

# 5

## 核力与结合能

郭雪鹏  
临泉一中



---

原子核中存在质子和中子.中子不带电, 质子带正电。质子间存在很强的库仑斥力, 然而质子却没有飞散.原子核稳定存在, 说明核子间除库仑斥力外, 一定还存在吸引力.

问题: 是否有可能是质子间的万有引力使质子维持在核内?

若不是万有引力, 你对核子间的作用力有何推测?



# 一、核力与四种基本相互作用

---

万有引力远小于库仑力( $10^{-35}$ ), 质子间无法依靠引力抗衡库仑斥力. 原子核的稳定存在说明核子间存在一种很强的相互作用力——核力, 将核子仅仅束缚在核内.

核力的性质, 要通过实验确定. 例如核子-核子散射实验、氦核(最简单的两核子组成体, “柿子专挑软的捏”)性质实验. 通过对散射实验结果分析认识核力的特点.



# 核力的主要性质

## □ 核力是强相互作用

实验发现，核力约比库仑力大一百倍，从而维持核子不散开。核力主要表现为吸引力。

## □ 核力的短程性和饱和性

(1)核力力程是fm ( $10^{-15}$ m)量级，小于原子核限度。超过核力力程，核力急剧减小为0。

(2)每个核子只与临近的核子发生核力作用，相邻核子数目有限，核力具有明显的饱和性

## □ 核力的电荷无关性

质子与质子之间的核力、中子与中子间的核力、质子与中子之间的核力相等。

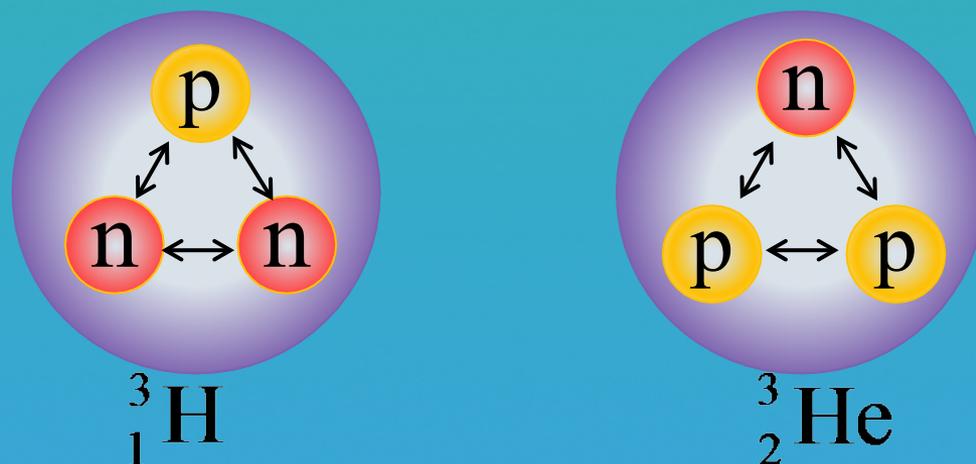
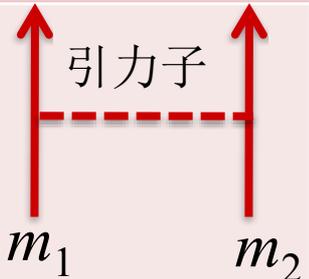
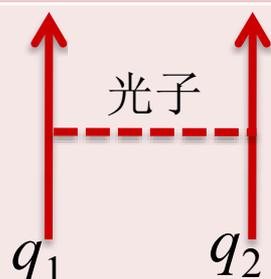


图1 核力与电荷无关

# 四种基本相互作用

相互作用	引力	弱	电磁	强
表现形式	天体	$\beta$ 放射性	日常世界	原子核
量子观点		$n \rightarrow p + e + \bar{\nu}_e$		
传递粒子	引力子?	$W^\pm$ 、 $Z^0$	光子	胶子
力程	$\infty$	$10^{-18}\text{m}$	$\infty$	$10^{-15}\text{m}$
耦合强度	$10^{-39}$	$10^{-5}$	$10^{-2}$	1

