

人間は空気を肺に吸入して、肺の毛管壁から酸素を体内に取り入れる。そして、呼吸作用は極めて短時間に行われている。この事情を分子運動論の立場で理解してみよう。

1. 37 度 C における酸素分子の平均 2 乗速度の平方根 v_{rms} を計算せよ。ここで、 m は酸素分子 1 個の質量。
2. 肺の毛管の直径を 0.1mm として、酸素分子がその壁に 1 秒間に衝突する回数を計算せよ。

ボルツマン定数 $k_B = 1.380 \times 10^{-23} \text{ J/degree}$, 酸素分子のグラム分子量 $M \approx 32.0 \text{ g/mol}$, アボガドロ数 $N_A = 6.025 \times 10^{23} / \text{mol}$ とせよ。

(解答例)

1. このとき酸素分子の平均 2 乗速度の平方根

$$\begin{aligned} v_{\text{rms}} &= \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{3 \times 1.380 \times 10^{-23} \text{ J/degree} \times 310 \text{ degree}}{\left(\frac{32 \text{ g/mol}}{6.025 \times 10^{23} / \text{mol}} \right)}} \\ &\approx 491.56 \text{ m/s.} \end{aligned} \tag{1}$$

2. 1 秒間に (速度/直径) 回程度、酸素分子が毛管壁に衝突することになるので、単位時間の衝突数は

$$\begin{aligned} \frac{v_{\text{rms}}}{2r} &\approx \frac{491.56 \text{ m/s}}{10^{-4} \text{ m}} \\ &\approx 4.9 \times 10^6 / \text{s} \end{aligned} \tag{2}$$

(約 500 万回) と、驚くべき回数となる。このことは、呼吸作用が極めて短時間に行われることと関係があると思われる。(備考: ここでは、拡散、分子同士の衝突を無視するという過度の単純化を行っている。)