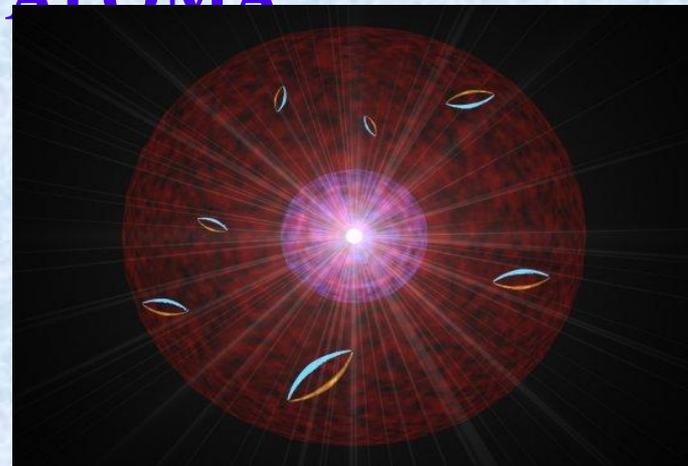




КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

СТРОЕНИЕ АТОМА

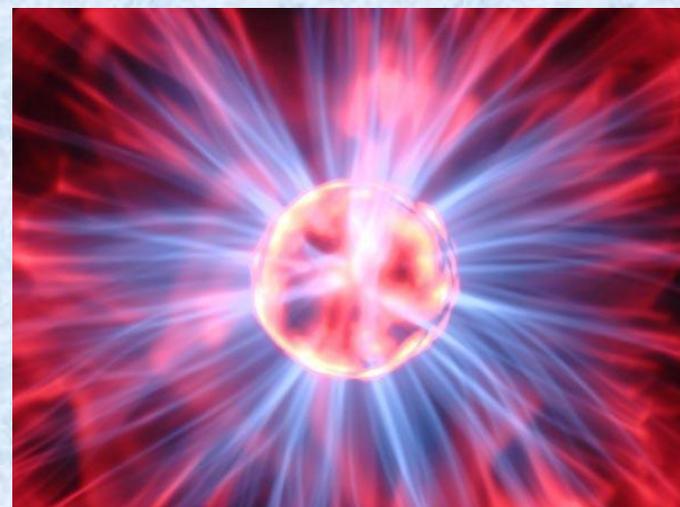
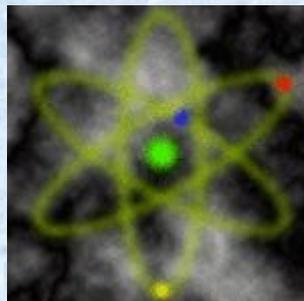
- 1
Строение атома
Электрон
Радиоактивные лучи
Опыт Резерфорда
Ядерная модель
Планетарная модель
Оптические спектры
Постулаты Бора
Модель атома водорода
Появление квантовой



Добродеев Н.А.
Самоварщиков Ю.В.



механики



СТРОЕНИЕ

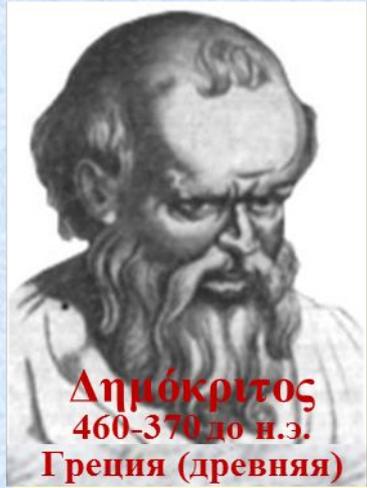
АТОМА

«Все тела состоят из мельчайших, невидимых, неделимых и вечно движущихся частиц – АТОМОВ»

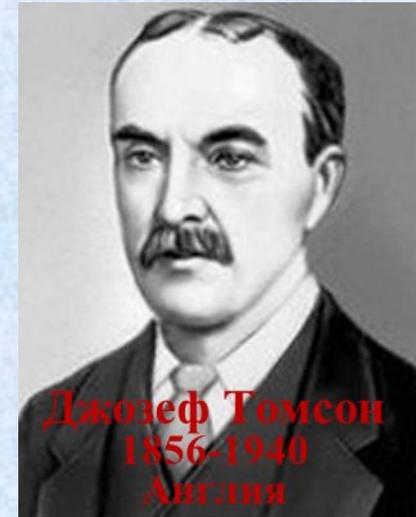
Демокрит Абдерский

• Предположение о том, что все тела состоят из мельчайших частиц, было высказано древнегреческими философами примерно 2500 лет назад

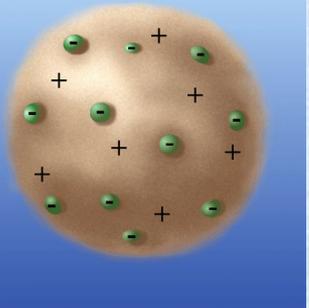
• Примерно с середины XIX в. стали появляться экспериментальные факты, указывающие на то, что атомы имеют сложную структуру и что в их состав входят электрически заряженные частицы.



• В 1896 г. Джозеф Томсон - директор знаменитой Кавендишской лаборатории, открыл электрон. В 1903г. он выдвинул гипотезу о том, что электрон находится внутри атома. Но поскольку атом в целом нейтрален, Томсон предположил, что отрицательные заряды в атоме положительно заряженным



• Атом, по мысли Дж. Томсона, очень похож на "пудинг с изюмом", где "каша" - положительно заряженное вещество атома, а электроны - "изюм" в ней.



Чем больше открытий, тем больше

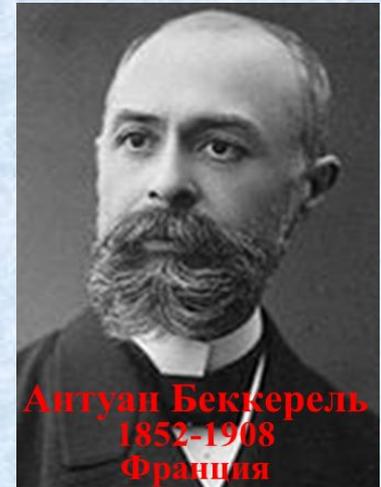
вопросов...

