

4.1 核力与核能

连江一中 李平

2020、2、19

复习巩固

原子核 $\left\{ \begin{array}{l} \text{质子（带正电）} \\ \text{中子} \end{array} \right.$

思考：在原子核那样狭小的空间里，带正电的质子为什么能够挤在一起而不飞散？

猜想：万有引力？

理论验证：质子相互间距数量级是 10^{-15}m ；质子质量数量级 10^{-27}kg

质子电荷量数量级 10^{-19}C ；万有引力常量数量级 10^{-11} 静电力常量数量级 10^9

结论：万有引力太小，只有库仑力的 10^{-35} 到 10^{-36} 之间。

原子核中的质子要靠自身的万有引力来抗衡相互间的库仑力是不可能的。

猜想：有第三种力—核力，是核力把核子紧紧地束缚在核内，形成稳定的原子核。

一、核力

核力：能够把核中的各种核子联系在一起的强大的力叫做核力（强相互作用，也叫强力）。

特点

1. 核力是四种相互作用中的**强相互作用（强力）**的一种表现。在原子核尺度内，核力比库仑力大得多。
2. 核力是**短程力**。约在 10^{-15}m 量级时起作用，距离大于 $0.8 \times 10^{-15}\text{m}$ 时为**引力**，距离为 $10 \times 10^{-15}\text{m}$ 时核力几乎消失，距离小于 $0.8 \times 10^{-15}\text{m}$ 时为**斥力**，因此核子不会融合在一起。
3. 核力具有**饱和性**。每个核子只跟相邻的核子发生核力作用，这种性质称之为核力的饱和性。
4. 核力具有**电荷无关性**。对给定的相对运动状态，核力与核子电荷无关。