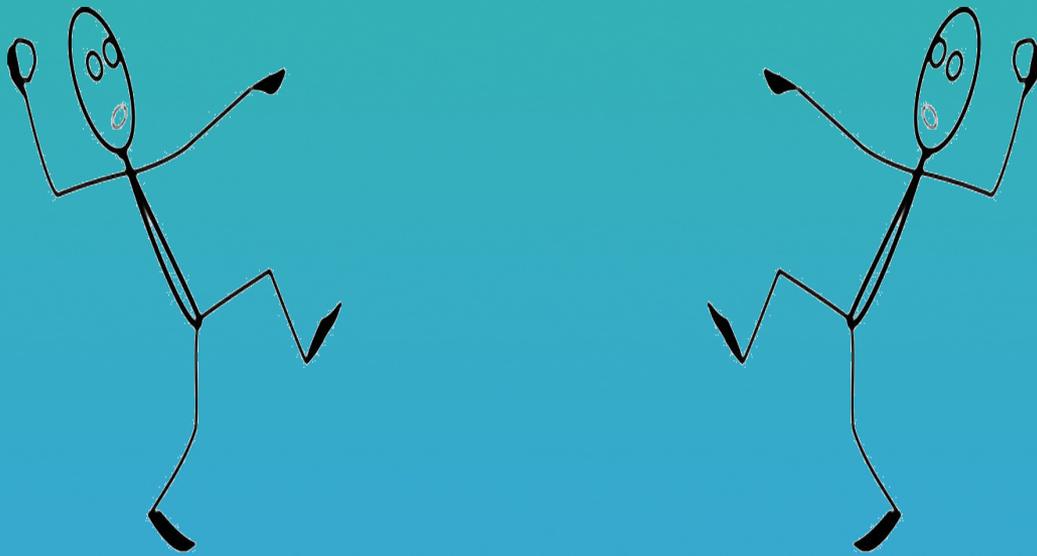


图2 通过抛接小球两个人施加相互作用



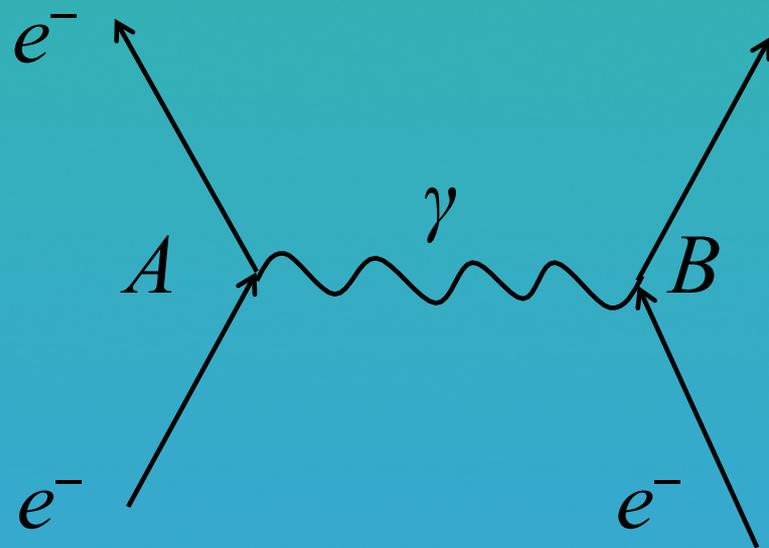


图3 两个电子交换虚光子相互作用



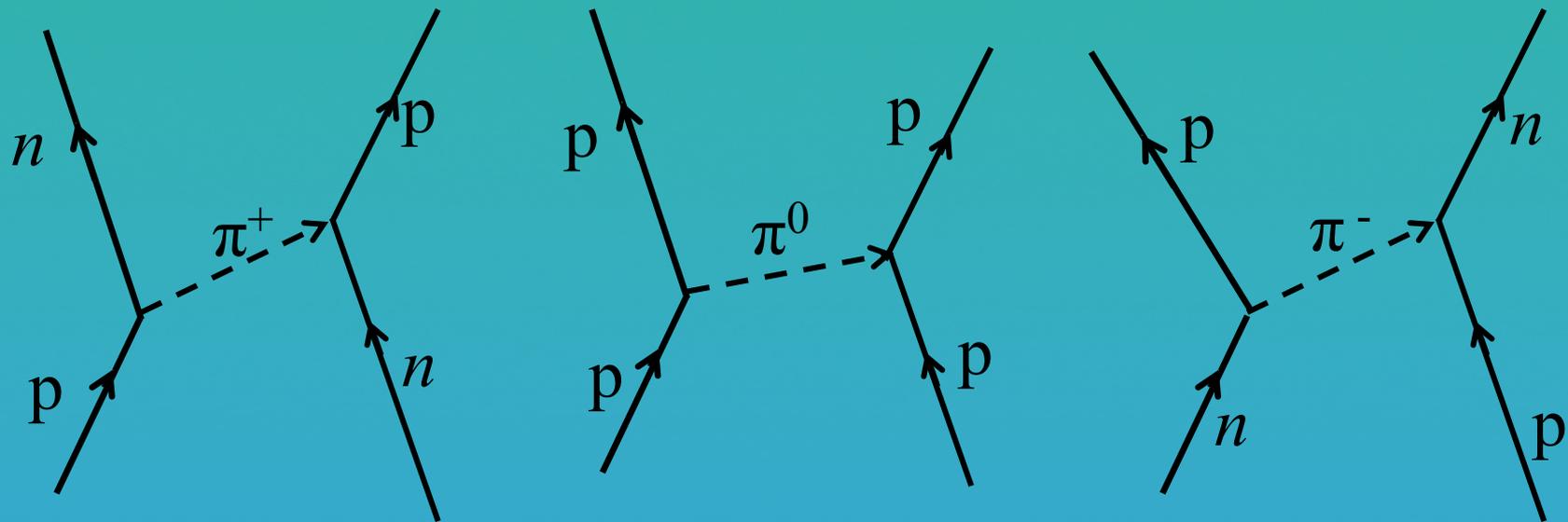


图4  $\pi$ 介子作为核力的传播子

汤川秀树(1907-1981)1935提出核力通过交换介子相互作用,由力程预言介子的质量.1947年介子被发现.汤川秀树获得1949年诺贝尔物理学奖.

