

平成 31 年度 入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～15
化 学.....	16～29
生 物.....	30～57
地 学.....	58～65

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0。
気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

自然界の物質は、多くのものが混合物である。その中から必要な物質だけを取り出すためには、さまざまな操作を行う必要がある。そこで、各操作の役割の理解とその技能を身につけるために、クラスメート数名が集まって次のような実験を計画した。

海砂 2 g と塩化ナトリウム 3 g およびヨウ素 0.5 g の固体からなる試料 A から、各物質を分離する約 50 分間の実験である。操作 1、操作 2 および操作 3 の各過程でそれぞれの物質(固体)が取り出せるように、図 1 のフローチャート(流れ図)を作成した。

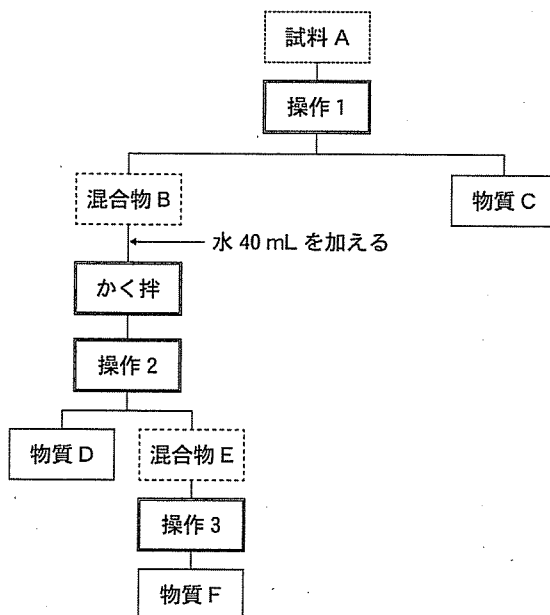


図 1 実験計画のフローチャート(流れ図)

その後、図1のフローチャートにしたがい実験を進めていたが、混合物Bに水40 mLを加えるところを、誤って他の実験で使用する予定にしていた室温の硝酸カリウム水溶液40 mL(硝酸カリウム4 gを含む)を加えてしまった。そのため、操作3で物質Fを得られる予定であったが、得られなくなった。そこで、操作3の前に新たな連続した操作4～操作6を行うことで、できるだけ純粋な物質Fを取り出せるように、途中で計画を変更した(図1のフローチャートには記載されていない)。

ここで、室温は20℃とする。なお、操作1、操作2、操作3、操作4、操作5および操作6は1つの操作のみを示す。また、海砂は石英からなるものとし、塩化ナトリウム、塩化カリウム、硝酸ナトリウムおよび硝酸カリウムの水100 gに対する溶解度曲線は図2に示すものとする。

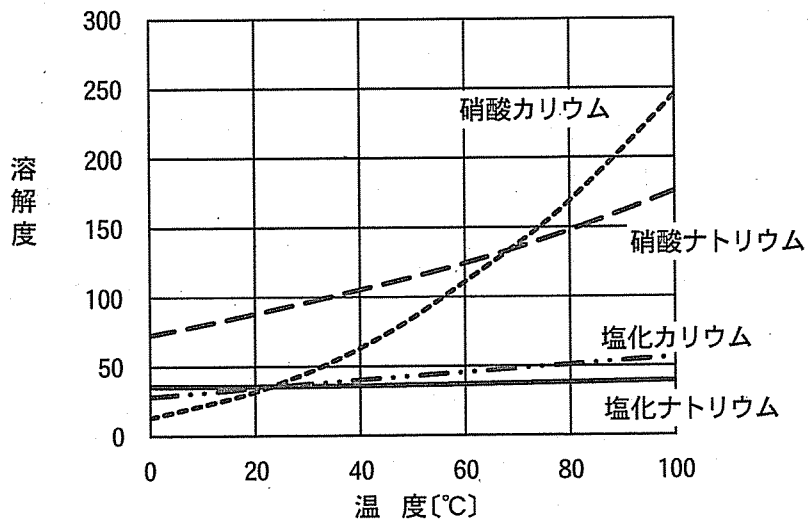


図2 溶解度曲線

(溶解度は、水100 gに溶ける溶質の最大質量[g]の数値を表す。)

