

Дата **13.06.2023.** Группа ХКМ 1/1. Курс 1

Дисциплина: Физика

Тема занятия: Физика атомного ядра

Цель занятия:

- *методическая* - совершенствование методики проведения лекционного занятия;
- *учебная* – сформировать представление о ядерных силах, дефекте массы и энергии связи ядра;
- *воспитательная* – обучать учащихся соотносить полученные знания с наблюдаемыми явлениями.

Вид занятия: Лекция

Межпредметные связи:

Обеспечивающие: Техническая механика, Физика

Рекомендуемая литература

1. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. организаций: базовый и углубл. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 9 изд., стер. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: ил. – (Классический курс)
2. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 11 кл. общеобразоват. организаций: базовый и углубл. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 10 изд., стер. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: ил. – (Классический курс)
3. Рымкевич А.П. Задачник: сборник для учащихся общеобразовательных учреждений. – М., «Дрофа» 2008.

Тема: Физика атомного ядра

1. Ядерные силы

- 2. Дефект массы
- 3. Энергия связи ядра

1. Ядерные силы

Сразу же после того, как в опытах Чедвика был открыт нейтрон, советский физик Д. Д. Иваненко и немецкий ученый В. Гейзенберг в 1932 г. предложили протонно-нейтронную модель ядра. Она была подтверждена последующими исследованиями ядерных превращений и в настоящее время является общепризнанной.

Протонно-нейтронная модель ядра

Согласно протоннонейтронной модели ядра состоят из элементарных частиц двух видов — протонов и нейтронов.

Так как в целом атом электрически нейтрален, а заряд протона равен модулю заряда электрона, то число протонов в ядре равно числу электронов в атомной оболочке. Следовательно, число протонов в ядре равно атомному номеру элемента Z в периодической системе элементов Д. И. Менделеева.

Сумму числа протонов Z и числа нейтронов N в ядре называют **массовым числом** и обозначают буквой A :

$$A = Z + N. \quad (13.2)$$

Массы протона и нейтрона близки друг к другу, и каждая из них примерно равна атомной единице массы. Масса электронов в атоме много меньше массы его ядра. Поэтому массовое число ядра равно округленной до целого числа относительной атомной массе элемента. Массовые числа могут быть определены путем приближенного измерения массы ядер приборами, не обладающими высокой точностью.

Изотопы представляют собой ядра с одним и тем же значением Z , но с различными массовыми числами A , т. е. с различными числами нейтронов N .

Ядерные силы

Так как ядра весьма устойчивы, то протоны и нейтроны должны удерживаться внутри ядра какими-то силами, причем очень большими. Что это за силы? Сразу можно сказать, что это не гравитационные силы, которые слишком слабые. Устойчивость ядра не может быть объяснена также электромагнитными силами, так как между одноименно заряженными протонами действует электрическое отталкивание. А нейтроны не имеют электрического заряда.

Значит, между ядерными частицами — протонами и нейтронами (их называют **нуклонами**) — действуют особые силы, называемые **ядерными силами**.

Каковы основные свойства ядерных сил? Ядерные силы примерно в 100 раз превышают электрические (кулоновские) силы. Это самые мощные силы из всех существующих в природе. Поэтому взаимодействия ядерных частиц часто называют **сильными взаимодействиями**.

Сильные взаимодействия проявляются не только во взаимодействиях нуклонов в ядре. Это особый тип взаимодействий, присущий большинству элементарных частиц наряду с электромагнитными взаимодействиями.

Другая важная особенность ядерных сил — их коротко- действие. Электромагнитные силы сравнительно медленно ослабевают с увеличением расстояния. Ядерные силы заметно проявляются лишь на расстояниях, равных размерам ядра (10^{-12} — 10^{-13} см), что показали уже опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц атомными ядрами. Ядерные силы — это, так сказать, «богатырь с очень короткими руками». Законченная количественная теория ядерных сил пока еще не разработана. Значительные успехи в ее разработке были достигнуты совсем недавно — в последние 10—15 лет.

2.Дефект массы

Дефект массы проявляется на атомарном уровне и описывается так: "Масса ядра атома всегда меньше суммы масс составляющих его нуклонов. Т.е. масса нуклонов, составляющих ядро, превышает массу этого ядра".

Это открытие позволило получать и использовать ядерную энергию, потому что теория Эйнштейна о связи массы и энергии, якобы, получила практическое подтверждение. Знаменитая формула $E=Mc^2$ подтвердилась, т.к. опять же якобы, при слиянии и распаде ядра разница масс нуклонов то переходит в энергию связи между ними, то эта энергия опять становится массой. Всё научно, математически точно и главное - работает.

Дефект масс — это разность между суммарной массой всех нуклонов ядра в свободном состоянии и массой ядра.

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

В соответствии с соотношением Эйнштейна между массой и энергией, дефект массы и характеризует энергию связи атомного ядра.

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2$$

$$E_{\text{св}} = (Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}})c^2$$

$$[\text{Дж}] = \left[\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \right]$$

3.Энергия связи атомных ядер

Важнейшую роль во всей ядерной физике играет понятие энергии связи ядра. Энергия связи позволяет объяснить устойчивость ядер, выяснить, какие процессы ведут к выделению ядерной энергии. Нуклоны в ядре прочно удерживаются ядерными силами. Для того чтобы удалить нуклон из ядра, надо совершить довольно большую работу, т. е. сообщить ядру значительную энергию.

