

一般入試前期A日程1日目

化学

必要ならば、原子量と気体定数 R として次の値を使え。

H : 1.0, C : 12, N : 14, O : 16, I : 127

$R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

I

(配点 50)

次の〔1〕および〔2〕の文章を読み、(1)～(9)の問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとし、数値での解答は、有効数字2桁で示せ。

〔1〕水素 H_2 とヨウ素 I_2 を密閉容器に入れ、 400°C 以上の温度 T_1 に保つと、反応が進行し、ヨウ化水素 HI が生成する。この反応は可逆反応であり、反応式は(i)のように表せる。なお、正反応の反応熱は正の値である。



H_2 , I_2 , HI の濃度を $[\text{H}_2]$, $[\text{I}_2]$, $[\text{HI}]$, 正反応と逆反応の反応速度を v_1 , v_2 , 正反応と逆反応の反応速度定数を k_1 , k_2 とすると、反応速度式は(ii)および(iii)のように表せる。平衡状態では v_1 と v_2 は等しく、見かけ上、反応が停止しているように見える。

$$v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2] \quad (\text{ii})$$

$$v_2 = k_2[\text{HI}]^2 \quad (\text{iii})$$

- (1) T_1 における平衡定数 K_1 を、 $[\text{H}_2]$, $[\text{I}_2]$, および $[\text{HI}]$ を用いて表せ。
- (2) K_1 を k_1 および k_2 を用いて表せ。
- (3) 容積 5.0 L の密閉容器に H_2 2.0 mol と I_2 2.0 mol を入れ、温度を T_1 に保つと 3.0 mol の HI が生じた。 K_1 を求めよ。
- (4) 容積 1.0 L の密閉容器に HI 2.0 mol を入れ、 T_1 に保った。平衡に達したとき、 H_2 は何 mol 存在するか。

(5) H_2 , I_2 , HI が平衡状態にあるとき, 次の 1) ~ 4) の操作を行うと, 平衡はそれぞれどうなるか。解答群 1 から選び, 番号で記せ。

- 1) 容器内の温度および内容積を一定に保ちながら, I_2 を加える。
- 2) 容器内の温度および内容積を一定に保ちながら, 触媒を加える。
- 3) 容器内の温度を一定に保ちながら, 混合気体を圧縮して圧力を上げる。
- 4) 容器内の温度および内容積を一定に保ちながら, アルゴンを加える。

解答群 1

- ① 正反応の方向に移動する ② 逆反応の方向に移動する
③ 移動しない

(6) 温度 $T_2 (T_2 > T_1)$ における平衡定数を K_2 とするとき, K_1 と K_2 の関係を表した式を解答群 2 から選び, 番号で記せ。

解答群 2

- ① $K_1 > K_2$ ② $K_1 = K_2$ ③ $K_1 < K_2$

[2] H_2 と I_2 の反応について図 1 のような容器を用いて実験を行った。容器内の圧力は外圧(一定)と等しく, ピストンの質量, 固体の I_2 およびコックの体積は無視できるものとする。

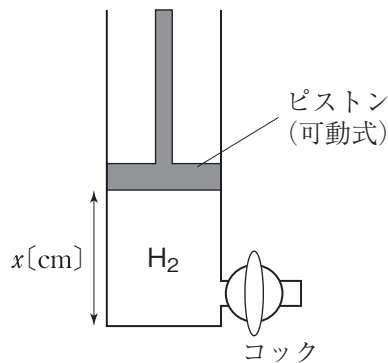


図 1

- (7) 27°C で容器底面からピストンまでの距離(x)が 3.0 cm となるように H_2 を充填した。その後, 容器内の温度を 427°C にした。このとき x は何 cm になるか。
- (8) 容器内に 1.27 g の固体の I_2 を入れた後, 27°C で x が 3.0 cm となるように H_2 を充填した。その後, 容器内の温度を 227°C にしたところ, I_2 はすべて気体となり, x は 15 cm となった。容器内に入れた H_2 は何 mol か。ただし, H_2 と I_2 は反応していないものとする。
- (9) (8) の操作の後, 容器内の温度を 427°C にし, そのまま一定に保つと, H_2 と I_2 が反応し平衡状態となった。平衡状態のときの I_2 の分圧は, (8) における I_2 の分圧の 0.80 倍であった。生成した HI は何 mol か。

II (配点 50)

次の文章を読んで、(1)～(7)の問いに答えよ。数値での解答は、有効数字2桁で示せ。

アンモニアは、代表的な窒素肥料であるⁱ⁾尿素や、医薬品合成に用いられるⁱⁱ⁾硫酸アンモニウムなどの原料として重要である。工業的にアンモニアは、窒素と水素を反応させることによって合成されており、この方法を **ア** 法という。一方、実験室では、ⁱⁱⁱ⁾アンモニアは塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱することによって得られる。

