

# Невероятное событие в атомном мире

Т.В. Харина

**Имя задачи:** Невероятное событие в атомном мире.

**Автор:** Харина Татьяна Владимировна, учитель физики средней школы № 45 г. Калининграда.

**Предмет:** Физика.

**Класс:** 9.

**Тема:** Строение атома и атомного ядра.

**Профиль:** Общеобразовательный.

**Уровень:** Общий.

**Текст задачи:** Эрнест Резерфорд, проводя серию опытов по изучению природы альфа-частиц, получил результаты совершенно неожиданные. Поручив своим помощникам Гансу Гейгеру и Эрнесту Марсдену изучить картину рассеивания альфа-частиц и проанализировав полученную информацию, Резерфорд воскликнул: «Это самое невероятное событие, которое было в моей жизни. Это почти так же невероятно, как если бы вы выстрелили 15-фунтовым снарядом в папиросную бумагу и он, отразившись от неё, пошёл бы в вас...». О каком

невероятном событии идёт речь, и что из этого следует?

а) Выделите ключевые слова для информационного поиска.

б) Найдите необходимую информацию.

в) Обсудите и проанализируйте собранную информацию.

г) Сделайте выводы.

д) Сравните ваши выводы с образцовыми текстами.

## Возможные информационные источники

*Книги:*

*Дудков В.М.* Исторические обзоры в курсе физики средней школы: Пособие для учителей. М.: Просвещение, 1983.

*Пинский А.А.* Методика преподавания физики в средней школе (квантовая физика): Пособие для учителя. М.: Просвещение, 1989.

*Павленко Ю.Г.* Начала физики: Учебник. М.: Экзамен, 2007.

Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. М.: Просвещение, 2000.

*Web-сайты:*

<http://elementy.ru/trefil/18>

<http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragra>

[http://edu.ksu.ru/russian/lib/lib\\_p\\_hyso/page=7/id=2968](http://edu.ksu.ru/russian/lib/lib_p_hyso/page=7/id=2968)

<http://science.referatoff.ru/005565-1.html>

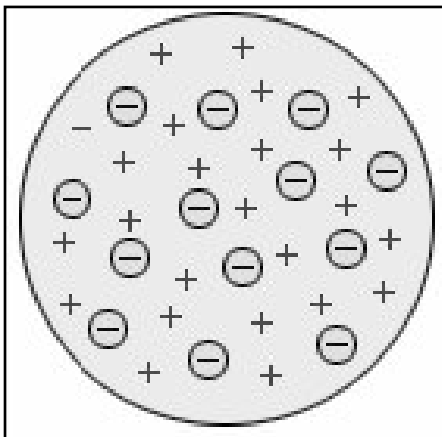
## Культурные образцы

<http://fizika.biz/991.php>

**Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома**

Первая попытка создания модели атома на основе накопленных экс-

периментальных данных принадлежит Дж. Томсону (1903 г.). Он считал, что атом представляет собой электронейтральную систему шарообразной формы радиусом примерно равным  $10^{-10}$  м.



Модель атома Дж. Томсона

Положительный заряд атома равномерно распределён по всему объёму шара, а отрицательно заряженные электроны находятся внутри него. Через несколько лет в опытах великого английского физика Э. Резерфорда было доказано, что модель Томсона неверна.

Первые прямые эксперименты по исследованию внутренней структуры атомов были выполнены Э. Резерфордом и его сотрудниками Э. Марсденом и Х. Гейгером в 1909–1911 годах. Резерфорд предложил применить зондирование атома с помощью  $\alpha$ -частиц, которые возникают при радиоактивном распаде радия и некоторых других элементов. Масса  $\alpha$ -частиц приблизительно в 7300 раз больше массы электрона, а положи-

тельный заряд равен удвоенному элементарному заряду. В своих опытах Резерфорд использовал  $\alpha$ -частицы с кинетической энергией около 5 МэВ (скорость таких частиц очень велика — порядка  $10^7$  м/с, но она всё же значительно меньше скорости света).  $\alpha$ -частицы — это полностью ионизированные атомы гелия. Они были открыты Резерфордом в 1899 году при изучении явления радиоактивности. Этими частицами бомбардировались атомы тяжёлых элементов (золото, серебро, медь и др.). Электроны, входящие в состав атомов, вследствие малой массы не могут заметно изменить траекторию  $\alpha$ -частицы. Рассеяние, то есть изменение направления движения  $\alpha$ -частиц, может вызвать только тяжёлая положительно заряженная часть атома. Схема опыта Резерфорда представлена на рисунке.

