

化 学

(問 題)

2015年度

〈2015 H27095219〉

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 問題は2～11ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
4. マーク解答用紙記入上の注意
 - (1) 印刷されている受験番号が、自分の受験番号と一致していることを確認したうえで、氏名欄に氏名を記入すること。
 - (2) マーク欄にははっきりとマークすること。また、訂正する場合は、消しゴムで丁寧に、消し残しがないようによく消すこと。

マークする時		良い		悪い		悪い
マークを消す時		良い		悪い		悪い

5. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
6. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
7. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。

[注意] 必要ならば以下の数値を用いなさい。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, P = 31.0, S = 32.1, Cl = 35.5, K = 39.1, Cu = 63.5

気体定数 = $8.21 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{atm}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 = $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, アボガドロ定数 = $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

1 次の問1～問3に答えなさい。

問1 常温で無色・無臭の気体となる分子で、最も適しているものを次の①～⑩から一つ選びなさい。

- | | | | | |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| ① Rn | ② F ₂ | ③ Cl ₂ | ④ Br ₂ | ⑤ I ₂ |
| ⑥ HCl | ⑦ NH ₃ | ⑧ SO ₂ | ⑨ NO ₂ | ⑩ H ₂ S |

問2 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を、白金電極を用いて、10.0 Aの電流で1930秒間電気分解した。このとき、陰極に析出する銅の質量(A) gをA群の①～⑦から一つ、陽極に発生する酸素の質量(B) gをB群の⑧～⑭から一つ、最も適しているものをそれぞれ選びなさい。

- | | | | |
|------------|---------|---------|---------|
| A群：① 0.635 | ② 1.27 | ③ 1.59 | ④ 2.54 |
| ⑤ 5.08 | ⑥ 6.35 | ⑦ 12.7 | |
| B群：⑧ 0.160 | ⑨ 0.320 | ⑩ 0.400 | ⑪ 0.640 |
| ⑫ 1.28 | ⑬ 1.60 | ⑭ 1.92 | |

問3 ろ過によって分離するのが最も適しているものを、次の①～⑦から一つ選びなさい。

- ① 食塩を混入した水から食塩を取り除く。
- ② 食塩とケイ砂と水の混合物からケイ砂を取り出す。
- ③ ヨウ素と塩化ナトリウムの混合物からヨウ素を取り除く。
- ④ 花からその芳香成分を取り出す。
- ⑤ 葉からその中の光合成色素を抽出・分離する。
- ⑥ メタノールとエタノールの混合物からメタノールを取り出す。
- ⑦ 不純物として少量の塩化ナトリウムを含む硝酸カリウムから硝酸カリウムのみを取り出す。

2 次のⅠ～Ⅱの文章を読んで、問4～問5に答えなさい。

Ⅰ. 金属は、自由電子を持つため、電気や熱をよく導き、展性・延性に富んでいる。結晶中の原子の配列は、面心立方格子・六方最密充填などに属する。六方最密充填の配位数は（A）である。また、配位数が8である原子の配列は、（B）である。

Ⅱ. ケイ素は、地球上で多く存在しており、地殻を構成する成分の中では、質量パーセントで（C）。酸素と固く結びついて存在している状態から、超高純度の（D）を作り半導体材料として利用する。

問4 （A）、（B）に最も適しているものを、A群の①～⑤から一つ、B群の⑥～⑩から一つ、それぞれ選びなさい。

- A群：① 9 ② 10 ③ 11 ④ 12 ⑤ 13
B群：⑥ 体心立方格子 ⑦ 三角錐 ⑧ 面心立方格子
⑨ 円錐 ⑩ 六方最密充填

問5 （C）、（D）に最も適しているものを、C群の①～⑥から一つ、D群の⑦～⑩から一つ、それぞれ選びなさい。

- C群：① 最も多い ② 酸素よりも多い
③ 酸素に次いで多い ④ アルミニウムより少ない
⑤ 鉄より少ない ⑥ カルシウムより少ない
D群：⑦ 酸化物 ⑧ 単結晶 ⑨ 水溶液 ⑩ 化合物

3

次の文章を読み、問6～問9に答えなさい。

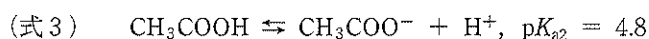
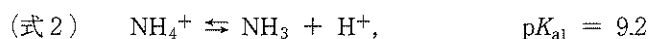
ここでは次の平衡の位置につき考えることにする。