硝酸は、肥料、火薬、染料などの製造に利用されており、工業的にはアンモニアを原料とした **イ** 法によって製造される。アンモニアと空気を触媒の存在下で800～900℃に加熱すると、^{iv)}アンモニアは空気中の酸素と反応し、一酸化窒素が生成する。^{v)}一酸化窒素をさらに酸素と反応させると二酸化窒素が生成し、^{vi)}生成した二酸化窒素を水と反応させることによって硝酸が得られる。ここで硝酸とともに生成する一酸化窒素は、再び酸素との反応に利用される。一方、実験室では、^{vii)}硝酸は硝酸カリウムに濃硫酸を加えて加熱することによって得られ、硝酸と同時に硫酸水素カリウムが生成する。

- (1) 下線部 i) および ii) の化合物を化学式で記せ。
(2) **ア** および **イ** にあてはまる語句を解答群1から選び、番号で記せ。

解答群1

- | | | |
|------------|---------|-------------|
| ① アンモニアソーダ | ② テルミット | ③ ハーバー・ボッシュ |
| ④ オストワルト | ⑤ 接触 | ⑥ モール |

- (3) 窒素と水素からアンモニアを合成する反応は可逆反応であり、常温・常圧において1 molの窒素の反応における反応熱は92 kJである。1 molのアンモニアが生成するときの活性化エネルギーが48 kJである場合、その逆反応の活性化エネルギーはいくらか。
- (4) 下線部 iii) について、
- 1) 化学反応式を記せ。
 - 2) 実験室でアンモニアを発生させるとき、**図1**のように器具を組む。右端にある破線の枠内には気体の捕集を行うための装置が必要である。この反応に適した装置を**図2**から選び、番号で記せ。
 - 3) **図1**の実験装置において、試験管の口を下に傾ける理由を25字以内で記せ。

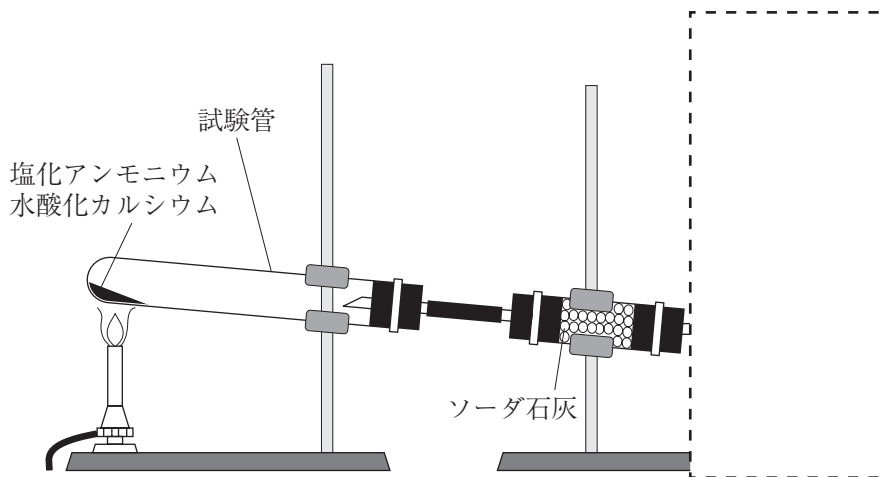


図 1

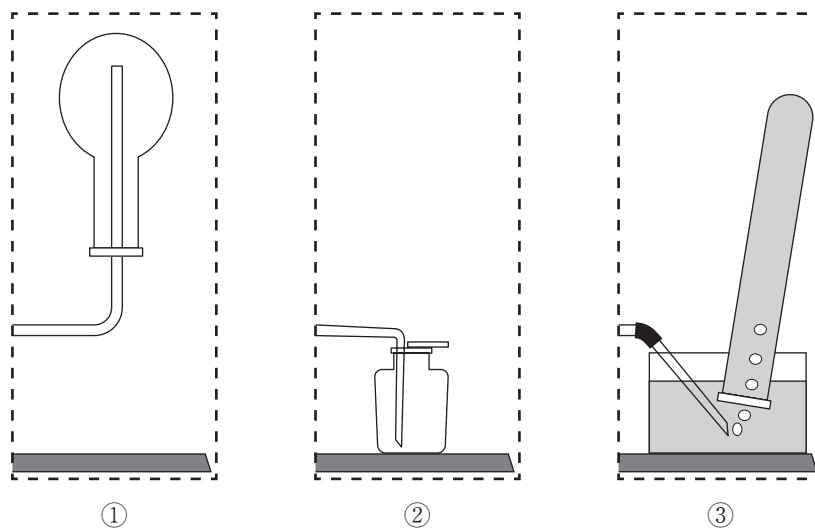


図 2

- (5) 下線部 iv) ~ vi) で起こる反応をまとめて、1つの反応式で記せ。
- (6) 工業的製法で質量パーセント濃度 63% の硝酸を 1.0×10^3 kg 製造する場合、必要となるアンモニアの質量は何 kg か。ただし、原料に用いるアンモニアはすべて硝酸になるものとする。
- (7) 下線部 vii) で起こる反応を化学反応式で記せ。

