

化 学

注意 解答に必要なならば、次の値を用いなさい。

原子量 H 1.0 C 12 N 14 O 16

標準状態において 1 mol の気体が占める体積 22.4 L

また、問題文中の体積の単位記号 L は、リットルを表す。

1 次の各問い（問 1 ～ 問 5）に答えなさい。

問 1 次の（ア）～（キ）の分子のうち、極性分子に分類されるものの数を、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。 1

（ア）塩素 （イ）フッ化水素 （ウ）メタノール （エ）ナフタレン
（オ）メタン （カ）酢酸 （キ）ヘリウム

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

問 2 次の（ア）、（イ）の分離・精製の操作として用いられる方法や現象の名称として、当てはまらないものの組み合わせを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。 2

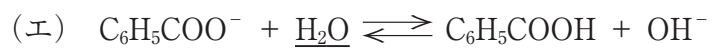
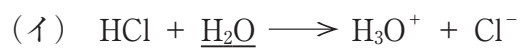
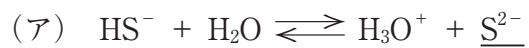
（ア）すりつぶした大豆から、溶媒にヘキサンを使って大豆油を取り出す。

（イ）塩化ナトリウムとナフタレンの混合物から、固体が直接気体になる性質を利用してナフタレンを取り出す。

A 蒸留 B 昇華 C 抽出 D 再結晶

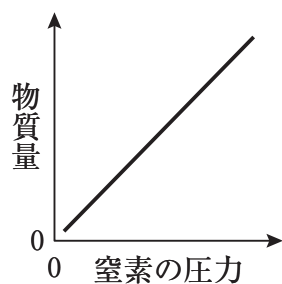
① A, B ② A, C ③ A, D
④ B, C ⑤ B, D ⑥ C, D

問3 次の反応 (ア)～(オ) のうち、下線を引いた物質またはイオンがブレンステッド・ローリーの定義で酸に分類されるものの組み合わせとして正しいものを、下の①～⑦の中から一つ選びなさい。 3

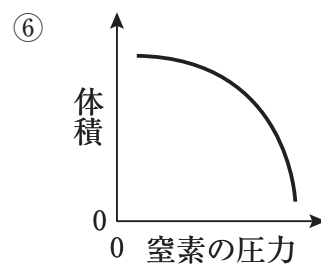
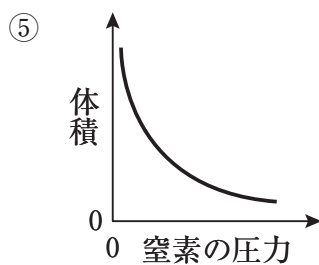
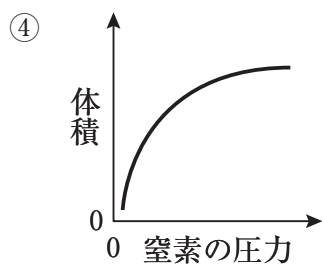
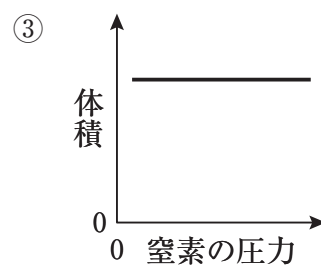
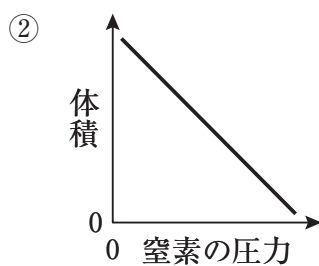
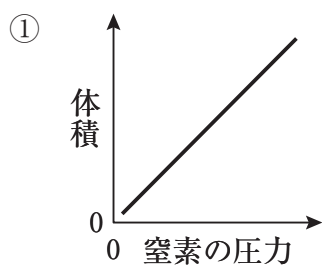


- | | | |
|------------|------------|------------|
| ① (ア), (イ) | ② (ア), (ウ) | ③ (イ), (エ) |
| ④ (イ), (オ) | ⑤ (ウ), (エ) | ⑥ (ウ), (オ) |
| ⑦ (エ), (オ) | | |