РАДИОАКТИВНЫЕ ЛУЧИ

• В 1896 г. Антуан Беккерель открывает явление самопроизвольного испускания некоторыми химическими элементами (соли урана) невидимых лучей.

• К 1898 г. физик Мария Склодовская-Кюри обнаружила аналогичное излучение у тория и, исследуя урановые руды, открыла новые радиоактивные химические элементы: полоний и **радий**. По имени последнего элемента явление испускания невидимых лучей назвали **радиоактивностью**.

• Позднее было установлено, что все химические элементы, начиная с порядкового номера **83**, являются **радиоактивными**.



• Свечение сульфида цинка под действием излучения радия привело к появлению на товарном рынке множества новых товаров с **«волшебными свойствами»**: губная помада, зубная паста, кремы для волос, украшения, детали одежды, **свещающиеся в темноте**.

Свещающиеся броши 30 - х годов — **7 - 10 мкЗв/ч при нормальном фоне 0,2 мкЗв/ч**

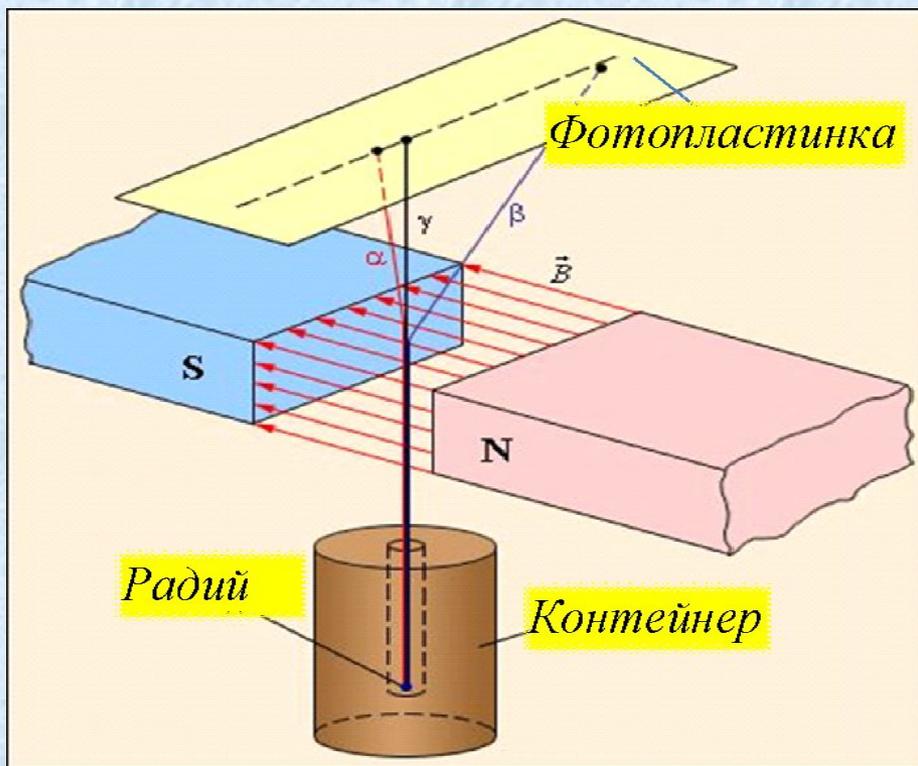
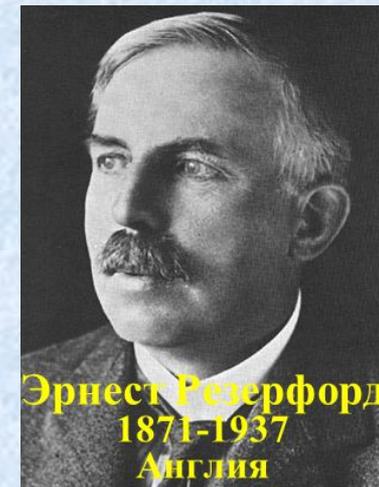
Радий 226 – период полураспада 1600 лет



РАДИОАКТИВНОСТЬ

❖ Радиоактивность – это самопроизвольное превращение (распад) атомов некоторых элементов, сопровождающееся испусканием ионизирующего излучения.

• В 1909 году английский физик Эрнест Резерфорд пропустил поток радиоактивных лучей через магнитное поле.



• В магнитном поле поток радиоактивного излучения распадается на 3 составляющих:

положительно заряженные - **альфа-лучи**;

