

原子核物理

May 10, 2017

1. 核中不含有电子，讨论四种论据。

解：1.) 统计性。原子核的统计性可以用双原子分子的转动光谱研究。若核 (A, Z) 是由 A 个质子， $A - Z$ 个电子构成，那么奇奇核或奇偶核的自旋与实验结果不符。偶数个质子耦合为整数自旋，奇数个电子耦合为半整数自旋。 ^{14}N 的总自旋是半整数，即为费米子，与实验不符，说明核不是由质子和电子组成。

2.) 能量。电子是不参与强作用的轻子，若存在于核内，则是库仑相互作用产生的束缚态，束缚能的数量级为

$$E \approx -\frac{Ze^2}{r},$$

核电磁半径 $r = 1.2A^{1/3}$ (fm),

$$\begin{aligned} E &\approx -\frac{Ze^2}{r} \approx -Z \frac{e^2}{ch} \frac{ch}{1.2A^{1/3}} \\ &\approx -Z \frac{197 \text{ MeV} \cdot \text{fm}}{137 \times 1.2A^{1/3} \text{ fm}} \\ &\approx -1.2 \frac{Z}{A^{1/3}} (\text{MeV}). \end{aligned}$$

当 $A \approx 125$, $Z \approx \frac{A}{2}$,

$$E \approx -15 \text{ MeV}. \quad (1)$$

电子的德布罗意波长 λ 为

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{ch}{cp} = \frac{197 \text{ MeV} \cdot \text{fm}}{15 \text{ MeV}} \approx 13 \text{ fm} \quad (2)$$

$\lambda \gg r$, 电子不可能束缚在核内。

3.) 核磁矩。若核是由中子和质子组成, 核磁矩应为两种核子磁矩的共同贡献 (不同耦合形式有些差异), 即核磁矩的量级应是 μ_N 的量级。若核是由质子和电子构成, 则应是 μ_e 的量级, 但 $\mu_e \approx 1800\mu_N$ 。实验结果支持前者, 与后者相差很大。

4.) β 衰变。原子核发生 β 衰变时放出电子, 若核内只有质子和电子, 则核放出电子并剩下子核, 实为二体衰变, 故电子应该是单能谱, 与实际 β 连续谱矛盾。

2. 原子核的大小可以通过下面方法测定: a) 电子散射; b) μ 原子的能级; c) 同位旋多重态的基态能量。