**Квантовая физика**

 **2015**

**СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРИИ**

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Тема** |
| 1 | [Принцип относительности Эйнштейна](#а1) |
| 2 | [Принцип инвариантности скорости света](#а2) |
| 3 | [Планетарная модель атома](#а3) |
| 4 | [Нуклонная модель ядра Гейзенберга–Иваненко](#а4) |
| 5 | [Нуклоны](#а5)  |
| 6 | [Изотопы](#а6)  |
| 7 | [Постулаты Бора](#а7) |
| 8 | [Излучение](#а8) |
| 9 | [Поглощение](#а9) |
| 10 | [Непрерывный спектр](#а10) |
| 11 | [Линейчатый спектр поглощения](#а12) |
| 12 | [Линейчатый спектр испускания](#а11) |
| 13 | [Радиоактивность](#Радиоактивность): [- естественная радиоактивность](#а13) [- искусственная радиоактивность](#а14) |
| 14 | [Альфа распад](#а15) |
| 15 | [Бета распад](#а16) |
| 16 | [Гамма распад](#а17) |
| 17 | [Закон радиоактивного распада](#а18) |
| 18 | [Ядерные реакции](#Ядерные) |
| 19 | [Фотон:](#а19) [- энергия фотона](#а20) [- импульс фотона](#а21) |
| 20 | [Гипотеза де Бройля о волновыхсвойствах частиц](#а21) |
| 21 | [Корпускулярно-волновой дуализм](#а22) |
| 22 | [Дифракция электронов](#а23) |
| 23 | [Гипотеза М. Планка о квантах](#а24) |
| 24 | [Фотоэффект](#Фотоэффект) |
| 25 | [Опыт Столетова](#Столетова) |
| 26 | [Законы Фотоэффекта](#Законы) |
| 27 | [Уравнение Эйнштейна](#уравнение) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Обозначе-ние****задания в****работе** | **Проверяемые элементы****содержания** | **Коды элементов****содержания****по кодификатору****элементов****содержания** |
| 19 | [Инвариантность скорости света в вакууме](#Инвариантность). [Планетарная модель атома.](#Планетарная) [Нуклонная модель ядра Гейзенберга–Иваненко.](#Гейзенберга) [Изотопы](#Изотопы) | 4.1 5.2.1, 5.3.1 |
| 20 | [Радиоактивность.](#Радиоактивность)  [Ядерные реакции.](#Ядерные) [Деление и синтез ядер](#Деление) | 5.3.4, 5.3.6 |
| 21 | [Фотоны](#Фотоны)[Закон радиоактивного распада](#радиоактивного) | 5.1.2, 5.3.5 |
| 22 | Квантовая физика(изменение физическихвеличин в процессах, установлениесоответствия между физическимивеличинами и единицами измерения, формулами, графиками) | 5.1–5.3 |
| 23 | Механика – квантовая физика (методы научного познания: измерения с учетомабсолютной погрешности, выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе, построение графика по заданным точкам с учетом абсолютных погрешностей измерений) | 1.1–5.3 |
| 24 | Механика– квантовая физика (методынаучного познания: интерпретациярезультатов опытов) | 1.1–5.3 |
| 26 | Электродинамика, квантовая физика(расчетная задача) | 3.1–3.6 5.1–5.3 |
| 27 | Электродинамика, квантовая физика (расчетная задача) | 3.1–3.6 5.1–5.3 |
| 28 | Механика– квантовая физика (качественная задача) | 3.1–3.6 |
| 31 | Электродинамика, квантовая физика (расчетная задача) | 3.1–3.6 5.1–5.3 |

**Теория**

**Инвариантность скорости света. Принцип относительности Эйнштейна**

|  |
| --- |
| **Постулат 1** (**Принцип относительности Эйнштейна**). Любое физическое явление протекает одинаково во всех инерциальных системах отсчёта.**Постулат 2** (**Принцип инвариантности скорости света.**). каждой инерциальной системе отсчёта свет движется в вакууме с одной и той же скоростью; величина этой скорости не зависит от того, покоится или движется источник света.**Скорость света равна:****с = 300 000 000 м/с** |

