

令和 7 年 度

理 科

物	理	1 ページ～ 9 ページ
化	学	10 ページ～21 ページ
生	物	22 ページ～32 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その 1～その 3)、化学(その 1～その 4)、生物(その 1～その 4)の 3 科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する 2 科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

1. The first part of the paper is devoted to the study of the

properties of the function $f(x)$ defined by the equation

$$f(x) = \int_0^x f(t) dt + \int_0^x f(t) dt + \dots$$

化 学

必要に応じて、以下の数値を使用せよ。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Cl = 35.5$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$,

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

1 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

ある温度・圧力における物質の状態を示した図を物質の状態図という。例として、水の状態図を図1に示す。(a) 気体の温度を下げると液体や固体になるのは、(b) 気体分子が熱運動で分子間力を振りほどけなくなるからである。分子間力のうち、すべての分子間にはたらく **1** は分子量が大きいほど強くはたらく傾向がある。しかし、分子量 44.0 の二酸化炭素と分子量 18.0 の水を比べると、常温・常圧で二酸化炭素は気体であるが水は液体である。これは水分子間には **1** に加えて、より強力な分子間力である **2** が生じるためである。

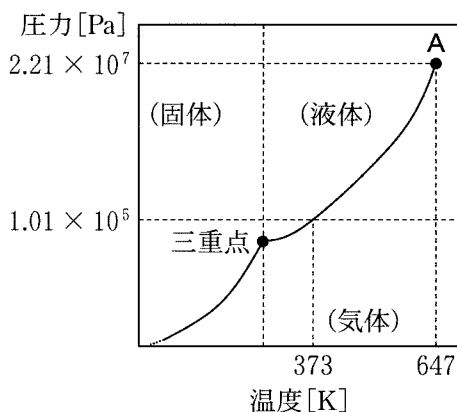


図1 水の状態図(固液境界線の描画は省略)

二酸化炭素と水の分子の形状を比較すると、二酸化炭素は直線形だが水分子は折れ曲がっている。分子内の共有電子対や非共有電子対は負の電荷を帯びているため、互いに反発する。これらの電子対の反発が最小になったときに分子が安定になると考えると、分子の立体的な形状を説明できる。水分子の酸素原子には非共有電子対があり、これと O-H 結合の共有電子対が互いに反発し、空間的にもっとも距離が離れた位置を取ろうとする。そのため、水の H-O-H の角度は 180° にならず、水分子は折れ曲がると考えることができる。

固体の水(氷)の結晶は、多数の水分子が 2 によって集まり、すきまの多いかご状の構造をとる。メタンハイドレートは、多数の水分子がつくるかご状構造の中にメタン分子が取り込まれた固体の物質で、外見は氷やドライアイスと似ている。これに点火するとメタンが燃え、水だけが残る。また、メタンを取り出すこともできるため、将来のエネルギー資源として注目されている。

問 1 文中の 1 , 2 にあてはまる適切な語句を記せ。

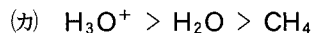
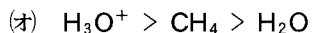
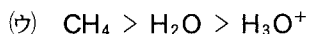
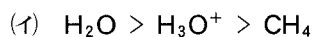
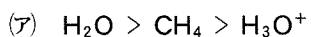
問 2 下線部(a)に関して、図 1 は、固液境界線(融解曲線)の描画を省略した水の状態図である。以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 固液境界線の概形を、その傾きの正負がわかるように解答用紙の図中に描け。
- (2) 高温・高圧の条件では液体と気体の区別がつかなくなる。図 1 中の A で示す、蒸気圧曲線の途切れた点の名称を記せ。

問 3 下線部(b)に関して、固体の二酸化炭素(ドライアイス)は常温・常圧で昇華するが、温度と圧力を適切に選べば二酸化炭素は液体として存在しうる。液体の二酸化炭素が存在する温度と圧力の条件を、次の(ア)~(オ)から 1 つ選び、その記号を記せ。ただし、二酸化炭素の三重点の温度は 216 K、圧力は 5.2×10^5 Pa とする。

