東海大学

2021 年度　一般選抜　化学

1 図 1 に示すような，耐圧密閉容器 A と B とをコック C で連結した実験装置がある。容器 A と B の容積は一定で，それぞれ 1.0 L と 4.0 L である。容器 B には着火装置がついている。この装置を用いて，気体の混合と燃焼の実験を行った。

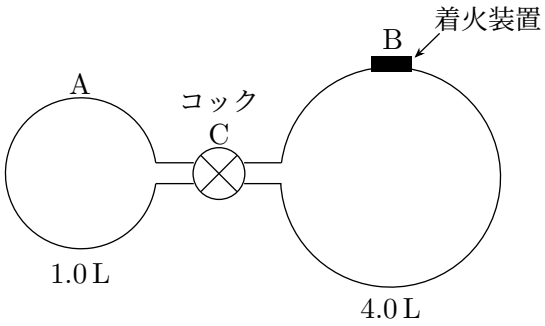


図 1　実験装置

はじめ容器の内部は真空にしておいた。コック C を閉じた状態で，容器 A に液体のエタノールを 2.3 g，容器 B に酸素を 0.20 mol 封入し，以下に示す操作 1 から操作 3 までの手順で実験を行った。

操作 1　装置全体の温度を t〔℃〕まで上昇させ，エタノールをすべて蒸発させた。

操作 2　装置の温度を t に保ち，コック C を開けて容器 A，B 内の組成が同一になるまでしばらく放置した。

操作 3　コック C を閉じた後，着火装置で点火して容器 B 内の気体を完全燃焼させた。燃焼後，装置全体の温度を下げ，27 ℃に保った。

図 2 に示すエタノールの蒸気圧曲線を参考にして，以下の各問いに答えなさい。ただし，容器内の気体はすべて理想気体として扱い，容器中の液体の体積と気体の液体への溶解は無視してよい。

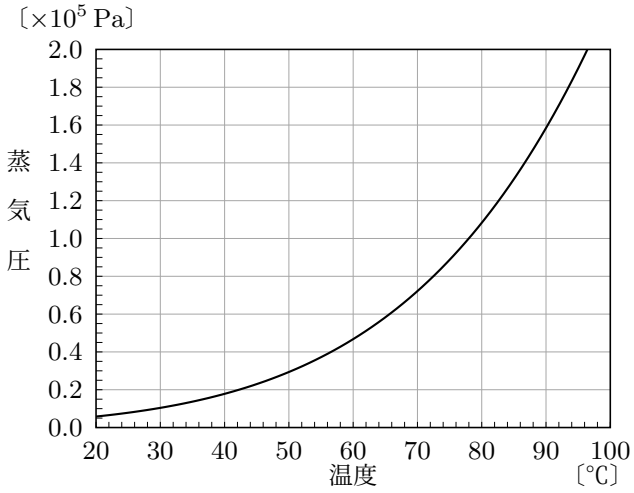


図 2　エタノールの蒸気圧曲線

問 1　気体 a と気体 b を混合した気体の体積と圧力をそれぞれ V と P とする。気体 a あるいは気体 b が単独で体積 V を占めるときに示す圧力を，それぞれ P_{a} と P_{b} とすると $P = P_{\mathrm{a}} + P_{\mathrm{b}}$ が成立する。この法則は（　ア　）とよばれ，（　イ　）により発見された。空欄（　ア　）に当てはまる法則名と空欄（　イ　）に当てはまる人名を書きなさい。

問 2　操作 1 の温度 t は最低で何℃か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．65 ℃　　B．73 ℃　　C．81 ℃　　D．89 ℃　　E．97 ℃

問 3　操作 2 で，コック C を開けた直後，気体はどのように流れたか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。ただし，気体の流れは容器間に圧力差がある場合に生じ，気体は圧力が高い方から低い方へ流れるものとする。