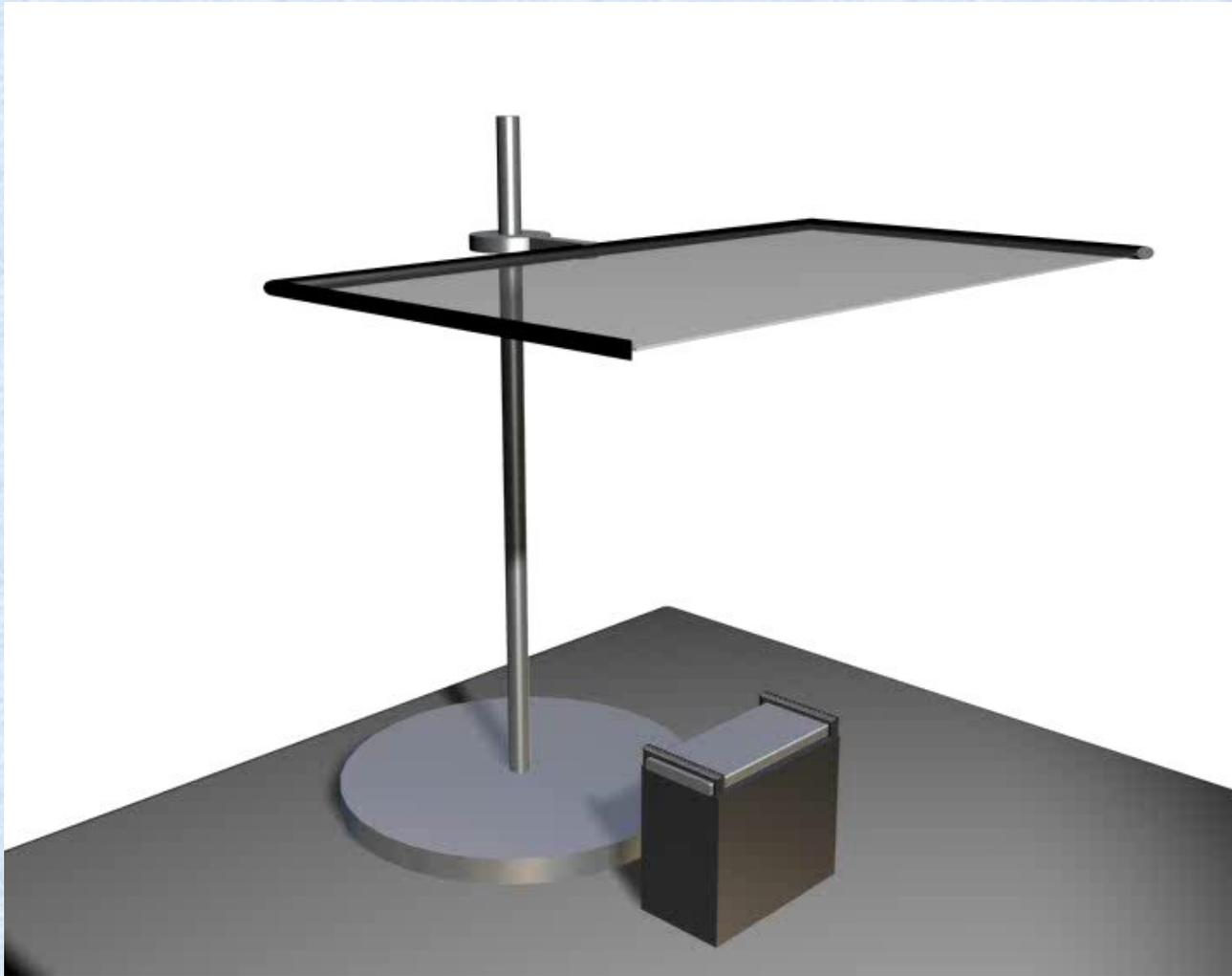
отрицательно заряженные - **бета-лучи**;

незаряженные - **гамма-лучи**

Подробное исследование этих компонентов позволило выяснить их основные свойства

«Блажен, кто явственно узрел
Хотя бы скорлупу природы». Иоганн

РАДИОАКТИВНЫЕ ЛУЧИ



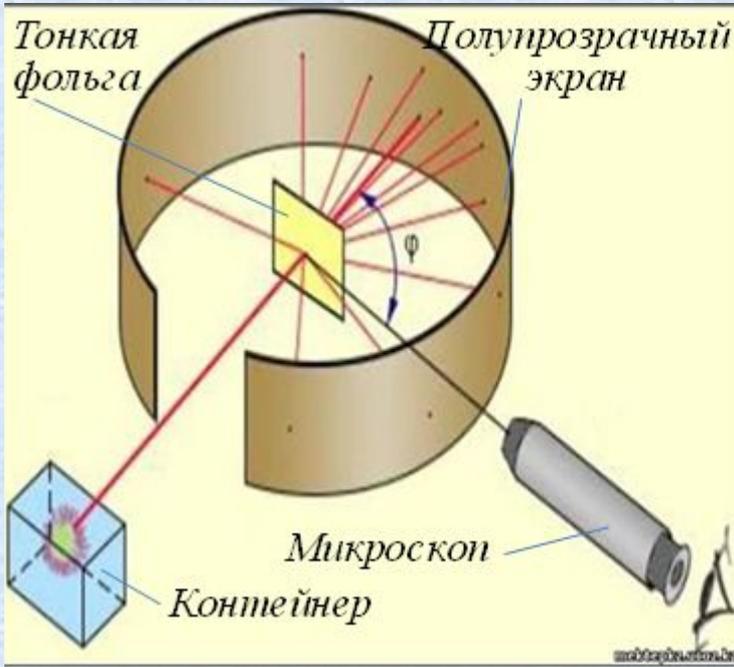
❖ **Радиация – это ионизирующее излучение, возникающее при распаде атомов элементов в виде потока частиц и высокочастотного электромагнитного излучения.**

РАДИОАКТИВНОСТЬ



α -лучи представляют собой поток быстро движущихся *ионов атомов гелия*;
 β -лучи представляют собой поток быстрых *электронов*;
 γ -лучи представляют собой высокочастотное *электромагнитное излучение* с чрезвычайно малой длиной волны.

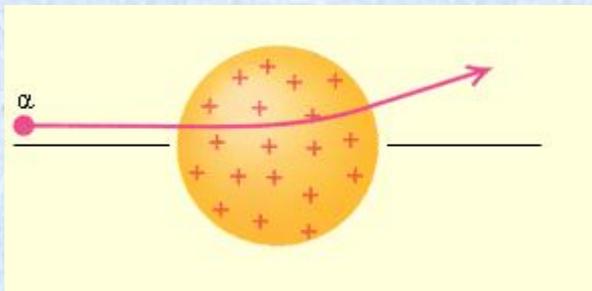
ОПЫТ РЕЗЕРФОРДА



Задача опыта: определить распределение положительного заряда по атому радиоактивного источника, заключенного в свинцовый контейнер, α -частицы направлялись на тонкую металлическую фольгу.

