

РАЗДЕЛ-4**БЛОК - 12****БЛОК-12****АТОМНАЯ ФИЗИКА**

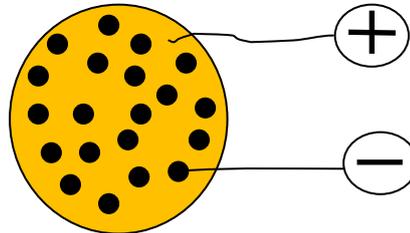
Содержание опорного конспекта	Стр. №	Параграфы учебника	Лист - 12
ОК – 11.12.57	2	§93	1 - 5
1. Модель атома Дж.Томсона			
2. Опыт Э.Резерфорда			
3. Планетарная модель атома			
4. Объяснение опытов Э.Резерфорда			
5. Противоречия классической механики и модели атома			
ОК – 11.12.58	5	§94,95	6 - 14
1. Постулаты Бора			
2. Модель атома по Бору			
ОК – 11.12.59	11	§97	15 - 18
1. Счётчик Гейгера-Мюллера			
2. Камера Вильсона			
3. Пузырьковая камера			
4. Метод толстослойных фотоэмульсий			
ОК – 11.12.60	14	§98,99	19 - 25
1. Естественная радиоактивность			
2. Три вида лучей			
3. Свойства лучей			
ОК – 11.12.61	17	§100,101	26 - 35
1. Радиоактивный распад			
2. Закон радиоактивного распада			
3. Механизмы распадов			

ОК – 11.12.57

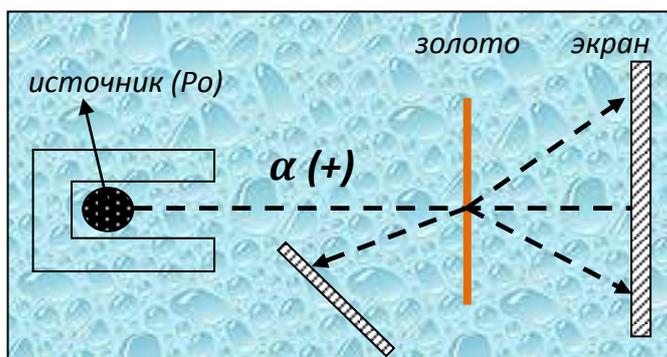
СТРОЕНИЕ АТОМА

1. Модель атома Дж.Томсона -1897г.

«КЕКС»



2. Опыт Э.Резерфорда – 1906 г.



«Снаряды» - α - частицы
На экране – вспышки!

$$V_{\alpha} = 20\,000 \text{ км/с}$$

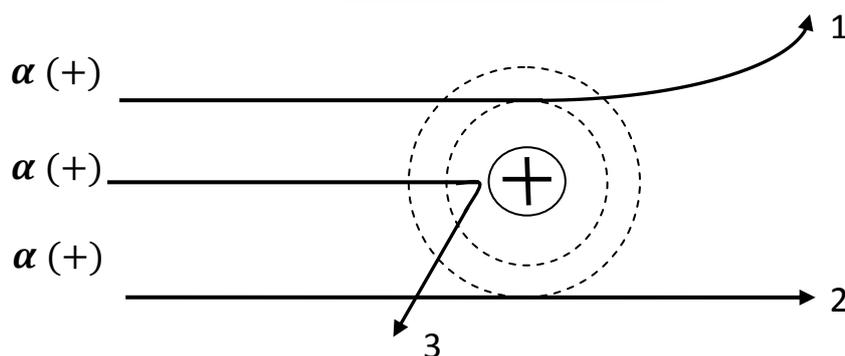
$$q_{\alpha} = 2\bar{e}$$

$$m_{\alpha} = 8000 m_{\bar{e}}$$

3. Планетарная модель атома

- атом – ядро + электроны
- масса и заряд ядра – 99,4%
- ядро $d = 10^{-15} \text{ м}$, атом $d = 10^{-10} \text{ м}$
- заряд ядра $q_{\text{я}} = N\bar{e}$

Объяснение опытов



4. Противоречия классической механики и модели атома

1. модель атома неустойчива?
2. спектр сплошной, а он линейчатый?

1. Модель атома, предложенная Томсоном

Первая модель строения атомов была предложена в 1897г. Дж. Томсоном, который экспериментально доказал существование внутри атомов всех химических элементов одинаковых отрицательно заряженных частиц - **электронов**. Томсон предполагал, что нейтральный атом состоит из положительного электрического заряда, равномерно распределенного по сферическому объему, и отрицательно заряженных электронов внутри атомов. Такая модель аналогична - "кексу".

2. Опыт Резерфорда

Экспериментальная проверка модели Томсона была осуществлена 1906г. английским физиком Резерфордом.

Резерфорд использовал для этой цели поток быстрых положительно заряженных альфа-частиц, испускаемых некоторыми радиоактивными веществами (например, полонием) и имеющих заряд $+2e$ и массу равную $8000 m_e$

Скорость альфа-частицы велика: она составляет $1/15$ скорости света - $20\,000$ км/с.

Источник альфа-частиц помещали внутри свинцовой полости с узким каналом.

Все альфа-частицы, кроме тех, которые поглощались свинцом, двигались по узкому каналу. Пропуская пучок альфа-частиц через тонкую золотую фольгу Резерфорд обнаружил, что

- 1. первая часть частиц отклоняется от первоначального направления;*
- 2. вторая часть частиц не испытывает никаких отклонений;*
- 3. третья часть частиц отражается от фольги.*

Все альфа - частицы, прошедшие через фольгу, или отразившиеся от нее вызывали вспышки на экране.

Такая установка, находящаяся в вакууме позволяет наблюдать альфа-частицы рассеянные под углом до 150° .

3. Планетарная модель атома

Обобщая результаты опытов, Резерфорд предложил ядерную (планетарную) модель строения атома, в которой атом представлен в виде миниатюрной Солнечной системы.

Согласно этой модели:

- 1. В центре атома находится положительное ядро, вокруг которого вращаются по орбитам электроны.*
- 2. Весь положительный заряд и почти вся масса атома (99,4%) сосредоточены в атомном ядре, находящемся в центре атома.*
- 3. Размеры ядра (10^{-15} м) малы по сравнению с размерами атома (10^{-10} м)*
- 4. Вокруг массивного ядра по замкнутым орбитам движутся легкие*

электроны, общий отрицательный заряд которых равен положительному заряду ядра атома.

