

2021 年度 入学試験問題(前期日程)

理 科

(化学基礎・化学)

理 工 学 部：数学物理学科(理科受験)、生物科学科、化学生命理工学科、
地球環境防災学科

医 学 部：医学科

農林海洋科学部：海洋資源科学科(海底資源環境学コース、海洋生命科学コース)

問題冊子 問題…… I ~ VI ページ…… 1 ~ 6
解答用紙…… 6 枚(白紙を除く)
下書用紙…… 1 枚

理 工 学 部：試験時間は 90 分、配点は表示の 2 倍とする。

医 学 部：試験時間は 120 分(2 科目解答)、配点は表示の 0.75 倍とする。

農林海洋科学部：試験時間は 90 分、配点は表示の 2 倍とする。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開かないこと。
2. 試験中に、問題冊子・解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び下書用紙の不備等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
3. 各解答用紙に受験番号を記入すること。
なお、解答用紙には、必要事項以外は記入しないこと。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
5. 解答用紙の各ページは、切り離さないこと。
6. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
7. 試験終了後、問題冊子、下書用紙は持ち帰ること。
8. 試験終了後、指示があるまでは退室しないこと。

注意：必要であれば、次の値を用いよ。なお、扱う気体はすべて理想気体とする。

原子量は、 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。

アボガドロ定数は、 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

I 次の文章を読んで、各問に答えよ。(35点)

金属 A および B の結晶では、それぞれ図 1 および図 2 のような単位立方格子が 3 次元的に規則正しく配列されている。

問 1 図 1 および図 2 の単位立方格子の名称を記せ。

問 2 金属 A および B の結晶は単位立方格子当たり何個の金属原子を含むか、それぞれ記せ。

問 3 金属 A の密度は 0.97 g/cm^3 である。また単位立方格子の一辺の長さは $4.3 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。金属 A の原子量はいくらか、計算過程とともに有効数字 2 桁で記せ。

問 4 金属 B の単位立方格子の一辺の長さを $3.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とする。金属 B の密度を計算過程とともに有効数字 2 桁で記せ。なお、金属 B の原子量は 63.5 とする。

問 5 金属 B の原子半径は何 cm か、計算過程とともに有効数字 2 桁で記せ。なお、結晶内では最も近いところに存在する原子はお互いに接触しているものとする。また、 $\sqrt{2} = 1.4$ とする。

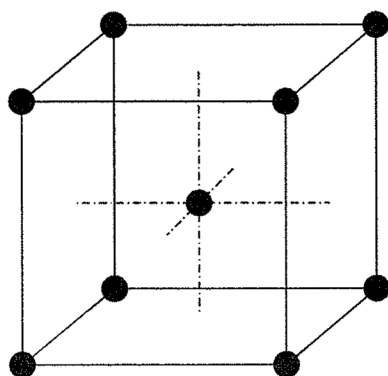


図 1. 金属 A の単位立方格子

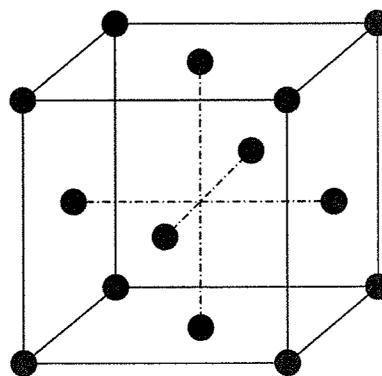


図 2. 金属 B の単位立方格子

II 次の文章を読んで、各問に答えよ。(30点)

7種類の金属イオン(Ag^+ , Al^{3+} , Ba^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Na^+ , Zn^{2+})を含む水溶液がある。以下の図のようにして、①～⑦の実験操作を行いながら、各金属イオンを分離・確認した。