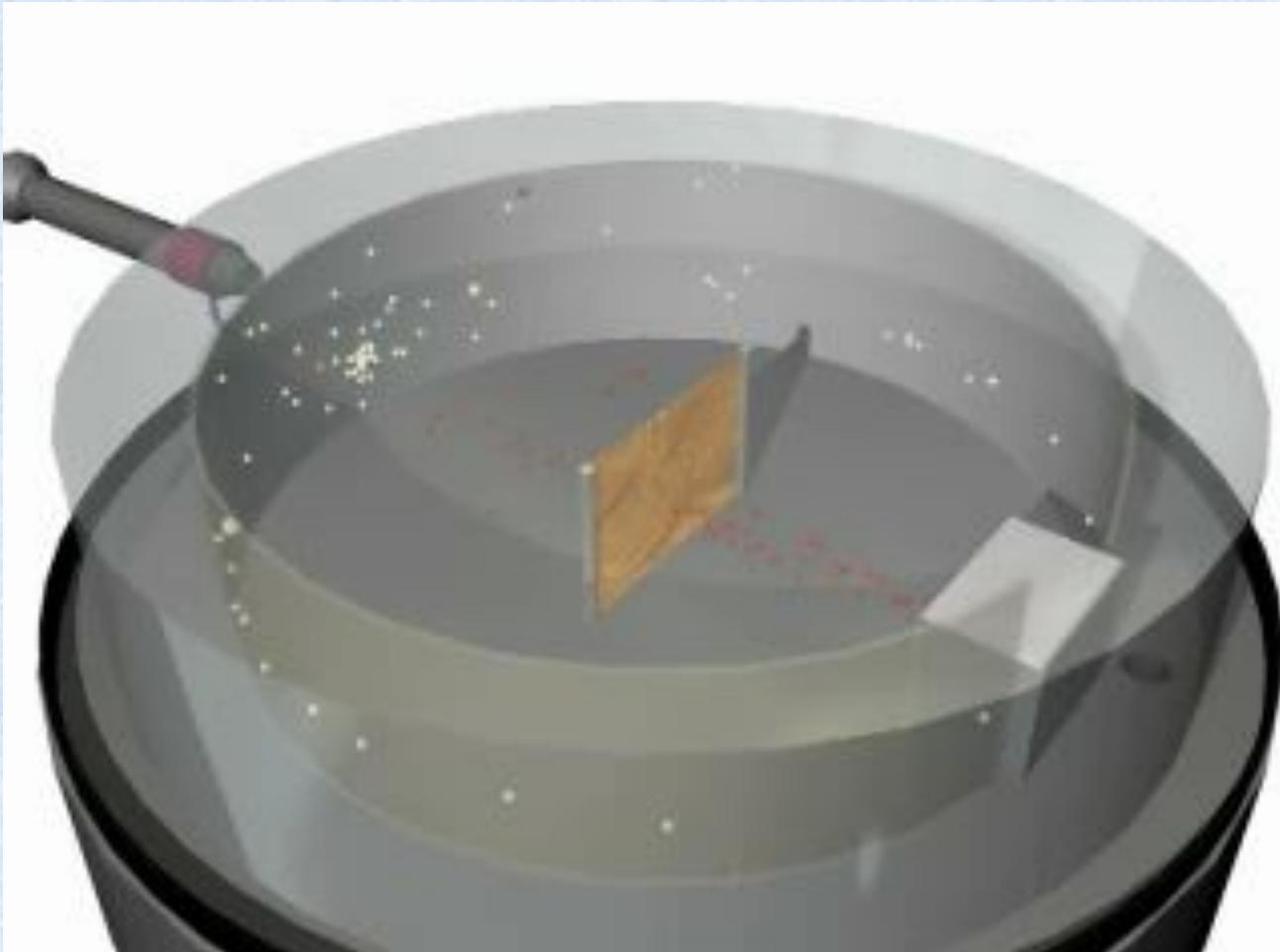
- Фольга очень тонкая, изготовлена из золота – самого пластичного металла. Толщина фольги 2 – 3 атомных слоя.
- Рассеянные частицы попадали на экран, покрытый слоем кристаллов сульфида цинка, способных светиться под ударами быстрых заряженных частиц.

• Сцинтилляции (вспышки) на экране наблюдались глазом с помощью микроскопа. Наблюдения рассеянных α -частиц можно было проводить под различными углами φ к первоначальному направлению пучка.



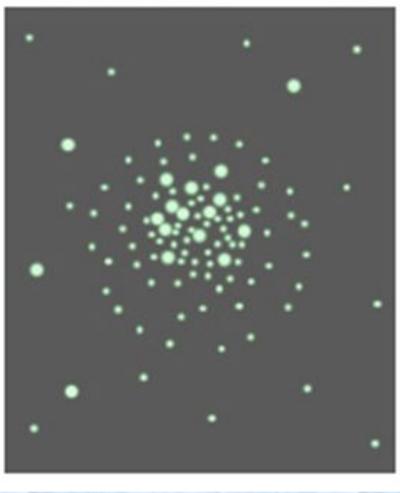
Ожидалось, что большинство α -частиц, обладая высокой скоростью, пройдут через тонкий слой металла, практически не испытывая отклонения. Максимальные отклонения не должны превышать 20°

ОПЫТ РЕЗЕРФОРДА



- Было обнаружено, что большинство α -частиц проходит через тонкий слой металла, практически не испытывая отклонения.
- 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°** .

ЯДЕРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА



• Как показал анализ, сильные отклонения α -частиц могут происходить, только если в атоме есть положительно заряженное ядро малых размеров, причем в ядре должна быть сосредоточена практически вся масса атома.

«Это было столь же неправдоподобно, как если бы Вы произвели выстрел по обрывку папиросной бумаги 15-дюймовым снарядом, а он вернулся бы назад и угодил в вас».
Э. Резерфорд

• Два года потребовалось, чтобы сформулировать новые представления о строении атома. Новую модель называли **ядерной моделью атома**.

Основные положения ядерной модели атома

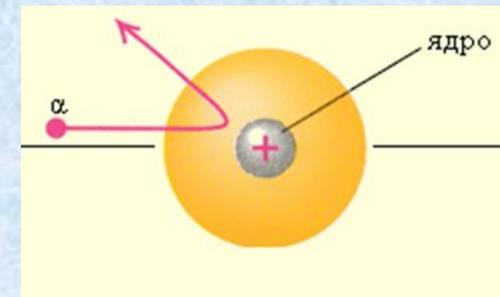
❖ В центре атома находится небольшое **атомное ядро**.
Размер атома $R_{ат} \sim 10^{-10} \text{ м}$, размер ядра $R_{я} \sim 10^{-15} \div 10^{-14} \text{ м}$
(ядро меньше атома примерно в 100000 - 10000 раз);

❖ **Атомное ядро** имеет **положительный заряд** $q_{я} = +Ze$

Z – число **электронов** в атоме (атом в целом

нейтрален)

❖ В **ядре** содержится практически вся **масса атома**:
 $m_{э} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – элементарный электрический заряд;
 $m_{А} \approx m_{я}$ **масса электронов** гораздо меньше **массы ядра**