От радиоактивного источника, заключённого в свинцовый контейнер,  $\alpha$ -частицы направлялись на тонкую металлическую фольгу. Рассеянные частицы попадали на экран, покрытый слоем кристаллов сульфида цинка, способных светиться под ударами быстрых заряженных частиц. Сцинтилляции (вспышки) на экране наблюдались глазом с помощью микроскопа. Наблюдения рассеянных  $\alpha$ -частиц в опыте Резерфорда можно было проводить под различными углами  $\varphi$  к первоначальному направлению пучка. Было обнаружено, что большинство  $\alpha$ -частиц проходит через тонкий слой металла, практически не испытывая отклонения. Однако небольшая часть частиц отклоняется на значительные углы, превышающие  $30^\circ$ . Очень редкие  $\alpha$ -частицы (приблизительно одна на десять тысяч) испы-

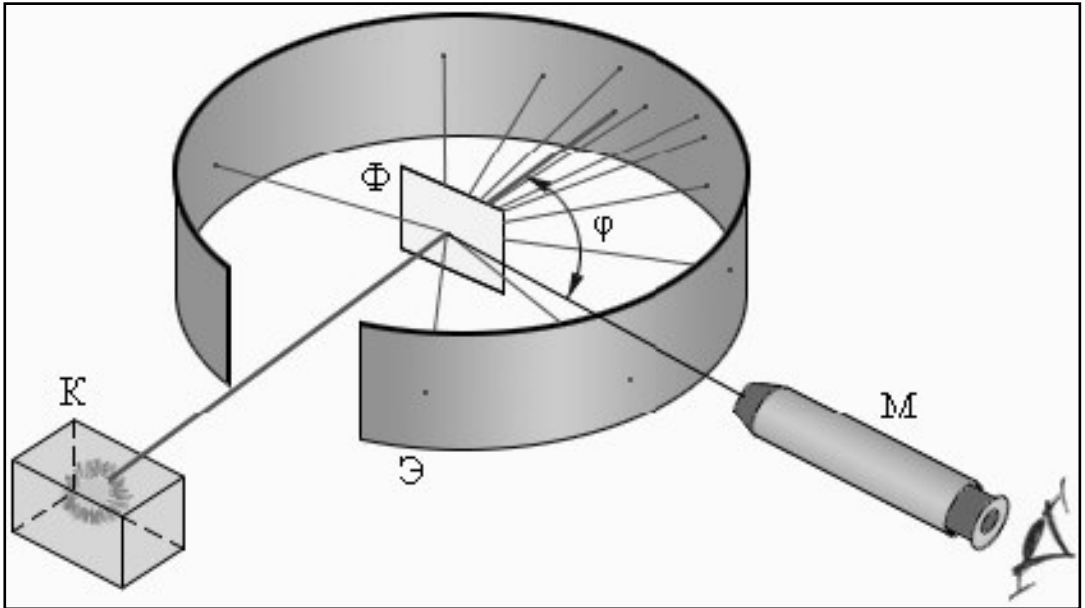


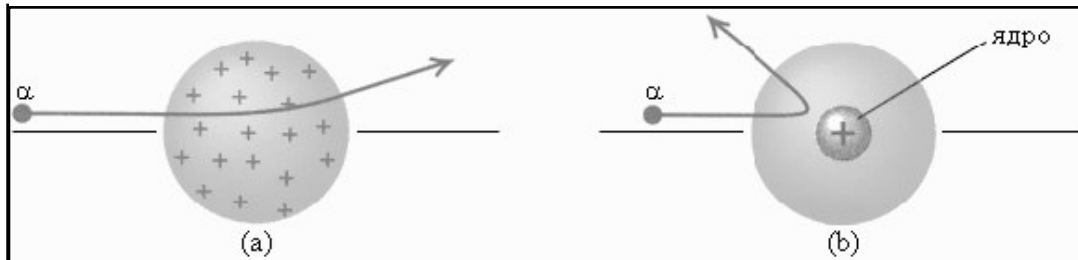
Схема опыта Резерфорда по рассеянию  $\alpha$ -частиц. К — свинцовый контейнер с радиоактивным веществом, Э — экран, покрытый сернистым цинком, Ф — золотая фольга, М — микроскоп

тывали отклонение на углы, близкие к  $180^\circ$ .

Этот результат был совершенно неожиданным даже для Резерфорда. Он находился в резком противоречии с моделью атома Томсона, согласно которой положительный заряд распределён по всему объёму атома. При таком распределении положительный заряд не может создать сильное электрическое поле, способное отбросить  $\alpha$ -частицы назад. Электрическое поле однородного заряженного шара максимально на его поверхности и убывает до нуля по мере приближения к центру шара. Если бы радиус шара, в котором сосредоточен весь положительный заряд атома, уменьшился в  $n$

раз, то максимальная сила отталкивания, действующая на  $\alpha$ -частицу по **закону Кулона**, возросла бы в  $n^2$  раз. Следовательно, при достаточно большом значении  $n$   $\alpha$ -частицы могли бы испытать рассеяние на большие углы вплоть до  $180^\circ$ . Эти соображения привели Резерфорда к выводу, что атом почти пустой, и весь его положительный заряд сосредоточен в малом объёме. Эту часть атома Резерфорд назвал **атомным ядром**. Так возникла **ядерная модель** атома.