二、原子核中质子与中子的比例

请同学们找出元素周期表，分析随着原子序数的增大，质子数与中子数有什么关系？

结论：自然界中较轻的原子核，质子数与中子数大致相等，但对于较重的原子核，中子数大于质子数，越重的元素，两者相差越多。

原因分析：

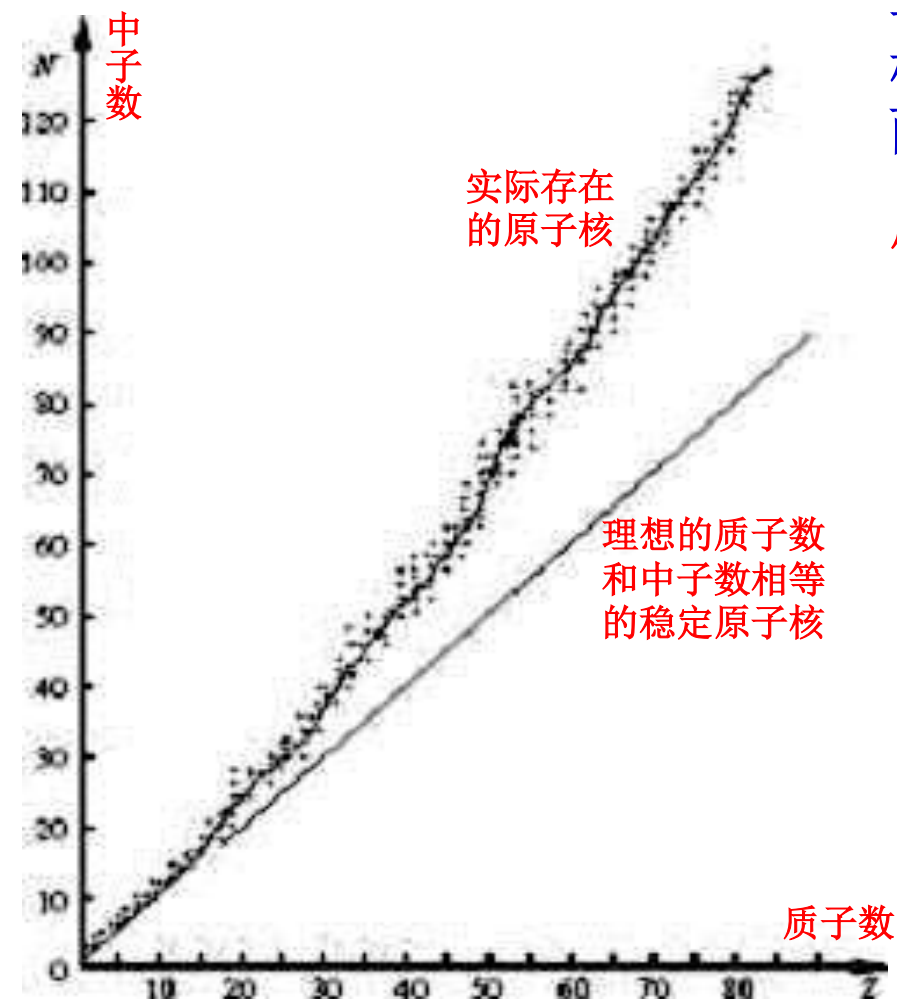
核越大，核子间距离增大

库仑力与核力均减少，但核力减少快

增大到一定程度时，核力较少，不足以平衡库仑力时，原子核会不稳定。

若增加中子，与其它核子无库仑力，但有核力，有助于原子核稳定

核力是短程力，若超过其作用范围，增加中子，原子核也不稳定，所以原子序数越大越不稳定。



模型分析

宏观模型：相距很远的两个物体，由于万有引力而相互接近，运动速度越来越大，引力势能转化为动能最后撞在一起，动能变成它们的内能散失掉了。两个物体为了结合而付出了代价——失去了一些能量，如果要把它们分开，还要重新赋予它们这份能量。

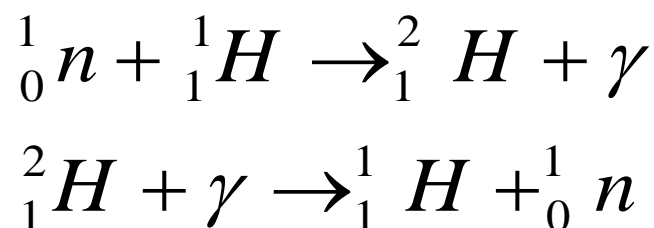
微观模型：原子核是核子结合在一起构成的，要把它们**分开**，也需要能量，这就是原子核的**结合能**。

类比分析：要使基态氢原子电离，也就是要从氢原子中把电子剥离，需要通过碰撞、施加电场、赋予光子等某种途径让它得到 13.6eV 的能量。这个能量实际上就是电子与氢原子核的结合能，不过通常把它叫做氢原子的**电离能**，而**结合能**一词只用在原子核中。

三、结合能

由于核子间存在着强大的核力，所以核子**结合**成原子核或原子核**分解**为核子时，都伴随着巨大的能量变化。

例如：



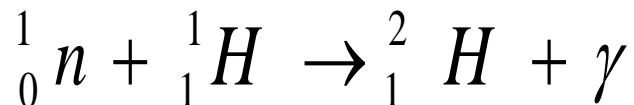
核子是质子、反质子、中子与反中子的总称，是组成原子核的粒子。它由夸克和胶子组成，属于重子。