(問題は、次ページに続く。)

問 1 図 1 のフローチャート中の操作 1 として最も適切な操作を次の(a)~(e)のうちから 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 抽出 (b) 蒸留 (c) ろ過 (d) 昇華法 (e) 蒸発乾固

問 2 問 1 で選んだ操作 1 の方法を模式的に図に描いて示せ。ただし、操作には主要器具として分液漏斗^{ほうりゅうと}、ビーカー、丸底フラスコ、試験管、蒸発皿、リビッチ冷却器^{りびちつりやうき}、漏斗^{ろうりゅうと}のうちから適切な器具を選び使用するものとする。この際、器具は複数選んでもよい。他に必要な器具、物質、条件などは図中に書き足し、実験の安全性と効率性を考慮し操作内容がわかるように図示すること。

問 3 図 1 のフローチャート中の操作 3 ではどのような操作を行えばよいと考えられるか。次の(a)~(e)のうちから最も適切な操作を 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 抽出 (b) 蒸留 (c) ろ過 (d) 昇華法 (e) 蒸発乾固

問 4 図 1 のフローチャートで示したように間違えないで正しく実験を行っていた場合、得られる予定であった物質 C、物質 D、物質 F の名称を記せ。

問 5 新たな連続した操作 4、操作 5、操作 6 の操作として最も適切なものを次の(a)~(h)のうちから 1 つずつ選び、記号で答えよ。

- (a) 溶液が熱いままろ過する。
(b) 溶液を室温でろ過する。
(c) 溶液を冷却した状態でろ過する。
(d) 加熱して溶液を約 10 mL まで濃縮する。
(e) 溶液に冷水約 10 mL を加える。
(f) 溶液を約 80 °C まで加熱する。
(g) 溶液を室温まで冷却する。
(h) 溶液を約 0 °C まで冷却する。

問 6 物質 D に物質 C が混入していないかを確認するために、水溶液を用いて、呈色により確かめることにした。確認に適した水溶液を 1 つ挙げよ。

2 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問8に答えよ。

(文章Ⅰ)

ケイ素 Si は、岩石や鉱物の成分元素として、地殻中に多く存在する元素である。ケイ素元素は、周期表の **ア** 族に属し、その原子は、**イ** 個の価電子をもつ。ケイ素の単体は、二酸化ケイ素を電気炉中で融解し、炭素を用いて還元すると得られる。ケイ素の単体は、ダイヤモンドと同じ構造の **ウ** 結合の結晶である。この結晶の電気伝導性は導体と絶縁体の中間の大きさであり、ケイ素の単体は **エ** の性質を示す。

二酸化ケイ素を水酸化ナトリウムとともに加熱すると、ケイ酸ナトリウムが生じる。これに水を加えて加熱すると、**オ** と呼ばれる無色透明で粘性の大きな液体が得られる。**オ** の水溶液に塩酸を加えると、白色ゲル状の沈殿が生成する。さらにこの沈殿を加熱して脱水すると **カ** になる。**カ** は多孔質の固体で、乾燥剤や吸着剤として利用される。

(文章Ⅱ)

金属 A～金属 F について、下記の反応1～反応4を調べ、各結果を得た。金属 A～金属 F は、金、水銀、銅、ナトリウム、鉛、マグネシウムのいずれかである。

反応1：酸との反応

- (1) 金属 A の単体は、王水とだけ反応した。
- (2) 金属 B と金属 C の単体は、塩酸や希硫酸と反応したが、金属 D の単体は、表面が変化しただけであった。
- (3) 金属 E と金属 F の単体は、硝酸や熱濃硫酸と反応した。