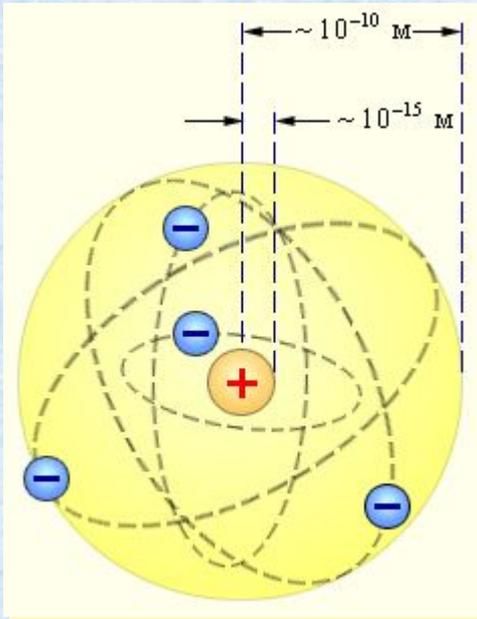
Чем больше открытий, тем больше

вопросов.

ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА

А как ведут себя электроны в атоме?

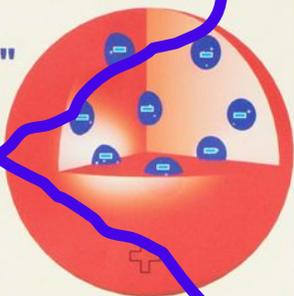
Э. Резерфорд и Н. Бор в 1913 г. предложили планетарную модель:



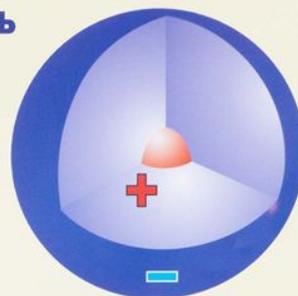
- ❖ **Электроны движутся по орбитам вокруг ядра под действием сил электрического притяжения (подобно движению планет вокруг Солнца под действием гравитационного притяжения).**

ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА

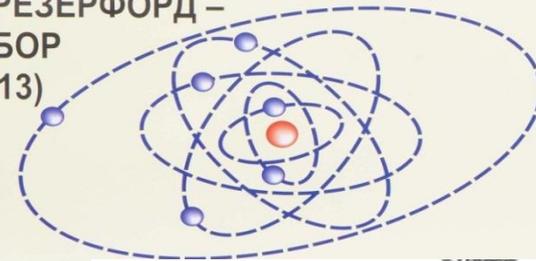
Модель
"Булка с изюмом"
Дж. Дж. ТОМСОН
(1903)



Ядерная модель
Э. РЕЗЕРФОРД
(1911)



Планетарная модель
Э. РЕЗЕРФОРД –
Н. БОР
(1913)

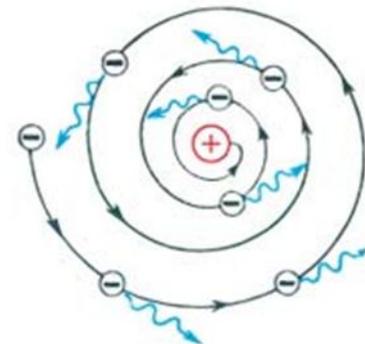


Чем больше открытий, тем больше вопросов.

В планетарной модели атом оказывается неустойчивым: электроны, двигаясь вокруг ядра с ускорением, должны излучать электромагнитные волны, терять свою энергию и, в конце концов, упасть на положительно заряженное ядро.

Однако этого не происходит – атомы в отсутствие внешних воздействий являются стабильными

Вопрос №1



Вопрос №2

При пропускании через призму света сильно нагретые твердое тело или жидкость дают сплошную разноцветную полосу от красного до фиолетового цвета – непрерывный или сплошной спектр.

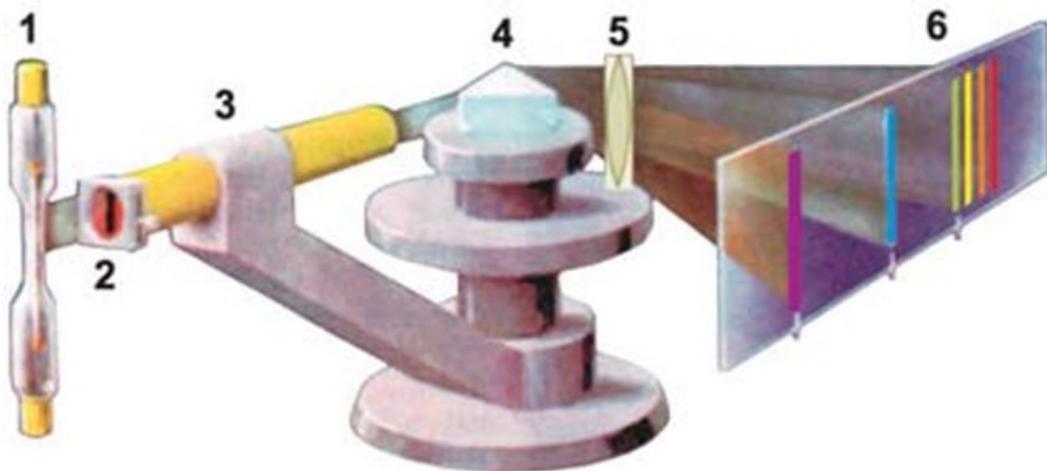


Однако этого не происходит – если нагреть атомарный газ: в его спектре излучения присутствуют только отдельные частоты излучения



ОПТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ

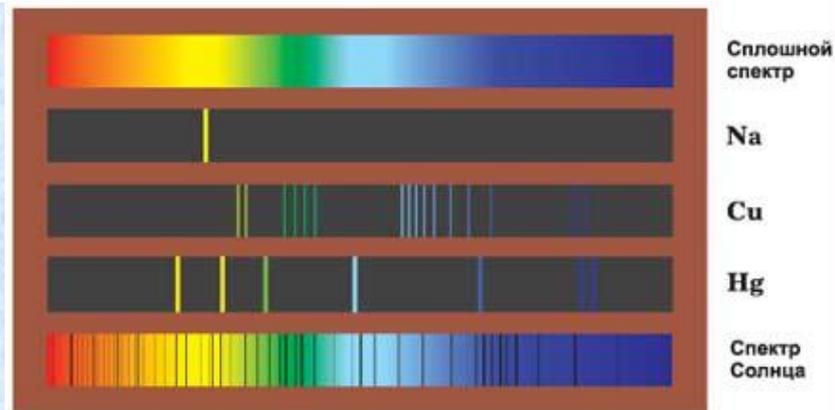
СПЕКТРОГРАФ



1 - источник света, 2 - щель, 3 - первый объектив, 4 - призма, 5 - второй объектив, 6 - фотопленка