**Планетарная модель атома.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Планетарная модель атома**В центре атома находится крошечное положительно заряженное ядро, вокруг которого движутся электроны (рис.1) Атом в целом электрически нейтрален. Заряд ядра по модулю равен суммарному заряду электронов, так что атом в целом электрически нейтрален. Однако электроны могут быть выбиты из своих орбит и покинуть атом — тогда атом превращается в положительно заряженный ион.**Рис.1 Планетарная модель атома****Нуклонная модель ядра** **Гейзенберга–Иваненко. Заряд ядра. Массовое число ядра.** Почти вся масса атома сосредоточена в ядре — и это при том, что ядро в сто тысяч раз меньше самого атома. Ядро состоит из протонов **Z** и нейтронов **N**. Модель атомного ядра показана на рис.2. Красным цветом условно изображены протоны, синим — нейтроны.http://www.vmichurinske.ru/uploads/contents/183.jpg**Рис.2 Строение ядра**Общее число нуклонов в ядре называется **массовым числом** и обозначается A. $A=Z+N$**, где****Z – Порядковый номер элемента в таблице Менделеева, заряд ядра, количество протонов и количество электронов.****N – количество нейтронов. N = A-Z****A – массовое число.**Запись  означает, что в ядре элемента X содержится A нуклонов, из которых Z являются протонами. Протоны и нейтроны, входящие в состав ядра называются **нуклонами.** Например, ядро алюминия  состоит из 27 нуклонов, а именно из 13 протонов и 14 нейтронов. Ядро гелия  - так называемая α-частица - состоит из двух протонов и двух нейтронов.**Изотопы** — это разновидности одного и того же химического элемента, различающиеся числом нейтронов в ядре. Например, у водорода три изотопа: обычный , дейтерий  , тритий  нейтронов. **Изотоны** − атомные ядра, имеющие одинаковое число нейтронов (N = const) и разное число протонов. **Изобары** − атомные ядра, имеющие одинаковое массовое число A (A = Z + N) и разные числа нейтронов и протонов.**Постулаты Бора****Первый постулат Бора.** Атомная система может находиться в строго определенных дискретных состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия. Находясь в стационарных состояниях атом не излучает.**Второй постулат Бора.** Энергия испускается или поглощается при переходе электрона из одного состояния в другое.$$hν\_{n,k}=E\_{k}-E\_{n}$$При **излучении** энергии атомом - атом переходит из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергиейПри **поглощении** энергии атомом - атом переходит из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией.**Рис.3 Схемы поглощения и излучения света****Линейчатые спектры****Непрерывный спектр** – непрерывная радужная полоска, которую можно получить, если пропустить солнечный свет через стеклянную призму или дифракционную решётку (рис.4). Непрерывные спектры дают раскаленные твердые тела, жидкости или плотные газы.http://www.vevivi.ru/best/images/referat/89617-0.jpg**Рис.4 Непрерывный спектр****Линейчатый спектр испускания -**  линейчатый спектр, образованный тонкими изолированными разноцветными линиями на черном фоне. На рис. 5 представлены линейчатые спектры различный атомов.Линейчатый спектр испускания получают от разогретых веществ в газообразном атомарном состоянии.http://www.ucolick.org/%7Ebolte/AY4_00/week2/emission_spectra.gif**Рис.5 Линейчатый спектр испускания**Атомы излучают свет, переходя из возбуждённого состояния в основное. Но вещество может не только излучать, но и поглощать свет. Атом, поглощая свет, совершает обратный процесс — переходит из основного состояния в возбуждённое.Снова рассмотрим разреженный атомарный газ, но на сей раз в холодном состоянии (при достаточно низкой температуре). Свечения газа мы не увидим; не будучи нагретым, газ не излучает — атомов в возбуждённом состоянии оказывается для этого слишком мало. **Линейчатый спектр поглощения** можно получить, если белый свет пропустить через вещество в газообразном атомарном состоянии. Если сквозь холодный газ пропустить свет с непрерывным спектром, то можно увидеть что-то вроде этого (рис. 6.):**Рис.6 Линейчатый спектр поглощения**На фоне непрерывного спектра падающего света появляются тёмные линии, которые образуют так называемый спектр поглощения.Каждое вещество имеет свой набор характерных полос (рис. 7).http://www.13min.ru/wp-content/uploads/2013/07/Spektry-ispuskanija-i-pogloshhenija-natrij-vodorod-i-gelij.jpg**Рис.7 Спектры испускания и поглощения натрия, водорода и гелия.**Спектр вещества индивидуальным. С помощью **спектрального анализа** - физического метода качественного и количественного определения атомного и молекулярного состава вещества, основанного на исследовании его спектров, **можно определить из каких химических элементов состоит вещество и в каком количестве содержится каждый элемент в данном веществе.****Радиоактивность. Альфа-распад. Бетта-распад. Гамма-излучение.****Радиоактивность –** способность некоторый ядер к самопроизвольному превращению в другие ядра. Обычно это процесс сопровождается испусканием различных частиц (таблица 1)**Таблица 1**