反応2：常温の空気中での反応

- (1) 金属 B の単体は、空気中の酸素と速やかに反応して酸化物が生じた。
- (2) 金属 C、金属 D、金属 F の単体は、酸素とゆっくり反応して表面に酸化物の被膜が生じた。

反応3：水との反応

- (1) 金属Bの単体は、常温で水と激しく反応した。
- (2) 金属Cの単体は、熱水と反応した。

反応4：炎色反応

- (1) 金属Bと金属Fの単体を、それぞれ水と硝酸に溶かした溶液は、白金線を用いてガスバーナーの外炎に投入すると炎の色がそれぞれ、黄色と青緑色を呈した。

問1 文章Iの ア , イ に入る適切な数字を答えよ。

問2 文章Iの ウ ~ カ に入る適切な語句を答えよ。

問3 文章Iの下線部①の反応を化学反応式で答えよ。

問4 文章Iの下線部②の反応を化学反応式で答えよ。

問5 文章IIの反応1の(1)で用いた王水に関する記述(a)~(f)のうち、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 濃硫酸と濃硝酸の混合物であり、非常に酸化力が強い。
- (b) 濃硫酸と濃硝酸の混合物であり、非常に還元力が強い。
- (c) 濃硝酸と濃塩酸の混合物であり、非常に酸化力が強い。
- (d) 濃硝酸と濃塩酸の混合物であり、非常に還元力が強い。
- (e) 濃硫酸と濃塩酸の混合物であり、非常に酸化力が強い。
- (f) 濃硫酸と濃塩酸の混合物であり、非常に還元力が強い。

問6 文章IIの反応1の(2)において金属B、金属Cの反応では、気体が発生する。この気体を分子式で答えよ。

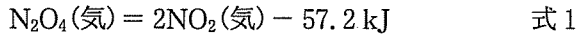
(問題は、次ページに続く。)

問 7 文章Ⅱに関して，A～Fにあてはまる金属を元素記号で答えよ。

問 8 文章Ⅱにある6つの金属のうち，水素よりイオン化傾向が大きい金属をすべて答えよ。なお，解答欄には，イオン化傾向が大きい順に不等号を用いて元素記号で記せ。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

無色の気体である N_2O_4 が解離して赤褐色の気体である NO_2 になる反応は、次の熱化学方程式で表わされる。



$\text{N}_2\text{O}_4(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{気})$ の可逆反応が平衡状態にあるとき、 N_2O_4 と NO_2 のそれぞれの分圧である $p_{\text{N}_2\text{O}_4}$ と p_{NO_2} を用いて、圧平衡定数 K_p は で表わされる。それぞれのモル濃度を使った濃度平衡定数 K_c は、理想気体の状態方程式をもとにして、 K_p との間に の関係式がある。

常温付近の一定温度において N_2O_4 のみを透明な注射器に入れ、平衡状態1にした。その後、同じ温度に保ったままピストンを押して一定の圧力を加え、平衡状態2にした。平衡状態2において、注射器内の気体の色は加圧された瞬間に比べて , K_p の値は平衡状態1における値に対して 。一方、平衡状態1の後に、注射器内の圧力を一定に保ったまま温度を上げ、平衡状態3にした。このとき、平衡状態1に対して、注射器内の気体の色は , K_p の値は 。なお、注射器内の気体の色の変化は、注射器のシリンダーの側面から見るものとする。

問1 文章中の , に入る適切な式を記せ。ただし、絶対温度を T , 気体定数を R で示せ。

問2 文章中の ~ に入る適切な語句を、以下の選択肢(a)～(f)からそれぞれ1つ選んで記せ。

, の選択肢

(a) 変わらず (b) 赤褐色が濃くなり (c) 赤褐色が薄くなり

, の選択肢

(d) 同じである (e) 大きくなる (f) 小さくなる

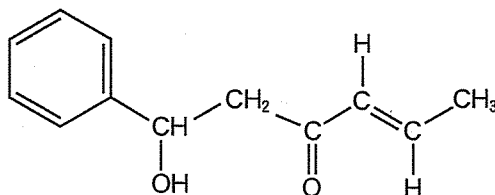
問 3 NO_2 は、銅に濃硝酸を反応させて発生させることができる。この反応を化学反応式で答えよ。

