

1 次の文章 I, II を読み, 下の問い(問 1 ~ 5)に答えなさい。

I 周期表の原子番号 11 番から 20 番までの元素のイオンの中で, , , ,  はアルゴン原子と同じ電子配置をとる。また, これらは, イオンとして水溶液中に存在する。 の炭酸塩は水に溶けるが,  の炭酸塩は水に溶けにくい。 の水素化合物は, 水に溶け弱酸性を,  の水素化合物は, 水によく溶け強酸性を示す。

問 1  ~  に最も適切なイオンをイオン式で示しなさい。

問 2 下線部①の炭酸塩は, 二酸化炭素を含む水に溶ける。その現象を化学反応式で示しなさい。

II シュウ酸の標準液を用い, 水酸化ナトリウム水溶液の濃度を中和滴定により求めた。

(操作 1) シュウ酸二水和物をビーカーにはかりとり, 蒸留水約 60 ml を加えて溶かした後, 100 ml の  に移した。ビーカー内を少量の蒸留水で洗い, この液も  に入れ, さらに, 標線まで蒸留水を加えた。

(操作 2) 水酸化ナトリウムをビーカーにはかりとり, 少量の蒸留水に溶かした後, 100 ml の  に移し, 標線まで蒸留水を加えた。この水溶液を  に入れ, 液面の目盛を読んだところ, 5.00 ml を示した。

(操作 3)  を用い, 100 ml コニカルビーカーに操作 1 の溶液 10 ml をとり, フェノールフタレイン溶液を 1 滴加えた。

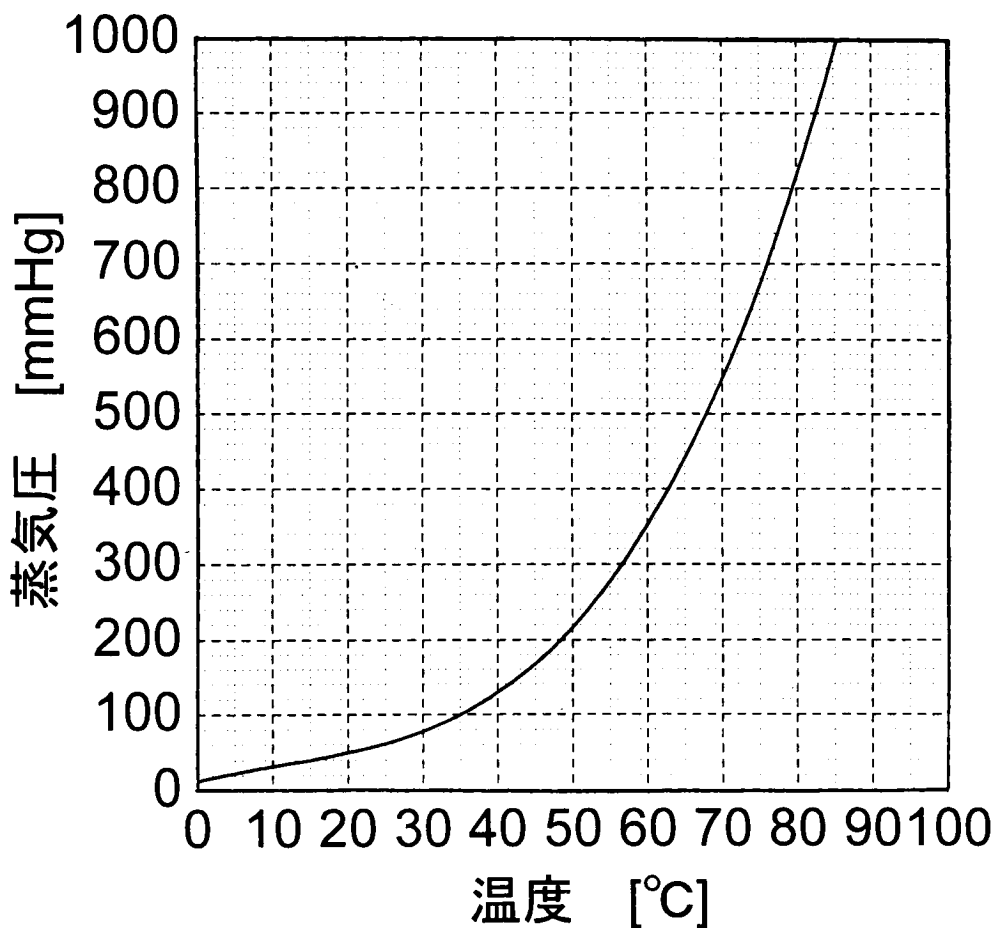
(操作 4) 操作 3 の溶液に, 水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ滴下しては振り混ぜ, わずかに液が赤く着色したところで滴下を中止した。このとき,  の液面の目盛は 16.00 ml を示した。