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| (ア) 210 K, 5.2×10^5 Pa | (イ) 216 K, 5.2×10^4 Pa |
| (ウ) 216 K, 5.2×10^7 Pa | (エ) 226 K, 5.2×10^5 Pa |
| (オ) 226 K, 5.2×10^6 Pa | |

問 4 下線部(c)に関して、水(H_2O)の $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ の角度、メタン(CH_4)の $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ の角度、オキソニウムイオン(H_3O^+)の $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ の角度を大きい順に並べると、どの順序になるか。次の(ア)~(カ)から選び、その記号を記せ。



問 5 下線部(d)に関して、実際のメタンハイドレートでは、水分子がつくるかご状構造のすべてがメタン分子を取り込むわけではないため、メタン 1 分子に対する水分子の数は一定ではなく、さまざまな値となる。

真空にした 30.7 L の一定体積容器内に、あるメタンハイドレートを 135 g 入れ、外から加熱して温度を 373 K にすると固体は完全になくなった。このとき、容器内の圧力は $2.02 \times 10^5 \text{ Pa}$ となり、液体の水が残った。以下の(1)と(2)の問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体として扱い、液体の水の体積は無視し、メタンは水へ溶解しないものとする。また、水とメタンの分子量として、それぞれ 18.0 および 16.0 を使用せよ。

(1) 加熱後に容器に残った液体の水は何 g か、有効数字 3 桁で記せ。

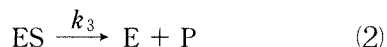
(2) このメタンハイドレートにおいて、メタン 1 分子に対して水分子はいくつ含まれているか、有効数字 3 桁で記せ。

2 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

過酸化水素水は、常温で放置してもほとんど変化しないが、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を^(a)
少量加えると、激しく反応する。この反応における塩化鉄(Ⅲ)のように、^(b)
化学反応の前後でそれ自身は変化しないが、反応速度に影響を与える物質を触媒という。

そのうち、生体内で起こる化学反応の触媒としてはたらくタンパク質を酵素という。酵素は特定の反応物(基質)に作用し、特定の反応の触媒となる。^(c)たとえば、カタラーゼという酵素は、肝臓や赤血球に含まれ、過酸化水素の分解反応を促進する。

酵素反応では、酵素の特定の部位(活性部位)が基質と結合し、可逆的に酵素-基質複合体が形成される。その後、複合体中の基質が生成物に変化して酵素から離れ、酵素がもとの状態にもどる。この一連の反応は、次の化学反応式で表される。



ここで E は酵素、S は基質、ES は酵素-基質複合体、P は生成物であり、それぞれのモル濃度を、[E]、[S]、[ES]、[P] とする。 k_1 、 k_2 、 k_3 は、各反応における反応速度定数である。

反応(1)における ES の生成速度 v_1 と分解速度 v_2 および反応(2)における P の生成速度 v_3 は、

$$v_1 = k_1[E][S] \quad (3)$$

$$v_2 = k_2[ES] \quad (4)$$

$$v_3 = k_3[ES] \quad (5)$$

と表される。一般に、 v_3 は v_1 、 v_2 に比べてきわめて小さいため、この一連の酵素反応において、反応(1)は平衡状態とみなすことができる。このとき、反応(1)における平衡定数 K は、モル濃度を用いて、

$$K = \boxed{1} \quad (6)$$

と表すことができる。酵素の初濃度を $[E]_0$ とすると、

$$[E]_0 = [E] + [ES] \quad (7)$$

が成り立つ。これと式(6)から、

$$[ES] = \boxed{2} \quad (8)$$

と表すことができる。したがって、 v_3 は、

$$v_3 = k_3 \boxed{2} \quad (9)$$

となる。

問 1 下線部(a)において、過酸化水素水に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたときの化学反応式を記せ。

問 2 下線部(b)に関して、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 触媒のはたらきについて適切なものを、次の(ア)～(カ)から 1 つ選び、その記号を記せ。