問 4 式 1 において N_2O_4 (気) の生成熱が -9.20 kJ/mol のとき、 NO_2 (気) の生成熱 $[\text{kJ/mol}]$ を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

問 5 2.0 mol の N_2O_4 (気) のみを密閉容器に入れ、ある温度で平衡状態にした。このとき、 N_2O_4 と NO_2 からなる混合気体の全圧は $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。平衡状態における N_2O_4 (気) の解離度 α が 0.50 であるとき、 N_2O_4 の分圧である $p_{\text{N}_2\text{O}_4}$ および圧平衡定数 K_p はいくらになるか、それぞれ求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で単位を含めて示せ。

- 4 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。ただし、鏡像異性体がある場合は区別しなくてよい。

(例)



有機化合物 A, B, C は分子式が $C_9H_{10}O$ の化合物であり、お互いに構造異性体の関係にある。有機化合物 A と C はベンゼンの一置換体で、有機化合物 B はベンゼンの二置換体であり、*p*-異性体である。有機化合物 A は分子内に不斉炭素原子を含む。有機化合物 B には幾何異性体がなく、メチル基が存在しない。また、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色する。有機化合物 C はヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると呈色した沈殿物を生じる。

問 1 有機化合物 A ~ C の構造式を記せ。

問 2 有機化合物 A ~ C に関する次の記述(a)~(e)のうち、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 有機化合物 A に水素を付加すると、不斉炭素が増える。
- (b) 有機化合物 A はカルボン酸との脱水縮合反応により、エステルとなる。
- (c) 有機化合物 B は炭酸水素ナトリウム水溶液によく溶ける。
- (d) 有機化合物 C は水酸化ナトリウム水溶液によく溶ける。
- (e) 有機化合物 C をニクロム酸カリウムで酸化すると、カルボン酸が生成する。

問 3 2.00 g の有機化合物 B を用いて塩化水素の付加反応を行ったところ、有機化合物 B はすべて反応した。この反応の主生成物と主生成物の次に生成量の多い副生成物の構造式を記せ。また、 0°C 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の状態における、この反応で消費された塩化水素の体積[mL]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

問 4 下線部①について、次の化合物群の中から呈色反応を示すものをすべて選び、構造式で答えよ。

安息香酸、*o*-クレゾール、ナフタレン、サリチル酸、トルエン、*m*-キシレン

問 5 下線部②について、次の(1)~(3)に答えよ。

(1) 下線部②の反応を何とよぶか。その名称を答えよ。

(2) 沈殿物の分子式を答えよ。

(3) 沈殿物の色を(a)~(e)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

(a) 青色 (b) 赤色 (c) 黄色 (d) 緑色 (e) 紫色

5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問6に答えよ。

(文章Ⅰ)

高分子化合物の繰り返し構造単位の数をもつ **ア** という。高分子化合物は **ア** の異なる分子の集まりであるため、高分子化合物の分子量には平均値を用い、その値を平均分子量という。平均分子量は浸透圧法や粘度法で調べることができるが、低分子の分子量測定で用いられている沸点上昇法や凝固点降下法では調べることができない。

熱を加えると軟らかくなる高分子化合物を **イ** 樹脂という。 **イ** 樹脂は、一般に二重結合をもつ単量体が付加を繰り返す付加重合、2つ以上の官能基をもつ単量体が小分子の放出を伴いながら縮合を繰り返す縮合重合、そして環状の単量体が開環しながら反応する開環重合によって合成される。 **イ** 樹脂には、分子が不規則に配置した **ウ** 部分しかないものや、 **ウ** 部分と分子が規則的に配列した **エ** 部分の両方を含むものがある。硬い状態の **イ** 樹脂を加熱すると **ウ** 部分が先に軟らかくなる。この軟らかくなる温度を **オ** 点という。