Спектр получается с помощью **спектрографа**, основной частью которого является **стеклянная призма**. Призма отклоняет **лучи разного цвета** (разной длины волны) на **разные углы** в силу зависимости показателя преломления от частоты - **явление дисперсии**

СПЛОШНОЙ И ЛИНЕЙЧАТЫЕ СПЕКТРЫ



- Ещё в 1672 году И. Ньютон провел опыт по разложению белого света, прошедшего через призму, в спектр.
- Непрерывный или сплошной спектр дают сильно нагретые твердые тела или жидкости, а также газы под большим давлением
- Линейчатые спектры дают сильно нагретые атомарные газы. В спектрах присутствуют только определенные частоты, и на экране спектрографа наблюдаются яркие линии разных цветов.

ОПТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ



- Линейчатые спектры, полученные от сильно нагретых атомарных газов в виде ярких линий на темном фоне, называют спектрами испускания.
- Линейчатые спектры, полученные при пропускании белого света через холодный атомарный газ в виде черных линий на фоне непрерывного спектра, называют спектрами поглощения.
- Каждому химическому элементу присущ свой индивидуальный линейчатый спектр.

СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

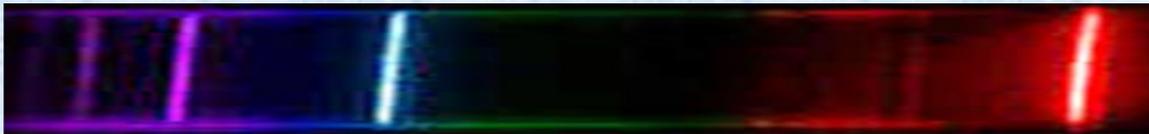
- Самым простым оказался **спектр излучения атомов водорода**. Частоты всех линий его излучения удалось выразить одной сравнительно простой формулой:

$$\nu = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Здесь $k = 1, 2, 3, \dots$, $n = 2, 3, 4, \dots$, причем $n > k$.

Эта формула была получена Йоханнесом Ридбергом в 1891 году на основе опытных данных ряда ученых ($R = 3,29 \cdot 10^{15}$ Гц – постоянная Ридберга).

- Большинство линий находится в ультрафиолетовой и инфракрасной областях. Только **четыре** линии находятся в видимой области:



H_{δ} H_{γ}

410нм 434нм

H_{β}

486нм

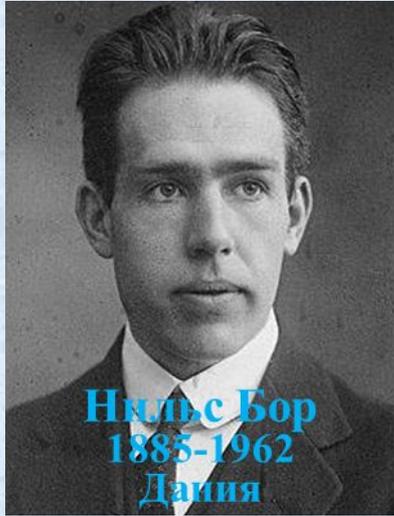
H_{α}

656 нм



Снимок туманности в цветах спектра водорода

ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА. ПОСТУЛАТЫ БОРА



• Ниельс Бор, чтобы объяснить устойчивость атомов в планетарной модели, предложил ... просто постулировать (?) этот факт:

Первый постулат Бора: атом может находиться только в особых стационарных состояниях, в которых, он не излучает. Энергии этих состояний образуют дискретный набор:

$$E_1, E_2, \dots, E_n$$

• Чтобы объяснить линейчатые спектры атомов, ему пришлось выдвинуть второй постулат:

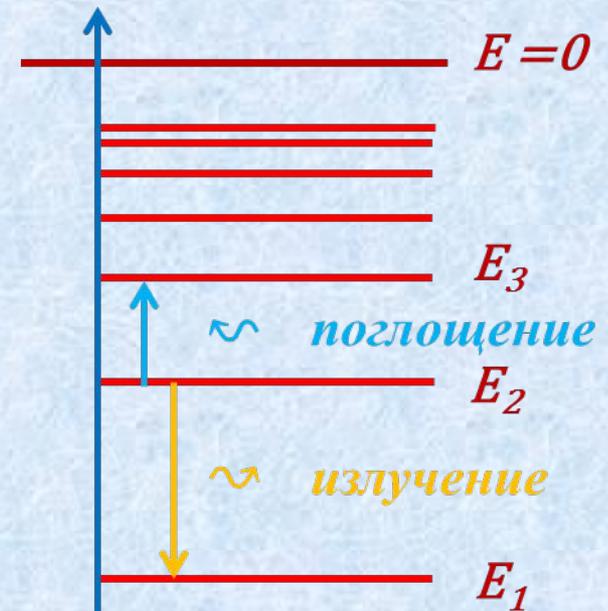
Второй постулат Бора: излучение происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией E_n в стационарное состояние с меньшей энергией E_k в виде одного кванта электромагнитной волны.

