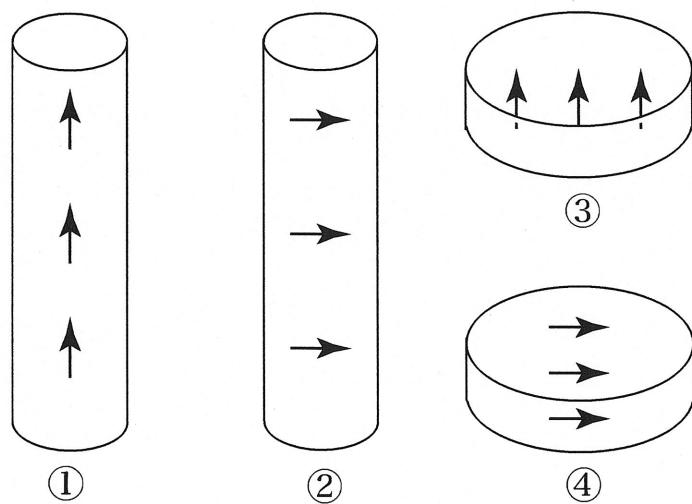


図 2