問4 下図は、温度一定で、圧力を変えて、一定量の水に溶解する窒素の量を物質質量で示したグラフである。横軸は窒素の圧力を示す。

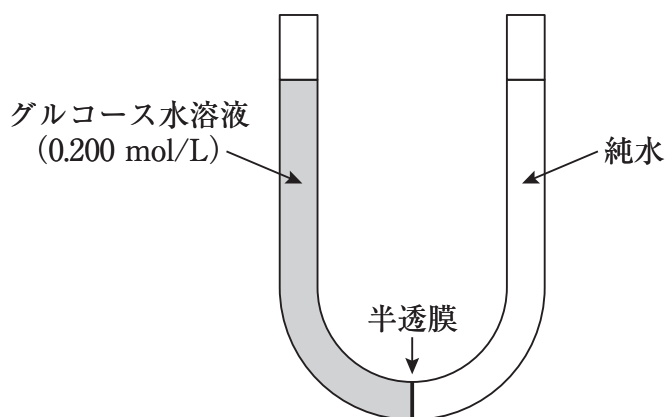


溶解した窒素の量をそのときの圧力における体積で示すグラフとして最も適切なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、窒素は理想気体とみなす。 4



問5 下図のように、内径が等しく左右対称のU字管の中央部に水分子のみを通す半透膜を付けた装置を用いて、半透膜を隔てて左側に0.200 mol/Lのグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 水溶液 500 mL、右側に純水 500 mL を入れ、浸透圧に関する実験を行った。この実験に関する次の記述 (ア)～(ウ) のうち、正しいものをすべて選んだ組み合わせを、下の①～⑦の中から一つ選びなさい。

5



- (ア) U字管の温度を $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保ち一定時間放置した場合、左側の水位が右側の水位よりも高くなる。
- (イ) U字管の温度を $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ まで上げて一定時間放置した場合、左右の水位差は、U字管の温度が $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ の場合と同じである。
- (ウ) この実験で、純水の代わりに下表の (a)～(c) の水溶液 500 mL を入れ、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保ち一定時間放置した場合、左右の水位差が最も大きいのは、(c) の水溶液を入れた場合である。ただし、電解質は完全に電離するものとする。

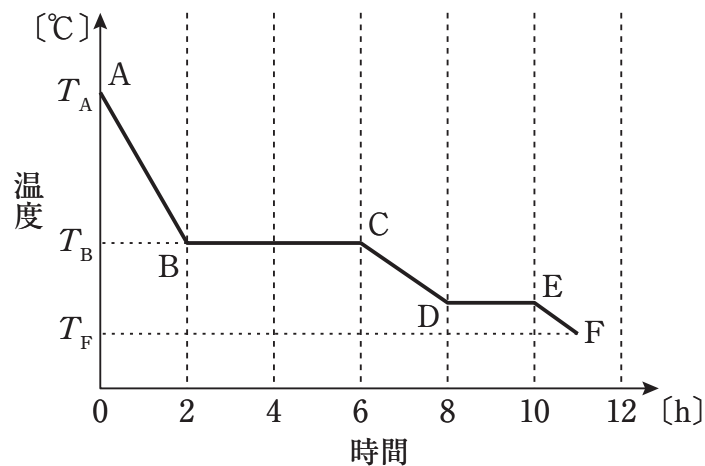
(a)	0.200 mol/L の塩化マグネシウム MgCl_2 水溶液
(b)	0.400 mol/L の塩化カリウム KCl 水溶液
(c)	質量パーセント濃度 15.0% のスクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 水溶液 (密度： 1.04 g/cm^3)

- ① (ア) のみ ② (イ) のみ ③ (ウ) のみ
- ④ (ア), (イ) ⑤ (ア), (ウ) ⑥ (イ), (ウ)
- ⑦ (ア), (イ), (ウ)

2

次の各問い（問 1 ～ 問 5）に答えなさい。

問 1 容器内の圧力が p_0 に保たれるようにつくられた容器に、1 種類の気体が 2.0 mol 入っている。この容器を 1 時間あたり 4.2 kJ の割合で穏やかに冷却していくと、物質の温度変化について下図の結果が得られた。なお、A → B 間は気体のみが存在していた。



