

令和3年度入学試験問題(後期)

理 科(化 学)

【注 意 事 項】

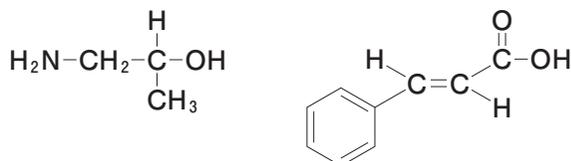
1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**1**から**4**までの4問題が印刷されていて、合計9ページある。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. **1****2****3****4**の全ての問題に解答すること。
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名と受験番号を記入すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。なお、構造式は下の例にならって記せ。

$$H = 1.00 \quad C = 12.0 \quad O = 16.0$$

$$\text{気体定数 } R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$$

(例)



1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

化合物A，化合物B，化合物Cは同じ分子式で表される炭素，水素からなるそれぞれ構造の異なるアルケンである。それぞれの化合物について，以下の操作1から操作5を行った。図1および図2の構造式中の R^1 から R^4 は炭化水素基あるいは水素を示す。

操作1：1.00 molの化合物Aを完全燃焼させたところ，7.50 molの酸素が必要であった。また化合物Aの元素分析を行ったところ，質量組成は炭素85.7%，水素14.3%であった。

操作2：化合物A，B，およびCを触媒とともに水素と反応させたところ，化合物A，Cからは同一の飽和炭化水素化合物Dが得られ，化合物Bからはそれとは異なる飽和炭化水素化合物Eが得られた。

操作3：操作2とは異なる触媒を用いて化合物Aに水を付加させると，化合物FとGが生成した。化合物FとGは，ともに二級アルコールであった。化合物Fには鏡像異性体(光学異性体)が存在した。

なお、一般に、アルケンに水が付加するとき、図1に示す反応により2種類のアルコールが得られることが知られている。

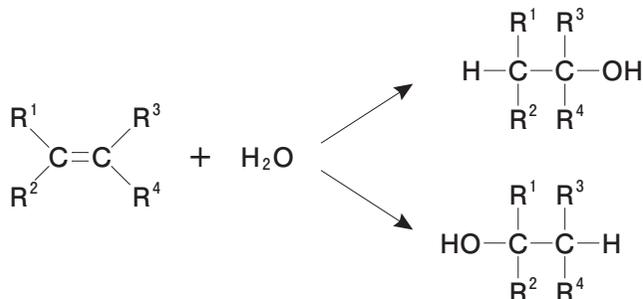


図1

操作4：オゾン分解は図2に示す反応で、アルケンにオゾンを反応させたのち、亜鉛などの還元剤と反応させると炭素-炭素二重結合が切断される。化合物Bをオゾン分解したところ、化合物Hと化合物Iが得られ、アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温めたところ、化合物H、Iともに銀が析出した。化合物Hの分子量は化合物Iの分子量より小さかった。

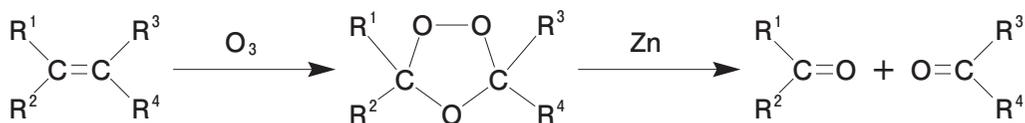


図2

操作5：化合物Cと塩素を完全に反応させると、化合物Jが生成した。

問1 化合物Aの分子式を記せ。計算の過程も示せ。

問2 下線①において銀が析出したのは、化合物HとIがもつどのような性質によるものかを記せ。

問 3 化合物 A から化合物 C の構造式をそれぞれ記せ。シス-トランス異性体が存在するものについては両異性体の構造式を記せ。

問 4 化合物 D から化合物 I の構造式をそれぞれ記せ。鏡像異性体(光学異性体)が存在するものについては、構造式中の不斉炭素原子の右上に*を記せ。

問 5 塩素原子には、相対質量が 35.0 と 37.0 の同位体がそれぞれ 75.0 %、25.0 % 存在すると仮定する。化合物 J について、以下の各問いに答えよ。ただし、塩素以外の同位体については考えなくてよい。

