

平成 25 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

理 科

注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で 25 ページあり、第 1～3 ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が 2 か所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

化 学

必要のある場合には次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23.0

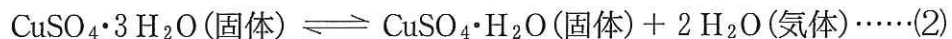
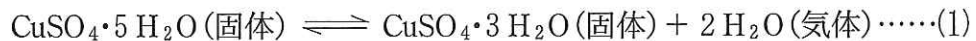
S = 32 Cl = 35.5 Cu = 64

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \frac{\text{Pa} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

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

数値を計算して答える場合は、結果のみではなく途中の計算式も書き、計算式には必ず簡単な説明文または式と式をつなぐ文をつけよ。

- 1 硫酸銅は硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、硫酸銅(Ⅱ)三水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、硫酸銅(Ⅱ)一水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ という3種類の水和物をつくる。これらの水和物や無水物の間には次の化学平衡が成り立つ。



固体と気体の化学平衡に質量作用の法則もしくは化学平衡の法則をあてはめるとき、固体濃度は無視して、気体成分の濃度だけを考えればよい。例えば、式(3)の平衡定数は

$$K = [\text{H}_2\text{O}] \cdots \cdots (4)$$

になる。気体の場合は、分圧で表現した圧平衡定数 K_P を用いることが多いので、式(3)の圧平衡定数は、

$$K_P = p_{\text{H}_2\text{O}} \cdots \cdots (5)$$

と表される。硫酸銅(Ⅱ)一水和物と無水硫酸銅(Ⅱ)が共存しているときに、これらの固体と接している気体の水蒸気の圧力を 25°C で測ると、 2.6 Pa であるので、式(3)の圧平衡定数は、 $K_P = 2.6 \text{ Pa}$ である。

硫酸銅と水とからなる試料に関して、試料と平衡にある気相の水蒸気圧と硫酸銅の組成の関係を図1に示す。横軸は、試料中の CuSO_4 の質量パーセント濃度である。点Iでは CuSO_4 の質量パーセント濃度が100%であることから、試料は無水硫酸銅(II)だけである。点Hと点Iの間は、硫酸銅(II)一水和物と無水硫酸銅(II)が共存している状態で、そのときの気体の水蒸気圧は2.6 Paであることを示している。

硫酸銅(II)五水和物をるつぼに入れて、純水に溶かして、硫酸銅飽和水溶液を10.0 g 作った。このるつぼを加熱、蒸発により硫酸銅(II)五水和物を再結晶させたつもりだったが、結晶には結晶水以外の水分が残っていて湿っていた。そこで、図2のように真空デシケータにいれて、25℃に保った状態で、容器中の圧力をゆっくり下げると、まず2100 Paで点Aに到達した。さらに脱気して最終的に150 Pa(点G)になった。このときの状態変化の過程は、図1の太線で示したように点A→B→C→D→E→F→Gに沿ったものと考えられる。一連の実験で、るつぼに入れた硫酸銅がるつぼからこぼれることはなかったものとする。