問 3  ～  に最も適切なガラス器具の名称をかきなさい。

問 4 この実験で、 のガラス器具は蒸留水でぬれたまま使用してもかまわない。理由を簡潔に答えなさい。

問 5 操作 1 のシュウ酸水溶液の濃度は、 $0.060 \text{ mol/l}$ であった。操作 2 の水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何  $\text{mol/l}$ か。有効数字 2 けたで答えなさい。

- 2 エタノールの蒸気圧曲線を下図に示した。これを参考にして下の問い(問1～5)に答えなさい。解答はすべて有効数字2けたで求めなさい。



- 問1 エタノールの1 atm(760 mmHg)における沸点は何°Cか。
- 問2 エタノールの沸点はメタノールの沸点(65°C)よりも高い。この理由を簡単に説明しなさい。
- 問3 大気圧が0.75 atmの時、エタノールは何°Cで沸騰するか。求めた過程も説明しなさい。

問 4 40 °C, 0.50 atm の空気を入れた内容積 0.82 l の密閉容器に 0.46 g のエタノールを加えて 40 °C に保つと, 容器内の圧力は何 atm になるか。求めた過程も説明しなさい。

問 5 エタノールの蒸発熱は 38.9 kJ/mol である。0.46 g のエタノールがすべて蒸発するのに何 J の熱量を必要とするか。求めた過程も説明しなさい。

3 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えなさい。

一端を閉じた断面積  $1.0 \text{ cm}^2$  のガラス管に水銀を満たし、 $27^\circ\text{C}$ 、 $1 \text{ atm}$  の条件下で水銀が入った容器中に倒立させた。このときの様子を示したのが図1であり(水銀の液面は平坦なものとして描いてある)、水銀柱の高さは  $760 \text{ mm}$ 、容器中の水銀面からガラス管の上端までの高さは  $1110 \text{ mm}$  であった。なお、後述する気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

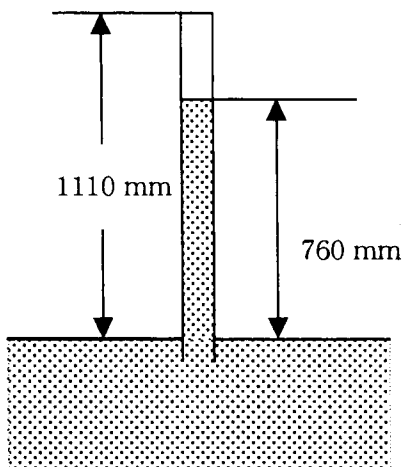


図 1

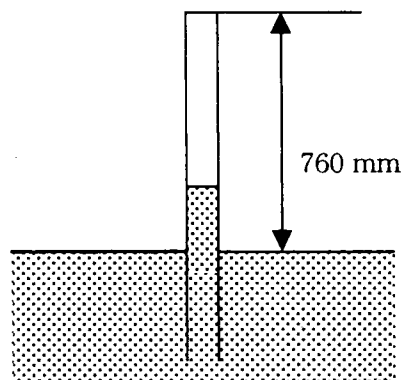
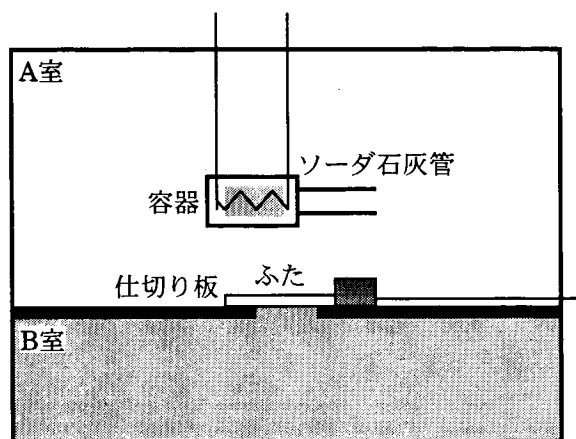