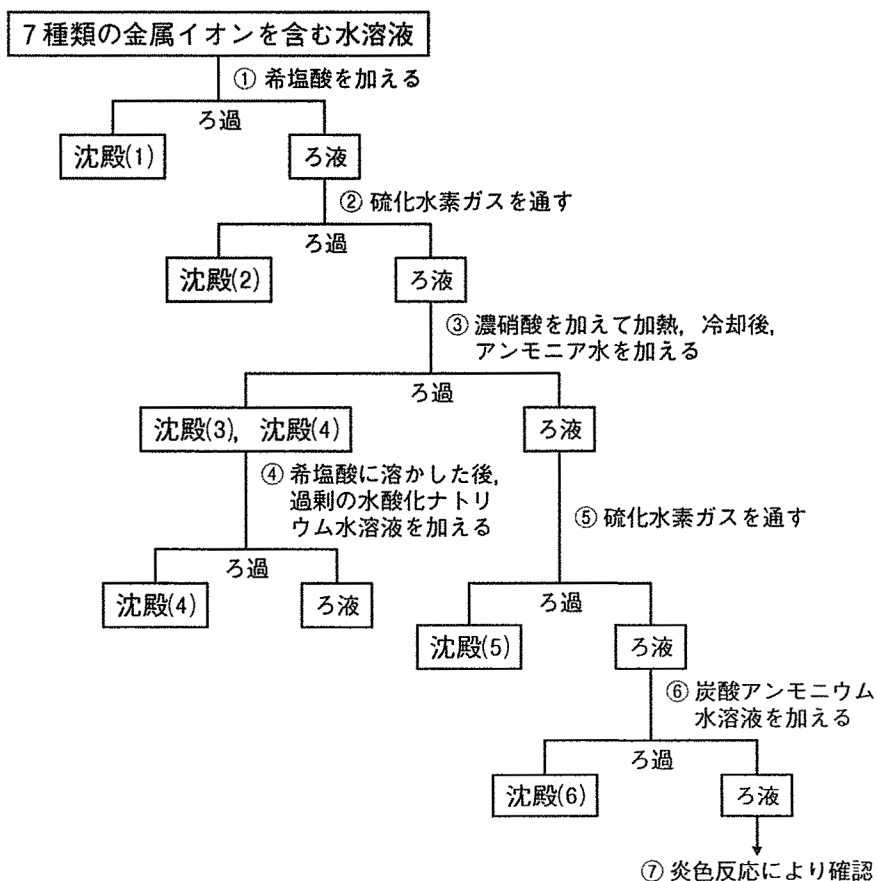
【語群】 白色 黒色 赤褐色 緑色 青色 黄色

問1 沈殿(1)から沈殿(6)の化学式と沈殿の色をそれぞれ記せ。色は【語群】の中から選べ。なお、【語群】の色は複数回用いてよい。

問2 実験操作③では、濃硝酸を加えて加熱している。その理由を記せ。

問3 実験操作④において、過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えた後、ろ過を行うことにより沈殿(3)と沈殿(4)を分離できる理由を、化学反応式を用いて記せ。

問4 実験操作⑦の炎色反応で確認される金属イオンとそのときの炎の色を記せ。炎の色は、【語群】の中から選べ。



Ⅲ 化学平衡に関する次の文章を読んで、各問に答えよ。ただし、反応に関与する H₂O はすべて気体であるとする。(35 点)

以下に示す①の反応は、有機工業化学の重要な反応のひとつである。



この化学反応のように左右どちらの向きにも進む反応を可逆反応といい、左向きの反応と右向きの反応の (ア) が等しくなり、反応が止まったように見える状態を平衡状態という。このとき、(イ) の濃度の積を分母に、(ウ) の濃度の積を分子にして求めた値は平衡定数とよばれ、(エ) が一定ならば濃度や圧力が異なっても一定値になる。いま、容積 V が一定の容器に CO を 0.40 mol と H₂O を 0.60 mol 入れて、ある温度に保ったところ、①の反応が平衡状態に達して H₂ が 0.24 mol できた(平衡状態 A)。さらに、同じ温度に保ったまま CO を 0.20 mol 追加したところ、各物質の量に変化して新しい平衡状態になった(平衡状態 B)。この変化はルシャトリエの原理によって説明できる。

