

(水素分子の速度)filename=hydrogen-velocity1-qa111214.tex

ボルツマン定数 $k_B = 1.380 \times 10^{-23} \text{J/degree}$, 水素分子のグラム分子量 $M \approx 2.0 \text{g/mol}$, アボガドロ数 $N_A = 6.025 \times 10^{23} / \text{mol}$ として次の問に答えよ。

1. 水素分子 1 個の 27 度 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。
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、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.

$$\begin{aligned}\langle K \rangle &= \frac{3}{2} k_B T \\ &= \frac{3}{2} \times 1.380 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{degree}} \times 300 \text{degree} \\ &= 6.21 \times 10^{-21} \text{J}\end{aligned}\tag{1}$$

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

$$\begin{aligned}m &= \frac{M}{N_A} \\ &= 3.35 \times 10^{-27} \text{kg}.\end{aligned}\tag{2}$$

3. このとき水素分子の平均 2 乗速度の平方根

$$\begin{aligned}v &= \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{3 \times 1.380 \times 10^{-23} \text{J/degree} \times 300 \text{ degree}}{3.35 \times 10^{-27} \text{kg}}} \\ &\approx 1930 \text{m/s}.\end{aligned}\tag{3}$$

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。)