

令和 3 年度入学試験問題

化 学

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は 4 枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて 12 ページあります。問題は 4 ページから 10 ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

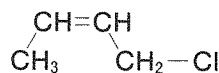
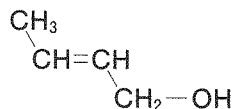
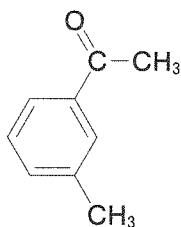
問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示しなさい。

(記入例)



1 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

塩化ナトリウムの固体は電気を通さないが、融解して液体になれば電気を通す。塩化ナトリウムは水に溶けやすく、その水溶液は電気を通す。塩化ナトリウムの固体を融解するか、あるいは塩化ナトリウムを水に溶かせば、ナトリウムイオンと塩化物イオンは動けるようになるから、電気を通すと説明される。塩化ナトリウムの固体には陽イオンであるナトリウムイオンと陰イオンである塩化物イオンが含まれ、互いに静電気的な引力で結びつき固体になっている。

非金属の原子どうしが結びついて分子をつくる時は、それぞれの原子の最外殻にある電子のいくつかを共有して原子の結びつきができるとされる。原子の最外殻に存在する電子を表すためには、元素記号のまわりに点を書き添える電子式が使われる。最外殻に存在する電子のうち、2個の点の一组で表されるものは、電子対とよばれている。電子対のうち、原子間の結合に使われた電子対を(ア)といい、原子間に共有されていない電子対を(イ)という。(イ)には、化学結合をつくる能力がある。アンモニウムイオンやオキソニウムイオンのように、一方の原子の(イ)を他方の原子に提供し共有結合をつくることのできる。このような共有結合を特に(ウ)という。(イ)をもつ分子または陰イオンが金属イオンに結合したイオンを錯イオンという。結合する分子として、 NH_3 、 H_2O 、陰イオンとして、 CN^- 、 Cl^- 、 OH^- などがよく知られている。例えば、銅(II)イオンにアンモニア分子が結合すれば、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ となる。亜鉛(II)イオンに OH^- が結合すれば、 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ となる。錯イオンを含む塩を(エ)という。古くから知られている(エ)の代表例の一つにヘキサシアニド鉄(II)酸カリウムがある。

- (1) 空欄(ア)~(エ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 塩化ナトリウムのように水に溶けてイオンに分かれ、その溶液が電気を通す物質を何というか答えよ。
- (3) 水溶液中で物質が陽イオンと陰イオンに分かれる現象を表す用語を答えよ。

- (4) 次の表中の例にならい，陽イオンと陰イオンからできる物質について，それぞれの化学式と名称を解答用紙の空欄に記せ。

陽イオン \ 陰イオン	塩化物イオン	リン酸イオン	硫化物イオン
ナトリウムイオン	化学式： (例) NaCl	化学式：	化学式：
	名称： (例) 塩化ナトリウム	名称：	名称：
カルシウムイオン	化学式：	化学式：	化学式：
	名称：	名称：	名称：

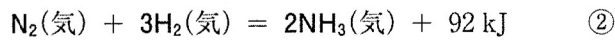
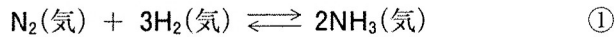
- (5) 次の表中の例にならい，メタン，二酸化炭素，および窒素について，分子の作り方と実際の分子の形を解答用紙の空欄に示せ。分子の作り方を記すにあたっては，電子式を使い，すべての最外殻電子を示せ。

分子	分子の作り方	実際の分子の形
(例) 水	(例) $2\text{H}\cdot + \cdot\ddot{\text{O}}\cdot \rightarrow \text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$	(例) 折れ線形

- (6) 下線部①と②で示した物質の名称，および下線部③で示した物質の化学式を答えよ。

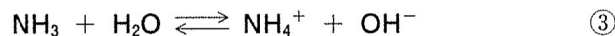
2 次の文章を読み、設問(1)~(3)に答えよ。

アンモニア NH_3 は化学肥料の原料として重要な化学物質であり、工業的に触媒を用いて窒素ガスと水素ガスから直接合成される。この製法を(ア)法という。その化学反応式と熱化学方程式は式①と②で表される。



