

[例題：電気力と重力]filename=coulomb-gravitation-interaction-qa140729.tex

原子の体積の大部分は真空であると説明されることがある。しかし、その領域は力が働かない自由空間だろうか、水素原子の場合に具体的に調べてみる。電子と陽子はいずれも電荷と質量を持っているので、電気力と重力の大きさを比較してみよう。ただし、陽子と電子の間の距離を r , それぞれの質量を M, m として、 $M = 1.7 \times 10^{-27} \text{kg}, m = 0.91 \times 10^{-30} \text{kg}$, 電荷素量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$, 重力定数 $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kg}^2$, 真空の誘電率 ϵ_0 は $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ として与えられる値を用いてよい。(有効数字を2桁にした。)
(解答例)

電気力の大きさ F_{elec} , 重力の大きさ F_{grav} と、それらの比は次のように表わされる。

$$F_{\text{elec}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}, \quad (1)$$

$$F_{\text{grav}} = G \frac{Mm}{r^2}, \quad (2)$$

$$\frac{F_{\text{elec}}}{F_{\text{grav}}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{GMm}. \quad (3)$$

このように、比は距離に依存しない。ここで具体的な値を代入すると

$$\begin{aligned} \frac{F_{\text{elec}}}{F_{\text{grav}}} &= 9.0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{(1.6 \times 10^{-19} \text{C})^2}{(6.7 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \text{kg}^{-2})(1.7 \times 10^{-27} \text{kg})(0.91 \times 10^{-30} \text{kg})} \\ &= \frac{9.0 \times (1.6)^2}{6.7 \times 1.7 \times 0.91} \times 10^{9-38+11+27+30} \\ &= 0.22 \times 10^{40}. \end{aligned} \quad (4)$$

このように、原子の原子核と電子の間隙は自由真空ではなく、強い電気力が働いているので、荷電粒子は容易には貫通できない。ただ、電氣的に中性の粒子（例えば、中性子）にはこのような制約はない。