25℃における飽和水蒸気圧は 3.2×10^3 Pa として、以下の各問に答えよ。

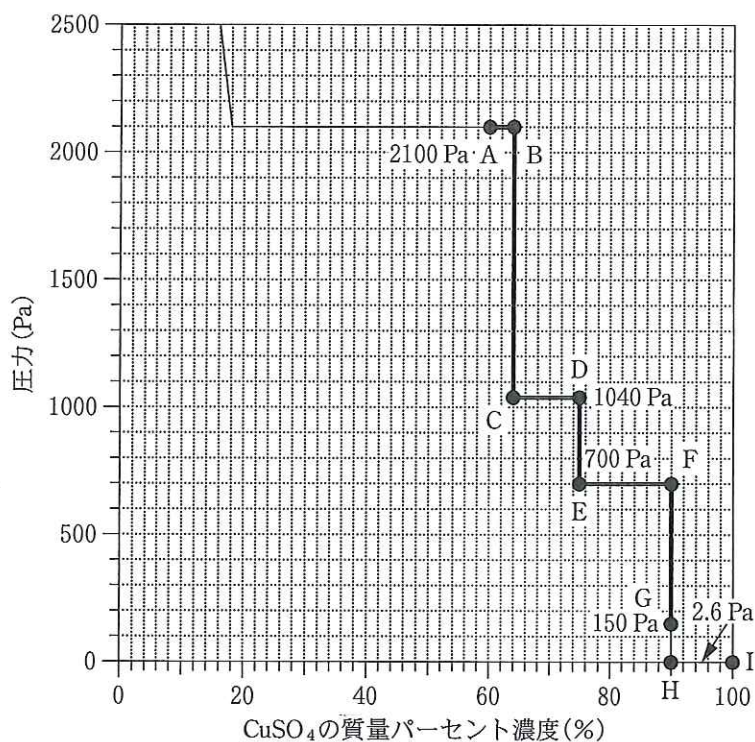


図1 試料と平衡にある水蒸気圧と硫酸銅の組成の関係



図2 真空デシケータ

- 問 1 硫酸銅(Ⅱ)五水和物から無水硫酸銅(Ⅱ)になったとき、色はどのような変化をするか。
- 問 2 式(4)の K を有効数字 2 桁で求めよ。答は数値だけでなく、単位も記せ。
- 問 3 式(1)、式(2)の圧平衡定数 K_P を有効数字 2 桁でそれぞれ求めよ。答は数値だけでなく、単位も記せ。
- 問 4 硫酸銅飽和水溶液 10.0 g を作るために、硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶は何 g 必要か。小数点以下 2 桁まで答えよ。25 °C における硫酸銅の溶解度は 22(g) である。
- 問 5 点 A において、試料中の結晶水以外の水は何 g 含まれているか。小数点以下 2 桁まで答えよ。
- 問 6 点 G において試料はどのような状態になっているか。
- 問 7 25 °C、標準大気圧下でるつぼに入れた硫酸銅(Ⅱ)五水和物が風解して、硫酸銅(Ⅱ)三水和物になるためには、湿度は何%以下でなければならないか。有効数字 2 桁で答えよ。湿度とは飽和水蒸気圧に対する相対値である。

2 互いに構造異性体の関係にある、直鎖状(式)の化合物 A と B がある。化合物 A と B はいずれも炭素、水素、酸素からなり、分子量 100 以上 150 未満であり、シス・トランス異性体(幾何異性体)が存在し、分子内の不飽和結合は互いに隣接していない。実験 1 から実験 5 を読み、以下の各問に答えよ。

【実験 1】 1.4 g の化合物 A を完全燃焼させると、3.3 g の二酸化炭素と 0.90 g の水のみが生じた。

【実験 2】 化合物 A は炭酸水素ナトリウム水溶液と混合すると、二酸化炭素を発生した。

【実験 3】 化合物 B は水に不溶で、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、化合物 C および化合物 D が得られた。

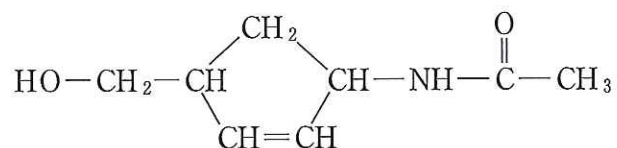
【実験 4】 化合物 C に二クロム酸カリウム水溶液(硫酸酸性)を加えると化合物 E が得られ、さらに反応が進むと酸性物質 F が得られた。E と F は銀鏡反応を示した。

【実験 5】 化合物 D にニッケル触媒存在下で十分量の水素を添加すると、化合物 G が得られた。

問 8 化合物 A の分子式を示せ。

問 9 化合物 A として考えられる 3 種類の構造異性体の構造式を例 1 にならって記せ。また、それぞれの構造異性体には何種類のシス・トランス異性体(幾何異性体)があるか。

(例 1)

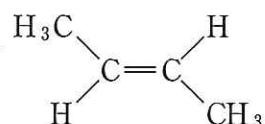
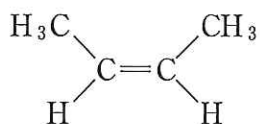


問10 化合物 C, E, F の名称および構造式をそれぞれ書け。構造式は例 1 にならって記せ。

問11 実験 5 において, 1.00 g の化合物 D から化合物 G が生成した際に消費される水素の標準状態における体積 (mL) を有効数字 3 桁で求めよ。気体 1.00 mol の体積は, 標準状態で 22.4 L とする。

問12 化合物 B として考えられるシス・トランス異性体(幾何異性体)の構造式を例 2 にならってすべて記せ。

(例 2)



3 人体の水分(体液)が急速に失われた場合、体液バランスの補正や維持のために 0.9% (質量パーセント濃度) 塩化ナトリウム水溶液 を体内に補う医療行為が行われ^(ア) れる。その理由として、人では血液から血球を除いた成分(血しょう)の浸透圧が 0.9% 塩化ナトリウム水溶液の浸透圧と等しいことが知られているからである。

しかし、血しょうの浸透圧は電解質のみによるものではなく、血液中に存在するタンパク質や糖なども寄与している。実際には、血液中のタンパク質濃度低下により、むくみが生じることが知られている。そこで、血しょう中に存在する^(イ)分子量1万以上の高分子が寄与する浸透圧について図3のような装置を用いて調べた。

【実験1】 素焼きの円筒容器の壁に、はがれないように半透膜を接着させた。

半透膜を隔てて円筒容器の内側と外側に蒸留水と0.9% 塩化ナトリウム水溶液を入れた。その際、円筒容器の内側と外側の液面の高さが同じになるように加えた。そのまましばらく放置したが、液面の高さに変化は生じなかった(図3 a)。