問 1 文中の (ア) ~ (エ) に当てはまる最も適切な語句を次の中から選び、(a)~(h)の記号で記せ。

- (a) 圧力 (b) 温度 (c) 生成物 (d) 速度
(e) 体積 (f) 濃度 (g) 反応物 (h) 物質量

問 2 平衡状態 A に達したときの CO₂ の物質量を、有効数字 2 桁で記せ。

問 3 平衡状態 A の平衡定数を、計算過程とともに有効数字 2 桁で記せ。

問 4 平衡状態 B での H₂ の物質量を、計算過程とともに有効数字 2 桁で記せ。

問 5 下線部の原理について考える。次に示す(i)~(iv)の化学反応が平衡状態にあるとき、温度一定のもとで〈 〉内の操作のみを行うと平衡はどちら向きに移動するか。右、左、移動しない、いずれかで答えよ。

- (i) $2\text{CO(気)} + \text{O}_2\text{(気)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2\text{(気)}$ 〈圧力を上げる〉
(ii) $\text{CO}_2\text{(気)} + \text{C(黒鉛)} \rightleftharpoons 2\text{CO(気)}$ 〈圧力を下げる〉
(iii) $\text{C(黒鉛)} + \text{H}_2\text{O(気)} \rightleftharpoons \text{CO(気)} + \text{H}_2\text{(気)}$ 〈C(黒鉛)を加える〉
(iv) $\text{CO(気)} + \text{H}_2\text{O(気)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(気)} + \text{CO}_2\text{(気)}$ 〈全圧一定のもと Ar を加える〉

IV ある構造不明のエステル A について行った次の実験結果を読んで、各問に答えよ。構造式は例にならって描け。(35 点)

(実験 1) エステル A の元素分析を行ったところ、成分元素の質量百分率は、炭素 62.04 %、水素 10.41 %、酸素 27.55 %であった。

(実験 2) エステル A を加水分解したところ、酢酸とともに分子量 74 の 1 価アルコール B が生成した。このとき、酢酸とアルコール B の物質量の比は 1 : 1 であった。

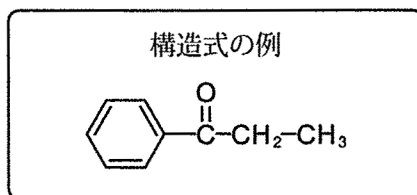
(実験 3) アルコール B を精製し、そのサンプルを高知大学で詳しく分析してもらったところ、アルコール B には不斉炭素原子があることがわかった。

問 1 実験 1 の結果をもとに、エステルの組成式を計算過程とともに答えよ。

問 2 実験 2 の結果よりエステル A の分子量がわかり、実験 1 の結果と総合すると A の分子式もわかる。エステル A の分子量と分子式を計算過程とともにそれぞれ答えよ。

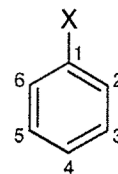
問 3 実験 1 と 2 の結果から、エステル A として 4 つの候補が考えられる。この 4 つのエステルの構造式をすべて描け。ただし、鏡像異性体は区別しなくて良い。

問 4 実験 1 ~ 3 の結果を総合してエステル A の構造式を描け。ただし、鏡像異性体は区別しなくて良い。



V ベンゼンの一置換体 C_6H_5-X について書かれた以下の文章を読んで、各問に答えよ。構造式は例にならって描け。(30点)

Xがメチル基の化合物は [ア] という名前の芳香族炭化水素であり、
 [ア] をコバルトやマンガンなどの触媒を用いて空气中で酸化するとXがカルボキシ基の [イ] となる。また、[ア] を穏やかな条件のもとで酸化すれば C_7H_6O の分子式を持つ [ウ] が得られ、[ウ] を還元すると C_7H_8O の分子式を持つ [エ] を生じる。右図の2や6の位置を [オ] 位、3や5の位置を [カ] 位、4の位置を [キ] 位とよぶ。Xがニトロ基であるニトロベンゼンをニトロ化すると主に [ク] 位で反応するが、[ア] をニトロ化すると、主に [ケ] 位と [コ] 位で反応した2種類の生成物が生じ、さらにニトロ化が進むと爆薬として利用される [サ] が生成する。