(ア) 活性化エネルギーを増大させ、反応エンタルピーを減少させる。

(イ) 活性化エネルギーを増大させるが、反応エンタルピーには影響しない。

(ウ) 活性化エネルギーを減少させ、反応エンタルピーを増大させる。

(エ) 活性化エネルギーを減少させるが、反応エンタルピーには影響しない。

(オ) 活性化エネルギーには影響しないが、反応エンタルピーを増大させる。

(カ) 活性化エネルギーには影響しないが、反応エンタルピーを減少させる。

(2) 可逆反応における、逆反応への触媒のはたらきについて適切なものを、次の(ア)～(ウ)から 1 つ選び、その記号を記せ。

(ア) 反応速度を大きくする。

(イ) 反応速度を小さくする。

(ウ) 反応速度には影響しない。

問 3 下線部(c)に関して、だ液に含まれるアミラーゼがアミロースに作用する反応において、アミロースと反応する反応物と、反応が完全に進行したときに生じる主生成物の名称を、それぞれ記せ。

問 4 文中の 1 にあてはまる数式を(ア)～(オ)から、2 にあてはまる数式を(カ)～(コ)からそれぞれ 1 つ選び、その記号を記せ。

- | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| (ア) $[E] + [S]$ | (イ) $[ES] - [E]$ | (ウ) $[ES] - [S]$ |
| (エ) $\frac{[ES]}{[E][S]}$ | (オ) $\frac{[E][S]}{[ES]}$ | |
| (カ) $\frac{[E]_0 K}{K + [S]}$ | (キ) $\frac{[E]_0 [S]}{K + [S]}$ | (ク) $\frac{[E]_0 [S]^2}{K + [S]}$ |
| (ケ) $\frac{[E]_0 K [S]}{1 + K [S]}$ | (コ) $\frac{[E]_0 K [S]^2}{1 + K [S]}$ | |

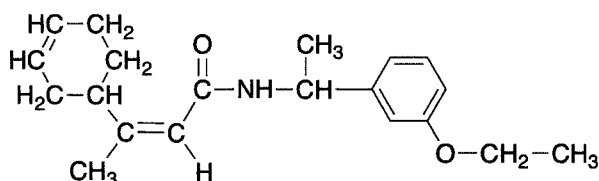
問 5 $K = 2.0 \times 10^2 \text{ L/mol}$ の場合、次の(1)または(2)の条件を満たすとき、反応速度 v_3 は $[S]$ の増加に対して、どのように変化するか。後の(ア)～(オ)から、最も適しているものをそれぞれ 1 つ選び、その記号を記せ。

- (1) $[S] < 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ (2) $[S] > 1.0 \text{ mol/L}$
- (ア) $[S]$ にほぼ比例して大きくなる。
 (イ) $[S]$ の 2 乗にほぼ比例して大きくなる。
 (ウ) $[S]$ の平方根にほぼ比例して大きくなる。
 (エ) 小さくなる。
 (オ) ほとんど変化しない。

問 6 $[S]$ を変化させたとき、 v_3 は最大速度 $V_{\max}$ に限りなく近づくが超えることはない。この $V_{\max}$ を、 $[ES]$ と $[S]$ を含まない数式で記せ。

問 7 酵素の能力を示す指標として、 v_3 の値が $V_{\max}$ の半分となる $[S]$ の値 ($[S]_{\text{half}}$) が用いられる。 $K = 2.0 \times 10^2 \text{ L/mol}$ の場合、この $[S]_{\text{half}}$ の値を求めよ。数値は有効数字 2 桁で記せ。

- 3 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。ただし、鏡像異性体については区別しないものとする。構造式は下の例にならって記せ。



(例)

シクロプロパンは、炭素原子どうしの結合角が小さく、シクロペンタンやシクロヘキサンと比べるとひずみが大きいために不安定である。その不安定な性質のために、水素(あるいは臭素)が付加するときには開環する。この性質を化合物 A の構造を決定するために利用した。

化合物 A はシクロプロパン環を 1 つだけ含み、そのシクロプロパン環を形成する 1 つの C—C 結合を、もう 1 つの環状構造と共有した構造をもっている。この化合物 A に適切な触媒を用い、1 分子の水素を反応させると、1 つの環状構造とその環状構造に 1 つのメチル基のみをもつ化合物 B を得た。化合物 B の分子量は 98 であり、4.9 mg の化合物 B を完全燃焼させると、二酸化炭素が 15.4 mg、水が 6.3 mg 生成した。また、化合物 B は遮光した状態で臭素と反応しなかった。

