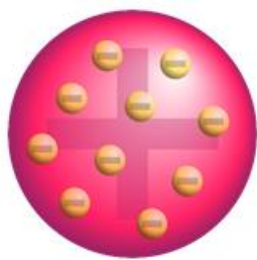


Физика атома

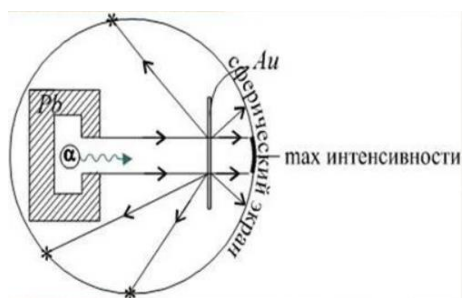


Английский ученый Томсон в 1903 году предложил первую модель атома.

Положительный заряд атома занимает весь объем атома и распределен в этом атоме с постоянной плотностью, а внутри него находятся электроны. Модель атома Томсона сравнивают с «булочкой с изюмом», в которой роль изюминок играют электроны.

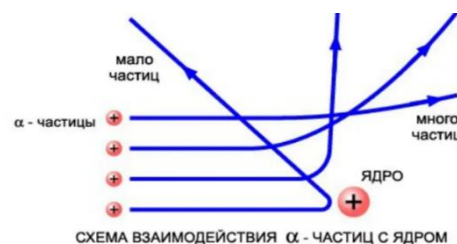
Желая подтвердить или опровергнуть модель Томсона, английский ученый Э. Резерфорд поставил опыты, которые показали несостоятельность модели Томсона. В своих опытах Э. Резерфорд использовал метод *сцинтилляций* (*сцинтилляционные счетчики частиц*). В основе метода – способность частиц вызывать вспышки на экране, покрытом слоем специального вещества. Этот метод дает возможность счета частиц и позволяет фиксировать их распределение по энергиям.

Опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц

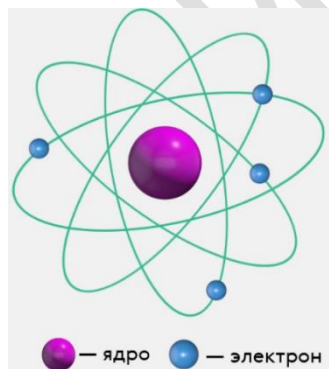


Э. Резерфорд исследовал прохождение узкого пучка α -частиц через очень тонкую золотую фольгу. α -частицы испускались радиоактивным элементом, помещенным внутри свинцового цилиндра, он поглощал все α -частицы, кроме тех, которые проходили через узкий канал. Узкий пучок α -частиц попадал на фольгу из золота. Рассеянные после взаимодействия с золотом α -частицы регистрировались визуально с помощью метода сцинтилляций.

Результаты опытов: 1) большая часть α -частиц проходит сквозь тонкий слой вещества, почти не отклоняясь от первоначального направления; 2) очень небольшая доля α -частиц отклонялась на большие углы. Отклонение частиц – результат действия большой кулоновской силы, которая является результатом лобового столкновения положительно заряженной α -частицы с положительным зарядом в атоме. Отклонение небольшого числа частиц говорят о том, что размеры этого заряда очень малы. Резерфорд назвал его «ядро атома» и в 1911 году предложил планетарную модель атома.



Планетарная модель атома



Резерфорд предположил, что атом представляет собой миниатюрную планетарную систему, в которой действуют электрические силы притяжения. В центре каждого атома находится положительно заряженное ядро. Вокруг ядра по эллиптическим орбитам вращаются отрицательно заряженные электроны.

В ядре сосредоточена практически вся масса атома, но оно занимает ничтожно малую часть его объема. Электронная оболочка занимает большую часть объема атома, но ее масса мала. В целом атом нейтрален, т. к. суммарный отрицательный заряд электронов равен положительному заряду атомного ядра.