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение элементарной частицы** | **Название элементарной частицы** |
| α или $$ | Альфа частица (атом гелия) |
| β или $$ | Бета частица (электрон) |
| β или $$ | Бета частица (позитрон) |
| γ | Гамма излучение (не имеет зарядового числа и массового числа) |
| p или $$ | Протон (атом водорода) |
| n или $$ | Нейтрон |

Радиоактивность бывает естественная и искусственная. **Естественная радиоактивность** – самопроизвольный распад атома. Ядра тяжелых элементов имеют сравнительно большие размеры, поэтому между отдельными участками может возникнуть электрическое отталкивание, и ядро разрушается.**Искусственная радиоактивность** – распад ядер вследствие взаимодействия с элементарными частицами.**Альфа распад****Альфа распад** - вид [радиоактивного распада](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%B0%D0%B4) ядра, в результате которого происходит испускание ядра гелия $$ - [альфа-частицы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B0). При этом [массовое число ядра](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE) уменьшается на 4, а [атомный номер](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80) уменьшается на 2 (рис.8).**Формула Альфа распада:**$$=+$$**Защита от излучения – лист бумаги, толщиной 0,1 мм.**http://www.allmystery.de/dateien/np59935,1285166619,Alphazerfall.gif**Рис. 8 Альфа распад****Бета распад** **Бета распад -** вид [радиоактивного распада](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%B0%D0%B4) ядра, в результате которого происходит испускание электрона. Обусловлен [слабым взаимодействием](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%8F) и изменяющий заряд ядра на единицу без изменения [массового числа](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE) При этом массовое число не изменяется, а [атомный номер](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80) увеличивается на 1 (рис.9).**Защита от излучения – алюминиевая пластина, толщиной 3,5 см.****Бетта распад:****Электронный бетта распад:** $=+$**Позитронный бетта распад: :** $=+$Безымянный**Рис. 9 Бета распад****Гамма распад****Гамма распад** – коротковолновое электромагнитное излучение, сопровождающее альфа и бета распады. При этом ядро из возбужденного состояния переходит в основное, а массовое число и [атомный номер](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80) не изменяется (рис.10).**Формула Гамма распада:**$$=$$Безымянный**Рис. 10 Гамма распад, сопровождающий бета распад.****Защита от излучения – огромный слой свинца.** |