N_2 と H_2 から NH_3 を生成する反応は可逆的であり、ルシャトリエの原理から考えると、温度は(イ)ほど、圧力は(ウ)ほど、 NH_3 の生成率を高めるには有利となる。実際に反応がすみやかに進行するかどうかは、反応の(エ)の大きさによる。例えば、式①の反応に四酸化三鉄 Fe_3O_4 を主成分とする触媒を加えると(エ)を小さくするので、正反応とともに逆反応の速さも大きくなる。すなわち、平衡状態に達するまでの時間は短くなるが、平衡状態における NH_3 の生成率は(オ)。また、そのとき式②の反応熱の大きさは(カ)。

NH_3 は水によく溶け、水溶液の中で式③のような化学平衡が成りたっている。



この平衡における塩基の電離定数 K_b は、式④で表される。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \text{④}$$

アンモニア水溶液の中にフェノールフタレイン溶液を加えると溶液の色は赤くなり、この溶液に酢酸アンモニウム $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ を加えると、溶液の色は薄くなった。これはアンモニウムイオンの(キ)効果によって、式③の平衡は(ク)向きに移動したためと考えられる。

- (1) 空欄(ア)~(ク)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 式①の反応について、 x [mol] の N_2 と $3x$ [mol] の H_2 を体積 V [L] の密閉容器に入れ、一定の温度で反応させた。平衡状態に達したとき、 NH_3 が x [mol] 生じていた。以下の(a)~(c)の各問いに答えよ。
- (a) 平衡状態に達したときに密閉容器中に存在する H_2 は何 mol か、 x を用いて示せ。
- (b) この反応の平衡定数を x と V を用いて示せ。
- (c) 温度と体積を一定に保ったまま、反応容器にアルゴン y [mol] を加えると式①の平衡はどのように移動するか。「右向き」、「左向き」、「移動しない」、「この条件では判断できない」の解答群から1つ選び答えよ。

- (3) ある量の NH_3 気体を水に完全に溶かし、500 mL のアンモニア水をつくった。このアンモニア水 20.0 mL をコニカルビーカーにはかりとり、0.0500 mol/L の硫酸水溶液で滴定したところ、図 1 に示す滴定曲線が得られた。以下の(a)~(e)の各問いに答えよ。

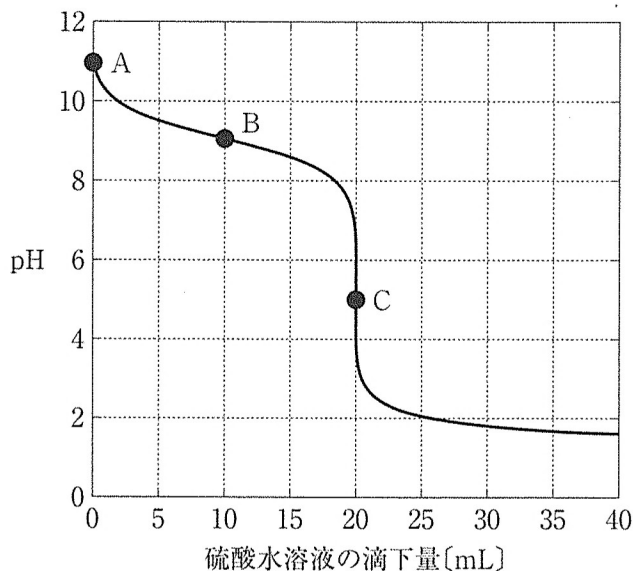


図 1 測定した滴定曲線

- (a) つくったアンモニア水 500 mL に含まれる NH_3 の物質量は何 mol か。計算過程を示し、有効数字 3 桁で求めよ。
- (b) 点 A の pH は 11.0 である。点 A におけるアンモニア水の電離度 α はいくらか。計算過程を示し、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。
- (c) 中和点の半分の滴下量にあたる点 B は半中和点といい、そのときの pH は 9.0 と測定された。アンモニア水の電離定数 K_b はいくらか。計算過程を示し、有効数字 2 桁で求めよ。
- (d) 滴定曲線の点 B の前後では pH の変化が小さい。その理由を中和過程で生じる物質に関連づけて 50 字以内で説明せよ。
- (e) この滴定の中和点(点 C)を検出するために、指示薬はフェノールフタレインとメチルオレンジのどちらを使用すればよいか答えよ。