Планетарная модель атома Резерфорда не смогла объяснить ряд важнейших свойств атомов. В частности, атом, согласно классической механике, должен излучать электромагнитные волны, т. к. электроны движутся с ускорением (центростремительным). Это должно приводить к уменьшению энергии атома, а, следовательно, к падению электрона на ядро. Однако атомы обычно не излучают электромагнитные волны и устойчивы.

Постулаты Бора

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. Последовательной теории атома Бор, однако, не разработал. Он в виде постулатов сформулировал основные положения новой теории. Причем и законы классической физики не отвергались им безоговорочно. Новые постулаты, скорее, налагали лишь некоторые ограничения на рассматриваемые классической физикой движения.

Постулаты Бора

Первый постулат Бора: атом может находиться в определенных состояниях, называемых стационарными, каждому из которых соответствует определенная энергия. В стационарных состояниях атом не излучает энергию.

Второй постулат Бора: излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией E_k в стационарное состояние с меньшей энергией E_n . Энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний

$$h\nu = E_k - E_n$$

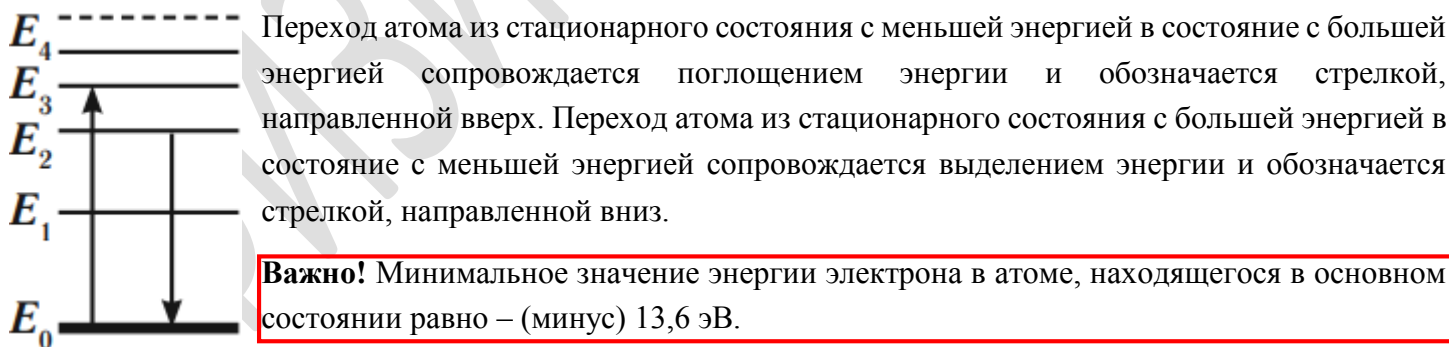
Поскольку атом может не только излучать, но и поглощать свет, то энергия поглощенного или излученного фотона при переходе атома из одного стационарного состояния с энергией E_k в другое стационарное состояние с энергией E_n

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

Стационарное состояние с минимальным запасом энергии называется **основным состоянием**, а все остальные стационарные состояния называются **возбужденными состояниями**.

Важно! В атомной физике энергию принято выражать в электронвольтах (сокращенно эВ). 1 эВ равен энергии, приобретаемой электроном при прохождении им разности потенциалов 1 В: $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

Стационарные состояния представляют с помощью энергетической диаграммы. На ней состояния атома обозначаются горизонтальными линиями – энергетическими уровнями.



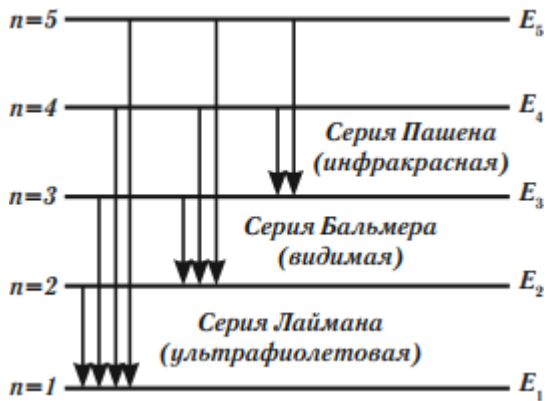
Значение энергии на произвольном энергетическом уровне можно найти по формуле

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2}$$

Используя постулаты и планетарную модель атома, Бор разработал количественную теорию атома водорода.