• Энергия излученного кванта равна разности энергий стационарных состояний

$$h\nu = E_n - E_k$$

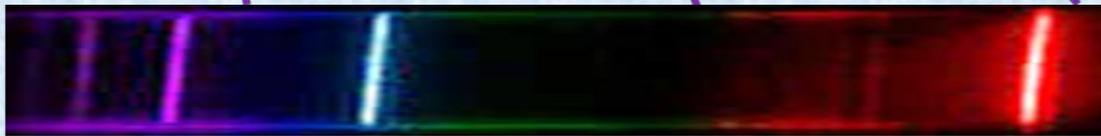
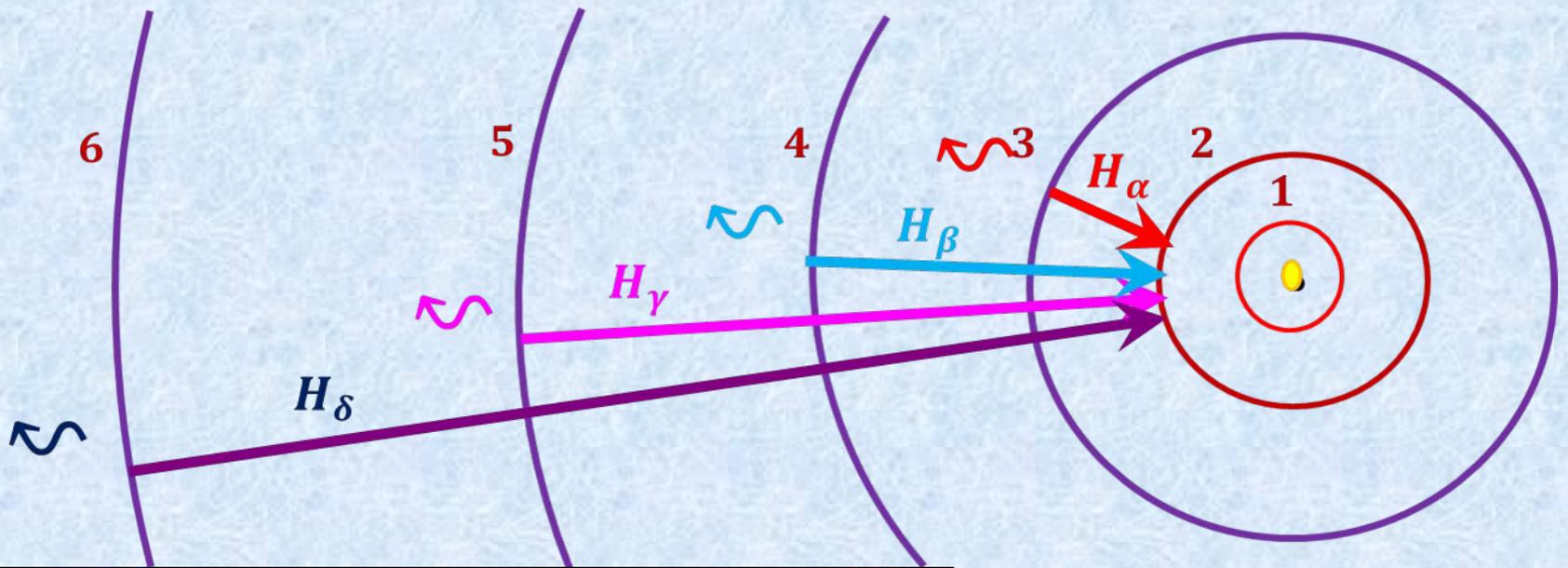
$$\lambda \cdot \nu = c$$

h - постоянная Планка. $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с



ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА. ПОСТУЛАТЫ БОРА

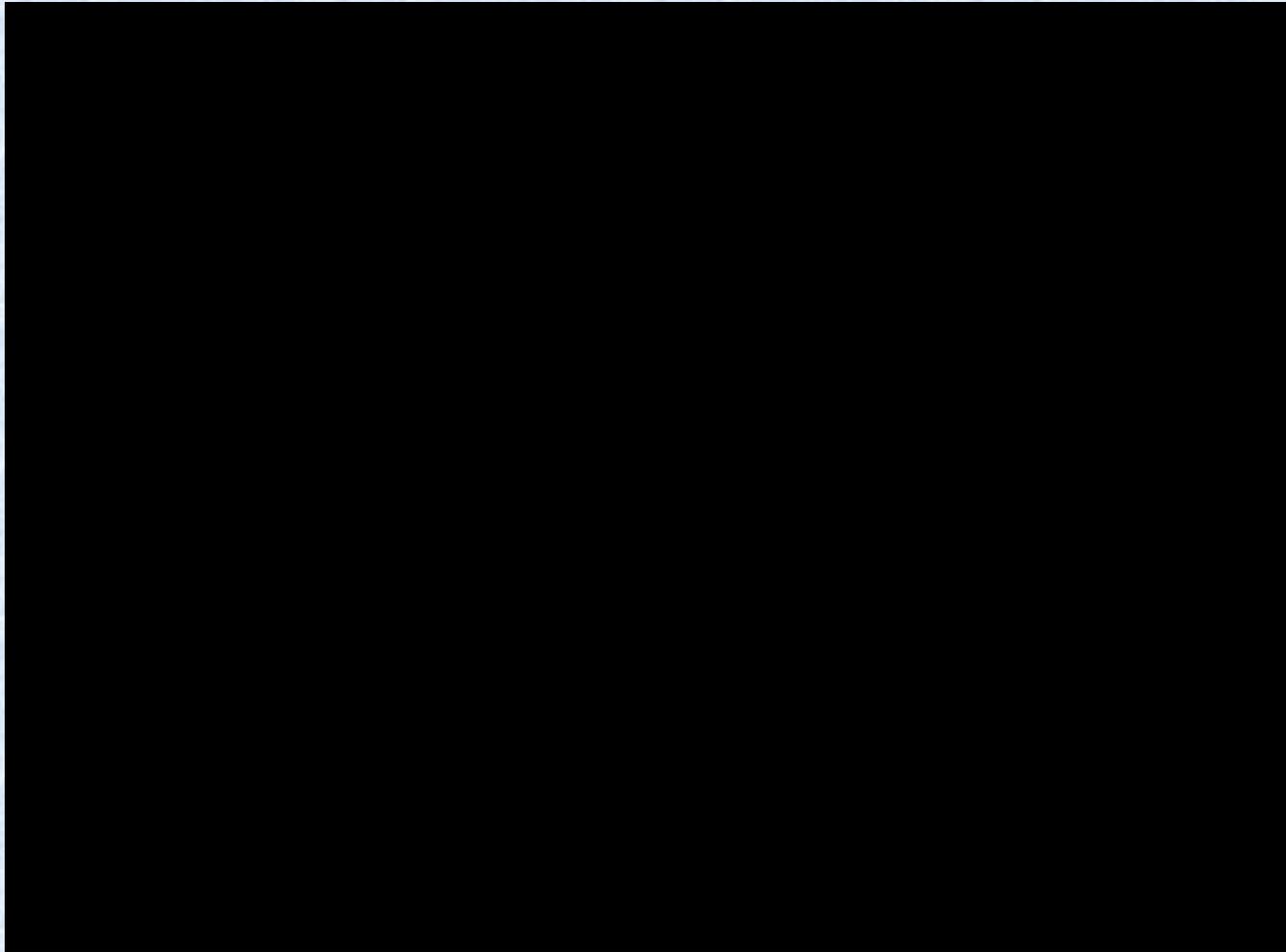
- Согласно квантовой теории Бор смог вычислить для атома водорода:
 - возможные радиусы орбит электрона и размеры атома;
 - энергии стационарных состояний атома;
 - частоты излучаемых и поглощаемых электромагнитных волн
- Теория Бора для атома водорода дала очень точно совпадающую с экспериментальными данными картину водородных спектров. Это был успех.



