

(水素分子の速度)filename=hydrogen-velocity-qa140804.tex

ボルツマン定数 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$, 水素分子のモル質量 $M = 2.02 \text{g/mol}$, アボガドロ数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ として次の問に答えよ。(数値は有効数字3桁の精度とする。)

1. 水素分子1個の 27.0°C における平均運動エネルギー $\langle K \rangle = 3k_B T/2$ (T は絶対温度) を J 単位で計算せよ。ただし、絶対温度 T は摂氏温度 t と $T = t + 273$ という関係にあるとする。
2. 水素分子1個の質量 m を計算せよ。
3. このとき水素分子の平均2乗速度の平方根 $v_{\text{rms}} = \sqrt{3k_B T/m}$ を計算せよ。ここで、 m は水素分子1個の質量。
4. 分子の大きさが非常に小さく、速さが相当に大きいにもかかわらず、気体の拡散がゆるやかである。この事実は、一時、分子運動論に対する反対の根拠になったが、気体分子運動論が不合理ではない理由を述べよ。

(解答例)

1.

$$\begin{aligned}\langle K \rangle &= \frac{3}{2} k_B T \\ &= \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \times 300 \text{K} \\ &= 6.21 \times 10^{-21} \text{J}\end{aligned}\tag{1}$$

2. アボガドロ数個の分子が集まるとグラム分子量 M になるので、1個の分子の質量 m は

$$\begin{aligned}m &= \frac{M}{N_A} = \frac{2.02 \text{g mol}^{-1}}{6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}} \\ &= 3.36 \times 10^{-27} \text{kg}.\end{aligned}\tag{2}$$

3. このとき水素分子の平均2乗速度の平方根

$$\begin{aligned}v &= \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3 \times 1.38 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1} \times 300 \text{K}}{3.35 \times 10^{-27} \text{kg}}} \\ &= \sqrt{\left(\frac{3 \times 1.38 \times 3}{3.36} \times 10^{-23+2+27}\right) \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\ &= 1.92 \times 10^3 \text{m/s}.\end{aligned}\tag{3}$$

4. 気体分子運動論においても、分子同士が相互に衝突して、屈折した経路(行程)を描くからである。(参考:おならの匂いがそれほど急速に広がらない理由もこれとほぼ同じである。)