平衡定数を K とすると、 $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{NH}_3]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{NH}_4^+]}$ である。 $K > 1$ であれば(式1)の右辺の濃度が高く、「平衡の位置は右である。」という。逆に $K < 1$ であれば、「平衡の位置は左である。」という。

また、ブレンステッド・ローリーの定義による酸を、以下ではブレンステッド酸と呼ぶ。

いま、平衡の位置を判断するために、(式1)におけるブレンステッド酸の解離について(式2)、(式3)を考える。



ここで、 K_{a1} 、 K_{a2} はそれぞれの式の電離定数であり、 $\text{p}K_{a1}$ と $\text{p}K_{a2}$ は、それぞれ $-\log_{10}K_{a1}$ と $-\log_{10}K_{a2}$ を表す。すなわち、 $K_{a1} = 10^{(-\text{p}K_{a1})}$ 、 $K_{a2} = 10^{(-\text{p}K_{a2})}$ である。

K_{a1} 、 K_{a2} が物質の濃度で表すことができるとすると、(式2)、(式3)の反応では、

$$K_{a1} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]}, \quad K_{a2} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \text{ となる。}$$

問6 次の文章の(A)、(B)に最も適しているものを、(A)はA群の①～⑦から一つ、(B)はB群の⑧～⑨から一つ、それぞれ選びなさい。

$K = (A)$ となり、 $K_{a1} > K_{a2}$ のとき $K > 1$ で平衡の位置は右である。 $K_{a1} < K_{a2}$ のときも同様に考えて、 $K < 1$ となり平衡の位置は左となる。

したがって、(式1)の反応では平衡の位置は(B)である。

A群：① $K_{a1} \cdot K_{a2}$ ② $\frac{K_{a2}}{K_{a1}}$ ③ $\frac{K_{a1}}{K_{a2}^2}$ ④ $\frac{K_{a1}^2}{K_{a2}}$

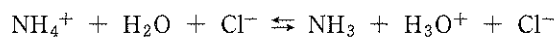
⑤ $\frac{K_{a2}^2}{K_{a1}}$ ⑥ $\frac{K_{a2}}{K_{a1}^2}$ ⑦ $\frac{K_{a1}}{K_{a2}}$

B群：⑧ 右 ⑨ 左

次の問7～問9の反応において、 pK_a は次の値を用いなさい。

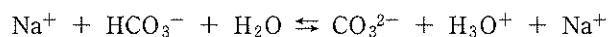
pK_a : NH_4^+ (9.2), H_2O (15.7), NH_3 (36), H_3O^+ (-1.7), HCO_3^- (10.3), HSO_4^- (2.0), H_2SO_4 (-10)

問7 次の反応において、両辺のブレンステッド酸は(A)で、平衡の位置は(B)である。(A)、(B)に最も適するものを、(A)はA群の①～⑤から二つ、(B)はB群の⑥～⑦から一つ、それぞれ選びなさい。



A群: ① NH_4^+ ② H_2O ③ Cl^- ④ NH_3 ⑤ H_3O^+
B群: ⑥ 右 ⑦ 左

問8 次の反応において、両辺のブレンステッド酸は(A)で、平衡の位置は(B)である。(A)、(B)に最も適するものを、(A)はA群の①～⑤から二つ、(B)はB群の⑥～⑦から一つ、それぞれ選びなさい。



A群: ① Na^+ ② HCO_3^- ③ H_2O ④ CO_3^{2-} ⑤ H_3O^+
B群: ⑥ 右 ⑦ 左

問9 次の反応において、両辺のブレンステッド酸は(A)で、平衡の位置は(B)である。(A)、(B)に最も適するものを、(A)はA群の①～④から二つ、(B)はB群の⑤～⑥から一つ、それぞれ選びなさい。