Используя эти выводы, можно объяснить результаты опытов Резерфорда.

1.Первая часть частиц, которая отклонялась - проходила недалеко от ядра.

2.Вторая часть частиц, которая не испытывала отклонения - проходила далеко от ядра.

3.Третья часть частиц, которая отражалась - попадала в ядро.

4.Противоречия планетарной модели и классической физики

Ядерная модель атома оказалась неожиданной для физиков, т.к. она оказалась в противоречии с законами классической механики и электродинамики.

1.Движение электрона по орбите, как и всякое криволинейное движение есть движение с ускорением. Согласно законам классической электродинамики, криволинейное движение должно сопровождаться излучением света определенной частоты. Следовательно, при движении электрон должен непрерывно излучать энергию. Но уменьшение энергии приводит к уменьшению радиуса орбиты электрона и электрон должен двигаться по спирали приближаясь к ядру и в конце концов упасть на ядро, т. е. получается, что **модель атома неустойчива.**

2.Второе противоречие относится к спектру излучения атома. По классическим законам электродинамики, электрон, приближаясь к ядру, должен двигаться всё быстрее, создавая короткие электромагнитные волны, поэтому спектр излучения атома должен бы быть сплошным, **а на самом деле он линейчатый.**

ПОСТУЛАТЫ БОРА

ОК – 11.12.58

1913 г.

I постулат – постулат стационарных состояний - атомная система может находиться только в особых стационарных состояниях, или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия; в стационарном состоянии атом не излучает.

II постулат – правило частот - при переходе из одного стационарного состояния в другое испускается или поглощается один фотон.

$$h\nu_{mn} = E_m - E_n$$

$$\nu_{mn} = \frac{E_m - E_n}{h}$$

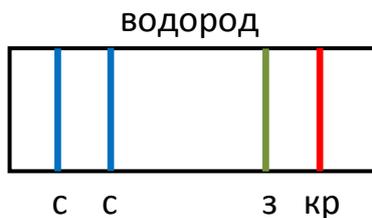
m и n – номера стационарных состояний или главные квантовые числа
 Если $E_m > E_n$, то излучение фотона
 Если $E_m < E_n$, то поглощение фотона

МОДЕЛЬ АТОМА ПО БОРУ

(n=1) → $r = 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}, E = -13,55 \text{ эВ} \text{ (} 1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж)}$

n=1 – основное энергетическое состояние

n>1 – возбужденное состояние ($t = 10^{-8} \text{ с}$)



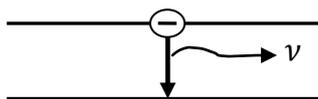
$$\nu_{mn} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

формула Бальмера-Ридберга
 $m = n+1, n+2, n+3, \dots$

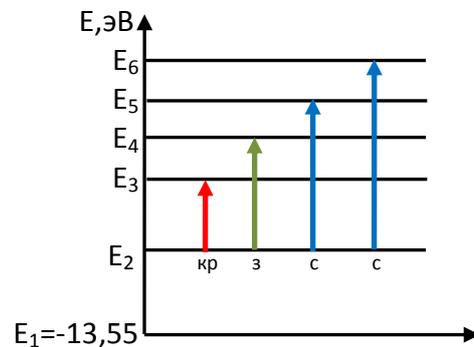
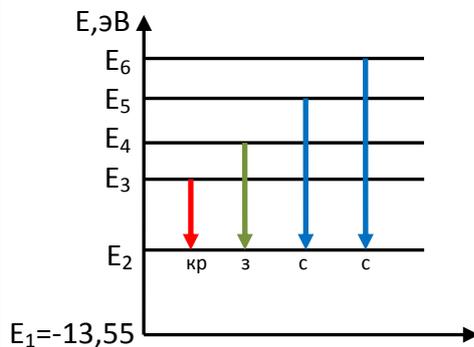
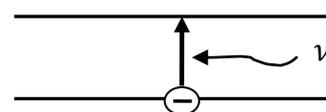
$R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ – постоянная Ридберга

n=1-серия Лаймана - ультра
n=2-серия Бальмера-видимое
n=3-серия Пашена – инфра
 и т.д.

излучение



поглощение



Пояснения к ОК-11.12.58

1. Постулаты Бора

Для объяснений противоречий **можно** было бы выдвинуть два предположения

- 1) либо считать, что предложенная Резерфордом ядерная модель атома соответствует действительности,
- 2) либо считать, что законы классической физики имеют ограниченное значение.

Заменить ядерную модель атома другой моделью не удалось (наоборот новые опыты подтвердили правильность ядерной модели атома).

Поэтому ученым пришлось остановиться на втором предположении, т.е. признать ограниченность применения законов классической физики к атомам.

Первым решился на это один из выдающихся физиков XX века датский ученый *Нильс Бор*.

В 1913г. Н.Бор основываясь на разрозненных опытных фактах, с помощью гениальной интуиции сформулировал в виде постулатов основные положения новой теории.

I постулат. *Атомная система может находиться только в особых стационарных состояниях, или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия; в стационарном состоянии атом не излучает.*

Стационарным состояниям атома соответствуют стационарные орбиты, по которым движутся электроны. При движении по стационарным орбитам электроны, несмотря на то, что они движутся ускоренно, не излучают электромагнитных волн.

В I постулате Бора содержится отказ от выводов электродинамики том, что ускоренно движущейся заряд всегда излучает электромагнитные волны.

II постулат. *При переходе атома из одного стационарного состояния в другое испускается или поглощается один фотон.*

Атом излучает один квант электромагнитной энергии в момент перехода электрона с более удаленной стационарной орбиты на менее удаленную орбиту.

Атом поглощает один квант электромагнитной энергии в момент перехода электрона с менее удаленной орбиты на более удаленную орбиту.

Энергия кванта при этом равна разности энергий в двух его стационарных состояниях

$$h\nu_{mn} = E_m - E_n$$

где **m** и **n** - номера стационарных состояний или главные квантовые числа.

