

宇宙物理学 レポート 2

氏名：宮根一樹 学籍番号：5324A057-8

最終更新：2024 年 6 月 14 日

1. 分子運動論を考える。まずは、 x 軸方向の運動のみに絞って考える。粒子が速度 v_x で壁に弾性衝突したとすると、逆向きで速度 v_x に運動を開始する。このときに粒子が受けた力を F_x とすると、運動量の変化と力積の関係から

$$F_x = 2p_x \cdot \frac{v_x}{2} \quad (0.1)$$

が成立する。このとき、単位時間あたりに $v_x/2$ 回だけ粒子が壁にぶつかることに注意する^{*1}。これは x 軸方向の関係のみなので、全ての方向を考えればそれは絶対値をとってから、その量の $1/3$ を考えればよい。したがって、

$$\bar{P} = \frac{1}{3}pv \quad (0.2)$$

である。

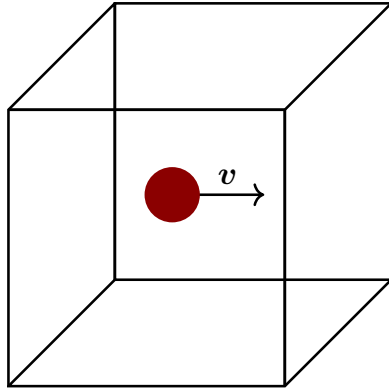


図 0.1 立方体の中での粒子の運動

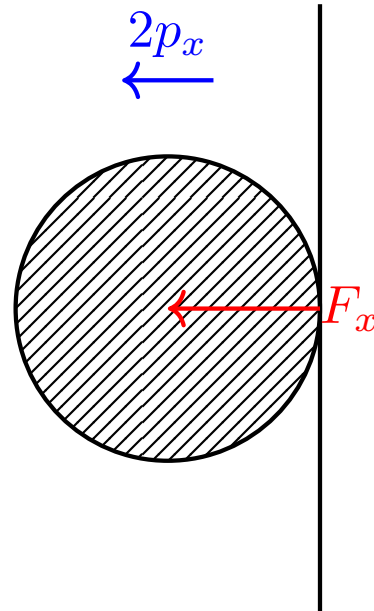


図 0.2 壁に衝突する瞬間

ここで、 $\gamma \equiv 1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$ とおけば

$$p = \gamma mv, \quad E = \gamma mc^2 \quad (0.3)$$

^{*1} 壁の長さも単位長さであることに注意する。

なので、 $p = Ev/c^2$ である。よって

$$\bar{P} = \frac{1}{3} \cdot \frac{Ev}{c^2} \cdot v = \frac{Ev^2}{3c^2} \quad (0.4)$$

である。また、 $m = 0$ のときは、 $E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$ から $E = cp$ であり $v = c$ 。ゆえに

$$\bar{P} = \frac{1}{3}cp \quad (0.5)$$

である。