この図に関する次の記述（ア）～（ウ）のうち、正しいものをすべて選んだ組み合わせを、下の①～⑦の中から一つ選びなさい。 6

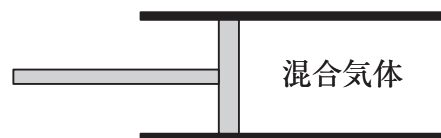
- （ア） B → C 間では、気体と液体が共存している。
 （イ） 圧力 p_0 では、この物質の蒸発熱は融解熱の 2 倍である。
 （ウ） 圧力 p_0 を低くすると、温度 T_B は高くなる。

- | | | |
|---------------|-----------|-----------|
| ① （ア）のみ | ② （イ）のみ | ③ （ウ）のみ |
| ④ （ア），（イ） | ⑤ （ア），（ウ） | ⑥ （イ），（ウ） |
| ⑦ （ア），（イ），（ウ） | | |

7

8

問4 次の熱化学方程式で表される気相反応が、下図のピストンつき容器の中で平衡状態にある。



化学平衡に関する次の記述 (ア)～(エ) のうち、正しいものの組み合わせを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。なお、 NO_2 は赤褐色の気体、 N_2O_4 は無色の気体である。

9

- (ア) 温度一定でピストンを押して気体を圧縮すると、圧縮した直後から赤褐色が徐々に濃くなる。
- (イ) 温度一定でピストンを引き圧力を低くすると、瞬間的に赤褐色は濃くなるが、その後、赤褐色はうすくなる。
- (ウ) 全圧一定で温度を上げると、 NO_2 の物質量は増加する。
- (エ) 温度と体積が一定で貴ガス（希ガス）を加えても、 N_2O_4 の物質量は変化しない。

- | | | |
|------------|------------|------------|
| ① (ア), (イ) | ② (ア), (ウ) | ③ (ア), (エ) |
| ④ (イ), (ウ) | ⑤ (イ), (エ) | ⑥ (ウ), (エ) |

問5 $A+B \longrightarrow C$ で表される気体反応がある。この反応について、次の(1) および (2) の実験事実が得られた。

(1) 25℃で、A のモル濃度のみを $\frac{1}{2}$ 倍にすると、C の生成速度は $\frac{1}{4}$ 倍になった。

(2) 25℃で、B のモル濃度のみを 2 倍にすると、C の生成速度は 2 倍になった。

25℃で、反応容器を圧縮して全圧を 4 倍にすると、C の生成速度は圧縮前の何倍になるか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

10

- | | | |
|-------|--------|--------|
| ① 1 倍 | ② 2 倍 | ③ 4 倍 |
| ④ 8 倍 | ⑤ 16 倍 | ⑥ 64 倍 |

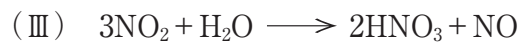
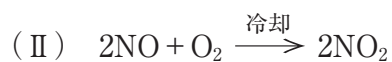
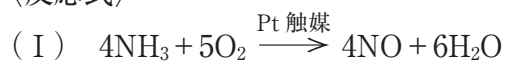
3

次の各問い（問 1 ～ 問 4）に答えなさい。

問 1 硝酸は次の反応式（Ⅰ）～（Ⅲ）で表すオストワルト法を用いてアンモニアより合成される。この反応によって 63.0 % の硝酸を 1000 g 作るのに必要なアンモニアの質量〔g〕を、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、いずれの反応物もすべて反応に利用され、生成物に置き換わったものとする。