3 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

分子量 880 の油脂 A がある。この油脂 A 2.6 kg をパラジウムを触媒として完全に水素付加を行うには 30 g の水素が必要であった。また、油脂 A を酵素を用いて加水分解したところ、モノグリセリド B (分子式 $C_{21}H_{42}O_4$) と脂肪酸 C、脂肪酸 D が得られた(図 1)。このモノグリセリド B を単離し、水酸化ナトリウムを用いて加水分解したところ、物質 E と物質 F が得られた。物質 F は脂肪酸である(ア)のナトリウム塩である。この物質 F は、室温で(イ)である。この(イ)状態の維持には物質 F の分子間に働く(ウ)が関与している。物質 F は、細長い(エ)基の部分が疎水性を示す。水溶液中では、物質 F は(エ)基を中心にして多数集まり、球状などのコロイド粒子として存在する。これを(オ)という。なお、油脂 A を構成する脂肪酸の炭化水素基は、すべて鎖式炭化水素基であり、炭素原子の間に三重結合は含まないものとする。 $R^1 \sim R^3$ は炭化水素基を表す。

リン酸を触媒としてエチレン(エテン)に水を付加した。この反応で得られた化合物を酸化することで、(カ)が得られ、これをさらに酸化することでカルボキシ基を有する(キ)が得られた。(キ)を十酸化四リン P_4O_{10} の存在下で加熱したところ、(ク)とリン酸が得られた。(ク)とモノグリセリド B を等モルずつ混合したところ、(ク) 1 分子に対してモノグリセリド B 1 分子が反応した。その結果、二つの化合物が得られ、その片方は分子内に新しくエステル結合が形成されていた。

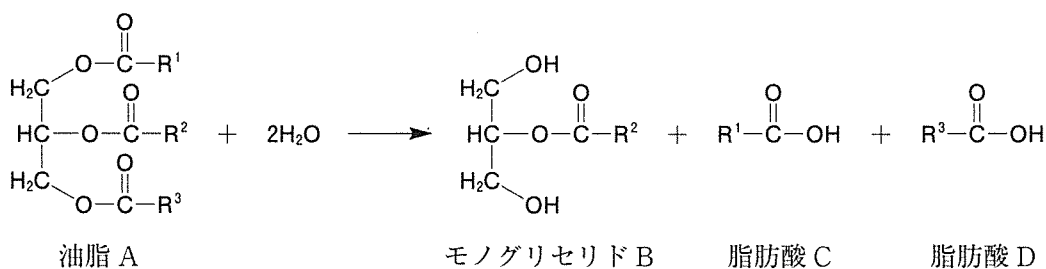


図 1 油脂 A の酵素による加水分解

(1) 空欄(ア)~(オ)にあてはまる適切な語句を下の中から選べ。

オレイン酸	リノール酸	ステアリン酸	固体	液体	共有結合
ファンデルワールス力	アルキル	カルボニル	ヒドロキシ	ベンジル	
ミセル	ゲル	ゾル			

(2) 以下の問いに答えよ。

(a) 油脂 A 1 分子に含まれる炭素-炭素間二重結合の数を答えよ。

(b) 脂肪酸 C の分子式は $C_{18}H_{30}O_2$ であった。脂肪酸 D の分子式を記述せよ。

- (3) 脂肪酸 D を過剰のオゾンで処理し、亜鉛などを用いて還元したところ、以下の 3 種類の構造の化合物が得られた(図 2)。この脂肪酸 D の構造式を記述せよ。シス形、トランス形がわかるように構造式を示すこと。なお、脂肪酸 D に含まれる二重結合の構造はすべてシス形である。また、アルケンをオゾンで処理し、亜鉛などを用いて還元する反応は図 3 の反応例を参考にすること。 $R^4 \sim R^6$ は水素もしくは炭化水素基などを表す。