- (1) 平均分子量を求めよ。
- (2) 存在比率が最も高い分子量をもつ分子の割合(%)を有効数字 3 桁で記せ。

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

水溶液の酸性・中性・塩基性の程度を表す値として pH(水素イオン指数)がある。pH は、水溶液中の水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ を用いて、 $pH = [\text{ア}]$ で表される。例えば、 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩酸の pH は $[\text{イ}]$ である。塩酸の場合、水に溶けている $[\text{ウ}]$ は完全に電離するが、酢酸水溶液の場合、酢酸の一部のみが電離し、電離していない分子と電離してできたイオンとが、一定の割合で存在する。水に溶かした溶質のうち、電離したものの割合を電離度という。

水に二酸化炭素を溶かしても酸性の水溶液が得られる。これは二酸化炭素が水と反応して炭酸を生じ、その炭酸が電離するためであり、この反応は血液中の pH をほぼ一定に保つためにも役立っている。このような少量の酸や塩基を加えても pH がほぼ一定に保たれるはたらきを $[\text{エ}]$ 作用という。

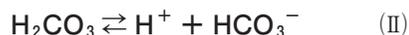
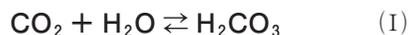
問 1 $[\text{ア}]$ に適切な式を入れよ。また、 $[\text{イ}]$ に適切な数値を整数で入れよ。さらに、 $[\text{ウ}]$ に適切な物質名を、 $[\text{エ}]$ に適切な語をそれぞれ入れよ。

問 2 下線①に関して、各問いに答えよ。

- (1) $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の酢酸水溶液(電離度 4.00×10^{-2})の pH はいくらか。計算の過程を示し、答えは有効数字 3 桁で求めよ。なお、 $\log_{10} 2.00 = 0.301$ とする。
- (2) (1)の酢酸水溶液の電離に関する平衡定数(電離定数) K_a はいくらか。計算の過程を示し、答えは有効数字 3 桁で求めよ。

問 3 下線②に関する以下の文章を読み、各問いに答えよ。

水に溶けた二酸化炭素は、そのすべてが炭酸となるわけではなく、実際には二酸化炭素のまま溶けているものが多いため、水溶液中では以下に示す(I)および(II)のような化学平衡が成り立っている。このときの二酸化炭素水溶液の $[\text{H}^+]$ を求めたい。なお、炭酸水素イオン HCO_3^- の電離や水の電離は無視できることとする。また、水溶液中の水のモル濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ は他の物質の濃度よりも十分高く一定とみなせることとする。



- (1) $[\text{H}_2\text{O}]$ を一定とみなせる場合の(I)の平衡定数 K_1 を $[\text{CO}_2]$ と $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ を用いて表せ。また、(II)の電離定数 K_2 を $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ を用いて表せ。ただし、 $[\text{CO}_2]$ 、 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ は水溶液中の各成分のモル濃度を表すものとする。
- (2) 炭酸水素イオン HCO_3^- の電離や水の電離が無視できる場合、 $[\text{H}^+]$ と $[\text{HCO}_3^-]$ との間に成り立つ関係を示せ。
- (3) (2)の関係が成り立つ場合、 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ を $[\text{H}^+]$ と K_2 を用いて表せ。また、同様にして、 $[\text{CO}_2]$ を $[\text{H}^+]$ 、 K_1 、 K_2 を用いて表せ。
- (4) 水に溶けた二酸化炭素の全濃度 C を $[\text{CO}_2]$ 、 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ を用いて表せ。
- (5) (2)から(4)で答えた式を用いて、 $[\text{H}^+]$ に関する二次方程式を導け。
- (6) K_1 が1に比べて無視できるほど小さいときの $[\text{H}^+]$ を、 C 、 K_1 、 K_2 を用いて表せ。

3 [I], [II]の各問いに答えよ。

[I] 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

密閉容器内に液体を入れたとき、単位時間あたりに蒸発する液体分子の数と凝縮する気体分子の数が等しい状態を〔ア〕という。このときの蒸気の圧力を〔イ〕という。〔イ〕は物質固有の値を示し、温度が高くなると〔ウ〕なる。液体を加熱して温度を上げると、液面だけでなく内部からも蒸発が激しく起こるようになる。この現象を〔エ〕という。