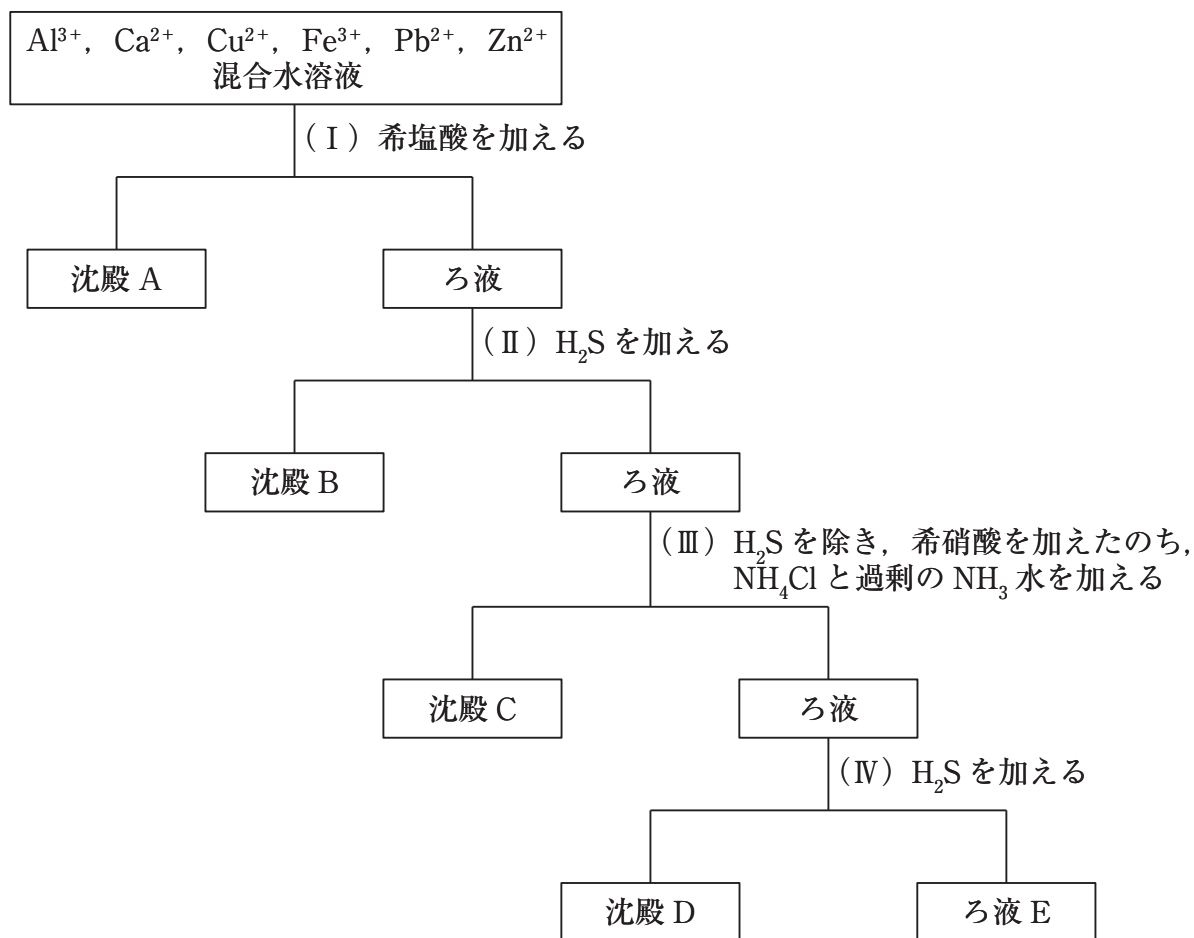
11

〈反応式〉



- | | | |
|----------|----------|----------|
| ① 10.7 g | ② 34.0 g | ③ 63.0 g |
| ④ 68.0 g | ⑤ 170 g | ⑥ 255 g |

問2 Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} の6種類の金属陽イオンを含む混合水溶液がある。各金属イオンを分離するために、次の図に示した (I)～(IV) の操作を行った。しかし、本操作のみではすべての陽イオンを分離することができなかった。追加して行うべき操作として最も適切なものを、下の①～⑤の中から一つ選びなさい。なお、各操作において、試薬は完全に反応が終了するまで加えるものとする。また、各反応は理論通りに進むと仮定する。 12



- ① 沈殿 A に熱水を加え、ろ液と沈殿物に分離する。
- ② 沈殿 B を希硝酸に溶解させた後に、溶液を炎色反応で確認する。
- ③ 沈殿 C に過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加え、ろ液と沈殿物に分離する。
- ④ 沈殿 D にチオシアン酸カリウム水溶液を加え、ろ液と沈殿物に分離する。
- ⑤ ろ液 E に炭酸アンモニウム水溶液を添加し、ろ液と沈殿物に分離する。

問3 ①～⑤の操作で発生する気体を捕集したい。発生する気体の捕集法として水上置換を用いるのが最も適当であるものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