次に化合物 A に 1 分子の臭素を付加させると、水素の付加により化合物 B が生成する場合と同じ結合が切れて、ジブロモ化合物 C を得た。化合物 C から 2 分子の臭化水素が脱離する反応では、二重結合のいずれの炭素原子にも 1 つの水素原子が結合しているジエン化合物が 2 種類生成した。

問 1 植物の成長に関与する化合物に、シクロプロパン環を含む化合物 D がある。化合物 D はシクロプロパン環を含む α -アミノ酸のうち、最も分子量の小さい化合物である。化合物 D に関して、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) この化合物の構造式を記せ。
- (2) 化合物 D の構造異性体であり、ペニシリンの化学構造にも含まれる β -ラクタム環をもつ化合物の構造式を 1 つ記せ。

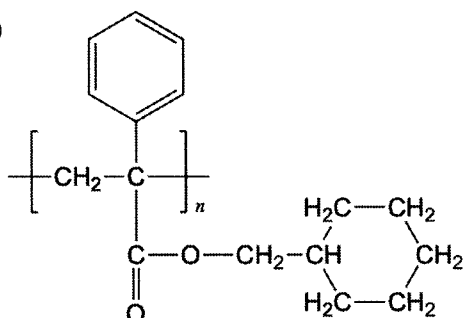
問 2 シクロプロパンと同じ分子式をもつアルケンに臭素を反応させた。この付加反応で生成する化合物の名称を記せ。

問 3 化合物 B の分子式と構造式を記せ。

問 4 化合物 A の構造式を記せ。

- 4 次の(文1)と(文2)を読んで、以下の問いに答えよ。ただし、構造式は例にならって記せ。

(例)



(文1) 光によって化学的または構造的な変化を生じる高分子化合物を 1 高分子という。例えば、光を照射することによって構造が変化し、溶媒などに溶解しやすくなるものがある。一方、光照射により、重合などが進行し、溶媒に溶けなくなるものがあり、このような高分子を特に 2 樹脂という。2 樹脂は、歯科治療用充填剤、印刷用製版材料、3次元プリンターや金属表面の加工などに用いられている。

1 高分子の1つであるポリケイ皮酸ビニルは、図2に示した方法で合成できる。まず、酢酸ビニルの付加重合によって得られる高分子化合物Aを完全^(a)にけん化すると、高分子化合物Bが得られる。次に、高分子化合物Bとケイ皮酸塩化物の縮合反応により、ポリケイ皮酸ビニルが得られる。

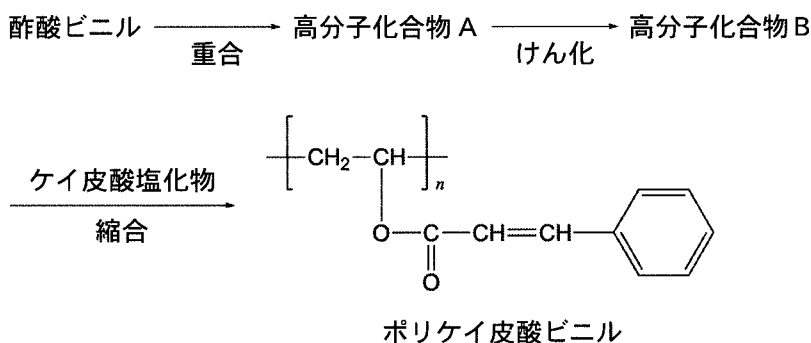


図2 ポリケイ皮酸ビニルの合成法

半導体などの基板の上にポリケイ皮酸ビニルを塗布し、ポリケイ皮酸ビニルの薄膜を作製する。次に、回路パターン部分のみが光を透過する黒いフィルムをポリケイ皮酸ビニルの薄膜の上に貼って光を照射すると、このパターンどおりに、^(b)トルエンに溶ける部分と溶けない部分ができる。最後に、溶ける部分をトルエンで洗い流し、基板が露出した部分を薬品で処理すると、回路パターンが基板に形成される。

問 1 文中の 1 , 2 にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 高分子化合物 A の構造式を記せ。

問 3 下線部(a)に関して、高分子化合物 B はモノマーに相当する化合物の付加重合のみによって直接得ることはできない。この理由を、そのモノマーに相当する化合物の名称を含めて 40 字程度で記せ。