**Деление и синтез ядер**

|  |
| --- |
| **Закон** **радиоактивного распада -** экспоненциальный закон убывания числа атомных ядер радиоактивного элемента со временем (рис.11))http://atomoid.narod.ru/rezerford/6-7-4.gif**Рис. 11 Зависимость количества радиоактивного вещества от времени**$$N=N\_{0}∙2^{-\frac{t}{T}}$$ , где $N\_{0}-начальное число частиц, $$N$ – конечное число частицt – время распада (с, секунда)Т – период полураспада (с, секунда)**Период полураспада** — это время, в течение которого распадается половина имеющихся радиоактивных атомов, т.е. время, за которое исходное число ядер уменьшается вдвое (рис.12)).  **Чем меньше период распада**, тем меньше времени живут атомы, **тем быстрее происходит распад**.http://physik.ucoz.ru/_ph/27/2/705402593.jpg**Рис. 12) Зависимость количества радиоактивного вещества от времени****Ядерные реакции. Деление и синтез ядер****Ядерные реакции – это изменения в ядрах, которые происходят под действием других ядер или элементарных частиц.**В формулах альфа, бета и гамма излучения присутствуют некоторые закономерности присущие ядерным реакциям; * **Сумма массовых чисел продуктов распада равна массовому числу исходного ядра.** Этот баланс массовых чисел отражает неизменность общего числа нуклонов до и после распада.
* **Сумма зарядовых чисел продуктов распада равна зарядовому числу исходного ядра.** Этот факт служит одним из многочисленных экспериментальных подтверждений закона сохранения заряда.

**Энергия связи ядра —** это минимальная работа, которую необходимо совершить для расщепления ядра на составляющие его нуклоны. |
| $$E\_{св}=∆mc^{2}$$ | Энергия связи нуклонов в атомных ядрах | $m\_{p}$ – масса протона$m\_{n}$ – масса нейтрона$m\_{я}$ – масса ядрас = 3∙108м/с – скорость света$∆m$ – дефект масс (кг) |
| $$Δm=Zm\_{p}+Nm\_{n}-m\_{я}$$ | Дефект массы |

**Фотоны.**

|  |
| --- |
| **Фотоны**Согласно гипотезе М. Планка **-** свет состоит из отдельных порций энергии — **фотонов**. Излучение света, его распространение и поглощение происходит строго этими порциями.**Энергия фотона**$$E=hν=\frac{hc}{λ}=\frac{p^{2}}{2m}$$**Импульс** **фотона** $p=\frac{hν}{c}=\frac{h}{λ}$**, где**E – энергия (Дж, Джоуль)$ν$ – частота (Гц, Герц)$λ$ – длина волны (м, метр)h = 6,6∙10-34Дж∙с (постоянная Планка)e = - 1,6∙10-19Кл (Элементарный электрический заряд, заряд электрона)**Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц.** **Корпускулярно-волновой дуализм -** принцип, согласно которому любой объект может проявлять как **волновые**, так и **корпускулярные** свойстваДе Бройль утверждал, что **не только фотоны, но и электроны и любые другие частицы материи наряду с корпускулярными обладают также и волновыми свойствами.** Примером, доказывающим гипотезу де Бройля является дифракция электронов на кристаллах.**Дифракция электронов** — процесс рассеяния [электронов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD) на совокупности частиц вещества, при котором электрон проявляет [волновые](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0) свойства. |