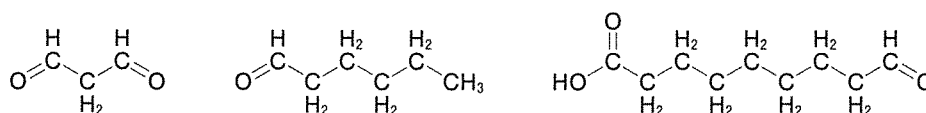


図 2 脂肪酸 D のオゾン分解により得られた化合物

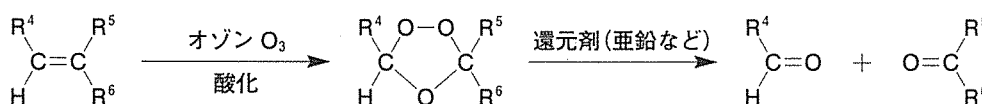


図 3 アルケンのオゾン分解の反応例

- (4) 物質 E の構造式を図 1 にならって記述し、その性質について正しい記述をすべて選択せよ。
- 粘性の高い 1 価アルコールである。
 - 乳白色で苦味のある液体である。
 - 油脂からセッケンを生産する際の副産物として得られる。
 - 化粧品や医薬品に用いられる。
- (5) 空欄(カ)～(ク)にあてはまる適切な化合物名を答え、化合物(ク)の構造式を記述せよ。また、下線部①と②について、これらの反応を化学反応式で示せ。なお、図 1 に示すように R^2 を化学反応式で使用してもよい。

4 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

高分子化合物には合成高分子化合物と天然高分子化合物があり、互いに物理的性質が似ているものが存在する。合成高分子化合物の一つにアクリロニトリルを付加重合させて得られる(ア)がある。この(ア)を主成分とする合成繊維は(イ)繊維とよばれる。(イ)繊維には、アクリロニトリルに少量のアクリル酸メチルを混ぜて共重合したものがある。このようにして得られた重合体は(ア)と比べて染色性が向上している。(イ)繊維は肌触りが羊毛に似ていて、柔らかく保温性があることから、敷物などに用いられている。羊毛の主成分は(ウ)とよばれる繊維状のタンパク質であり、天然高分子化合物の一つである。また、これ以外の繊維状のタンパク質には、絹糸の主成分であるフィブロイン、皮膚や軟骨に含まれる(エ)が知られている。

一方、酢酸ビニルを付加重合させると(オ)になり、これを加水分解すると(カ)が得られる。(カ)の水溶液を細孔から硫酸ナトリウム水溶液中に押し出して凝固させ、繊維状にする。これをホルムアルデヒド水溶液で処理すると、水に不溶な繊維である(キ)ができる。(キ)は天然繊維である(ク)によく似た性質を示し、ロープ・ネット・衣料などに用いられる。(ク)の主成分は(ケ)であり、天然高分子化合物の多糖に分類される。

- (1) 空欄(ア)～(ケ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、この反応を反応式で示せ。なお、重合度は n と表記せよ。
- (3) 下線部②で重合度 500 の重合体を得られたとする。このとき、重合体 1 分子中のアクリロニトリル分子の数とアクリル酸メチル分子の数の比は 4 : 1 であった。この重合体の分子量を有効数字 3 桁で求めよ。また、計算過程も示せ。なお、アクリル酸メチルの分子量は 86.0 である。
- (4) 下線部③で少量のアクリル酸メチルを混ぜると染色性が向上する理由の一つは、アクリル酸メチルの原子団が染色剤と結合しやすいからである。その原子団を書け。
- (5) 下線部④の(カ)は紙用の「のり」として用いられている。「のり」として活用できる理由を 60 字以内で説明せよ。
- (6) 下線部⑤の処理の名称を答えよ。また、この反応で(キ)が水に不溶となる理由を 40 字以内で説明せよ。