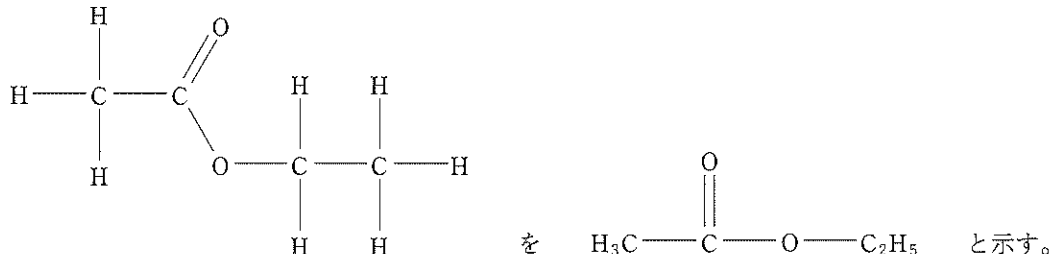


A群: ① H_2SO_4 ② H_2O ③ HSO_4^- ④ H_3O^+
B群: ⑤ 右 ⑥ 左

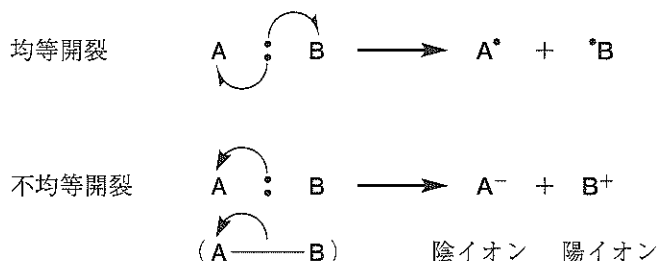
4 次の文章を読んで問10～問13に答えなさい。

この問では、分子の構造を示す場合は以下の例にならって記してある。また、電子の動きを示す場合2種類の曲がった矢印を用いることにする。電子1個が移動するときは釣針型の曲がった片カギ矢印 $\curvearrowright$ を用い、電子対が移動するときは曲がった両カギ矢印 $\curvearrowleft$ を用いる。矢印の向きは電子が移動する方向である。

(構造式の例)



有機化学反応において結合が切断される場合、電気的に均一に切断（均等開裂と呼ぶ）される場合と、不均一に切断（不均等開裂と呼ぶ）される場合の2種類に大別される。次の図に示すように、均等開裂では共有電子対は2つの不対電子となり、1つずつそれぞれの原子に移る。一方、不均等開裂では、共有電子対を形成する電子2つが片方の原子に移り、陰イオンと陽イオンとなる。

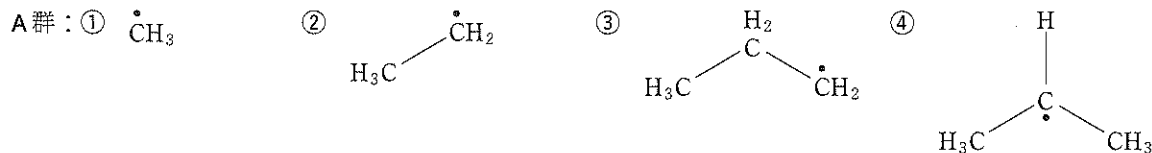


問10 次の文章の(A)、(B)に適切なものを、(A)はA群の①～④から当てはまるものは全て、(B)はB群の⑤～⑧から最も適切なものを一つ、それぞれ選びなさい。

アルカンを高温に加熱すると熱分解が起こり、酸素の無い条件では様々な炭化水素の混合物となる。この反応は結合の均等開裂で進行する。いま、プロパン(C_3H_8)を無酸素の条件で熱分解したところ、この分子中の1箇所の炭素—炭素結合のみが開裂したとする。この開裂により生成する化学種は(A)である。

