Основы ядерной физики

Теоретическое занятие

Специальность: 14.02.02 Радиационная безопасность

МДК 01.01 Радиационный контроль и защита

от ионизирующих излучений

Тема 1.1. Основы ядерной физики

Преподаватель: Иванов И.И.

2022

Основы ядерной физики

Ядерная физика - раздел физики, изучающий структуру и свойства атомных ядер, а также их столкновения (ядерные реакции).

Задачи, возникающие в ядерной физике, — это типичный пример задач нескольких тел. Ядра состоят из нуклонов (протонов и нейтронов), и в типичных ядрах содержатся десятки и сотни нуклонов. Это число слишком велико для точно решаемых задач, но всё же слишком мало для того, чтобы можно было пользоваться методами статистической физики. Это и привело к большому разнообразию различных моделей атомных ядер.

Число протонов в ядре (зарядовое число, также порядковый номер элемента) принято обозначать через Z, число нейтронов — через N. Их сумма A = Z + N называется массовым числом ядра. Атомы с одинаковым Z (то есть атомы одного и того же элемента), но различными N называются изотопами, с одинаковыми A, но различными Z — изобарами, с одинаковыми N, но различными Z - изотонами.

Основное отличие между протоном и нейтроном состоит в том, что протон — заряженная частица, заряд которой e = 4,801·10−10 ед. СГСЭ = 1,602·10−19 Кл. Это элементарный заряд, по модулю равный заряду электрона. Нейтрон, как показывает уже его название, электрически нейтрален. Спины протона и нейтрона одинаковы и равны спину электрона, то есть ½. Массы протона и нейтрона почти равны: 1836,15 и 1838,68 масс электрона соответственно.

Протон и нейтрон не являются фундаментальными частицами. Они состоят из двух типов кварков: d-кварка с зарядом –1/3 и u-кварка с зарядом +2/3 от элементарного заряда e. Протон состоит из двух u-кварков и одного d-кварка (суммарный заряд «+1»), а нейтрон — из одного u-кварка и двух d-кварков (суммарный заряд 0). Свободный нейтрон — частица нестабильная. Через 885 секунд после своего возникновения он распадается на протон, электрон и антинейтрино (см. Бета-распад нейтрона). В ядре нейтрон находится в глубокой потенциальной яме, поэтому его распад может быть запрещён законами сохранения.

Ядерная физика имеет принципиальное значение для многих разделов астрофизики (первичный нуклеосинтез, термоядерные реакции в звёздах как во время жизни на главной последовательности, так и при сходе с неё), и, очевидно, для ядерной и, в перспективе, термоядерной энергетики.

История возникновения ядерной физики

В 1896 году французский химик Антуан Анри Беккерель случайно открыл радиоактивность солей урана, проявляющуюся в самопроизвольном испускании невидимых лучей, способных вызывать ионизацию воздуха и почернение фотоэмульсий. Через два года Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри открыли радиоактивность тория и выделили из солей урана полоний и радий, радиоактивность которых оказалась в миллионы раз сильнее радиоактивности урана и тория.

Детальное экспериментальное изучение радиоактивных излучений было произведено Резерфордом. Он показал, что радиоактивные излучения образованы, соответственно, α-, β- и γ-лучами. Бета-лучи состоят из отрицательно заряженных электронов, альфа-лучи — из положительно заряженных частиц (альфа-частиц, которые, как выяснилось несколько позднее, являются ядрами гелия-4), гамма-лучи аналогичны лучам Рентгена (не имеют заряда), только значительно более жесткие.

Ядерная природа радиоактивности была понята Резерфордом после того, как в 1911 г. он предложил ядерную модель атома и установил, что радиоактивные излучения возникают в результате процессов, происходящих внутри атомного ядра. Долгое время предполагалось, что ядро состоит из протонов и электронов. Однако такая модель находилась в противоречии с экспериментальными фактами, относящимися к спинам и магнитным моментам ядер. В 1932 г. после открытия Чедвиком нейтрона было установлено (Иваненко и Гейзенберг), что ядро состоит из протонов и нейтронов. Эти частицы получили общее наименование нуклонов.

Список использованной литературы

1. Астапов И.И., Барбашина Н.С., Дмитриева А.Н. Сборник задач по курсу «Ядерная физика». Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2019. - 64 с.

2. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика. Физика ядерных реакций. Учебник. - СПб.: Лань, 2022. - 2022. - 326 с.