13

- ① 炭酸カルシウムに希塩酸を加える。
- ② 酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加えて加熱する。
- ③ 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える。
- ④ 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加える。
- ⑤ 亜鉛に希硫酸を加える。

問4 銀に関する次の記述（ア）～（ウ）のうち、正しいものをすべて選んだ組み合わせを、下の①～⑦の中から一つ選びなさい。

14

（ア） 銀イオンを含む水溶液は無色で、希塩酸を加えると白色の沈殿を生じるが、加熱すると溶解する。

（イ） 単体は金属の中で熱や電気をもっともよく通す。

（ウ） 塩化物はアンモニア水に溶解する。

- | | | |
|---------------|-----------|-----------|
| ① （ア）のみ | ② （イ）のみ | ③ （ウ）のみ |
| ④ （ア），（イ） | ⑤ （ア），（ウ） | ⑥ （イ），（ウ） |
| ⑦ （ア），（イ），（ウ） | | |

4

次の各問い（問 1 ～ 問 4）に答えなさい。

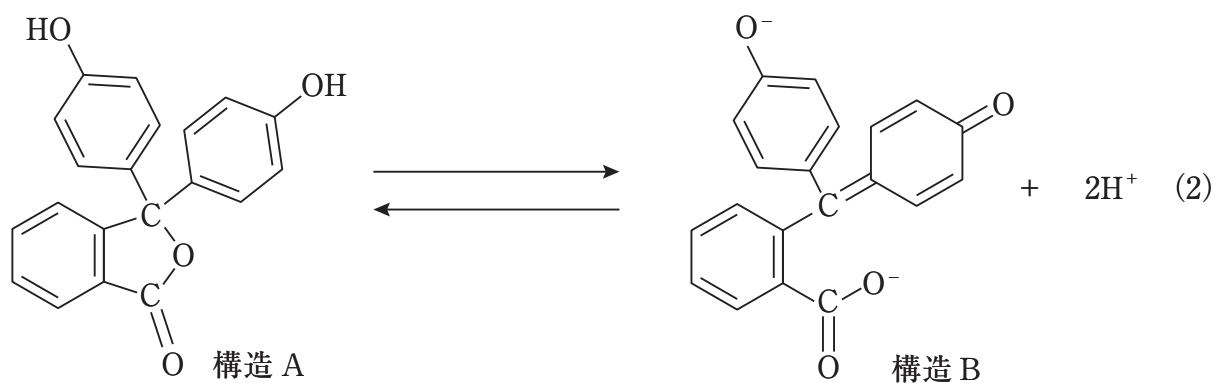
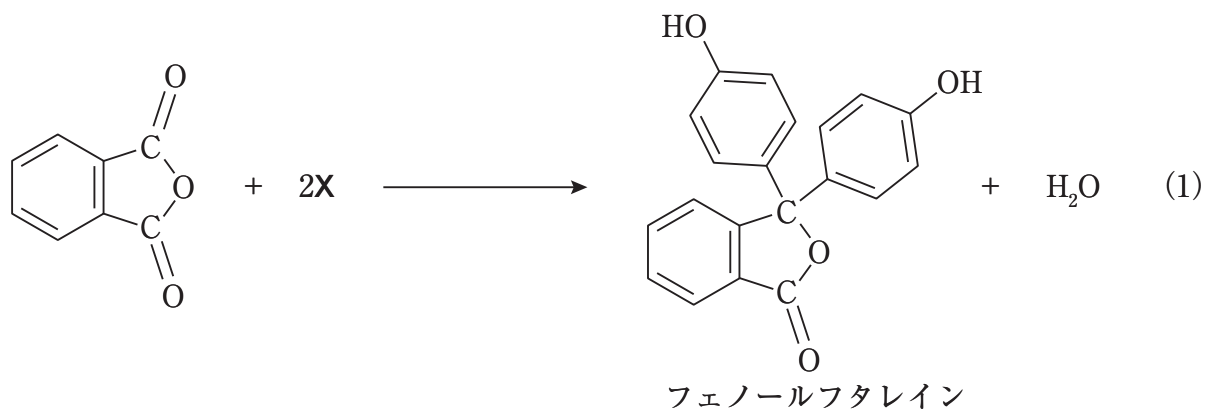
問 1 アニリンに関する次の記述（ア）～（エ）のうち、正しいものの組み合わせを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。 15