また、熱分解は工業的にアセチレンなどを製造する場合に用いられ、(B)と呼ばれる。

なお、化学種とは、分子・原子・イオンやこれらが分解してできたものの総称である。



B群: ⑤ 石油の分留 ⑥ クラッキング ⑦ 脱硫 ⑧ 電気分解

問11 次の文章の(A)、(B)に最も適しているものを、(A)はA群の①～④から一つ、(B)はB群の⑤～⑧から一つ、それぞれ選びなさい。

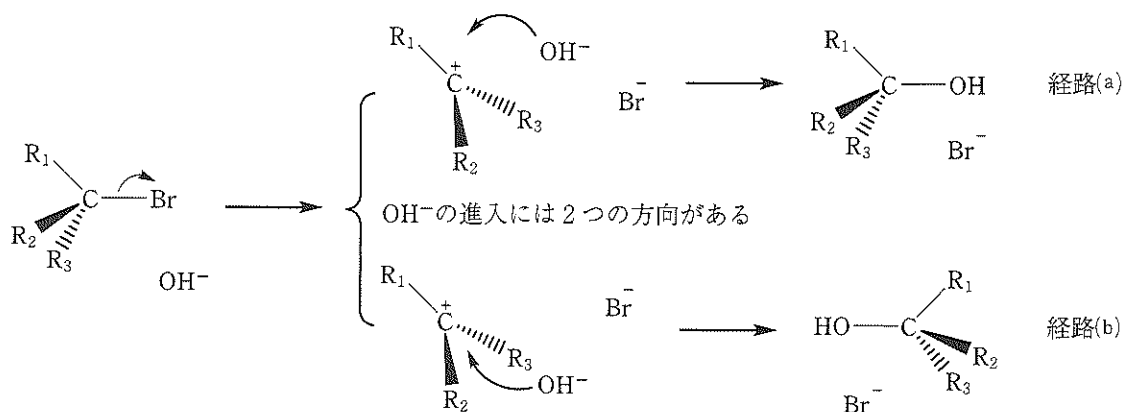
次に、イオンが関与する反応について、モノクロロメタン CH_3Cl を考える。炭素—塩素結合が不均等開裂する場合、炭素と塩素の電気陰性度に従うと、開裂して生じる陽イオンとして(A)、陰イオンとして(B)が考えられる。

A群: ① H_3C^- ② H_3C^+ ③ Cl^- ④ Cl^+
 B群: ⑤ H_3C^- ⑥ H_3C^+ ⑦ Cl^- ⑧ Cl^+

問12 次の文章の（A）に入る全ての構造をA群の①～④より，（B）に入る全ての構造をB群の⑤～⑧より，それぞれ選びなさい。また，（C）に入る最も適切なものをC群の⑨～⑬より一つ選びなさい。

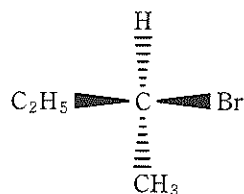
ハロゲン化アルキルの置換反応では，炭素—ハロゲン結合の不均等開裂の際に，反応分子に結合している官能基の種類などにより，反応経路が決まる。ここでは次の図のように結合が開裂した後，いったん陽イオンと陰イオンが生じてから新しい結合が生じるものとする。

また次の図で，くさび型の結合 $\blacktriangleleft$ は，中心炭素を紙面に置いて紙面のこちら側に突き出る結合を示し，点線の結合 $\cdots$ は，紙面の向こう側にのびる結合を示している。また，実線（—）は紙面上の結合を示す。

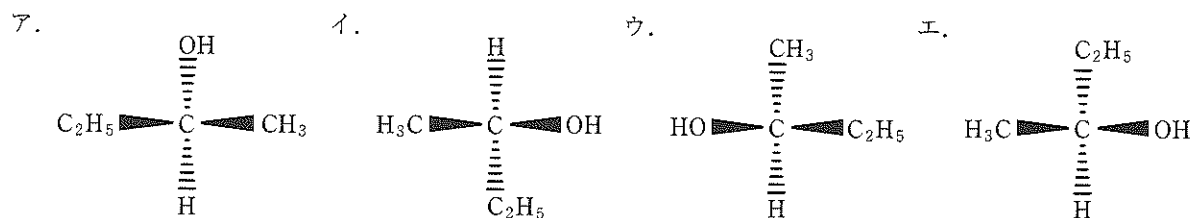


上の図で生じた陽イオンでは，結合の方向が変化して3本の結合がほぼ同一平面上に存在するようになることが知られており， OH^- との結合の方向は表（経路(a)）と裏（経路(b)）の2種類がある。

この反応において， $\text{R}_1: \text{C}_2\text{H}_5$ ， $\text{R}_2: \text{CH}_3$ ， $\text{R}_3: \text{H}$ である出発物質，すなわち次の図の化合物を用い，反応が経路(a)に従うとすると（A）が生成する。