H_δ H_γ H_β H_α
410нм 434нм 486нм 656 нм

● Для радиусов орбит Бор получил формулу:
$$r_n = r_1 \cdot n^2$$
где $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}$

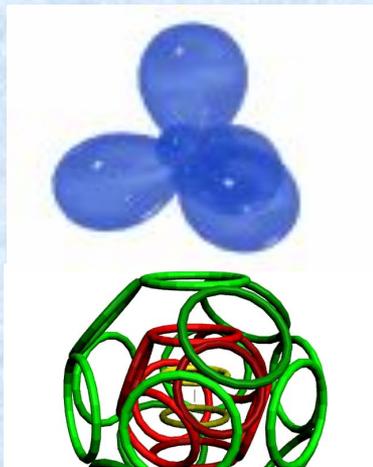
СПЕКТРЫ. КВАНТОВАНИЕ ЭНЕРГИИ



- Макс Планк выдвинул гипотезу о том, что излучение и поглощение происходит порциями энергии – квантами, а свет представляет собой не только волну, но и частицу.
- Эта гипотеза Планка совместно с экспериментами Резерфорда и моделью атома Бора привела к созданию новой квантовой картины мира

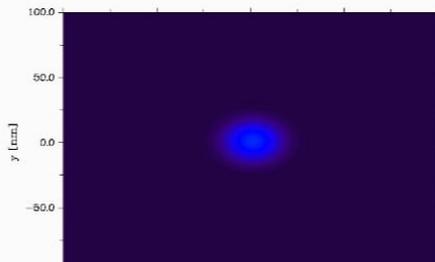
КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

- Классическая механика, хорошо описывающая системы макроскопических масштабов, оказалась не способной описать явления на уровне атомов.
- Квантовая механика адекватно описывает основные свойства и поведение атомов, что подтверждается экспериментами. **Однако, чем больше открытий, тем больше вопросов.**
- Современные представления о движении электрона в атоме мало похожи на планетарную модель. Электронам в атоме, как и другим частицам присущи волновые свойства. Электрон на орбите представляется электронным облаком, имеющим разную плотность, а его состояние описывается волновой функцией.

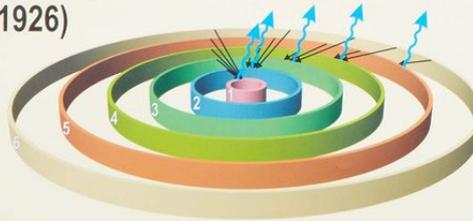


2D Gauss

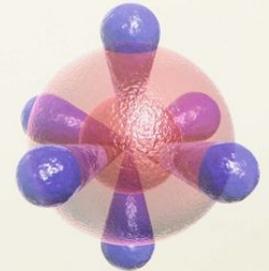
148



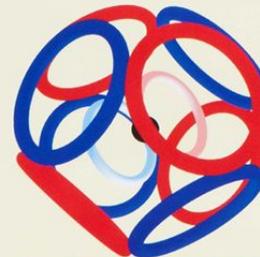
Квантово-механическая модель
Э. ШРЕДИНГЕР
(1926)



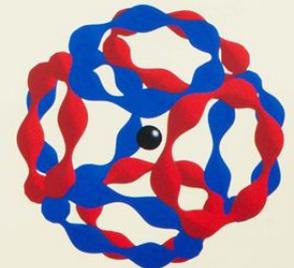
Орбитальная модель
Г. УАЙТ
(1931)



Кольцевая модель
К. СНЕЛЬСОН
(1963)



Волногранная модель



СТРОЕНИЕ АТОМА



**А как все просто и хорошо
начиналось**

КВАНТОВЫЕ

ИСПОЛЬЗОВАЕМЫЕ РЕСУРСЫ: ЯВЛЕНИЯ

1. Физика. Учебник для 9 класса общеобразовательных учреждений. Коллектив авторов. Под редакцией А.А. Пинского и В.Г.Разумовского. 4-е издание. Москва. «Просвещение». 2005г.
2. Квантовая физика. Электронный каталог учебных таблиц / http://www.posobiya.ru/SREDN_SKOOL/PHISIC/N131/index.html
3. Мякишев, Г.Я. и др. Физика. 11 класс [Текст]: учебник для общеобразовательных школ / учебник для общеобразовательных школ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев . –" Просвещение ", 2009.
4. Атом. - Словари и энциклопедии на Академике http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/1799/АТОМ
5. КЛАСС!ная физика для любознательных. Квантовые явления. <http://class-fizika.narod.ru/at5.htm>
6. Открытая физика [текст, рисунки] / <http://www.physics.ru>
7. Полный комплект цветных таблиц по физике. Весь курс средней школы 100 таблиц формата А1. . Издательство ВАРСОН / http://www.varson.ru/physics_ser9kvant.html
8. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов / <http://school-collection.edu.ru/>
9. Атом водорода. Линейчатые спектры. Геометрический портал. / http://neive.by.ru/bestsoft/9_3.htm
10. Школьная физика от Шептикина А.С. <http://physik.ucoz.ru/>
11. Федеральный институт педагогических измерений. КИМ Физика [Электронный ресурс] <http://fipi.ru/view/sections/92/docs/>
12. РОСАТОМ. Студентам и школьникам <http://www.rosatom.ru/wps/wcm/connect/rosatom/rosatomsite/education>