

H30 年度 基礎化学 講義資料 4 練習問題解答例

スライド 9 練習問題 1

カルノーサイクルの熱効率の式を用いる。

$$\eta = \frac{T_h - T_l}{T_h} = \frac{(300 + 273) - (20 + 273)}{(300 + 273)} = \frac{280}{573} = 0.490$$

49%になる。絶対温度で計算することに注意

同スライド 練習問題 2

練習問題 1 と同様に考える。スタートは

$$0.80 = \frac{T_h - (20 + 273)}{T_h}$$

$$0.80T_h = T_h - (20 + 273)$$

$$0.20T_h = (20 + 273)$$

$$T_h = 1465 \text{ K}$$

摂氏温度にすると 1192 °Cになる。有効数字を合わせると 1.19×10^3 °Cである。

鉄が軟化する温度が約 1500°Cなので、高い温度になることがわかる。高温に耐える材料を使う必要がある。

スライド 26 練習問題 3

分子の数が N 個のときの場合の数 W は $W = 2^N$ である。

統計力学で得られているエントロピーの式は

$$S = k_B \ln W$$

なので、代入して考える。

$$S = 1.38 \times 10^{-23} \times \ln 2^N = N \times 1.38 \times 10^{-23} \times \ln 2$$

N にアボガドロ数を入れて

$$S = +5.76 \text{ J/K}$$

自然対数 (\ln) を常用対数 (\log , \log_{10}) と間違わないこと。

スライド 26 練習問題 4

温度一定で初期状態と最終状態の間で体積変化したときのエントロピー変化 ΔS は以下の関係式になる。

$$\Delta S = Nk_B \ln \frac{V_f}{V_i}$$

今の条件は $\frac{V_f}{V_i} = 2$ である。

あとは値を代入して計算すると、以下のようになる。

$$\Delta S = (6.02 \times 10^{23}) \times (1.38 \times 10^{-23}) \times \ln 2 = 8.314 \times \ln 2 = +5.76 \text{ J/K}$$

気体が膨張することで、1分子あたりの占有体積が増加するので、エントロピーが増大している。

スライド 26 練習問題 5

① 理想気体の状態方程式を用いて体積を求めると以下のようになる。

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{1.00 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times (100 + 273) \text{ K}}{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}} = 30.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 30.6 \text{ L}$$

② 4°Cのときの水 1.00 mol の体積は18.0 mL = $18.0 \times 10^{-3} \text{ L}$ であるので、水蒸気の体積は水の体積の

$$\frac{30.6 \text{ L}}{18.0 \times 10^{-3} \text{ L}} = 1700 \text{ 倍}$$

である。

③ 練習問題 4 の ΔS の関係式を用いると以下のようになる。

$$\Delta S = Nk_B \ln \frac{V_f}{V_i} = (6.02 \times 10^{23}) \times (1.38 \times 10^{-23}) \times \ln 1700 = +61.8 \text{ J/K}$$

体積が 1700 倍になることで、エントロピーが増大していることがわかる。

スライド 36 練習問題 6

海水の熱エネルギーがすべてやかんの中のお湯に移動したと仮定したとき、やかんの中の熱エネルギーは以下ようになる。

$$6.2 \times 10^{16} \text{ J} + 8.4 \times 10^5 \text{ J} \cong 6.2 \times 10^{16} \text{ J}$$

一方、やかんの中の水を 1°C 温度上昇させるために必要な熱エネルギーは以下の値になる。

$$4.20 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 1000 \text{ g} = 4200 \text{ J/K}$$

したがって、温度上昇 ΔT (K) は

$$\Delta T \text{ (K)} = \frac{6.2 \times 10^{16} \text{ J}}{4200 \text{ J/K}} = 1.48 \times 10^{13} \text{ K}$$

となる。摂氏温度に換算しても $1.48 \times 10^{13} \text{ }^\circ\text{C}$ である。

海水から熱エネルギーを回収できれば膨大なエネルギーを得ることができるが、熱エネルギーの不可逆性のために実現していない。