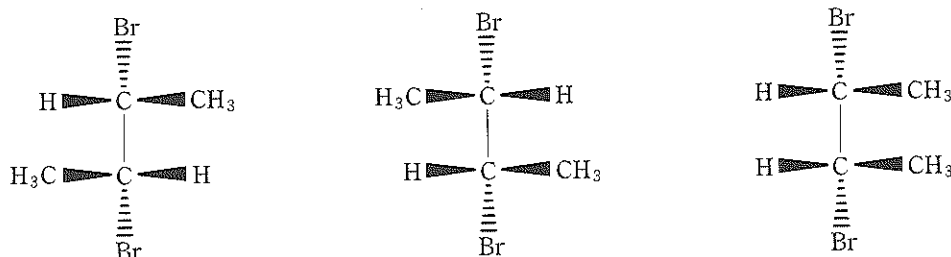
また，経路(b)に従うとすると（B）が生成する。ここで，（A）または（B）のどちらかを優先的に生成させるためには（C）を用いる方法がある。



- A群：① ア ② イ ③ ウ ④ エ
 B群：⑤ ア ⑥ イ ⑦ ウ ⑧ エ
 C群：⑨ かきまぜ装置を用いる ⑩ ろ紙とロートを用いる ⑪ 蒸留装置を用いる
 ⑫ ペーパークロマトグラフィーを用いる ⑬ 触媒を用いる

問13 次の文章の (A), (B) に最も適しているものを, (A) はA群の①~⑨から一つ, (B) はB群の⑩~⑬から当てはまるものを全て, それぞれ選りなさい。

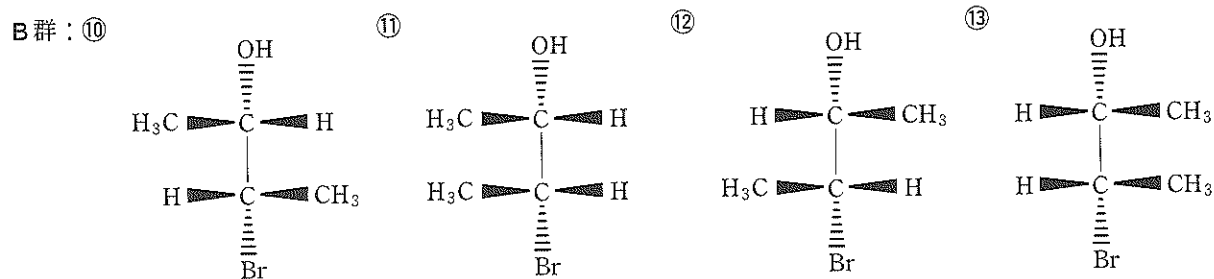
2,3-ジブロモブタンには次の図に示す3種類の立体異性体が存在する。



これらと, OH^- とを反応させて, 分子中の1つの Br と OH を置換した。反応の経路が問12に示した(a), (b)のどちらも起こりうるとして, これら3種類を出発物質とした場合, 生成物には (A) 種類の立体異性体が存在する。

また, 2,3-ジブロモブタンの立体異性体のうち, 分子中に対称面を有するものを出発物質として反応を行なった。反応の経路が同様に(a), (b)のどちらも起こりうる場合, 生成するのは (B) である。

A 群: ① 2 ② 4 ③ 6 ④ 8 ⑤ 10
 ⑥ 12 ⑦ 14 ⑧ 16 ⑨ 18



- 5 次の問14～問16の文中で、(A)、(B)、(C)に最も適しているものを、A群の①～⑤から一つ、B群の⑥～⑩から一つ、C群の⑪～⑮から一つ、それぞれ選りなさい。

問14 脂肪酸は鎖状の炭化水素の末端に(A)基をもつ化合物である。このうち炭素数の多い脂肪酸を(B)という。油脂は炭素数の多い脂肪酸とグリセリン $C_3H_8O_3$ との(C)である。

- A群：① アミノ ② アルデヒド ③ カルボキシ ④ スルホ ⑤ ニトロ
B群：⑥ 脂肪油 ⑦ 飽和脂肪酸 ⑧ 不飽和脂肪酸 ⑨ 低級脂肪酸 ⑩ 高級脂肪酸
C群：⑪ アミド ⑫ アミン ⑬ アセタール ⑭ エーテル ⑮ エステル

問15 リノール酸 $C_{18}H_{32}O_2$ には炭素間の二重結合が(A)個含まれる。構成脂肪酸としてリノール酸のみを含む油脂の分子量はおよそ(B)である。この油脂1.0gを完全にケン化するのに必要なKOHの質量はおよそ(C)mgである。