Если **$E_m > E_n$** - излучение фотона, а если **$E_m < E_n$** - поглощение фотона.

2. Атом водорода по Бору

Свои постулаты Бор применил для построения теории простейшей атомной системы - атома водорода. Он состоит из ядра, в состав которого входит один протон, - и одного электрона, вращающегося вокруг ядра по круговой орбите.

Бор рассчитал наименьшую энергию $E_i = -13,55$ эВ (электрон – вольт), которой обладает атом водорода, причем в этом случае $n=1$ (номер стационарного состояния).

Для того, чтобы ионизовать атом водорода, т.е. оторвать от него электрон, ему нужно сообщить энергию 13,55 эВ. **Эта энергия называется энергией ионизации**

P.S. Полная энергия оказалась отрицательной, т.к. отрицательная потенциальная электростатическая энергия взаимодействия электрона с ядром. Взаимодействующие частицы имеют заряды противоположных знаков

$$W_p = A = FR = k \frac{q_1 q_2}{R^2} R = k \frac{q_1 q_2}{R}$$

Для стационарных состояний атома водорода Бор вывел формулу:

$$E = \frac{-13,55}{n^2}$$

Стационарное состояние с главным квантовым числом $n = 1$ является основным состоянием атома, и в этом состоянии он не излучает энергию.

Энергия излученного или поглощенного фотона при переходе с уровня m на на уровень n определяется формулой

$$E_{mn} = E_i \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) = 13,55 \text{ эВ} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Если $n=1$, то атом находится в основном энергетическом состоянии. Состояния с $n > 1$ называются возбужденными. Время жизни в этих состояниях имеет порядок 10^{-8} с. За это время электрон успевает совершить около ста миллионов оборотов вокруг ядра.

Бор вычислил радиус орбиты электрона для $n=1$, он оказался равным $0,5 \cdot 10^{-10}$ м. Этот минимальный радиус определяет размеры атома.

Основная задача состояла в нахождении частот электромагнитных волн излучаемых водородом. Спектр излучения водорода является линейчатым. Он состоит из двух синих линий, одной зеленой и одной красной линии Частота линий этого спектра описывается формулой *Бальмера-Ридберга*

$$\nu_{mn} = R_v \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

где $R_v = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}(\text{Гц})$ - частотная постоянная Ридберга, где m и n - главные квантовые числа, причем $m = n+1, n+2, n+3$ и т.д. m – определяет номер уровня, с которого электрон переходит, n – на который переходит.

Группа спектральных линий с одинаковыми значениями n называют серией *спектральных линий*.

При $n=1$ ($m=2,3,4\dots$) - получается серия линий, расположенная в ультрафиолетовой части спектра (*серия Лаймана*).

При $n=2$ ($m=3,4,5\dots$) - наблюдается серия *Бальмера*, расположенная в видимой части спектра.

При $n=3$ ($m=4,5,6\dots$) - наблюдается серия *Пашена*, расположенная в инфракрасной части. И так далее.

$$\text{или } \frac{1}{\lambda} = R_{\lambda} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

где $R_{\lambda} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ – волновая постоянная Ридберга.

Излучение света

Итак, излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией. На рисунке показаны переходы в первое возбужденное состояние (второй энергетический уровень) с верхних уровней.

Красная линия в спектре водорода соответствует переходу с $E_3 \rightarrow E_2$, *зеленая* с $E_4 \rightarrow E_2$, *синяя* $E_5 \rightarrow E_2$ и еще *синяя* $E_6 \rightarrow E_2$.

Наименьшая энергия излучается атомом при переходе электрона на вторую орбиту с ближайшей третьей орбиты, что соответствует излучению света с наибольшей длиной волны.

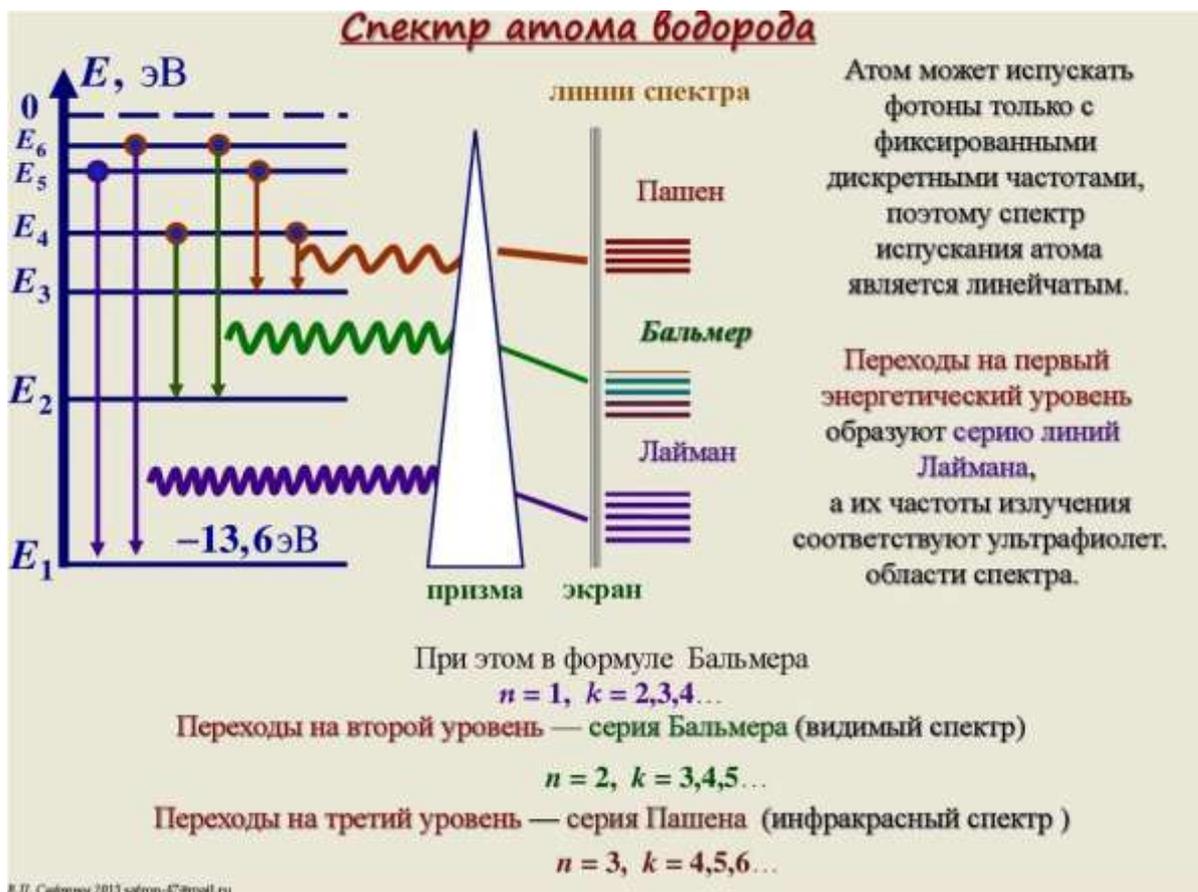
Наибольшая энергия излучается атомом при переходе электрона на вторую орбиту с бесконечно удаленной орбиты, что соответствует излучению света с наименьшей длиной волны.

