

Тема урока: Энергия связи нуклонов в ядре. Связь массы и энергии.

Теория

Дефект массы ядра

Опытным путём было доказано, что масса ядра оказывается меньше, чем масса протонов и нейтронов, из которых состоит ядро. Разница между этими массами называется дефектом массы ядра.

Дефект массы ядра (Δm) — это разница между суммарной массой свободных нуклонов, из которых состоит ядро, и массой ядра.

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}}$$

Почему же масса нуклонов, связанных ядерными силами в ядре, оказывается меньше массы этих же нуклонов в свободном состоянии? Оказывается, что масса и энергия взаимосвязаны.

Всякое тело массой m обладает энергией, которая называется энергией покоя (E_0):

$$E_0 = mc^2, \text{ где } c \text{ — скорость света в вакууме.}$$

Впервые соотношение между энергией и массой вывел Альберт Эйнштейн, поэтому это выражение и получило название **уравнение Эйнштейна**.

Энергия связи

Уменьшение энергии покоя нуклонов в ядре вызвано наличием ядерных сил, которые удерживают протоны и нейтроны в ядре. Работа, которую необходимо совершить для разрыва ядерных сил и разъединения нуклонов, равна энергии, которая связывает нуклоны вместе. Эта энергия называется **энергией связи ($E_{\text{св}}$)** ядра.

Энергия связи и дефект массы ядра связаны между собой уравнением Эйнштейна:

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2$$

Удельной энергией связи ядра называют энергию связи, приходящуюся на 1 нуклон:

$$f = E_{\text{св}}/A$$

Удельная энергия равна средней энергии, необходимой для отрыва 1 нуклона от ядра.

Вычисления показали, что наибольшей удельной энергией связи обладают элементы, находящиеся в центре Периодической системы химических элементов. С увеличением порядкового номера начинает уменьшаться удельная энергия связи. Именно поэтому ядра элементов с порядковым номером больше 83 являются радиоактивными. Благодаря небольшой удельной энергии связи они способны самопроизвольно распадаться.

Единицы измерения энергии

В ядерной физике принято измерять энергию в мегаэлектронвольтах (1 МэВ):

$$1 \text{ МэВ} = 10^6 \text{ эВ} \approx 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж.}$$

Для вычисления энергии связи удобно пользоваться переводным коэффициентом для массы и энергии.

Дефекту массы в 1 а. е. м. соответствует энергия, равная

$$\Delta E = \Delta mc^2 \approx 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2 \approx 1,49 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 931,5 \text{ МэВ.}$$

Для выражения изменения энергии системы в мегаэлектронвольтах нужно

изменение массы системы в атомных единицах массы умножить на переводной коэффициент **931,5 МэВ/а. е. м.**

$$1 \text{ а. е. м.} = 931,5 \text{ МэВ.}$$

Домашнее задание

- 1) Запишите формулу, которая описывает энергию связи ядра.
- 2) Чему равна масса электрона, масса протона, масса нейтрона?
- 3) Что называется дефектом масс ядра?
- 4) Найдите энергию связи ядра лития, если его масса равна 6,01513 а.е.м.