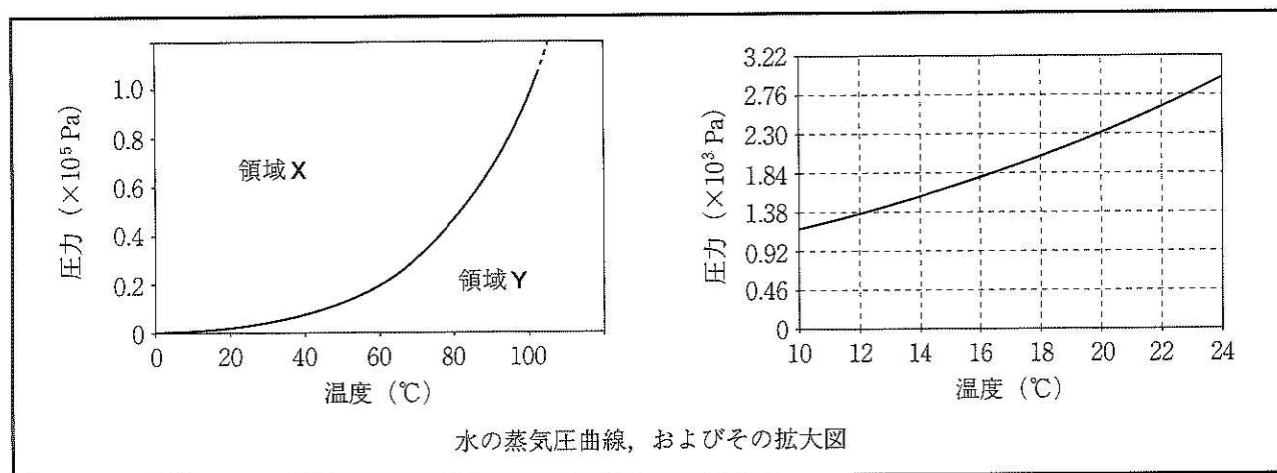
- A群：① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4
B群：⑥ 314 ⑦ 628 ⑧ 878 ⑨ 884 ⑩ 942
C群：⑪ 64 ⑫ 96 ⑬ 128 ⑭ 192 ⑮ 384

問16 分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される植物由来の天然高分子化合物Xに、熱水を加えてかき混ぜるとコロイド粒子を含む溶液を形成した。Xに希硫酸を加えて加熱し、完全に加水分解すると(A)が生じた。64.8gのXを上記のように完全に加水分解させた場合、(A)はおよそ(B)g生じる。(A)が水溶液中で鎖状構造をとっている場合、フェーリング液を(C)する。

- A群：① フルクトース ② スクロース ③ グルコース
 ④ アミロース ⑤ アミロペクチン
B群：⑥ 46.8 ⑦ 72.0 ⑧ 82.8 ⑨ 162 ⑩ 180
C群：⑪ 乳化 ⑫ 酸化 ⑬ 還元 ⑭ 乾留 ⑮ 凝析

6 次の文を読み、問17～問20に答えなさい。

大気環境や室内環境に関する問題を解決するには、空気中に気体として存在する物質の種類や量を詳しく知らなければならない。空気中の気体成分の量は、その成分の（飽和）蒸気圧と深い関係がある。温度と蒸気圧の関係を示す蒸気圧曲線は、成分ごとに固有のものである。例として、水分子 H_2O の蒸気圧曲線を図に示す。また、空気中の水の量を表す身近な指標として「相対湿度」が挙げられる。（天気予報では単に「湿度」と呼ばれている。）相対湿度の定義は「空気中に存在する水の分圧の、その温度における飽和蒸気圧に対する比」で、百分率（%）で表すのが一般的である。例えば、温度 20°C （水の蒸気圧 $2.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ ）、水の分圧 $9.2 \times 10^2 \text{ Pa}$ の空気の相対湿度は 40% である。



