

Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Модель атома водорода по Бору. Квантовые генераторы.

Цель: Сформировать представление о строении атома.

Задачи:

1. Способствовать формированию представлений о сложности строения атома, составе атомных ядер, физическом смысле атомного номера; формированию умений давать характеристику элементарных частиц (протонов, нейтронов и электронов), определять число протонов в ядре атома химического элемента.
2. Продолжить развитие умений анализировать, сопоставлять, сравнивать, обобщать, делать выводы, работать самостоятельно, прогнозировать, структурировать и представлять информацию в наглядном виде.
3. Воспитывать умение вести дискуссию, участвовать в коллективном обсуждении вопросов.

1. Организационный момент.

2. Мотивация.

Сегодня мы поговорим о строении атома. На всех прошедших уроках мы встречались с этим понятием. Наш век не случайно называют атомным (атомные корабли, атомные электростанции, атомные бомбы). К атомизму мы привыкаем с детства и не удивляемся тому, что все окружающие нас тела состоят из мельчайших частичек. Протвиеестественно не понимать величия атомистической идеи и не оценивать тех трудностей, которые удалось преодолеть человеческому уму на длительном пути её утверждения. Именно поэтому вы, как современные дети, должны знать об особенностях строения атома, иметь представление об элементарных частицах атома, познакомиться с ядерной моделью атома. Кроме того, сегодня на уроке мы ещё раз постараемся доказать, что именно строение атома является главной характеристикой элемента и вспомним, как определять число протонов, электронов в атоме любого химического элемента.

3. Изучение нового материала.

Представление об атомах как неделимых мельчайших частицах вещества возникло еще в античные времена.

В XIX веке изучение атомистического строения вещества существенно продвинулось вперед. В 1833 году при исследовании явления электролиза М. Фарадей установил, что ток в растворе электролита это упорядоченное движение заряженных частиц – ионов. Фарадей определил минимальный заряд иона, который был назван элементарным электрическим зарядом. Его приближенное значение оказалось равным $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл.

На основании исследований Фарадея можно было сделать вывод о существовании внутри атомов электрических зарядов.

Большую роль в развитии атомистической теории сыграл выдающийся русский химик Д. И. Менделеев, разработавший в 1869 году периодическую систему элементов, в которой впервые был поставлен вопрос о единой природе атомов.

Важным свидетельством сложной структуры атомов явились спектроскопические исследования, которые привели к открытию линейчатых спектров атомов.

В 1896 году А. Беккерель обнаружил явление испускания атомами невидимых проникающих излучений, названное радиоактивностью. Было обнаружено, что атомы радиоактивных веществ испускают три вида излучений различной физической природы (альфа-, бета- и гамма-лучи).

Альфа-лучи оказались потоком ионов гелия, бета-лучи – потоком электронов, а гамма-лучи – потоком квантов жесткого рентгеновского излучения.

В 1897 году Дж. Томсон открыл электрон и измерил отношение e/m заряда электрона к массе. Опыты Томсона подтвердили вывод о том, что электроны входят в состав атомов.

Таким образом, на основании всех известных к началу XX века экспериментальных фактов можно было сделать вывод о том, что атомы вещества имеют сложное внутреннее строение. Они представляют собой электронейтральные системы, причем носителями отрицательного заряда атомов являются легкие электроны, масса которых составляет лишь малую долю массы атомов. Основная часть массы атомов связана с положительным зарядом.

Перед наукой встал вопрос о внутреннем строении атомов.

4. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома

Первая попытка создания модели атома на основе накопленных экспериментальных данных (1903 г.) принадлежит Дж. Томсону. Он считал, что *атом представляет собой электронейтральную систему шарообразной формы радиусом, примерно равным 10^{-10} м. Положительный заряд атома равномерно распределен по всему объему шара, а отрицательно заряженные электроны находятся внутри него* (рис. 6.1.1).

Через несколько лет в опытах великого английского физика Э. Резерфорда было доказано, что модель Томсона неверна.