## 二、原子核中质子与中子的比例

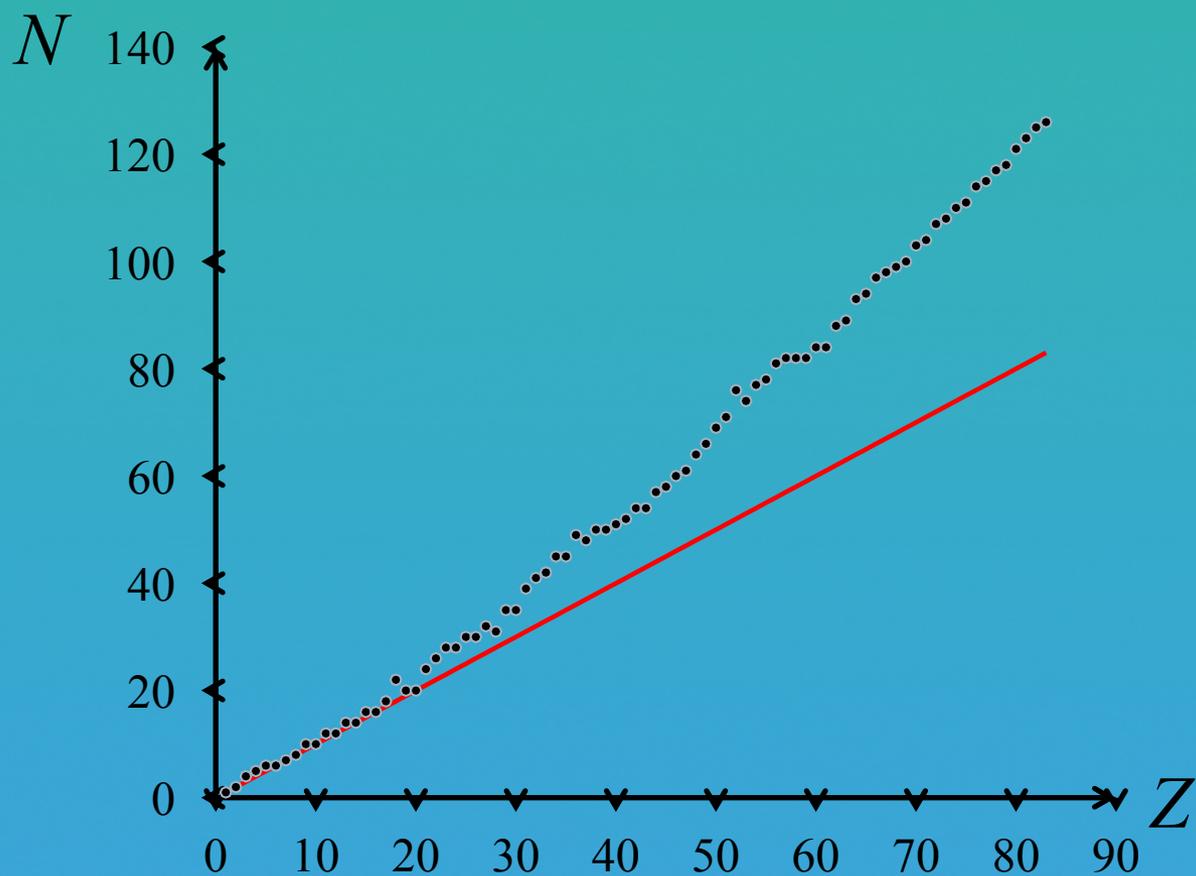
---

问题：观察教材图19.5-2. 稳定核的质子数与中子数的关系，思考：

- 中子数和质子数图线有何特点？
- 对于轻核，质子数和中子数有何关系？
- 重核中的中子数和质子数有何特点？
- 如何解释中子数与质子数的这种关系？



# 稳定核的质子数和中子数关系



## ■ 轻核的质子数与中子数近似相等

对于轻核，质子和中子若成对存在，核力与电磁力（即库仑斥力）平衡，能稳定存在。

## ■ 重核的中子数多与质子数

质子数目增多，核半径增大，相聚较远的质子间核力较弱，而电磁力是长程力，相距较远质子间仍存在较强的库仑斥力。可通过增加中子数目使质子受到的核力增强，平衡电磁力。

## ■ 质子数很大的核不能稳定存在

核力作用力程较短，当质子数目继续增加，即使增加中子数目，但核子间距较远，核力为0，无法和电磁力平衡，形成的核无法稳定存在。

核力的饱和性、短程性以及电磁作用力的特点决定稳定核素中的中子数和质子数关系

### 三、质能方程

---

$$E=mc^2$$

问题：“如何理解质能方程中的量度”。

只要有质量 $m$ ，物体本身必有 $E=mc^2$ 的能量；  
只要有能量 $E$ ，必有质量 $E/c^2$ 。

“不存在没有运动的物质，也不存在没有物质的运动，物质和运动之间存在着不可分割的联系。”

$\Delta m = \Delta E / c^2$  能量改变 $\Delta E$ ，质量相应改变 $\Delta E / c^2$ 。

---

物体速度为  $v$  时的质量与物体的静止质量  $m_0$  满足如下关系：

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

物体速度  $v < c$ ，有  $m > m_0$ ，即物体运动时的质量  $m$  总大于静止时的质量  $m_0$ 。

---

**例 1** 计算1u相当于多少能量？

**解**  $1\text{u} = {}^{12}\text{C}$ 原子质量的(1/12).

1mol ${}^{12}\text{C}$ 共12g, 有 $N_A$ 个 ${}^{12}\text{C}$ 原子.故

$$1\text{u} = \frac{12}{N_A} \cdot \frac{1}{12} = \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} \text{g} = 1.6605387 \times 10^{-27} \text{kg}$$

$$E = \frac{1.6605387 \times 10^{-27} \times (299792458)^2}{1.602 \times 10^{19}} \text{eV} = 931.5 \text{MeV}$$



---

思考与讨论：对于宏观物体，如运动汽车、高铁、超音速飞机、人造地球卫星等，是否要考虑由于运动导致的质量变化？

宏观物体，速度远小于光速（例如卫星，第一宇宙速度约 $10^3\text{m/s}$ ， $(v/c)^2$ 数量级为 $10^{-10}$ ），质量变化不需要考虑。然而，对于高能粒子，其速度接近光速，相对论效应必须考虑。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/595300230114011131>