A．容器 A から容器 B に流れた。　　B．容器 B から容器 A に流れた。

C．容器 A と容器 B の間で流れは起きなかった。

問 4　操作 3 の後，容器 B 内の全圧は何 Pa か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。ただし，27 ℃の水蒸気圧を 0.04×10^5 Pa とする。

A．0.71×10^5 Pa　B．0.75×10^5 Pa　C．0.79×10^5 Pa　D．0.83×10^5 Pa　E．0.87×10^5 Pa

問 5　操作 3 の後，容器 A 内で凝縮したエタノールは何 g か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．0.00 g　　B．0.11 g　　C．0.20 g　　D．0.29 g　　E．0.38 g

2 硫酸銅 (Ⅱ) に関する次の文を読み，以下の各問いに答えなさい。

(a) 硫酸銅 (Ⅱ) は，銅を熱濃硫酸に溶かすと得られる。硫酸銅 (Ⅱ) の水溶液から結晶を析出させると，硫酸銅 (Ⅱ)5 水和物の（　ア　）色結晶が得られる。この結晶を 150 ℃以上に加熱すると，水和水をすべて失って（　イ　）色の硫酸銅 (Ⅱ) 無水塩が粉末状で得られる。無水塩は水を吸収すると再び（　ア　）色となるので，有機溶媒中の水分の検出や除去などに利用される。

硫酸銅 (Ⅱ) を含む水溶液にアンモニア水を加えると，（　ウ　）色の沈殿が生じる。(b) この沈殿はアンモニア水を過剰に加えると錯イオンを形成して溶ける。

問 1　下線部 (a) の反応の化学反応式を書きなさい。

問 2　空欄（　ア　）～（　ウ　）に当てはまる色はどれか。右の中から最も適切な組合せを一つ選んで，記号を記しなさい。

	（　ア　）	（　イ　）	（　ウ　）
A	白	青	青白
B	白	青	黒
C	白	黄	赤
D	青	白	青白
E	青	白	黒
F	青	黄	赤
G	黄	青	青白
H	黄	白	黒
I	黄	白	赤

問 3　下線部 (b) で形成される錯イオンの化学式と名称を書きなさい。

問 4　硫酸銅 (Ⅱ) の水への溶解度〔g/水 100 g〕は 60 ℃で 40，20 ℃で 21 である。60 ℃の硫酸銅 (Ⅱ) 飽和溶液 100 g を 20 ℃に冷却すると，析出する硫酸銅 (Ⅱ)5 水和物は何 g か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．12 g　　B．15 g　　C．18 g　　D．21 g　　E．24 g

F．27 g

問 5　温度 25 ℃で，硫酸銅 (Ⅱ)5 水和物 0.25 g を希硫酸に溶かして 100 mL とした。この水溶液に濃い水酸化ナトリウム水溶液を滴下していくと，$Cu(OH)_2$ が沈殿した。25 ℃における $Cu(OH)_2$ の溶解度積 K_{sp} は $1.0 \times 10^{-20}\,(mol/L)^3$，水のイオン積 K_w は $1.0 \times 10^{-14}\,(mol/L)^2$ である。はじめて沈殿が生じる pH はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。ただし，水酸化ナトリウム水溶液を滴下した溶液の体積変化は無視してよい。

A．4.1　　B．5.1　　C．6.1　　D．7.1　　E．8.1　　F．9.1

3 化学変化がおこるとき，定められた温度と圧力の下で，その反応熱の大きさは，反応の初めの状態と終わりの状態だけで決まり，反応経路には無関係である。この法則は，定圧下における融解や蒸発などの物理変化でも成り立つ。いま圧力 1.01×10^5 Pa のもとで水を加熱して，その状態を変化させた。融解熱は融点で 6.01 kJ/mol，蒸発熱は沸点で 40.7 kJ/mol であり，比熱容量は，液体状態では 4.18 J/(g·K)，気体状態では 1.87 J/(g·K) である。比熱容量の値は温度に関わらず一定であるとして，以下の各問いに答えなさい。