Под **энергией связи ядра** понимают ту энергию, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны. На основе закона сохранения энергии можно также утверждать, что *энергия связи ядра равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц.*

Энергия связи атомных ядер очень велика. Но как ее определить?

В настоящее время рассчитать энергию связи теоретически, подобно тому как это можно сделать для электронов в атоме, не удастся. Выполнить соответствующие расчеты можно, лишь применяя соотношение Эйнштейна между массой и энергией:

$$E = mc^2. \quad (13.3)$$

Точнейшие измерения масс ядер показывают, что масса покоя ядра $M_{\text{я}}$ всегда меньше суммы масс входящих в его состав протонов и нейтронов:

$$M_{\text{я}} < Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}}. \quad (13.4)$$

Существует, как говорят, дефект масс: разность масс

$$\Delta M = Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}} - M_{\text{я}}$$

положительна. В частности, для гелия масса ядра на 0,75% меньше суммы масс двух протонов и двух нейтронов. Соответственно для гелия в количестве вещества один моль $\Delta M = 0,03$ г.

Уменьшение массы при образовании ядра из нуклонов означает, что при этом уменьшается энергия этой системы нуклонов на значение энергии связи $E_{\text{св}}$:

$$E_{\text{св}} = \Delta M c^2 = (Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}} - M_{\text{я}}) c^2 \quad (13.5)$$

Но куда при этом исчезают энергия $E_{\text{св}}$ и масса ΔM ?

При образовании ядра из частиц последние за счет действия ядерных сил на малых расстояниях устремляются с огромным ускорением друг к другу. Излучаемые при этом γ -кванты как раз обладают энергией $E_{\text{св}}$ и

массой
$$\Delta M = \frac{E_{\text{св}}}{c^2}.$$

Энергия связи

Энергия связи — это энергия, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц, и соответственно это та энергия, которая необходима для расщепления ядра на составляющие его частицы.

О том, как велика энергия связи, можно судить по такому примеру: образование 4 г гелия сопровождается выделением такой же энергии, что и при сгорании 1,5—2 вагонов каменного угля.

Важную информацию о свойствах ядер содержит зависимость *удельной энергии* связи от массового числа A .

Удельная энергия связи

Удельной энергией связи называют энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра. Ее определяют экспериментально. Из рисунка 13.11 хорошо видно, что, не считая самых легких ядер, удельная энергия связи примерно постоянна и равна 8 МэВ/нуклон. Отметим, что энергия связи электрона и ядра в атоме водорода, равная энергии ионизации, почти в миллион раз меньше этого значения. Кривая на рисунке 13.11 имеет слабо выраженный максимум. Максимальную удельную энергию связи (8,6 МэВ/нуклон) имеют элементы с массовыми числами от 50 до 60, т. е. железо и близкие к нему по порядковому номеру элементы. Ядра этих элементов наиболее устойчивы.

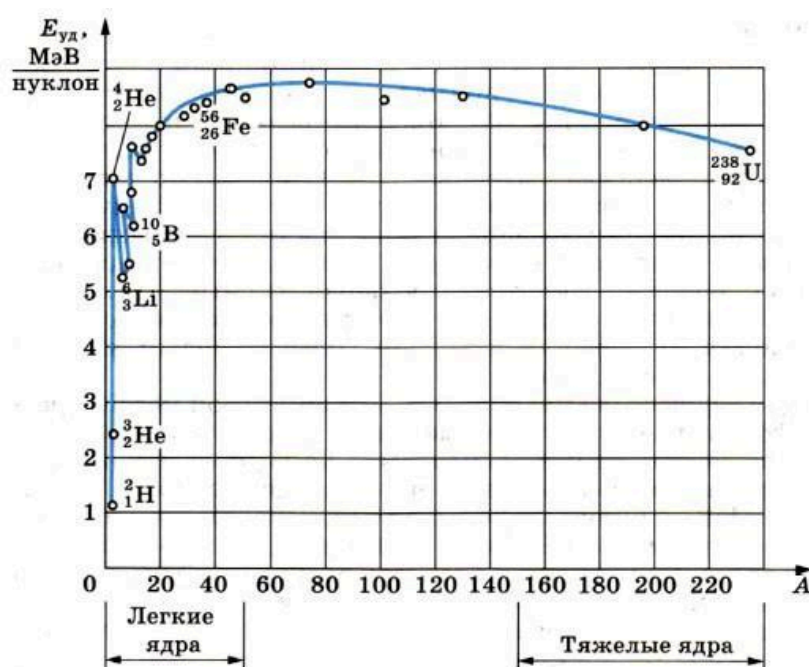


Рис. 13.11

У тяжелых ядер удельная энергия связи уменьшается за счет возрастающей с увеличением Z кулоновской энергии отталкивания протонов. Кулоновские силы стремятся разорвать ядро.

Смотреть видео!

<https://yandex.ru/video/preview/6823233036374622353>

Энергия связи атомных ядер. Дефект масс

Контрольные вопросы

1. Какие силы называются ядерными?
2. Каковы главные особенности ядерных сил?

3. Что называют энергией связи ядра?

Задание для самостоятельной работы:

1. Посмотреть видео !!!
2. Ознакомиться с лекционным материалом
3. Письменно ответить на контрольные вопросы
4. Фотографию прислать в личном сообщении ВК <https://vk.com/id139705283>

На фотографии вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 13.06.2023, группа ХКМ1/1 «Физика»