Серии спектральных линий излучения, возникающих при переходе атома водорода из возбужденных состояний, принято объединять в группы.

Спектральные серии атома водорода



Серия Лаймана: если атом водорода перейдет с возбужденных стационарных уровней в основное состояние, то он излучит невидимые ультрафиолетовые лучи с набором соответствующих частот.

Серия Бальмера: Если атом водорода перейдет с возбужденных стационарных уровней на второй уровень, то он излучит видимый свет с набором соответствующих частот.

Серия Пашена: Если атом водорода перейдет с возбужденных стационарных уровней на третий уровень, то он излучит невидимые инфракрасные лучи с набором соответствующих частот.

Линейчатые спектры

Спектр – это набор частот, излучаемых нагретым телом.

Тип спектра	Условия и источник	Внешний вид
Непрерывный (сплошной)	Излучают нагретые тела в твердом и жидком состоянии, а также в сжатом газообразном	
Полосатый	Излучают газы в молекулярном состоянии	
Линейчатый	Излучают раскаленные газы в атомарном состоянии под сравнительно небольшим давлением	

Спектры испускания дают нагретые до высокой температуры тела. Эти спектры состоят из узких линий разного цвета. Для получения линейчатого спектра излучения вещества, находящегося в обычных условиях в твердом состоянии, его надо нагреть до высокой температуры, при которой оно перейдет в атомарное газообразное состояние.

Спектры поглощения возникают при пропускании лучей сплошного спектра через менее нагретый газ. На фоне сплошного спектра обнаруживаются узкие темные полосы.

Mg									
N									
Газ									

Линейчатый спектр у каждого химического элемента свой, не совпадающий со спектром другого химического элемента. Зная линейчатые спектры различных химических элементов, можно определить химический состав неизвестного газа. Для этого необходимо сравнить линейчатый спектр данного газа со спектрами известных элементов. По рисунку видно, что газ состоит из магния и азота, т. к. в его спектре присутствуют только линии, принадлежащие этим газам.

Линии спектра поглощения расположены в тех местах спектра, в которых находятся линии спектра излучения того же газа.

Спектральный анализ – метод определения химического состава тел по их спектру испускания или поглощения.

Спектральный анализ основывается на двух положениях:

1. каждый химический элемент или химическое соединение характеризуется определенным спектром;
2. интенсивность линий и полос в спектре зависит от концентрации того или иного элемента в веществе.



Спектроскоп – прибор для разложения сложного света и наблюдения спектров.

Спектроскоп состоит из двух труб – коллиматорной и зрительной, укрепленных на подставке и стеклянной призмы под крышкой.

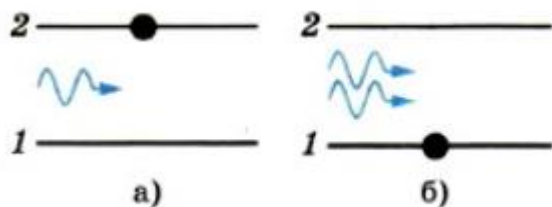
Параллельный пучок света, выходящий из коллиматора, попадает на грань стеклянной призмы. Так как показатель преломления зависит от длины волны, то пучок света, состоящий из волн с разной длиной волны, разлагается на параллельные пучки света разного цвета. Линза зрительной трубы фиксирует каждый пучок и дает разноцветные изображения щели, образуя разноцветную полоску – спектр.

Лазер

Лазер – это оптический квантовый генератор, создающий мощные, узконаправленные, когерентные пучки монохроматического излучения.