Таким образом, опыты Резерфорда и его сотрудников привели к выводу, что в центре атома находится плотное положительно заряженное ядро, диаметр которого не превыша-



Рассеяние α-частицы в атоме Томсона (а) и в атоме Резерфорда (b)

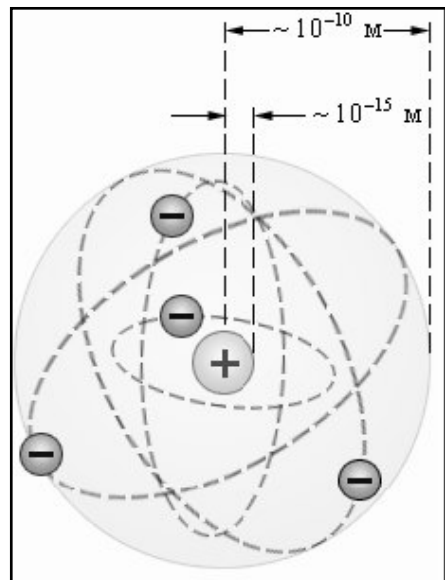
ет  $10^{-14}$ – $10^{-15}$  м. Это ядро занимает только  $10^{-12}$  часть полного объёма атома, но содержит весь положительный заряд и не менее 99,95% его массы. Веществу, составляющему ядро атома, следовало приписать колоссальную плотность порядка  $\rho \approx 10^{15}$  г/см<sup>3</sup>. Заряд ядра должен быть равен суммарному заряду всех электронов, входящих в состав атома. Впоследствии удалось установить, что если заряд электрона принять за единицу, то заряд ядра в точности равен номеру данного элемента в таблице Менделеева.

Радикальные выводы о строении атома, следовавшие из опытов Резерфорда, заставляли многих учёных сомневаться в их справедливости. Не исключением был и сам Резерфорд, опубликовавший результаты своих исследований только через два года (в 1911 г.) после выполнения первых экспериментов.

Опираясь на классические представления о движении микрочастиц, Резерфорд предложил **планетарную модель атома**. Согласно этой модели, в центре атома располагается положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома. Атом в целом нейтрален. Вокруг ядра, подобно планетам, враща-

ются под действием кулоновских сил со стороны ядра электроны. Находиться в состоянии покоя электроны не могут, так как они упали бы на ядро.

Планетарная модель атома, предложенная Резерфордом, несомненно, явилась крупным шагом в развитии знаний о строении атома. Она была совершенно необходимой



Планетарная модель атома Резерфорда. Показаны круговые орбиты четырёх электронов

для объяснения опытов по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Однако она оказалась неспособной объяснить сам факт длительного существования атома, то есть его устойчивость. По законам классической электродинамики, движущийся с ускорением заряд должен излучать электромагнитные волны, уносящие энергию. За короткое время (порядка  $10^{-8}$  с) все электроны в атоме Резерфорда должны растратить всю свою энергию и упасть на ядро. То, что этого не происходит в устойчивых состояниях атома, показывает, что внутренние процессы в атоме не подчиняются классическим законам.

[http://innovatory.narod.ru/kedrov\\_1.html](http://innovatory.narod.ru/kedrov_1.html)

Исследователи работали в очень скромных условиях: «В памяти возникает мрачный погреб, в котором Резерфорд устанавливал свои чувствительные приборы для изучения альфа-частиц. Тот, кто спускался туда по двум ступеням, прежде всего слышал в темноте голос профессора, предупреждавшего, что помещение пересекает на высоте головы горячий трубопровод и, кроме того, необходимо осторожно, чтобы не упасть, перешагнуть две водопроводные трубы. После этого, наконец, в слабом свете вошедший различал самого Резерфорда, сидящего у приборов. Тотчас же великий учёный мог начать рассказывать в собственном неподражаемом стиле о развитии своих опытов и о трудностях, которые приходится преодолевать»...

Вероятно, в этом же погребе начал свою работу ученик Резерфорда Марсден, когда ему было поручено считать альфа-частицы. Позднее Резерфорд признался, что сообщение

Марсдена произвело на него потрясающее впечатление: «Это было почти неправдоподобно, как если бы вы выстрелили пятнадцатифунтовым снарядом в кусок папиросной бумаги, и снаряд отскочил бы обратно и поразил вас». Резерфорд тогда высказал мысль о том, что рассеяние альфа-частиц на большие углы можно объяснить существованием в атомах массивной части. Он назвал ее ядром (nucleus), используя по аналогии термин, принятый в биологии и обозначающий центральную часть живой клетки.

Отныне модель атома Томсона должна была уйти в историю. Резерфорд предложил более достоверную и принципиально новую ядерную модель в виде системы, в центре которой расположена маленькая массивная часть — ядро, а вокруг неё по орбитам вращаются лёгкие электроны. Сотрудник Резерфорда — известный английский физик-теоретик Чарлз Дарвин (внук автора эволюционной теории) писал: «Я считаю одним из величайших событий своей жизни то, что произошло в моём присутствии спустя полчаса после «рождения» ядра. Это было во время воскресного ужина в манчестерской квартире Резерфорда. Я помню, как он говорил нам, что наблюдаемое большое рассеяние альфа-частиц показывает на существование в атоме необычайно могучих сил».

Открытие атомного ядра явилось важнейшим, принципиально новым моментом, меняющим прежние представления о строении атома. На этой основе родилась наука, значение которой всем известно. Теперь, когда ядерная физика достигла поразительных успехов, легко понять значение этого величайшего открытия.