問 1　下線部を「誰の法則」というか。最も適切な人名を当てはめて「　　」内を英語に訳し，書きなさい。

問 2　温度 50 ℃の液体の水 1.00 mol を加熱して，すべて 100 ℃の水蒸気にした。この状態変化で，水が吸収した熱量は何 kJ か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．38.7 kJ　　B．40.9 kJ　　C．42.8 kJ　　D．43.3 kJ　　E．44.5 kJ　　F．45.7 kJ

問 3　温度 100 ℃の水蒸気 1.00 mol を冷却して，すべて 50 ℃の水蒸気にした。この状態変化で，水が発生させた熱量は何 kJ か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．1.7 kJ　　B．2.3 kJ　　C．3.7 kJ　　D．4.5 kJ　　E．5.4 kJ　　F．7.2 kJ

問 4　温度 50 ℃において，液体の水 1.00 mol を加熱してすべて蒸発させ，50 ℃の水蒸気にした。このとき吸収された熱量は何 kJ か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．40.1 kJ　B．42.8 kJ　C．44.5 kJ　D．47.8 kJ　E．49.3 kJ　F．50.1 kJ

問 5　温度 0 ℃において，氷 1.00 mol を加熱してすべて昇華させ，0 ℃の水蒸気にした。このとき吸収された熱量は何 kJ か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．49.7 kJ　B．50.9 kJ　C．52.3 kJ　D．53.6 kJ　E．54.5 kJ　F．55.7 kJ

4 酸素を含む脂肪族有機化合物には，アルコール，エーテル，アルデヒド，ケトンなどがある。以下の各問いに答えなさい。

問 1　分子式が C_3H_8O と C_3H_6O である脂肪族有機化合物には，それぞれ何種類の構造異性体があるか。右の中から最も適切な組合せを一つ選んで，記号を記しなさい。ただし，アルデヒドやケトンのエノール形は考えないものとする。

	C_3H_8O の異性体の数	C_3H_6O の異性体の数
A	2	5
B	2	6
C	2	7
D	3	5
E	3	6
F	3	7

問 2　炭素，水素，酸素のみからなる分子量 74.0 の化合物 I を元素分析したところ，11.1 mg の試料から 26.4 mg の二酸化炭素と 13.5 mg の水が生じた。化合物 I を適当な酸化剤を用いて酸化したところ，ヨードホルム反応を示す化合物 II が得られた。次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 化合物Ⅱの構造式を，価標を省略せずに書きなさい。

(2) 化合物Ⅰに関する次の記述の中で誤っているものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 化合物Ⅰは不斉炭素原子を含んでいる。 B. 化合物Ⅰはヨードホルム反応を示す。

C. 化合物Ⅰを分子内脱水すると，構造の異なるアルケンが 2 種類のみ生成する。

D. 化合物Ⅰの構造異性体のうち，酸化されてカルボン酸を生じるものは 2 つある。

E. 化合物Ⅰの構造異性体のうち，酸化されにくいものは 4 つある。

問 3　グルコースには 3 つの異性体があり，水溶液中ではそれらは互いに平衡にある。その一つの構造式を図 3 に示す。

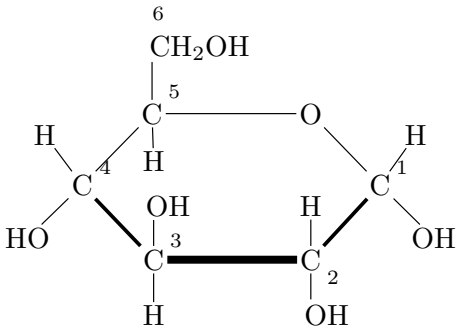


図 3　グルコースの異性体の構造式

次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 図のグルコースの異性体で，C^1 の炭素原子はヒドロキシ基とエーテル結合をもつ。このような構造を何構造というか，書きなさい。