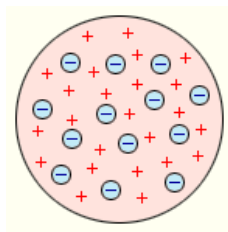


Рисунок 6.1.1.
Модель атома
Дж. Томсона

Первые прямые эксперименты по исследованию внутренней структуры атомов были выполнены Э. Резерфордом и его сотрудниками в 1909–1911 годах. Резерфорд предложил применить зондирование атома с помощью α -частиц, которые возникают при радиоактивном распаде радия и некоторых других элементов. Масса α -частиц приблизительно в 7300 раз больше массы электрона, а положительный заряд равен удвоенному элементарному заряду. В своих опытах Резерфорд использовал α -частицы с кинетической энергией около 5 МэВ (скорость таких частиц очень велика – порядка 10^7 м/с, но все же значительно меньше скорости света). α -частицы – это полностью ионизированные атомы гелия. Они были открыты Резерфордом в 1899 году при изучении явления радиоактивности. Этими частицами Резерфорд бомбардировал атомы тяжелых элементов (золото, серебро, медь и др.). Электроны, входящие в состав атомов, вследствие малой массы не могут заметно изменить траекторию α -частицы. Рассеяние, то есть изменение направления движения α -частиц, может вызвать только тяжелая положительно заряженная часть атома. Схема опыта Резерфорда представлена на рис. 6.1.2.

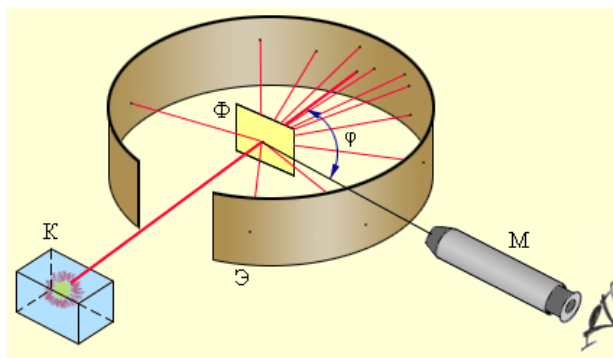


Рисунок 6.1.2.

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

От радиоактивного источника, заключенного в свинцовый контейнер, α -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 α -частиц в опыте Резерфорда можно было проводить под различными углами φ к первоначальному направлению пучка. Было обнаружено, что большинство α -частиц проходит через тонкий слой металла, практически не испытывая отклонения. Однако небольшая часть частиц отклоняется на значительные углы, превышающие 30° . Очень редкие α -частицы (приблизительно одна на десять тысяч) испытывали отклонение на углы, близкие к 180° .

Этот результат был совершенно неожиданным даже для Резерфорда. Его представления находились в резком противоречии с моделью атома Томсона, согласно которой положительный заряд распределен по всему объему атома. При таком распределении положительный заряд не может создать сильное электрическое поле, способное отбросить α -частицы назад.

Резерфорд пришел к выводу, что атом почти пустой, и весь его положительный заряд сосредоточен в малом объеме. Эту часть атома Резерфорд назвал **атомным ядром**. Так возникла **ядерная модель** атома. Рис. 6.1.3 иллюстрирует рассеяние α -частицы в атоме Томсона и в атоме Резерфорда.

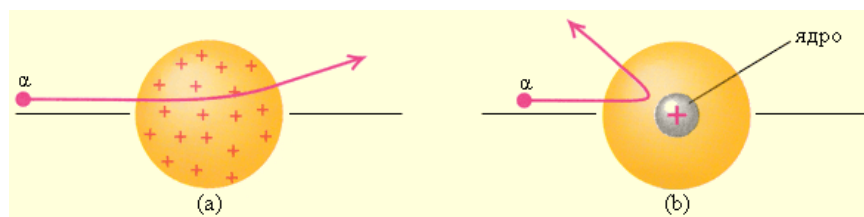


Рисунок 6.1.3.

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

Таким образом, опыты Резерфорда и его сотрудников привели к выводу, что в центре атома находится плотное положительно *заряженное ядро*, диаметр которого не превышает 10^{-14} – 10^{-15} м. Это ядро занимает только 10^{-12} часть полного объема 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/см³. 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 ученых сомневаться в их справедливости. Не был исключением и сам Резерфорд, опубликовавший результаты своих исследований только в 1911 г. через два года 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, вращающимся вокруг Солнца, под действием кулоновских сил со стороны ядра вращаются электроны (рис. 6.1.4). Находиться в состоянии покоя электроны не могут, так как они упали бы на ядро.