熱を加えると反応が促進し硬くなる高分子化合物を **カ** 樹脂という。 **カ** 樹脂の多くは、付加反応と縮合反応を繰り返す付加縮合で合成される。例としてフェノール樹脂がある。

(文章Ⅱ)

縮合重合から得られる高分子化合物として、ナイロン66がある。ナイロン66は以下の操作によって簡単に得ることができる。

- ① 0.40 mol/L のヘキサメチレンジアミン水溶液(1.0 mol/L の NaOH 水溶液に溶かしたものと 0.20 mol/L のアジピン酸ジクロリドのヘキサン溶液を調製する。
- ② 20 mL のヘキサメチレンジアミン水溶液の上に 20 mL のアジピン酸ジクロリドのヘキサン溶液を静かに注ぎ入れる。

- ③ 得られた二層の界面に白い膜としてナイロン 66 が生成するので、ピンセットで静かに引き上げる。
- ④ 十分に水で洗浄した後、最後にアセトンで洗浄し、乾燥させる。

問 1 文章中の ア ~ カ に入る適切な語句を記せ。

問 2 下線について確かめるために、分子量 1.00×10^5 の水溶性高分子(非電解質) 0.500 g を 100 g の水に溶かした溶液について下記の条件で凝固点降下度を計算したところ、実測できない値であることがわかった。一方、同じ水溶性高分子 0.500 g を溶かした水溶液 100 mL について下記の条件で浸透圧を計算し、それから換算した純水の液面と高分子水溶液の液面の高さの差は実測可能な値であることがわかった。下記の条件で、凝固点降下度 [K] と液面の高さの差 [mm] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

【条件】

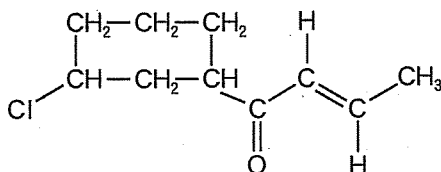
水のモル凝固点降下を $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ 、気体定数を $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、大気圧 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ での水銀柱の高さを 760 mm とする。

浸透圧測定には、中央部を水分子のみが透過できる半透膜で仕切った、均一な断面積をもつ U 字管を用いることを想定する。液面の高さの差は、U 字管の片側に純水を入れ、もう片側に高分子水溶液を純水の液面の高さと同じになるまで入れた後、十分に平衡に達したときの純水の液面と高分子水溶液の液面の高さの差とする。測定温度は 27°C とし、この時の高分子水溶液の密度を 1.00 g/mL 、水銀の密度を 13.6 g/mL とする。

(問題は、次ページに続く。)

問 3 付加重合で合成される高分子化合物にポリ塩化ビニル，開環重合で合成される高分子化合物にナイロン6がある。それらの原料となる単量体の構造式を，下の例にならって記せ。

(例)



問 4 次の(a)~(e)の記述のうち，フェノール樹脂に関する記述として正しいものをすべて選び，記号で答えよ。

- (a) フェノール樹脂はベークライトともよばれている。
- (b) 酸を触媒として用いたときに生じる中間生成物をレゾール，塩基を触媒として用いたときに生じる中間生成物をノボラックという。
- (c) レゾールをフェノール樹脂にするには硬化剤が必要である。
- (d) フェノールとホルムアルデヒドの反応は，フェノールのメタ位で起こりやすい。
- (e) フェノール樹脂は電気絶縁性に優れている。

問 5 文章Ⅱの操作①で，ヘキサメチレンジアミン水溶液の溶媒として中性の水を使うと十分に反応が進まなくなる。その理由を記せ。

問 6 文章Ⅱの操作①のようにアジピン酸ではなく，アジピン酸ジクロリドが用いられる理由を2つ記せ。