Поглощение света

Поглощение света - процесс, обратный излучению. Атом, поглощая свет, переходит из низших энергетических состояний в высшие. При этом он поглощает излучение той же самой частоты, которую излучает.

У атомов каждого химического элемента имеется свой характерный набор энергетических уровней. Поэтому переходу с более высокого энергетического уровня на более низкий будут соответствовать характерные линии в спектре испускания, отличные от линий в спектре другого элемента.

Совпадение линий излучения и поглощения в спектрах атомов данного химического элемента объясняется тем, что частоты волн, соответствующих этим линиям в спектре, определяются одними и теми же энергетическими уровнями. Поэтому атомы могут поглощать свет только тех частот, которые они способны излучать.



3. Значение и недостатки теории Бора.

1. Хорошо описывалась модель водорода.
2. Постулаты оказались верными.
3. Удалось объяснить поведение атома в магнитном поле.
4. Теория показала необходимость отказа от классических представлений при объяснении явлений в микромире.
5. В целом теория была непоследовательной. Она не смогла описать атом гелия и атомы других веществ.
6. Теория не ответила на вопрос о причинах перехода из одного состояния в другое. Поэтому теория Бора уступила место более современной теории - квантовой.
7. Представление об определенных орбитах, по которым движется электроны в атоме Бора, оказалась условной. На самом деле движение электрона в атоме не имеет ничего общего с движением планет.

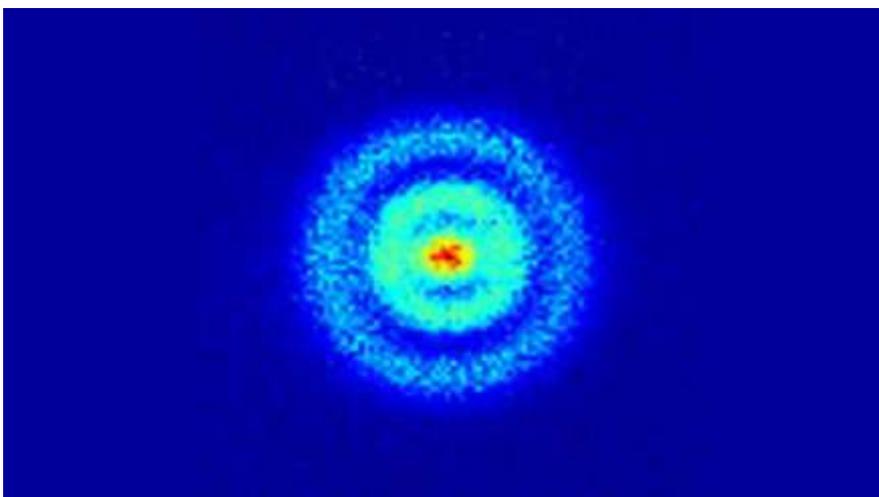
Р.С. Н.Бор разработал **теорию** атома водорода и **водородоподобных атомов**.

Водородоподобный атом или ион представляет собой любое атомное ядро, которое имеет один электрон. Примерами водородоподобных атомов являются атом водорода, ион гелия He^+ , ион лития Li^{2+} , ион бериллия Be^{3+} и ион бора B^{4+}



Электроны вокруг ядра все время движутся, причем с громадными скоростями - примерно 2 000 000 м/с, совершая вокруг ядра около 7 000 000 000 000 000 оборотов в секунду (очень примерные цифры для атома водорода). Конечно с такой частотой вращения мы не различим с Вами никакого электрона, а увидим только размытые очертания электронной оболочки. Проследить путь электрона нельзя, так как современная наука доказала, что нельзя электрон рассматривать как какой-то шарик, и располагать его вокруг ядра как на карусели. Можно только установить границы пространства внутри которых будет двигаться электрон, появляясь то тут, то там.

Представьте себе, что Вы на веревке быстро - быстро раскручиваете камень. Мы не различаем камня, а видим только слабо очерченное кольцо, отмечающее места, где камень побывал. Так и с электроном, мы не видим электрон, а видим лишь размытую электронную оболочку, обозначающую места, где электрон побывал.

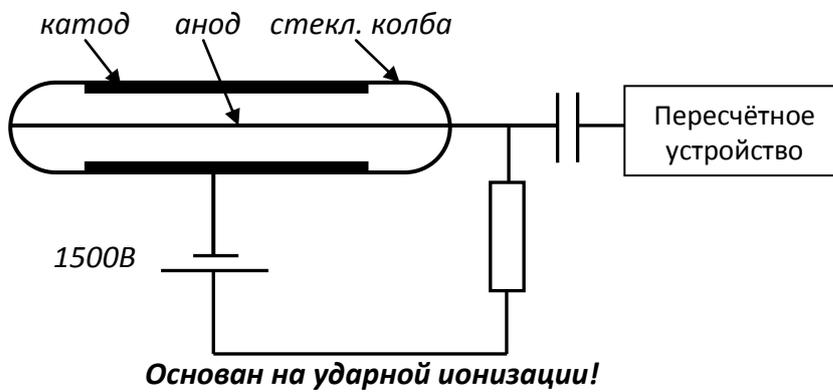


**Фото
атома
водорода**

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЦ

ОК – 11.12.59

1. Счётчик Гейгера – Мюллера – 1908 г.