図 2

- 問 1 ガラス管内上部の空間の圧力は何 atm か。
- 問 2 ガラス管の下から上部の空間に気体 A を入れたところ、水銀柱の高さは  $610 \text{ mm}$  になった。気体の体積は何 l か。
- 問 3 注入された気体 A の物質量は何 mol か。有効数字 2 けたまで求めなさい。計算過程も示しなさい。
- 問 4 さらに気体 B を入れたところ、水銀柱の高さが  $310 \text{ mm}$  となった。このときの気体 B の分圧は水銀柱で何 mmHg か。有効数字 2 けたまで求めなさい。計算過程も示しなさい。
- 問 5 この状態で、ガラス管を下げて図 2 のように水銀面からガラス管上端までの高さを  $760 \text{ mm}$  とした。水銀柱の高さは何 mm になるか。有効数字 2 けたまで求めなさい。計算過程も示しなさい。

4 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えなさい。

図のように密閉された箱が内部の仕切り板によって上下2室に分けられている。仕切り板の中央には外部からの操作で開閉できるふたがある。A室は1.00 atmの空気で満たされ、その中心の容器に塩化アンモニウムと水酸化カルシウムが0.200 molずつ均一に混ぜて置かれている。容器は外部からの操作で電氣的に加熱できる。この容器はソーダ石灰管につながっていて、容器で発生する水は全てソーダ石灰管に吸収される。ソーダ石灰管のもう一方の側は開放されている。A室の容積は20.0 lである。B室は水で満たされていて、B室の容積は10.0 lである。実験の前は箱全体が25.0℃に保たれていて、仕切り板のふたは閉められていた。



問1 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを加熱したところ、反応が起こり、アンモニアが発生した。この化学反応式をかきなさい。

問2 問1の反応が完結し、A室にアンモニアが放出された。十分な時間がたち、A室の温度が25.0℃になったときのA室内部の圧力は何atmか。有効数字3けたまで求めなさい。計算過程も示しなさい。必要があれば、1.00 molの気体は25.0℃、1.00 atmで24.5 lの体積をもつことを用いてもよい。

- 問 3 その後、仕切り板のふたを開けた。十分な時間がたち、発生したアンモニアは全て B 室の水に吸収された。このときの水溶液中の電離平衡を表す化学反応式をかきなさい。
- 問 4 問 3 の電離平衡における電離度を有効数字 2 けたまで求めなさい。計算過程も示しなさい。水温は  $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  で、アンモニアの電離定数は  $1.80 \times 10^{-5}$  (mol/l) とする。ただし、電離度  $\alpha$  は 1 よりずっと小さいとして、近似式  $1 - \alpha \approx 1$  を用いてもよい。
- 問 5 B 室内の水溶液の pH はいくらか。小数点以下 1 けたまで求めなさい。計算過程も示しなさい。必要があれば、 $\log 6 = 0.78$  を用いてもよい。

5 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

分子式が  $C_4H_{10}O$  の化合物 A ～ E に関する以下の実験を行った。

実験 1. 化合物 A, B, C, D をナトリウムと反応させたところ、水素が発生した。

実験 2. 化合物 A, B, C をそれぞれ硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いておだやかに酸化したところ、それぞれから酸化生成物がえられた。

実験 3. 化合物 A からえられた酸化生成物は、銀鏡反応を示さなかったが、化合物 B および C からえられた酸化生成物は、銀鏡反応を示した。

実験 4. 化合物 D は、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液では酸化されなかった。

実験 5. エタノールと濃硫酸を約  $140^\circ\text{C}$  に加熱し、化合物 E を合成した。

問 1 化合物 A, D の構造式をかきなさい。

問 2 上記実験からは、化合物 B, C の区別はつけられない。B, C に相当する化合物 2 種類の構造式をかきなさい。

問 3 化合物 E の構造式をかきなさい。

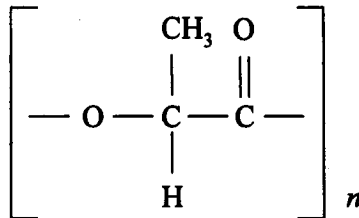
問 4 分子式が  $C_4H_{10}O$  で化合物 E と同じ官能基をもつ 2 種類の化合物の構造式をかきなさい。