**Фотоэффект**

|  |
| --- |
| **Гипотеза М. Планка о квантах****Гипотеза о квантах.** Электромагнитная энергия излучается и поглощается не непрерывно, а отдельными неделимыми порциями — квантами. Энергия кванта пропорциональна частоте излучения:$$E=hν$$где, ***h*** = 6.63∙10-34 Дж∙с – постоянная Планка, $ν$ – частота (Гц, Герц)**Фотоэффект****Фотоэффект -** это выбивание электронов из вещества падающим светом.**Опыты** **Столетова**Явление фотоэффекта было открыто Генрихом Герцем в 1887 году в ходе его знаменитых экспериментов по излучению электромагнитных волн. Год спустя фотоэффект был независимо открыт русским физиком Александром Григорьевичем Столетовым. Тщательные экспериментальные исследования, проведённые Столетовым в течение двух лет, позволили сформулировать основные законы фотоэффекта.В своих знаменитых экспериментах Столетов использовал фотоэлемент собственной конструкции**Рис. 13 Фотоэлемент Столетова**В стеклянную колбу, из которой выкачан воздух (чтобы не мешать лететь электронам), введены два электрода: цинковый катод K и анод A. На катод и анод подаётся напряжение, величину U которого можно менять с помощью потенциометра и измерять вольтметром V. Катод освещается ультрафиолетовыми лучами УФ через специальное кварцевое окошко, сделанное в колбе (стекло поглощает ультрафиолет, а кварц пропускает). Ультрафиолетовое излучение выбивает с катода электроны e, которые разгоняются напряжением U и летят на анод. Включённый в цепь миллиамперметр mA регистрирует электрический ток. Этот ток называется фототоком, а выбитые электроны, его создающие, называются фотоэлектронами.В опытах Столетова можно независимо варьировать три величины: анодное напряжение, интенсивность света и его частоту. Начнём с напряжения.**Зависимость фототока от напряжения**Меняя величину и знак анодного напряжения, можно проследить, как меняется фототок. График этой зависимости, называемый характеристикой фотоэлемента.**Рис. 14 Характеристика фотоэлемента**Под действием фотоэффекта электроны выбиваются с катода и имеют некоторую кинетическую энергию $E\_{к}=\frac{m\vec{v}^{2}}{2}$**.** Если на анод подать знак минус, то электрическое поле, действующее на электроны со стороны катода и анода, будет тормозящим. Начального запаса кинетической энергии не хватает — электроны теряют свою скорость на подступах к аноду и разворачиваются обратно на катод. Максимальная кинетическая энергия вылетевших электронов оказывается меньше, чем модуль работы поля при перемещении электрона с катода на анод:$$\frac{m\vec{v}^{2}}{2}<eU$$Здесь ***m****=9.1*∙10-31 кг – масса электрона, **e**=*1,6*∙10-19 Кл – заряд электрона.Изменяя постепенно напряжение мы добьемся того, что электроны смогут достичь анода. Это произойдет при условии $$\frac{m\vec{v}^{2}}{2}=eU$$Таким образом, **величина задерживающего напряжения позволяет определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов**.Когда напряжение выходит в область положительных значений, фототок продолжает возрастать. Оно и понятно: электрическое поле теперь разгоняет электроны, поэтому всё большее их число получают шанс оказаться на аноде. Однако достигают анода пока ещё не все фотоэлектроны. Например, электрон, вылетевший с максимальной скоростью перпендикулярно оси колбы (т. е. вдоль катода), хоть и развернётся полем в нужном направлении, но не настолько сильно, чтобы попасть на анод. Наконец, при достаточно больших положительных значениях напряжения ток достигает своей предельной величины Iн, называемой током насыщения, и дальше возрастать перестаёт. Дело в том, что напряжение, ускоряющее электроны, становится настолько велико, что анод захватывает вообще все электроны, выбитые из катода — в каком бы направлении и с какими бы скоростями они не начинали движение. Стало быть, дальнейших возможностей увеличиваться у фототока попросту нет — ресурс, так сказать, исчерпан.**Законы фотоэффекта**Величина Iн тока насыщения — это, по существу, количество электронов, выбиваемых из катода за одну секунду.**Первый закон фотоэффекта**. Число электронов, выбиваемых из катода за секунду, пропорционально интенсивности падающего на катод излучения (при его неизменной частоте).**Второй закон фотоэффекта.** Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и не зависит от его интенсивности.**Третий закон фотоэффекта.** Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта — наименьшая частота света$ ν\_{кр}$, при которой фотоэффект ещё возможен. При $ν<ν\_{кр}$фотоэффект не наблюдается ни при какой интенсивности света.(рис.15)**Рис.15** **Зависимость энергии фотоэлектронов от частоты света****Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта**$hν=A\_{вых}+E\_{к}$**, где**$E\_{к}=\frac{m\vec{v}^{2}}{2}=eU$ **–** кинетическая энергия фотонов$A\_{вых}=hν\_{кр}=\frac{hc}{λ\_{кр}}$ **–** работа выхода |