Достоинство:

- эффективность
- время регистр. мало
- точность (10 000 частиц в сек)

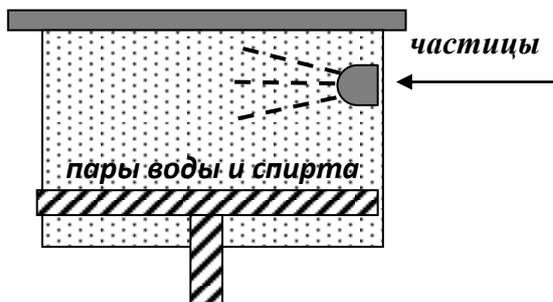
Регистрирует:

- электроны
- γ – кванты

Применяется:

- склады с яд. гор.
- атомоходы, АЭС

2. Камера Вильсона – 1912г.



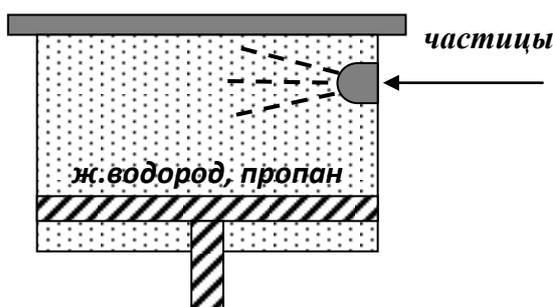
Принцип работы:

Поршень $\downarrow \rightarrow P \downarrow \rightarrow t \downarrow$
 Адиабатный процесс-пересыщенный пары
 ионы – центры конденсации - треки

- α – частица – сплошной трек
- протоны – тонкий
- электроны – пунктирный

С.Капица, Д. Скобельцин – магнитное поле!

3. Пузырьковая камера – 1952 г. Д.Глейзер



Принцип работы:

Поршень $\downarrow \rightarrow$ Давление \downarrow
 перегретая жидкость
 ионы – центры парообразования - треки

Время наблюдения больше!

4. Метод толстослойных фотоэмульсий – 1928г. – Мысовский, Жданов

Кристаллики AgBr расщепляются под действием заряженных частиц

Толстые слои – трек длиннее!

1896г. Беккерель открыл радиоактивность

*Пояснения к ОК-11.12.59***1. Счетчик Гейгера - Мюллера**

Первый основной прибор для регистрации частиц был изобретен 1908г. Гейгером и им же усовершенствован совместно с Мюллером.

Счетчик состоит из полого металлического цилиндра диаметром около 3 см, с окном из тонкого стекла. Цилиндр заполнен разреженным газом (100-200мм.рт.ст.). По оси цилиндра проходит изолированная от стенок металлическая нить, которая является положительным электродом (*анодом*). Стенки цилиндра служат отрицательным электродом (*катодом*). Между стенками цилиндра и нитью создается напряжение 1500В.

Заряженная частица, пролетая через трубку, ионизирует атомы газа. Выбитые из атомов газа электроны, попав в сильное электрическое поле, разгоняются в нем до очень большой скорости и на своем пути сами начинают разбивать на ионы атомы газа и т.д. В результате образуется лавина электронов, импульс (или ток) которой зависит от энергии и скорости, первоначально пролетевшей через трубку частицы. Этот импульс можно измерить, а если он слаб, его можно усилить.

Чувствительность такого прибора может быть сколь угодно велика, он может обнаружить даже появление одиночной заряженной частицы. Для исследовательской работы одной чувствительности недостаточно. Поэтому к счетчику подключают пересчетное устройство, которое сортирует частицы по энергиям, зарядам, скоростям, направлениям, а затем подсчитывает.

Приборы такого типа могут обнаруживать и измерять рентгеновское и гамма-излучение. Они находят широкое применение во всех отраслях ядерной техники. Используют их также для обнаружения единичных частиц и при поисках слабо радиоактивных урановых и ториевых руд и т.д.

2. Камера Вильсона

В 1912г. английский ученый Вильсон построил прибор, с помощью которого можно было видеть и фотографировать траектории заряженных частиц.

Камера состоит из цилиндра с поршнем, верхняя часть которого сделана из прозрачного материала. В камеру вводится небольшое количество воды или спирта, и внутри нее образуется смесь паров и воздуха.

При быстром опускании поршня смесь адиабатически расширяется (*Адиабатический, или адиабатный процесс — термодинамический процесс, при котором система не обменивается теплотой с окружающим пространством*) и охлаждается, поэтому воздух в камере оказывается пересыщенным парами.

Если воздух очищен от пылинок, то превращение избытка пара в жидкость затруднено из-за отсутствия центров конденсации. Но центрами конденсации могут служить ионы. Поэтому, если через камеру пролетает заряженная частица, то она ионизирует на своем пути молекулы воздуха, происходит конденсация паров и траектория движения частицы становится видимой в виде нити тумана.

Вид траектории на фотоснимке позволяет судить о природе частице и величине её энергии.

Так **альфа-частица** оставляет толстый сплошной след, **протоны** - тонкий, **электроны** - пунктирный след.

Ученые физики Капица и Скобельцын предложили помещать камеру Вильсона в однородное магнитное поле, которое действует на движущуюся заряженную частицу с силой Лоренца. Эта сила искривляет траекторию частицы, не изменяя модуля её скорости. Трек имеет тем большую кривизну, чем больше заряд частицы и чем меньше её масса.

3. Пузырьковая камера

В 1952г. американский ученый Глейзер построил прибор, в котором трек пролетающей частицы становится видимым в перегретой жидкости, которая начинает кипеть при резком уменьшении ее давления.

Пузырьковую камеру заполняют сжиженной идеально прозрачной жидкостью (водород, пропан и т.д.). Если давление уменьшить, и пропустить заряженную частицу через такую сверхчувствительную жидкость, готовую мгновенно вскипеть, то её ионизированный след, густо облепленный пузырьками газа, становится видимым.

Пузырьковая камера позволяет наблюдать следы значительно дольше, т.к. жидкость намного плотнее.