可见，当核子结合成原子核时要放出一定能量；原子核分解成核子时，要吸收同样的能量。这个能量**叫做原子核的结合能**。

注意：结合能并不是由于核子结合成原子核而具有的能量，而是为把核子分开而需要的能量。

四、质量亏损

例题： 请计算一下方程左右的质量



中子的质量 = $1.6749 \times 10^{-27} \text{Kg}$

质子的质量 = $1.6726 \times 10^{-27} \text{Kg}$

中子和质子的质量和 = $3.3475 \times 10^{-27} \text{Kg}$

氘核的质量 = $3.3436 \times 10^{-27} \text{Kg}$

质量亏损： 质量差 = $0.0039 \times 10^{-27} \text{Kg}$

爱因斯坦的质能方程： $E = mc^2$

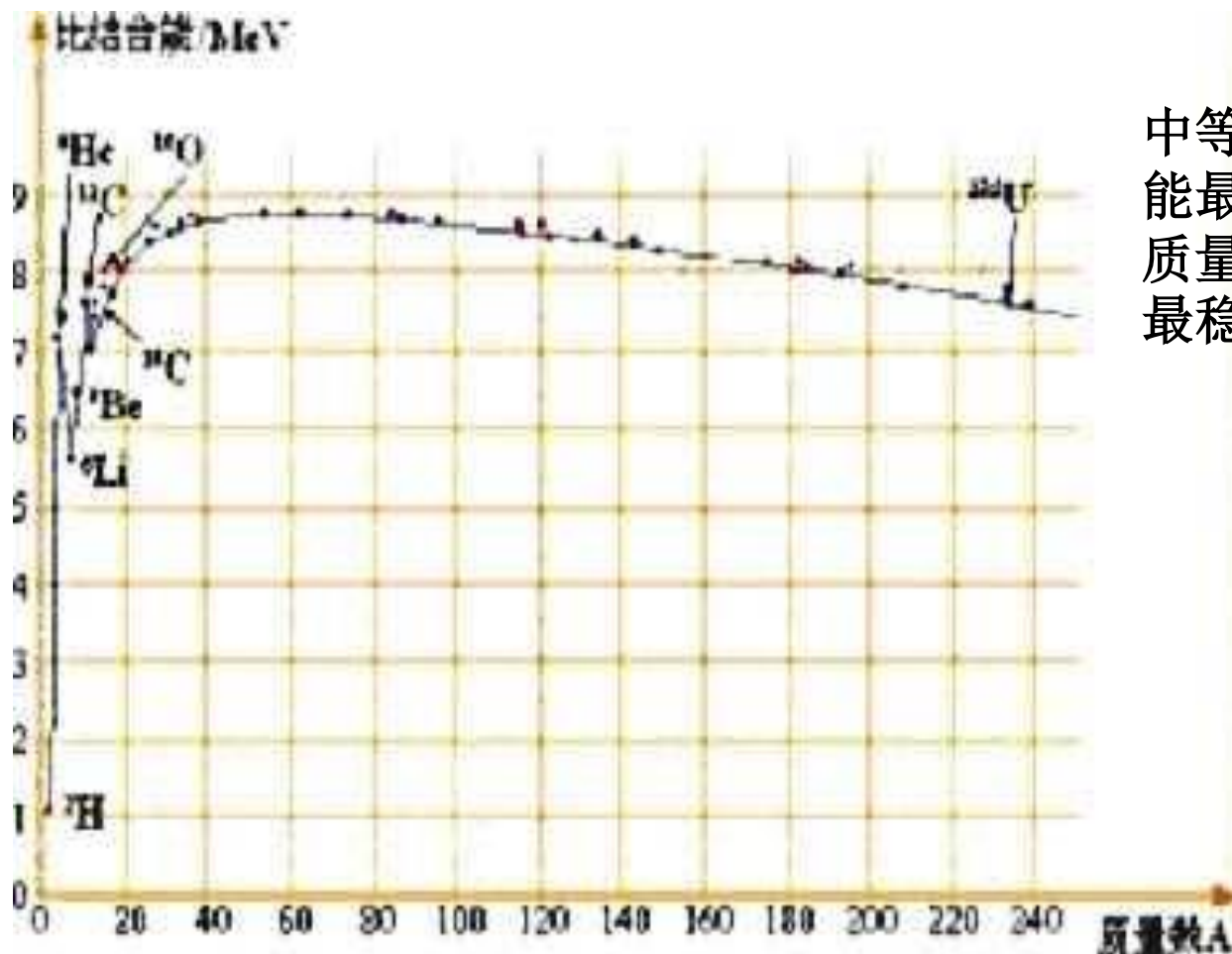
质量亏损表明原子核内确实存在着结合能。

核子在结合成原子核时出现的质量亏损 Δm ，正表明它们在互相结合过程中放出了能量

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

平均结合能

自然，原子核越大，它的结合能越高。因此，有意义的是它的结合能与核子数之比，称作平均结合能。平均结合能越大，表示原子核中核子结合得越牢固，原子核越稳定。



中等大小的核的平均结合能最大（平均每个核子的质量亏损最大），这些核最稳定。

有关问题的理解和注意事项

第一. 核反应过程中:

核子结合成原子核时, 新核质量小于核子的质量(质量亏损), 同时以 γ 光子形式释放核能;

原子核分解为核子时, 需要吸收一定能量, 核子的总质量大于原原子核的质量.

第二. 核反应过程中, 质量亏损时, 核子个数不亏损(即质量数守恒), 可理解为组成原子核后, 核内每个核子仿佛“瘦了”一些.