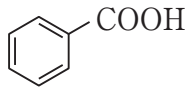
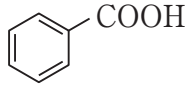
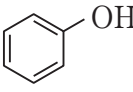
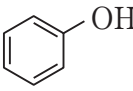
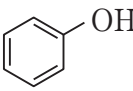
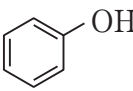
- （ア） 弱塩基性を示し、塩酸と反応して塩酸塩をつくる。
（イ） 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、青の呈色反応を示す。
（ウ） 無水酢酸を反応させることで、アセトアミノフェンが生成する。
（エ） 酸性条件下、冷却しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えるとジアゾニウム塩が生成する。

- ① （ア），（イ） ② （ア），（ウ） ③ （ア），（エ）
④ （イ），（ウ） ⑤ （イ），（エ） ⑥ （ウ），（エ）

問 2 以下の文章を読み、化合物 X の構造式および（ア）～（エ）に当てはまる語句として正しいものの組み合わせを、次ページの①～⑥の中から一つ選びなさい。 16

フェノールフタレインは次ページに示すような構造をしており、反応式（1）のように無水フタル酸と化合物 X を加熱して縮合することで合成できる。フェノールフタレインは、反応式（2）に示すように構造 A は無色であるが、溶液が塩基性になると構造 B に変化して（ア）色を示すようになるため pH 指示薬として利用できる。例えば、フェノールフタレインは炭酸水素ナトリウム水溶液とは反応（イ）が、水酸化ナトリウム水溶液とは反応（ウ）。これはフェノールフタレインが（エ）であるためである。



	化合物 X	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①		赤	しない	する	強酸
②		黄	する	しない	弱酸
③		黄	する	しない	強酸
④		赤	する	しない	弱酸
⑤		赤	しない	する	強酸
⑥		赤	しない	する	弱酸

問3 説明文を読み、以下の各問い(1)～(3)に答えなさい。

トリグリセリドは、グリセリン(1,2,3-プロパントリオール)の3つのヒドロキシ基がさまざまな飽和もしくは不飽和脂肪酸により、すべてエステル化された化合物の総称であり、図1のように表される。

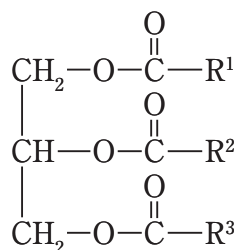


図1 トリグリセリドの構造(R^1 , R^2 , R^3 はさまざまな炭化水素基)

トリグリセリドは、動物の体内や植物の種子などに広く存在し、構成する飽和もしくは不飽和脂肪酸が任意の割合で混ざった混合物として存在する。

ある実験で、異なる組成を持つトリグリセリドXとトリグリセリドYの構造を調べることにした。

(1) トリグリセリドXは、1種類の不飽和脂肪酸(RCOOH , Rは鎖状の炭化水素基)のみから構成されることが明らかになった。このトリグリセリドX $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ に対して、触媒とともに水素を反応させ、炭素数18の飽和脂肪酸のみからなるトリグリセリドを得た。このとき、消費された水素は 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 10.08 L であった。このトリグリセリドX中のRの化学式として最も適当なものを、次の①～⑧の中から一つ選びなさい。