(2) 図のグルコースの異性体 7 分子がお互いに C^1 と C^4 の炭素原子間で脱水縮合して環化すると，環状のデキストリンとなる。この環状デキストリン 180 g を希硫酸で完全に分解してグルコースにすると，得られるグルコースは何 g か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 162 g　　B. 180 g　　C. 196 g　　D. 198 g　　E. 200 g

5 ブドウやワインなどに含まれているヒドロキシ酸の一つに，分子量 150.0 の飽和ジカルボン酸 X がある。(a) ジカルボン酸 X には，鏡像異性体を含む（　ア　）種類の立体異性体が存在する。そのうちの一つが分子内脱水反応を起こすと，不斉炭素を有するけれども鏡像異性体が存在しない化合物 Y を生成する。

ジカルボン酸 X の 2 価の陰イオンがアルカリ金属イオン 2 個と結合して生じる塩にロッシェル塩がある。この塩の結晶には一定量の水和水が含まれている。ロッシェル塩の式量は水和水を含めて 282.1 である。

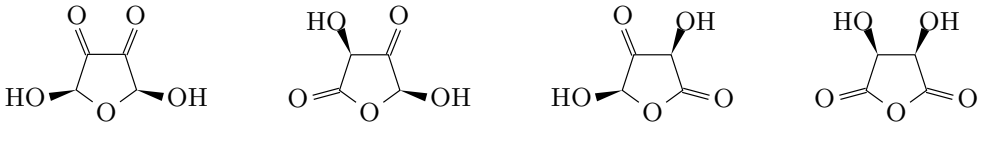
(b) ロッシェル塩を水酸化ナトリウム水溶液に溶かした液体と，硫酸銅 (Ⅱ) 水溶液を混合した溶液は，ある官能基の検出に用いられる。この溶液にフルクトースを加え加熱したところ (c) 赤色の沈殿が生じた。

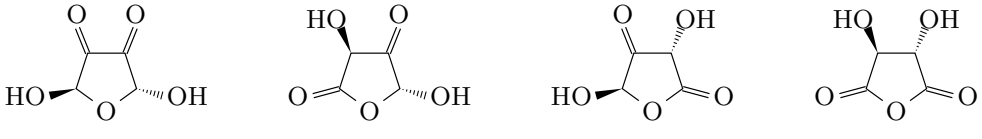
問 1　下線部 (a) について，次の (1) と (2) に答えなさい。

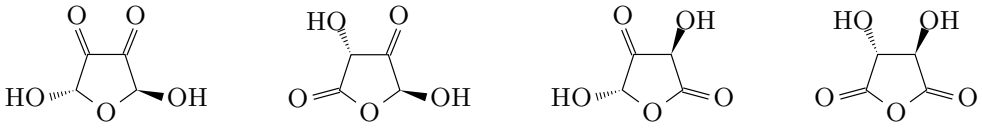
(1) 空欄（　ア　）に当てはまる数字はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 2　　B. 3　　C. 4　　D. 5　　E. 6

(2) 化合物 Y の構造式はどれか。右の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。ただし，太い線で結合しているヒドロキシ基は紙面の手前側に，破線で結合しているヒドロキシ基は紙面の向こう側に位置しており，環をつくっている炭素原子と環に結合している水素原子は省略してある。







問 2　ロッシェル塩は水によく溶け，ある温度の飽和水溶液 100 g 中には 51.8 g の塩が溶けている。溶けた塩のうち，水和水を除いた分は 38.6 g である。ロッシェル塩に含まれるアルカリ金属イオンはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. Li^+ のみ。　B. Na^+ のみ。　C. K^+ のみ。　D. Li^+ と Na^+　E. Li^+ と K^+

F. Na^+ と K^+

問 3　下線部 (b) の溶液を何溶液というか，書きなさい。

問 4　下線部 (c) に当てはまる最も適切な化合物の化学式を書きなさい。