問17 次の文を読み、(A)、(B) に最も適するものを、A群の①～④から一つ、B群の⑤～⑧から一つ、それぞれ選びなさい。

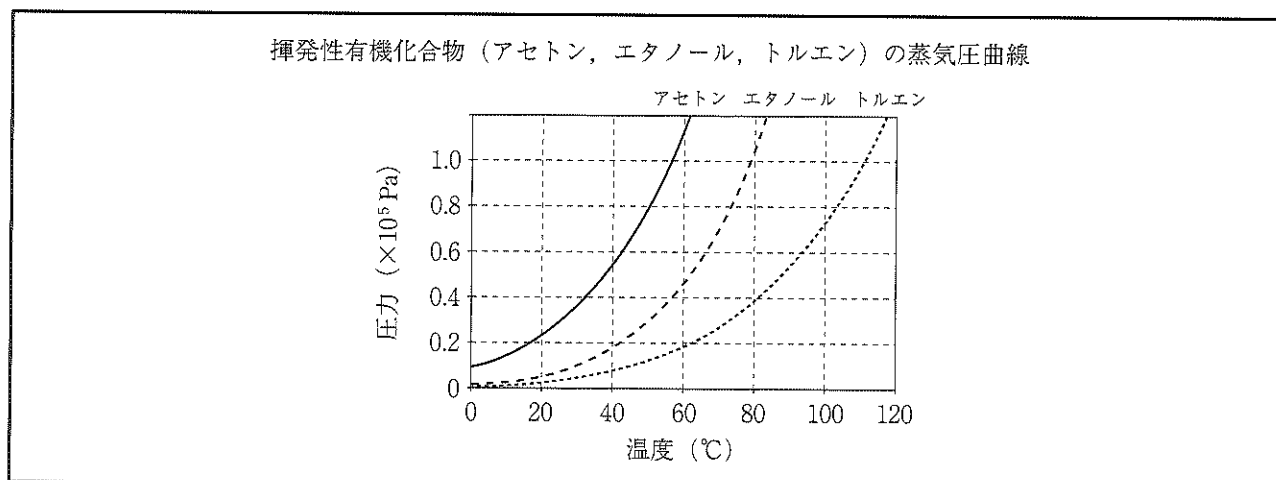
上の図は「水の状態図」の一部と見ることもできる。図の領域Xは (A)、Yは (B)、の各状態に対応する。

- | | | | |
|---------|------|------|---------|
| A群：① 固体 | ② 液体 | ③ 気体 | ④ 超臨界流体 |
| B群：⑤ 固体 | ⑥ 液体 | ⑦ 気体 | ⑧ 超臨界流体 |

問18 温度 20°C 、相対湿度 80% 、全圧 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の空気を 14°C までゆっくりと冷やした場合の説明として最も適するものはどれか。次の①～④から一つ選びなさい。

- ① 霜を生じる
- ② 水が沸騰する
- ③ 露を生じる
- ④ 外見的变化は見られない

問19 3種類の有機化合物の蒸気圧曲線を下の図に示す。この図から読み取れる説明として最も適するものを①～⑥から二つ選びなさい。ただし、特に記述が無い場合は、空気的全圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とし、密閉空間内における現象を考えるものとする。



- ① 100℃で過剰量のトルエンを放置すると、すべて気体として存在するようになる。
- ② エタノールの沸点は約78℃である。
- ③ 40℃では、トルエンが3成分のうちでもっとも蒸発しやすい。
- ④ 0℃で過剰量のアセトンを放置すると、すべて液体として存在するようになる。
- ⑤ 60℃では、空気的全圧を $0.6 \times 10^5 \text{ Pa}$ まで下げるとエタノールは沸騰する。
- ⑥ 60℃で過剰量のエタノールを放置すると、液体と気体が共存するようになる。

問20 次の文を読み、(A)、(B)に最も適するものを、A群の①～⑤から一つ、B群の⑥～⑩から一つ、それぞれ選びなさい。

密閉された室内空間（幅2.0 m、奥行2.0 m、高さ2.5 mの直方体の空気）の中で、アセトンを含む化粧品を使った際に、5.8 g (0.10 mol) のアセトンが蒸発して室内の空气中に放出されてしまい、室内空気中のアセトンの分圧は、(A) $\times 10^{(B)}$ Paとなった。ただし、室内の気温は27℃ (300 K)、全圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とし、空気とアセトンはすばやく均一混合し、放出前の空気にはアセトンは含まれないものとする。

- | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| A群：① 1.2 | ② 2.5 | ③ 3.5 | ④ 5.0 | ⑤ 7.5 |
| B群：⑥ 1 | ⑦ 2 | ⑧ 3 | ⑨ 4 | ⑩ 5 |

〔以下余白〕