第三. 质量亏损并非质量消失, 而是减少的质量 Δm 以能量形式辐射(动质量), 因此质量守恒定律不被破坏.

第四. 公式 $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ 的单位问题
 Δm 用“u(原子质量单位)”

$$1u = 1.660566 \times 10^{-27} \text{kg} \quad \Delta E \text{用 “} uc^2 \text{”}$$

$$1uc^2 = 931 \text{MeV}$$

(表示1u 的质量变化相当于931MeV的能量改变)

第五. 核反应中释放或吸收的能量比化学反应中释放或吸收的能量大好几个数量级.

如例题, 2.19MeV 的能量的绝对数量并不算大, 但这只是组成 1 个氦核所放出的能量. 如果组成的是 6.02×10^{23} 个氦核时, 放出的能量就十分可观了. 与之相对照的是, 使 1 摩的碳完全燃烧放出的能量为 $393.5 \times 10^3 \text{J}$. 折合为每个碳原子在完全燃烧时放出的能量只不过 4eV . 若跟上述核反应中每个原子可能放出的能量相比, 两者相差数十万倍.

布置作业

2月19日完成作业：

1.课本P₆₅

2.名校学案P₄₈₋₅₁页

3.文档作业

7. 在垂直于纸面的匀强磁场中，有一原来静止的原子核，该核衰变后，放出的带电粒子和反冲核的运动轨迹分别如图 3-6 中 a 、 b 所示，由图可以判定 ()。

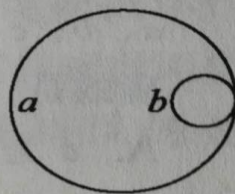


图 3-6

- A. 该核发生的是 β 衰变
- B. a 为电子， b 为反冲核
- C. 如果反冲核顺时针转动，磁场方向是垂直纸面向里
- D. 如果反冲核顺时针转动，磁场方向是垂直纸面向外

8. K^- 介子衰变的方程为 $K^- \rightarrow \pi^- + \pi^0$ ，其中 K^- 介子和 π^- 介子是带负电的元电荷， π^0 介子不带电。如图 3-7 所示，一个 K^- 介子沿垂直于磁场的方向射入匀强磁场中，其轨迹为圆弧 AP ，衰变后产生的 π^- 介子的轨迹为圆弧 PB ，两轨迹在 P 点相切，它们的半径 R_{K^-} 与 R_{π^-} 之比为 $2:1$ 。 π^0 介子的轨迹未画出。由此可判断 ()。

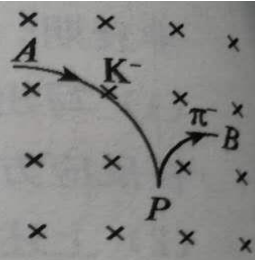


图 3-7

- A. K^- 介子与 π^- 介子的动量大小之比为 $2:1$
- B. π^- 介子与 π^0 介子的动量大小之比为 $1:2$
- C. π^- 介子与 π^0 介子的动量大小之比为 $1:3$
- D. π^0 介子的运动轨迹是直线

四、计算题 (共 2 小题, 每小题 14 分, 共 28 分)

12. 在匀强磁场中有一个静止放置的放射性元素的原子核, 当它放出一个 α 粒子后, 它们的速度方向都与磁场方向垂直。

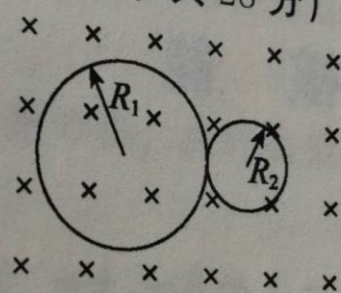


图 3-8

若测得 α 粒子和反冲核的轨道半径之比为 $44:1$, 如图 3-8 所示, 则反冲核的电荷数是多少?

13. 静止在匀强磁场中的镭核 ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ 进行一次 α 衰变, 成为一个新核, 已知新核和 α 粒子的运动方向与磁场方向垂直。

- (1) 写出这个衰变方程;
- (2) 求出新核和 α 粒子做圆周运动的半径之比;
- (3) 当新核转了86圈时, α 粒子转了多少圈?