4. Метод толстослойных фотопластинок

Он основан на том, что пролетающая сквозь фотоэмульсию частица действует на зерна бромистого серебра, поэтому оставленный частицами след после проявления фотопластинок становится видимым и его можно исследовать с помощью микроскопа. Чтобы след был достаточно длинным-используются толстые слои фотоэмульсии.

По характеру видимого следа, его толщине можно судить о свойствах пролетавшей частице - скорости, энергии.

Ионизирующее действие быстрых заряженных частиц на фотоэмульсию фотопластинки позволило французскому физику Беккерелю в 1896г. открыть радиоактивность.

Метод фотоэмульсии был развит русскими физиками Мысовским и Ждановым в 1928г.

ОК – 11.12.60

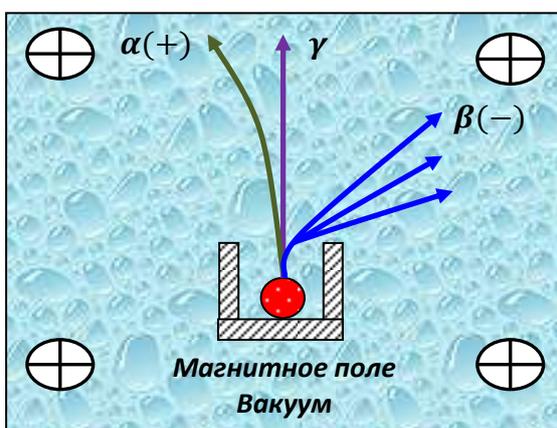
РАДИОАКТИВНОСТЬ

1. Естественная радиоактивность - самопроизвольное превращение атомных ядер с испусканием частиц.

1896г. – А.Беккерель – опыты с ураном (**U**)

1898г. – Мария –Кюри – излучение тория (**Th**)
(открытие полония (**Po**) – «Польша» и радия (**Ra**) – «лучистый»)
Элементы с № > 83 - радиоактивны

2. Три вида лучей.



3. Свойства лучей

α – лучи	1.поток ядер ${}^2_4\text{He}$ 2. $m = 4$ а. е. м. 3. $q = 2e$ 4. $V = 10^7$ м/с 5. бумага – 0,1мм – защита 6. в МП слабо отклоняются	1899г. – Э.Резерфорд
β – лучи	1.поток e^- 2. $V = 10^8 \div 0,999c$ – "пятно размыто" 3. алюминий – 10мм – защита 4. в МП сильно отклоняются	1899г. – А.Беккерель
γ – лучи	1.ЭМВ с $\lambda = 10^{-10} \div 10^{-13}$ м 2. $V = c$ 3. свинец - защита	1895г. – К.Рентген

*Пояснения к ОК-11.12.60***1. Естественная радиоактивность**

Естественной радиоактивностью называется самопроизвольное превращение одних атомных ядер в другие с испусканием частиц.

В 1896г. Беккерель открыл явление радиоактивности. Соли урана, с которыми он производил опыты, самопроизвольно, без каких-либо внешних влияний создают какое-то излучение.

В 1898г. Мария Склодовская-Кюри во Франции обнаружила излучение тория. В этом же году Мария и ее муж Пьер Кюри получили из руд, содержащих уран и торий, неизвестный ранее химический элемент - полоний, названный в честь родины Марии Склодовской-Кюри - Польши. И еще один новый элемент был ими же открыт – радий (т.е.лучистый).

Позже было установлено, что все химические элементы с порядковым номером более 83 являются радиоактивными.

Работами Анри Беккереля, Пьера и Марии Кюри, Резерфорда и другими было установлено, что естественная радиоактивность не зависит от внешних условий.

2. Три вида лучей

В 1899г.Резерфорд обнаружил, что радиоактивное излучение состоит из двух частей, которые он назвал альфа и бета лучами.

В 1900г. французский физик Виллард установил, что в состав излучения входит еще третья составляющая, которую он назвал гамма-лучами.

Поведение этих лучей было изучено в магнитном поле.

Радиоактивный элемент помещали на дно узкого канала в куске свинца. Против канала устанавливалась фотопластинка. На излучение действовало сильное магнитное поле, линии индукции, которого перпендикулярны лучам, вся установка размещалась в вакууме.

В отсутствие магнитного поля на фотопластинке обнаруживалось одно темное пятно. В магнитном поле пучок распадался на три пучка. Две составляющие отклонялись в противоположные стороны, что говорило о том, что эти лучи имели электрический заряд. Причем, отрицательный заряд отклонялся сильнее, чем положительный. Третья составляющая не отклонялась магнитным полем.

Положительно заряженная часть лучей получила название альфа-лучи, отрицательно заряженная часть - бета-лучи, а нейтральная часть гамма-лучи.

3. Свойства лучей **α - лучи**

1. В 1899г.Резерфорд установил, что это поток ядер атома гелия.

2. Масса α - частицы равна 4 а.е.м. (1а.е.м.= $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг)

3.Заряд α - частицы равен двум зарядам электрона.

4. Скорость движения α - частицы равна приблизительно 10^7 м/с.

5. У α - частиц слабая проникающая способность. Слой бумаги около 0,1 мм для них уже не прозрачен.

6. α -частицы слабо отклоняются в магнитном поле.

β - лучи

1. В 1899г. Беккерель установил, что это поток быстрых электронов.
2. Скорость движения - частиц находится в пределах от 10^8 до $0,999c$, поэтому пятно от β -лучей на фотопластине получается размытым.
3. Проникающая способность выше, чем у α -лучей. Алюминиевая пластинка в несколько миллиметров задерживает их.
4. В магнитном поле отклоняются сильнее, чем α -лучи.

 γ - лучи

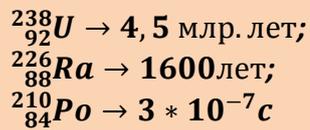
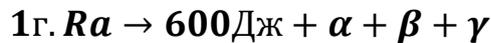
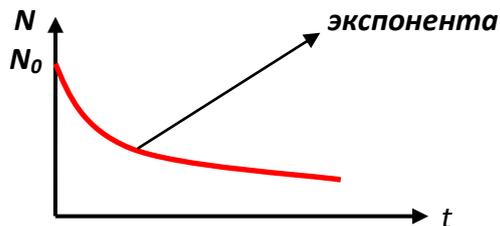
1. Это электромагнитные волны с длиной волны от 10^{-10} до 10^{-13} м.
2. У γ -лучей большая проникающая способность, выше, чем у рентгеновских лучей. Интенсивность поглощения зависит от элемента и увеличивается с ростом атомного номера вещества поглотителя.
3. γ -лучи распространяются со скоростью света.