問1 [ア] ~ [エ] に当てはまる化合物名を記せ。

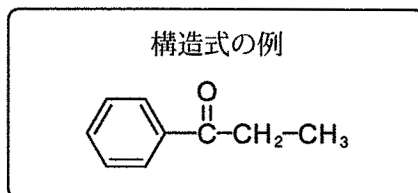
問2 [ア] ~ [エ] の構造式を描け。

問3 [オ] ~ [コ] には、*p*-, *m*-, *o*-, のいずれかが入る。適切なものを3つの中から選び、*p*-, *m*-, *o*-, で答えよ。ただし、[ケ] と [コ] は順不同である。

問4 [エ] の構造異性体のうち、ベンゼン環を持つものは4種類ある。この4種類の異性体の構造式をすべて描け。

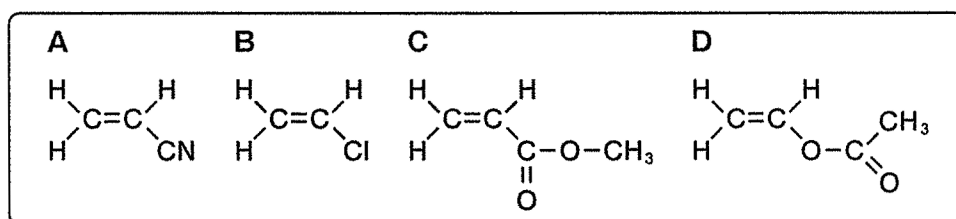
問5 下線部の反応を行う際に用いられる混酸は、何と何の混合物か答えよ。

問6 [サ] の構造式を描け。



VI 次の文章を読んで、各問に答えよ。(35点)

綿や麻などの植物繊維と羊毛や絹などの動物繊維は (ア) 繊維とよばれる。一方、主に石油から得られる低分子量の化合物を重合反応によって高分子化合物にし、紡糸することで繊維構造を形成させたものを (イ) 繊維という。(イ) 繊維の中でも、下図に示すモノマー A を (ウ) 重合させて得られた繊維は (エ) 繊維とよび、柔軟で軽く、保湿性に優れている。また A に対し、モノマー B, C あるいは D を混ぜて (ウ) 重合させて得た繊維は (エ) 系繊維とよばれ、難燃性の特徴をもつ。このように2種類以上のモノマーを混ぜて重合を行うことを共重合といい、得られた高分子化合物を共重合体という。また (ウ) 重合によって得られる (イ) 繊維としては、(エ) 繊維の他に、ポリビニルアルコールをホルムアルデヒドで処理して得られる (オ) などがよく知られている。



問 1 文中の (ア) ~ (オ) に当てはまる適切な語句を次の中から選び、(a)~(h)の記号で記せ。

- | | | | |
|----------|-----------|----------|--------|
| (a) アクリル | (b) オレフィン | (c) 開環 | (d) 合成 |
| (e) 縮合 | (f) 天然 | (g) ビニロン | (h) 付加 |

問 2 モノマー A ~ D の化合物名を記せ。

問 3 ポリビニルアルコールはモノマー D の重合体(重合度 n)を水酸化ナトリウムで加水分解(けん化)することで得られる。その化学反応式を記せ。

問 4 モノマー A および D からなる共重合体に関して各問に答えよ。

- (1) 共重合体中に存在するモノマー A および D に由来する繰り返し単位(構成単位)の式量をそれぞれ記せ。
- (2) 全繰り返し単位に対するモノマー A に由来する繰り返し単位の数の比率を X とする。このとき、共重合体の全質量中の酸素原子の質量が占める割合を、X を用いて表せ。
- (3) 共重合体の全質量中の酸素原子の質量が占める割合は 0.10 であった。このときの X の値を計算過程とともに有効数字 2 桁で記せ。