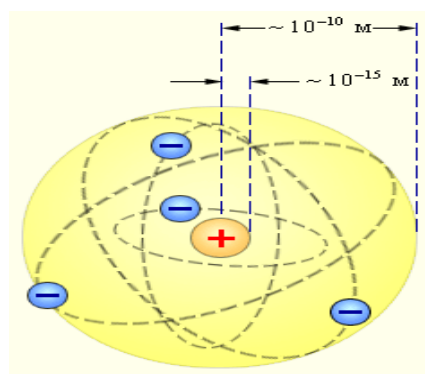


Рисунок 6.1.4.
Планетарная модель атома
Резерфорда. Показаны
круговые орбиты четырех
электронов

Согласно ядерной или планетарной модели, **атом состоит из положительно заряженного ядра вокруг которого по орбитам движутся отрицательно заряженные электроны.**

Планетарная модель атома, предложенная Резерфордом, несомненно явилась крупным шагом вперед в развитии знаний о строении атома. Она была совершенно необходимой для объяснения опытов по рассеянию α -частиц, однако оказалась неспособной объяснить сам факт длительного существования атома, т.е. 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.

Выход из крайне затруднительного положения в теории атома был найден в 1913 г. датским физиком Нильсом Бором на пути дальнейшего развития квантовых представлений о процессах в природе. Он в виде постулатов (предложений) сформулировал основные положения новой теории.

Первый постулат: Атом может находиться только в особых, стационарных состояниях. Каждому состоянию соответствует определённое значение энергии — энергетический уровень. Находясь в стационарном состоянии, атом не излучает и не поглощает.

Второй постулат: Излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией E_k в стационарное состояние с меньшей энергией E_n .

Согласно закону сохранения энергии, энергия **фотона** равна разности энергий стационарных состояний:

$$h\nu = E_k - E_n.$$

Излучение фотона происходит при переходе электрона с орбиты, более удалённой от ядра, на ближнюю к ядру орбиту.

Состояние атома, в котором все электроны находятся на стационарных орбитах с наименьшей возможной энергией, называется **основным**. Все другие состояния атома называются **возбуждёнными**.

Квантовый генератор — общее название источников электромагнитного излучения, работающих на основе вынужденного излучения атомов и молекул.

Лазер - оптический квантовый генератор, создающий мощный узконаправленный когерентный монохроматический луч света.

В 1917 г. А. Эйнштейн на основе теоретического анализа пришел к выводу, что переход атомов из возбужденного состояния в невозбужденное может быть не только спонтанным, но и вынужденным, индуцированным. Он может произойти под действием внешнего фотона, который проходит вблизи возбужденного атома.

За фундаментальные работы по созданию лазеров физикам М. Басову и О. Прохорову в 1959 г. была присуждена Ленинская премия. В 1963 г. М. Басов, А. Прохоров и американский физик Ч. Таунс за работы в области лазеров были удостоены Нобелевской премии.

С созданием лазеров возникли новые разделы оптики, изучают свойства и возможное практическое применение когерентного света.

Лазеры находят очень широкое применение в современной технике.

Одно из направлений в практическом применении лазеров связано с тем, что в лазерном пучке света удается сконцентрировать очень большую мощность (до десятков мегаватт). Лазеры применяют для сварки и резки тугоплавких материалов, для сверления отверстий (например, в алмазах); в медицине — для проведения тонких и сложных операций (например, для приваривания сетчатки глаза, что отслоилась). С помощью лазеров осуществляется точечная сварка при производстве полупроводниковых приборов.

Другое направление в применении лазеров связано с тем, что свет, который излучается лазером, при распространении почти не рассеивается. Это свойство лазерного света используют, например, для прокладки линий метрополитена, для измерения расстояний и углов в геодезии, для определения скоростей и курса кораблей, самолетов, ракет, для локализации планет.

Третье направление в использовании лазеров связано с когерентностью излучаемого лазером света: свет лазера имеет очень узкий спектр, его можно модулировать и с его помощью передавать информацию. На сегодня действуют лазерные линии связи. Лазеры используют для записи телевизионных изображений.

5. Закрепление материала.

Ответьте письменно на вопросы:

1. Назовите факты, указывающие на то, что атом имеет внутреннюю структуру.
2. Кто и когда предложил первую модель строения атома? Каково строение атома?
3. Опыты Резерфорда? В чем они заключались? К какому выводу пришел Резерфорд?
4. Каково строение атома, согласно ядерной модели.

5. Почему модель атома называют планетарной?
6. Что устанавливают постулаты Бора?
7. Когда атом излучает энергию?
8. Квантовый генератор – что это?
9. Где применяются лазеры?