ОК – 11.12.61

РАДИОАКТИВНЫЙ РАСПАД

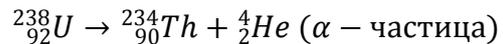
-испускание радиоактивных частиц

1903г Резерфорд и Содди

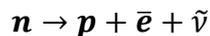
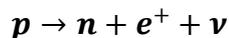
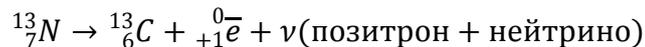
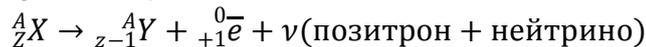
**T** – период полураспада (половина ядер)**Закон радиоактивного распада**

$$N = N_0 * 2^{-t/T}$$

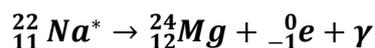
Справедлив для большого числа частиц

МЕХАНИЗМЫ РАСПАДОВ**Альфа – распад****Бета – распад (электронный)**

Откуда электрон?

**Бета – распад (позитронный)****Это естественные радиоактивные превращения**

Термина «гамма – распад» не существует

Гамма – излучение**Свойства -кванта**

- испускание -кванта не сопровождается распадом атома,
- фотоны -излучения не имеют массы покоя и электрического заряда,
- при прохождении через вещество -кванты очень редко сталкиваются с ядром и электронами,
- энергия -кванта не меняется, поэтому -излучение обладает **БОЛЬШОЙ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

Распад идет, пока не появится стабильное ядро – Bi или Pb

Пояснения к ОК-11.12.61

1. Радиоактивный распад

В 1903г. Резерфорд и его сотрудник Содди указали на то, что явление радиоактивности сопровождается превращением одного химического элемента в другой. Кроме этого, явление радиоактивности сопровождается выделением энергии. Например, один 1г.радия выделяет 600 Дж энергии, которая уносится α -, β - и γ -излучением.

Испускание радиоактивных частиц называется радиоактивным распадом.

Различают α - распад - испускание α - частиц.

β - распад - испускание β - частиц.

Термина " **γ - распад**" не существует.

Время, за которое распадается половина первоначального числа радиоактивных ядер, называется периодом полураспада (Т).

Чем меньше период полураспада, тем меньше времени живут атомы, тем быстрее происходит распад.

Для разных веществ эта величина лежит в широких пределах. Например,

для ${}_{92}^{238}\text{U}$ период полураспада составляет 4,5 млрд.лет, а для ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ это 1600 лет, поэтому активность радия значительно больше активности урана.

Есть радиоактивные элементы с периодом полураспада в миллионные доли секунды (искусственные радиоактивные элементы). Например, для полония, ${}_{84}^{210}\text{Po}$ период полураспада составляет $3 \cdot 10^{-7}$ с.

Период полураспада - это постоянная величина, которая не может быть изменена доступными воздействиями, охлаждение, нагрев, давление и т.п.

Число не распавшихся радиоактивных ядер убывает со временем по экспоненте (показательная функция). За любой интервал времени распадается одна и та же доля имеющихся атомов, т.е. с течением времени скорость распада не меняется.

Используя закон радиоактивного распада можно найти число не распавшихся атомов в любой момент времени.

$$N = N_0 * 2^{-t/T}$$

N - число не распавшихся атомов,

N₀- число атомов в начальный момент времени,

t - интервал времени,

T - период полураспада.

Время существования отдельных атомов может колебаться от долей секунды до миллиардов лет.

Атом урана может спокойно пролежать в земле миллиарды лет и внезапно взорваться, в то время как его "соседи" продолжают оставаться в прежнем состоянии.

Среднее время жизни - это просто среднее арифметическое времени жизни большого количества атомов данного сорта.

Закон радиоактивного распада справедлив для большого количества частиц.

2. Механизмы распадов

α - распад.

α - частицы испускаются только тяжелыми ядрами, содержащими большое число протонов и нейтронов (часто их называют нуклонами).

Прочность тяжелых ядер мала.

Для того, чтобы покинуть ядро, нуклон должен преодолеть ядерные силы для этого он должен обладать достаточной энергией. Источником такой энергии может стать объединение нуклонов в α -частицу. Такой синтез связан с выделением энергии.

α - частица уносит положительный заряд в две единицы и массу в четыре единицы.

Т.е. в результате α - распада радиоактивный элемент превращается в другой элемент, порядковый номер которого на две единицы меньше, а массовое число на четыре единицы меньше.

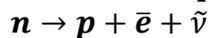
То ядро, которое распадается - называют материнским, а образовавшееся дочерним. Дочернее ядро обычно оказывается также радиоактивным и через некоторое время тоже распадается. Процесс радиоактивного распада будет происходить до тех пор, пока не появится стабильное ядро, которым чаще всего является ядро свинца или висмута.

β - распад (электронный или Бета - минус)

Явление β - распада состоит в том, что ядра некоторых элементов самопроизвольно испускают электроны и нейтральную частицу-антинейтрино с очень малой массой.

Но в процессе радиоактивного распада ядро испускает электроны, которых в ядре нет.

При определенных условиях в ядре происходит распад нейтрона на протон и электрон. Этот электрон и вылетает из ядра.



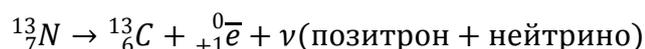
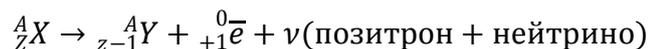
Такой процесс наблюдается в ядрах с большим числом нейтронов. Вылетающий электрон уносит кинетическую энергию.

В результате β - излучения образуется новое ядро с тем же массовым числом, но с зарядом большим на единицу.

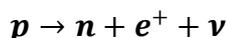
β - распад (позитронный или Бета - плюс)

Позитрон: заряд $Z = +1$ и массовое число $A = 0$

Ядро испускает позитрон, в результате чего $Z \rightarrow Z - 1$ и происходит по схеме:



В основе позитронного бета - распада лежит превращение в ядре протона в нейтрон:



В позитронном бета - распаде электрический заряд ядра уменьшается на 1, а количество нейтронов увеличивается на 1.