Ⅲ (配点 50)

次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

有機化合物において、分子式が同じで構造が異なる化合物を互いに異性体という。異性体は大別して2種類あり、分子の構造式が異なる異性体を_{i)}構造異性体、分子の構造式は同じであるが、原子や原子団の立体配置が異なるために生じる異性体を立体異性体という。立体異性体には、互いに鏡に対する実像と鏡像の関係にある_{ii)}鏡像異性体や、二重結合に結合した置換基の幾何学的配置が異なる_{iii)}シス-トランス異性体などが存在する。

(1) 下線部 i) について、

- 1) 分子式 C_4H_{10} で示される2種類の異性体をそれぞれ名称で記せ。
- 2) 分子式 C_3H_8O で示される3種類の異性体を構造式ですべて記せ。
- 3) 分子式 C_3H_6 で示される異性体のうち、環状構造をもつ化合物の名称を記せ。
- 4) 分子式 $C_6H_3Br_3$ で示される異性体のうち、芳香族化合物はいくつあるか。
- 5) 分子式 C_7H_7Cl で示される異性体のうち、芳香族化合物はいくつあるか。

(2) 下線部 ii) について、鏡像異性体が存在する化合物を解答群1からすべて選び、番号で記せ。

解答群1

- | | | |
|-----------|--------|------------------|
| ① フタル酸 | ② アラニン | ③ 2-メチル-2-プロパノール |
| ④ 2-ナフトール | ⑤ 乳酸 | ⑥ 2-ブタノール |

(3) 下線部 iii) について、シス-トランス異性体の関係にある化合物の組み合わせを図1からすべて選び、例1にならって記号で記せ。 例1) WとX, YとZ

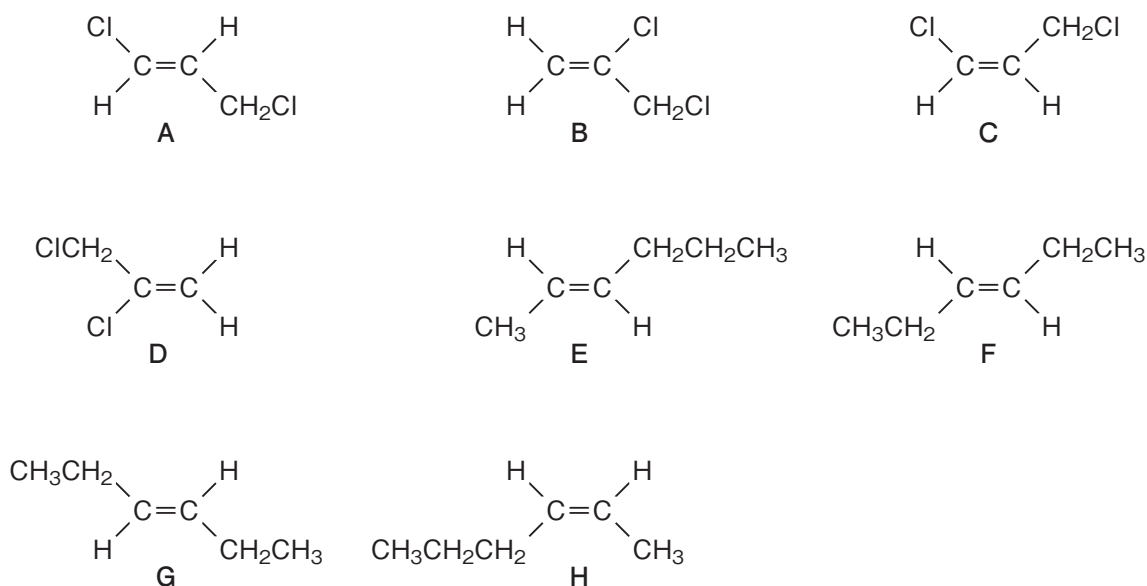


図1

- (4) シス-トランス異性体が存在する分子式 $C_4H_4O_4$ のジカルボン酸を加熱すると、分子内で脱水反応が起こり、環状化合物と水が生成した。
- 6) 環状化合物が生成するのは、シス体とトランス体のどちらか。
- 7) 脱水反応で生成した環状化合物の名称を記せ。
- 8) この反応で生成した水は 9.0 g であった。反応したジカルボン酸は何 g か。**有効数字 2 桁**で示せ。