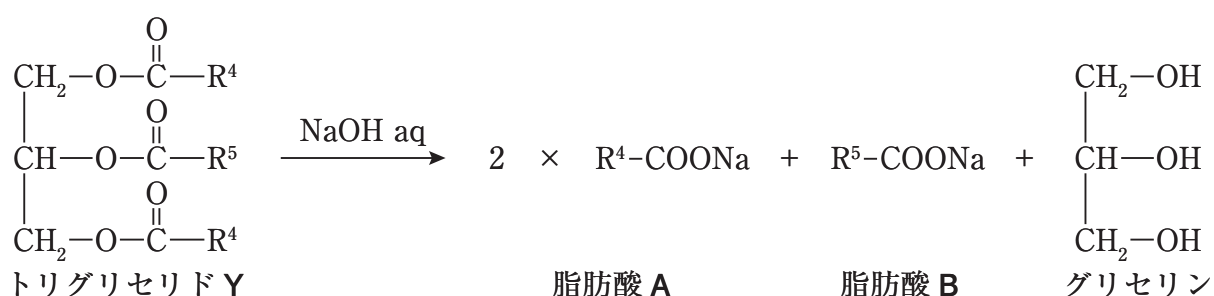
17

- | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① $\text{C}_{17}\text{H}_{35}$ | ② $\text{C}_{17}\text{H}_{33}$ | ③ $\text{C}_{17}\text{H}_{31}$ | ④ $\text{C}_{17}\text{H}_{29}$ |
| ⑤ $\text{C}_{18}\text{H}_{37}$ | ⑥ $\text{C}_{18}\text{H}_{35}$ | ⑦ $\text{C}_{18}\text{H}_{33}$ | ⑧ $\text{C}_{18}\text{H}_{31}$ |

(2) トリグリセリド Y について、種々の実験操作および分析を行ったところ、以下の
ような結果 1～4 となった。

結果 1 トリグリセリド Y 1 mol に触媒とともに水素を付加させたところ、2 mol の水
素が付加した。

結果 2 トリグリセリド Y に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し完全に加水分解し
たところ、グリセリンのほかに、脂肪酸 A および脂肪酸 B の 2 種類のナトリウ
ム塩が生成した。脂肪酸 A と脂肪酸 B の物質量の比率は 2 : 1 であった。



結果 3 脂肪酸の一つは、炭素数 18 の飽和脂肪酸であることが分かった。

結果 4 結果 2 で得られた 2 種類の脂肪酸を分離し、それぞれ触媒とともに水素と反応
させると、一つは反応せず、もう一つは脂肪酸 1 mol に対して 2 mol の水素が付
加し、反応しなかった脂肪酸と同一の化合物が生成した。

このトリグリセリド Y を構成する脂肪酸 A と脂肪酸 B の R 部分の化学式の組み合わ
せとして正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。 18

	脂肪酸 A の R ⁴	脂肪酸 B の R ⁵
①	C ₁₇ H ₃₅	C ₁₇ H ₃₃
②	C ₁₇ H ₃₅	C ₁₇ H ₃₁
③	C ₁₇ H ₃₅	C ₁₅ H ₃₁
④	C ₁₇ H ₃₃	C ₁₇ H ₃₅
⑤	C ₁₇ H ₃₁	C ₁₇ H ₃₅
⑥	C ₁₅ H ₃₁	C ₁₇ H ₃₅

(3) 高級脂肪酸のナトリウム塩はセッケンとして利用される。セッケンに関する次の記述 (ア)～(ウ) のうち、正しいものをすべて選んだ組み合わせを、下の①～⑦の中から一つ選びなさい。

19

- (ア) セッケンの水溶液は、 Ca^{2+} や Mg^{2+} を多く含む硬水中では、泡立ちが悪くなる。
(イ) セッケンの水溶液は、酸性水溶液中で使用すると洗浄力が低下する。
(ウ) セッケンは、水溶液中で疎水基の部分を外側に、親水基の部分を内側に向けて集まり、ミセルと呼ばれるコロイド粒子を形成する。

- | | | |
|-----------------|------------|------------|
| ① (ア) のみ | ② (イ) のみ | ③ (ウ) のみ |
| ④ (ア), (イ) | ⑤ (ア), (ウ) | ⑥ (イ), (ウ) |
| ⑦ (ア), (イ), (ウ) | | |

問4 次の(ア)～(カ)の合成高分子のうち、縮合重合で合成されるものの組み合わせを、下の①～⑧の中から一つ選びなさい。

20

(ア) ナイロン6 (イ) アラミド繊維 (ウ) ポリエチレンテレフタレート
(エ) ポリスチレン (オ) ポリ塩化ビニル (カ) ブタジエンゴム

- | | | |
|------------|------------|------------|
| ① (ア), (イ) | ② (ア), (ウ) | ③ (イ), (ウ) |
| ④ (イ), (カ) | ⑤ (ウ), (エ) | ⑥ (ウ), (オ) |
| ⑦ (エ), (オ) | ⑧ (オ), (カ) | |