Наиболее распространенным является электронный.

Электронный захват, e -захват — один из видов бета-распада атомных ядер.

При электронном захвате *один из протонов ядра захватывает орбитальный электрон* и превращается в нейтрон, испуская электронное нейтрино. Заряд ядра при этом уменьшается на единицу.

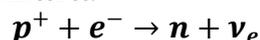
В случае захвата электрона с *K-оболочки* процесс называется **K-захватом**, с *L-оболочки* — **L-захватом** и т. д.

Массовое число ядра, как и во всех других видах бета-распада, не изменяется.

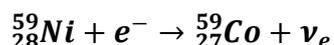
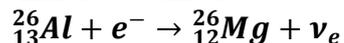
Этот процесс характерен для ядер с избытком протонов.

Поскольку число протонов в ядре (то есть заряд ядра) при электронном захвате уменьшается, этот процесс превращает ядро одного химического элемента в ядро другого элемента, расположенного ближе к началу таблицы Менделеева.

Общая схема электронного захвата:



Некоторые примеры электронного захвата:



γ - излучение

Ядро, как и атом, может находиться в состоянии с наименьшей энергией в возбужденном состоянии. Переход ядра из состояния с наименьшей энергией в возбужденное состояние можно вызвать действием частицами и фотонами.

Возвращаясь в свое основное состояние, ядро испускает γ - квант.

Испускание γ - кванта не сопровождается распадом атома, *γ - излучение сопровождает радиоактивный распад.*

Фотоны γ - излучения не имеют массы покоя и электрического заряда. Поэтому при прохождении через вещество γ - кванты очень редко сталкиваются с ядром и электронами. Энергия γ - кванта при этом не меняется, поэтому γ - излучение обладает большой проникающей способностью, выше, чем у рентгеновских лучей. Интенсивность поглощения растет с ростом атомного номера вещества поглотителя.

P.S.

Чем отличаются нейтроны от нейтрино?

Да почти всем.

Они принадлежат разным классам частиц: нейтроны относятся к адронам - тяжёлым частицам, образующим ядра атомов, состоящим из кварков (кварк - **это** тип элементарной частицы и фундаментальная составляющая материи; **кварки** объединяются, образуя составные частицы, называемые адронами, наиболее стабильными из которых являются протоны и нейтроны, составляющие атомные ядра), и способным участвовать в сильных взаимодействиях.

Нейтрино относятся к лептонам, лёгким частицам, и в сильных взаимодействиях не участвуют.

Масса нейтрона почти 1 Гэв, масса нейтрино - доли электронвольта (но не нулевая, как когда-то считалось и как некоторые до сих пор полагают). Кстати, как раз с их чрезвычайно малой массой и связан тот факт, что движутся нейтрино почти что со скоростью света. Не точно с ней, потому что масса ненулевая, но почти что. А вот скорость нейтронов может быть совсем низкой, в единицы м/с - такие нейтроны называются ультрахолодными.

Нейтрон такой один среди адронов, а нейтрино - три типа, соответствующие трём типам заряженных лептонов: электронное нейтрино, мюонное и тау-нейтрино.

Свободный нейтрон нестабилен и распадается на протон, электрон и антинейтрино, нейтрино же ни на что не распадаются, но лишь осциллируют (быть подверженным колебательному процессу), циклически изменяя свой тип.

Нейтроны взаимодействуют с веществом, и достаточно толстый слой вещества способен поглотить поток нейтронов, тогда как нейтрино с веществом почти не взаимодействуют, они могут насквозь пролететь через миллионы километров свинца, даже не заметив его.

Повторим теорию!

АТОМНАЯ ФИЗИКА

1. В чём сущность модели атома Томсона?
2. Начертите и объясните схему опыта Резерфорда.
3. В чём сущность планетарной модели атома?
4. Объясните результаты опыта Резерфорда на основе предложенной им модели атома.
5. В чём заключаются противоречия классической механики и модели атома?
6. Сформулируйте и поясните первый постулат Бора.
7. Сформулируйте и поясните второй постулат Бора.
8. В каком случае атом излучает квант электромагнитной энергии?
9. В каком случае атом поглощает квант электромагнитной энергии?
10. Как выглядит спектр водорода?
11. Напишите формулу для определения частоты любой спектральной линии в спектре излучения атома водорода.
12. Как называется серия спектральных линий в спектре излучения атома водорода?
13. Начертите схему энергетических уровней атома водорода и объясните механизм образования спектральных линий.
14. Каково значение и каковы недостатки теории Бора?
15. Объясните устройство и принцип работы счётчика Гейгера-Мюллера.
16. Объясните устройство и принцип работы камеры Вильсона.
17. Объясните принцип действия пузырьковой камеры. В чём преимущества пузырьковой камеры перед камерой Вильсона?
18. Каков принцип действия фотоэмульсионного метода наблюдения и регистрации электрически заряженных частиц?
19. Что называют естественной радиоактивностью?
20. Расскажите об открытии, сделанном Анри Беккерелем.
21. Расскажите о работах Марии-Кюри.
22. Как можно обнаружить три вида лучей? Кто впервые обнаружил эти лучи?
23. Каковы свойства альфа-лучей?
24. Каковы свойства бета-лучей?
25. Каковы свойства гамма-лучей?
26. Что называют радиоактивным распадом?
27. Что впервые обнаружили Резерфорд и Содди?
28. Что называют периодом полураспада? Что характеризует эта величина?
29. Приведите примеры периодов полураспада некоторых веществ.
30. Запишите и поясните формулу закона радиоактивного распада.
31. Как выглядит график зависимости спада активности радиоактивного элемента от времени?
32. Какие законы выполняются при радиоактивных превращениях?
33. Запишите и сформулируйте правила смещения для альфа-распада. Приведите примеры.
34. Запишите и сформулируйте правила смещения для бета-распада. Приведите примеры.
35. Что представляет собой гамма-излучение? Почему гамма-излучение обладает большой проникающей способностью?
36. До каких пор будет происходить радиоактивный распад?