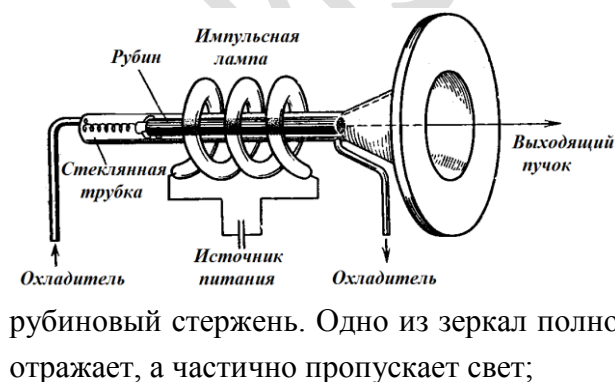
Излучение может быть спонтанным (самопроизвольным) или индуцированным (вынужденным).

Спонтанное излучение – испускание атомом фотона в результате самопроизвольного перехода электрона из возбужденного состояния в основное.



Индуцированное излучение – переход электрона из возбужденного состояния в основное под действием электромагнитного излучения. Фотон-«катализатор» попадает в возбужденный электрон и, стимулируя его переход в основное состояние, не теряет своей энергии. В результате из атома испускаются два фотона.

Устройство рубинового лазера



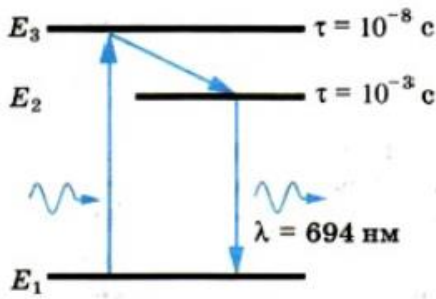
1. *рубиновый стержень*; представляет собой цилиндр, длина которого в 8–10 раз превышает его диаметр;

2. *система зеркал*; состоит из двух строго параллельных друг другу плоских зеркал, расположенных возле торцов рубинового стержня. Используется для того, чтобы заставить световой пучок многократно проходить через

3. *газоразрядная лампа*; имеет вид спирали и охватывает рубиновый стержень. Ее используют для возбуждения ионов хрома в рубине;

4. *система охлаждения*; охлаждает рубиновый стержень при работе лазера;

Принцип работы рубинового лазера



При облучении рубина сине-зеленым светом ионы хрома возбуждаются и из основного состояния (уровень 1) переходят в возбужденное состояние (уровень 3). Через короткий промежуток времени ($\approx 10^{-8} \text{ с}$) большинство ионов хрома спонтанно переходят с уровня 3 на метастабильный энергетический уровень 2, в котором они могут находиться $\approx 10^{-3} \text{ с}$, т. е. в 100 тысяч раз дольше, чем на обычном возбужденном уровне. Таким образом, создается «перенаселение» уровня 2, т. е. число возбужденных электронов

больше числа невозбужденных электронов. Переход ионов с энергетического уровня 3 на метастабильный уровень 2 происходит без излучения света. Высвобождающаяся при таком переходе энергия передается кристаллической решетке рубина.

Под действием электромагнитных волн, облучающих рубин, или под действием фотонов, появляющихся в самом веществе при спонтанных переходах атомов на уровень 2, происходит переход ионов хрома с метастабильного уровня 2 на уровень 1, и возникает вынужденное излучение света.

Свойства лазерного излучения

1. Лазеры способны создавать пучки света с очень малым углом расхождения (около 10^{-5} рад). На Луне такой пучок, испущенный с Земли, дает пятно диаметром 3 км.
2. Свет лазера обладает исключительной монохроматичностью. В отличие от обычных источников света, атомы которых излучают свет независимо друг от друга, в лазерах атомы излучают свет согласованно. Поэтому фаза волны не испытывает нерегулярных изменений.
3. Лазеры являются самыми мощными источниками света.