【実験2】 実験1と同じ半透膜を用いて、円筒容器の内側と外側に血しょうと0.9% 塩化ナトリウム水溶液を入れた。その際、円筒容器の内側と外側の液面の高さが同じになるように加えた。しばらくすると、ガラス管内の液面が上昇し、両液面の差(h)が40 cmで平衡状態となった(図3 b)。

測定における温度条件は27℃とする。また、素焼きの容器は半透膜を隔てた物質の移動には関与しない。以下の各問に答えよ。

問13 27℃における下線部(ア)の浸透圧(Pa)を有効数字3桁で答えよ。ただし、塩化ナトリウム水溶液の濃度は0.900%、水溶液の密度は1.00 g/cm³、塩化ナトリウムの電離度は1.00とする。

問14 下線部(ア)の水溶液と同じ浸透圧を示すブドウ糖水溶液を 100 mL 調製した。そのとき必要なブドウ糖 ($C_6H_{12}O_6$) の質量 (g) を有効数字 3 桁で答えよ。

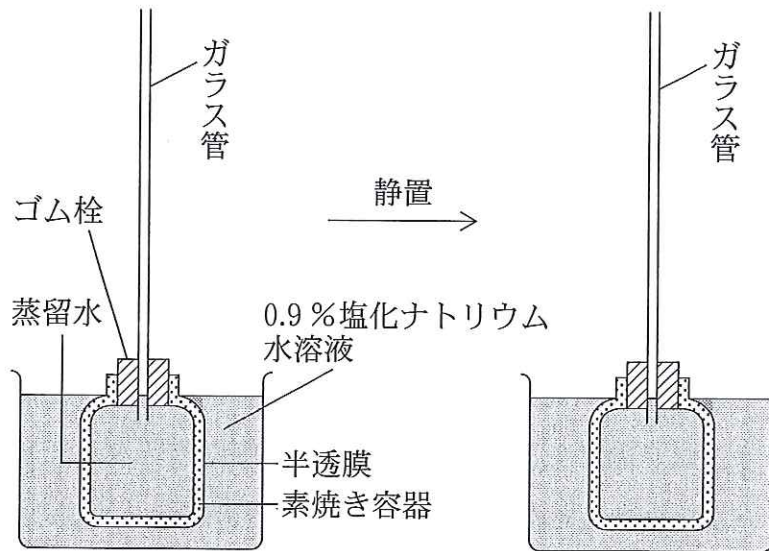


図 3 a 実験 1

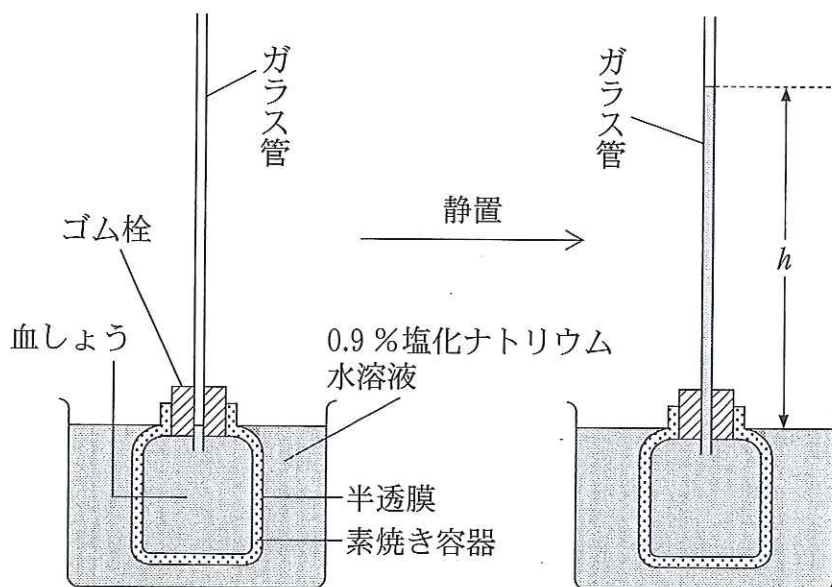


図 3 b 実験 2

問15 この実験に使用する半透膜としてどのような性質を持った膜が適切であるか，20字以内で簡潔に述べよ。

問16 液面差が40.0 cmであったとき，下線部(イ)の浸透圧(Pa)を有効数字3桁で答えよ。ただし0.9%塩化ナトリウム水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 ，血しょうの密度を 1.02 g/cm^3 とする。液の移動による密度の変化は考えないこととする。水銀柱では 27°C ， $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき，高さは76.0 cm，水銀の密度は 13.6 g/cm^3 である。

問17 実験2で用いた0.9%塩化ナトリウム水溶液の代わりに，問14で調製したブドウ糖水溶液より2倍高い濃度のブドウ糖水溶液を用いて実験をした。この場合，実験2の結果に比べて h はどのようになると予想されるか。

①から③の記号で答え，その理由を50字以内で答えなさい。

① 小さくなる ② 変わらない ③ 大きくなる