

## 2010 年度前期化学試験の問題と解答と解法

原子量は H: 1.0, N:14.0 とし,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}=273\text{ K}$ ,  $1\text{ atm}=1013\text{ hPa}$ ,  $1\text{ cal}=4.18\text{ J}$ , 気体定数は  $8.31\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$  もしくは  $0.0821\text{ L atm mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ , 氷の比熱は  $0.500\text{ cal g}^{-1}\text{ K}^{-1}$  ( $2.09\text{ J g}^{-1}\text{ K}^{-1}$ ), 液体の水の比熱は  $1.00\text{ cal g}^{-1}$  ( $4.18\text{ J g}^{-1}$ ), 水の融解熱は  $80.0\text{ cal g}^{-1}$  ( $334\text{ J g}^{-1}$ )とする. 気体は種類によらず  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $1013\text{ hPa}$  において  $22.4\text{ L}$  の体積をもつものとする. 有効数字は 3 桁として解答せよ. 大気圧は断りの無い限り  $1013\text{ hPa}$  とする.

[1] かき氷は夏の風物詩の一つである. 自宅をかき氷を作ろうと思い,  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  の氷  $200\text{ g}$  を砕き終わったところでシロップが無いことに気づいた. 急いで近所の店までシロップを買いに行き, 部屋に戻ったところ, 氷は溶けて室温と同じ  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水になってしまっていた.  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  の氷  $200\text{ g}$  が  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水になるまでの過程で, 周囲から奪った熱エネルギーを求めよ. 次の 3 段階に分けて考えるとよい. (i)  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  の氷  $200\text{ g}$  を  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  の氷にする, (ii)  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  の氷  $200\text{ g}$  を  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水にする, (iii)  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水  $200\text{ g}$  を  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水にする.

(i) 温度変化は  $15\text{ K}$  なので  $(0.500\text{ cal g}^{-1}\text{ K}^{-1})(200\text{ g})(15\text{ K})=1\ 500\text{ cal}$

(ii)  $(80.0\text{ cal g}^{-1})(200\text{ g})=16\ 000\text{ cal}$

(iii) 温度変化は  $28\text{ K}$  なので  $(1.00\text{ cal g}^{-1}\text{ K}^{-1})(200\text{ g})(28\text{ K})=5\ 600\text{ cal}$

以上を合計すると,  $23\ 100\text{ cal}=\underline{23.1\text{ kcal}}=\underline{96.6\text{ kJ}}$

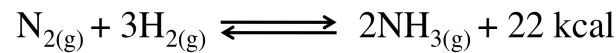
[2] 物質に状態変化には熱の出入りが伴う. このことに関係する現象や応用例を一つ挙げ, その仕組みを簡単に説明せよ.

(例) 氷のう: 氷が融解する際に融解熱を人体から奪うため, 体温が下がる.

(例) 打ち水: 水が蒸発する際に蒸発熱を地面から奪うため, 気温が下がる.

(例) 冷蔵庫やクーラー: 冷媒の凝固熱を庫外(室外)に放出し, 蒸発熱を庫内(室内)から奪うことによって, 庫内(室内)の温度を下げる.

[3] 現在の大学1年生が大学を卒業するまでの間に、地球上の人口は70億人を超える見込みである。世界の食糧生産は今後も化学肥料への依存度を高めて行かろう。化学肥料の生産において、空気中の窒素を原料とするアンモニア  $\text{NH}_3$  合成は、重要な工程である。以下の平衡反応は、その際に用いられているものである。なお、(g)は気体状態であることを示す。



問1 この平衡反応に関して、平衡をアンモニア生成側に移動させる効果をもつ操作を以下からすべて選び、答案用紙の記号を○で囲め。

- (a) 加熱する    (b) 冷却する    (c) 圧力を高くする  
(d) 圧力を下げる   (e) 触媒を加える

問2 この反応を用いて 17.0 kg のアンモニアを得た場合に、消費された窒素の物質質量、質量、および 1013 hPa, 25 °Cにおける体積を求めよ。

17.0 kg のアンモニア( $\text{NH}_3=17.0$ )は 1 000 mol

2 mol のアンモニアをつくるために 1 mol の窒素が使われるので、  
1 000 mol のアンモニアをつくるために必要な窒素の物質質量は  
 $(1/2)(1\ 000 \text{ mol})=\underline{500 \text{ mol}}$

この質量は、 $\text{N}_2=28.0$  より、

$(28.0 \text{ g mol}^{-1})(500 \text{ mol})=14\ 000 \text{ g}=\underline{14.0 \text{ kg}}$

500 mol の気体が 25 °C=298 K において占める体積は、

気体の状態方程式より、

$(500 \text{ mol})(8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(298 \text{ K})/(101.3 \times 10^3 \text{ Pa})=\underline{12.2 \text{ m}^3}$

[4] 医療には様々な電磁波が用いられている。以下に示す電磁波を、エネルギーの弱いものから強いものへの順に並びかえよ。

X線, 紫外線, マイクロ波, 赤外線,  $\gamma$ 線, 可視光

マイクロ波, 赤外線, 可視光, 紫外線, X線,  $\gamma$ 線

[5] 以下の語句に関して簡潔に説明せよ

- (1) 電気陰性度
- (2) ヘンリーの法則

電気陰性度：化学結合中の共有電子に対する原子の相対的引力

ヘンリーの法則：一定温度下での液体に対する気体の溶解度は、液体と接している気体の圧力に比例する

[6] テクネチウム-99<sup>m</sup>は医療診断に用いられている放射性核種であり、その半減期は6時間である。本日(月曜日)正午にテクネチウム-99<sup>m</sup>が4 gあったとすると、2010年度前期試験期間がおわる今週木曜日の正午には、このテクネチウム-99<sup>m</sup>は何mgになっているか計算せよ。1 g=1000 mgである。

半減期が6時間なので、一日は4半減期、3日は12半減期に相当する。

$$(4\ 000\ \text{mg})(1/2)^{12}=4\ 000\ \text{mg}/4\ 096=\underline{0.977\ \text{mg}}$$