Исследования Резерфорда показали, что в центре атома находится положительно заряженное ядро. В дальнейшем встала задача определения состава атомного ядра. Резерфорд при бомбардировке ядра атома азота а-частицами обнаружил появление протонов — ядер атома водорода. Был сделан вывод, что ядро состоит из протонов.

Протон — частица, имеющая положительный заряд, равный модулю заряда электрона: q= 1,6 • 1(Г19 Кл, и массу т = 1,6726231 х 10“27 кг = 1,673 • 1СГ27 кг.

Однако было выяснено, что масса ядер существенно больше, чем суммарная масса протонов в ядре.

В 1932 г. учеником Резерфорда английским физиком Д. Чедвиком был открыт нейтрон.

По энергии и импульсу ядер, сталкивающихся с нейтронами, была определена масса новой частицы.

Нейтрон — частица, не имеющая электрического заряда и имеющая массу тп = 1,6749286 • 1СГ27 кг ~ 1,675 • 1СГ27 кг.

Масса нейтрона больше массы протона примерно на 2,5 массы электрона.

Свободный нейтрон нестабилен и за время около 15 мин распадается на протон, электрон и нейтрино —- очень лёгкую нейтральную частицу.

Сразу же после открытия нейтрона советский физик Д. Д. Иваненко и немецкий учёный В. Гейзенберг в том же 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 протонно-нейтронной 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 периодической системе элементов Д. И. Менделеева.

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

Массы протона и нейтрона близки друг к другу, и каждая из них примерно равна атомной единице массы.

В ядерной физике в связи с тем, что массы частиц малы, за единицу массы принимают 1/12 часть массы атома углерода: 1 а. е. м. = 1,661 • 1СГ27 кг.

Таким образом, масса нейтрона тп = 1,008665 а. е. м., а масса протона тр = 1,007276 а. е. м.

Масса электронов в атоме много меньше массы его ядра. Поэтому массовое число ядра равно округлённой до целого числа относительной атомной массе элемента.

Протоны и нейтроны, составляющие ядро атома, называют нуклонами.

оп — символ нейтрона; его заряд равен нулю, а относительная масса — примерно единице; \р — символ протона; его заряд равен единице, относительная масса также равна примерно единице.

Для обозначения ядер применяется символ ^Х, где X — символ химического элемента, А — массовое число, Z — атомный номер (зарядовое число, или число протонов).

Радиус ядра определяется по формуле г ~ 1,3 • 1СГ13 А1/3 см. Таким образом, объём ядра прямо пропорционален корню кубическому из массового числа, т. е. числа нуклонов в ядре.

В настоящее время известно больше 1500 ядер, различающихся зарядовым и массовым числами или одним из них.

Изотопы — это ядра с одним и тем же значением Z (числом протонов), но с различными массовыми числами А, т. е. с различным числом N нейтронов.

Например, изотопы водорода: ;Н — обычный водород, jH — дейтерий, — тритий.

Часть ядер являются устойчивыми, а часть распадающимися (радиоактивными).

Изотопы одного и того же элемента могут быть устойчивыми и неустойчивыми (радиоактивными).

Устойчивость ядер зависит от отношения числа нейтронов к числу протонов в ядре.

Для лёгких ядер (А < 30) отношение N /Z порядка единицы. При больших значениях массового числа стабильные ядра содержат больше нейтронов, чем протонов. При увеличении числа протонов возрастает кулоновское отталкивание, именно поэтому у стабильных ядер возрастает число нейтронов, которые обеспечивают только силу притяжения.

При Z, больших 82, стабильных ядер вообще не существует, так как велико кулоновское отталкивание.

Ядерные силы. Так как большинство существующих в природе ядер устойчивы, то протоны и нейтроны должны удерживаться внутри ядра какими-то силами, причём очень большими. Что это за силы? Сразу можно сказать, что это не гравитационные силы, которые слишком слабы. Устойчивость ядра не может быть объяснена также электромагнитными силами, так как между одноимённо заряженными протонами действует электрическое отталкивание. А нейтроны не имеют электрического заряда.

Между нуклонами ядра действуют особые силы, называемые ядерными силами.

Перечислим некоторые свойства ядерных сил.

1) Ядерные силы примерно в 100 раз превышают электрические (кулоновские) силы. Это самые мощные силы из всех существующих в природе. Поэтому взаимодействия нуклонов в ядре часто называют сильными взаимодействиями.

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

2) Особенностью ядерных сил является зарядовая независимость, т. е. силы взаимодействия протонов, нейтронов или протона с нейтроном равны.

3) Другая важная особенность ядерных сил — их короткодействие. Электромагнитные силы сравнительно медленно ослабевают с увеличением расстояния. Ядерные силы заметно проявляются лишь на расстояниях, равных размерам ядра (10~12—10~13см), что показали уже опыты Резерфорда по рассеянию а-частиц атомными ядрами. Ядерные силы — это, так сказать, «богатырь с очень короткими руками».

4) Ядерные силы обладают ещё одним интересным свойством — свойством насыщения. Каждый нуклон в ядре взаимодействует не со всеми нуклонами ядра, а с их конечным числом.