問 4 酢酸ビニル 4.3 g の付加重合によって得られた高分子化合物 A を部分的にけん化すると、高分子化合物 C が 2.8 g 得られた。このとき、けん化された割合を、高分子化合物 A の構成単位を基準として百分率で求めよ。なお、酢酸ビニルはすべて重合したものとする。また、数値は有効数字 2 桁で記せ。

問 5 下線部(b)に関して、光が照射された部分の薄膜(高分子化合物 D)を取り出し、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、高分子化合物 B と化合物 E(図 3)が得られた。高分子化合物 D の構造式を記せ。また、光が照射された部分の薄膜はトルエンに溶けるか、溶けないか、解答欄の正しい方を丸で囲め。

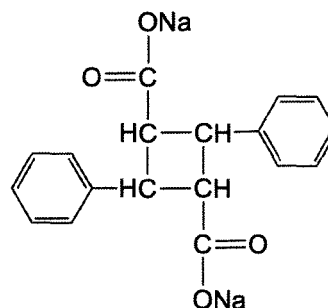


図 3 化合物 E の構造式

(文2) プラスチックの多くは自然界では分解されにくく、廃棄されると長期間残留するため、環境汚染の大きな要因となる。プラスチックごみを減らす手段の1つとして、リサイクルが考えられる。プラスチックのリサイクル方法の1つに、回収したプラスチックを溶融・成形して再び製品にする 3 リサイクル^(c)がある。この場合、プラスチックの種類ごとに処理方法が異なるため、回収時に分別しなくてはならない。例えば、ペットボトルの場合、本体、キャップ、ラベルを分別して回収する必要がある。

また、プラスチックを化学的に分解して、モノマーや化学工業の原料として再利用する方法^(d)がある。これを 4 リサイクルという。さらに、プラスチックを分解して水素を製造する工程が開発され、実用化されている。

これらの方法が難しい場合は、プラスチックを燃焼させて、その発熱を熱エネルギーとして火力発電などに利用することがある。これを 5 リサイクルという。プラスチックの原料は原油であるため、プラスチックの燃焼により、原油の燃焼に匹敵する発熱量が得られる。

問 6 文中の 3 ～ 5 にあてはまる適切な語句を記せ。

問 7 下線部(c)に関して、この方法でのリサイクルに適していない高分子化合物を次の(ア)～(カ)から2つ選び、その記号を記せ。

- | | | |
|-------------|-------------|------------|
| (ア) エポキシ樹脂 | (イ) ナイロン 66 | (ウ) フッ素樹脂 |
| (エ) ポリ塩化ビニル | (オ) ポリプロピレン | (カ) メラミン樹脂 |

問 8 下線部(d)に関して、ペットボトル本体の主成分であるポリエチレンテレフタラートを分解・精製すると、2つのヒドロキシ基と2つのエステル結合を有する分子量 254 の化合物 F が得られた。化合物 F の構造式を記せ。

問 9 下線部(d)に関して、一部のプラスチックは熱などにより、モノマーなどの低分子化合物に分解することができる。プラスチックの熱分解は、ポリマー鎖の末端から順にモノマー単位で分解する「解重合型」と、ポリマー鎖の不特定の箇所切断する「ランダム分解型」に大きく分けることができる。

解重合型またはランダム分解型のみで分解する2種類の直鎖状ポリマーの分解反応を考える。これらの直鎖状ポリマーの平均分子量(数平均分子量)、モノマー単位の分子量および分解速度はそれぞれ等しいとする。また、分解反応はポリマーの主鎖のみで起こり、最終的にすべてモノマーに分解するとした場合、以下の(1)~(3)の現象について、解重合型のみで起こりうる場合はa、ランダム分解型のみで起こりうる場合はb、解重合型とランダム分解型の両方で起こりうる場合はcを解答欄に記せ。なお、a~cの記号は複数回使用して良い。

- (1) 分解反応の初期において、生成物にモノマーが含まれている。
- (2) 分解反応の初期において、モノマーを取り除いた生成物の平均分子量は大きく低下する。
- (3) 分解反応におけるいずれの段階においても、生成物の分子数の半分以上をモノマーが占める。