純物質を加熱し、融解や〔エ〕が起こり始めると、それが終わるまでは①温度が一定に保たれる。物質が融解するときに吸収する熱量を融解熱、蒸発するときに吸収する熱量を蒸発熱という。

問 1 〔ア〕から〔エ〕に適切な語を入れよ。

問 2 本学キャンパスから望むことのできる岩木山の山頂(1625 m)では海水面(0 m)と比べて、水が〔エ〕する温度はどのように変化するか化学的な理由も含め答えよ。

問 3 下線①となる理由を説明せよ。

問 4 0℃の水 18 g をすべて 100℃の水蒸気に変化させるのに必要な熱量は何 kJ か。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。ただし、氷の融解熱は 6.0 kJ/mol、水の蒸発熱は 41 kJ/mol、水の比熱は 4.2 J/(g・K)とする。

〔Ⅱ〕 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

図1のように、容積 1.0 L の容器Aに $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のメタンを入れ、容積 2.0 L の容器Bに $6.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の酸素を入れて連結させた。 27°C に保ったまま、コックを開けて気体を混合させた。すべての気体は理想気体とみなせ、コックの容積は無視できるものとする。

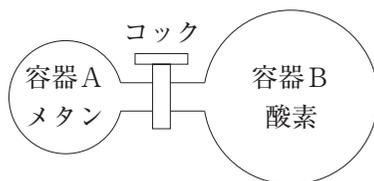


図1

問1 メタンの分圧 $P_M[\text{Pa}]$ 、酸素の分圧 $P_O[\text{Pa}]$ 、および混合気体の全圧 $P[\text{Pa}]$ を答えよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。

問2 密閉したまま混合気体に点火し、完全燃焼させた後 27°C に戻した。反応後の容器内の全圧を答えよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。ただし、生成した液体の体積や蒸気圧、および液体への気体の溶解は無視できるものとする。

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

水分子 H_2O は、2 個の水素原子 H と 1 個の酸素原子 O が結びついてできる。水分子を構成する水素原子と酸素原子は、それぞれの原子から価電子を出しあって、電子対を形成することによって結合^①している。このような電子対は、電気陰性度の大きい原子に引き寄せられるため、結合している原子間に電荷のかたよりが生じる。水分子における O-H 結合には、電荷のかたよりのあるため、それらの結合には極性があるという。また、水分子の形は〔ア〕形であるため、分子全体としても電荷のかたよりのある。^③このような分子を極性分子といい、水素分子 H_2 のように極性のない分子を無極性分子という。

水素や酸素のような無極性分子でも、分子間に弱い引力(分散力)がはたらく。この引力は、分子量が大きくなるほど強くなる傾向があり、例えば、ヨウ素は臭素よりも沸点が高く、常温では分子結晶^④をつくる。極性分子間では、分散力だけでなく、静電的な引力や水素結合^⑤がはたらくため、同じ分子量をもつ無極性分子よりも沸点が著しく高くなる場合がある。

問 1 下線①の化学結合は何と呼ばれるか、その名称を答えよ。

問 2 下線①に関連して、水分子 H_2O の電子式を記せ。

問 3 下線②に関連して、第 2 周期の炭素原子、フッ素原子、リチウム原子について、電気陰性度の大きい順に元素記号で並べよ。

問 4 下線③に関連して、〔ア〕に適切な語を入れよ。

問 5 下線④に関連して、金、塩化ナトリウム、ドライアイス、二酸化ケイ素、ダイヤモンド、ナフタレンの中で、分子結晶として適当なものをすべて答えよ。適当なものがない場合は「なし」と答えよ。

問 6 下線⑤に関連して、アンモニア、フッ化水素、メタン、セルロース、硫化水素の中で分子間に水素結合がほとんどはたらかない化合物をすべて答えよ。水素結合がほとんどはたらかない化合物がない場合は「なし」と答えよ。

問 7 多くの物質では固体の密度は液体よりも大きいですが、固体である氷は液体である水よりも密度が小さく、氷は水に浮く。この理由を、水素結合の方向性の有無と氷の立体構造を含めて論理的に説明せよ。

問 8 DNA(デオキシリボ核酸)に含まれる塩基は対をなし、その結合相手が決まっている。DNAに含まれる代表的な四つの塩基について、対になる組み合わせ二つと、それぞれの対の水素結合の数を答えよ。ただし、塩基の略号を用いて答えてもよい。