6 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

合成高分子化合物であるプラスチックは容器などとして広い用途をもつ反面、その多くは自然界での分解が困難なため、プラスチック廃棄物が次第に自然環境中に蓄積し、大きな社会問題となっている。これに対して近年、自然界でより分解されやすい、生分解性プラスチックとよばれる素材の開発が進んでいる。

下に示した物質Aは、生分解性プラスチックの一種であり、トウモロコシ等を原料として製造される。まず、トウモロコシに含まれるデンプンはグルコースに変換される。次にグルコースは微生物の作用により物質Bに変換される。物質Bはヒドロキシ酸とよばれるもので、同一分子内に **ア** 基と **イ** 基をもち、このため **ウ** と **エ** の両方の性質をもっている。また、物質Bには不斉炭素原子が存在するため、2種類の **オ** が存在する。物質Bは縮合重合反応によって物質Aとなる。物質A分子中で物質Bは <sup>①</sup>**カ** 結合によって多数連なっている。自然界で物質Aは、加水分解や微生物による分解を受け、最終的には水と二酸化炭素になると考えられている。

物質Aの構造式



問1 上の文章の **ア** ～ **カ** にあてはまる語句をかきなさい。

問2 物質Bの名前と構造式をかきなさい。また、その不斉炭素原子に\*印をつけなさい。

問3 下線部①について、物質Bの分子 $n$ 個から物質Aができる化学反応式をかきなさい。

問4 分子量 $1.8 \times 10^5$ の物質Aは何分子の物質Bからなるか、有効数字2けたで答えなさい。また、計算過程も示しなさい。

7

次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

タンパク質に比べて少数の $\alpha$ -アミノ酸からなるペプチドには、ホルモンや抗生物質などのように生理活性を有するものがある。例えば鎖状のトリペプチドであるグルタチオンは動植物に広く存在し、生体内の解毒や酸化防止に重要な働きを演じている。グルタチオンは以下に示した7種類の $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかで構成されている。ただし( )内は、 $\alpha$ -アミノ酸を $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ と表したときの側鎖Rを示す。

グリシン(-H)	アラニン(- $\text{CH}_3$ )	セリン(- $\text{CH}_2\text{OH}$ )
フェニルアラニン(- $\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ )	システイン(- $\text{CH}_2\text{SH}$ )	
グルタミン酸(- $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ )	リシン(- $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ )	

グルタチオンを構成する $\alpha$ -アミノ酸を決定するため、以下の操作をおこなった。

(操作1)

グルタチオンを酸で完全に加水分解したところ、3種類の $\alpha$ -アミノ酸が生成した。これら3種類の $\alpha$ -アミノ酸の等電点は、それぞれ5.97、5.07、3.22であった。また、このうちひとつの $\alpha$ -アミノ酸は、不斉炭素原子をもたなかった。

(操作2)

グルタチオンを弱い酸で部分的に加水分解したところ、2種類のジペプチドAとBが生成した。AとBに濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、いずれも黒色沈殿が生じた。

- 問 1 操作 1 より、グルタチオンに含まれる  $\alpha$ -アミノ酸のうち 2 種類を特定することができる。2 種類の  $\alpha$ -アミノ酸の名前と、その理由を答えなさい。
- 問 2 操作 2 で生じた黒色沈殿の化学式をかきなさい。
- 問 3 操作 2 より、グルタチオンには、操作 1 で明らかになった 2 種類の  $\alpha$ -アミノ酸以外に、いずれの  $\alpha$ -アミノ酸が含まれていることが分かるか。その  $\alpha$ -アミノ酸の名称をかきなさい。
- 問 4 その後の実験により、グルタチオンでは側鎖 R に含まれる官能基がペプチド結合(アミド結合)に関与していることが明らかになった。グルタチオンの予想される構造式をかきなさい。