|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1. Основные этапы развития атомной физики. Открытие электронов, протонов и нейтронов**  - 1896 г. - открытие радиоактивности (Беккерель).  - 1897 г. – опыты Томсона по отклонению катодных лучей в магнитном поле. Открытие электрона.  - 1900-1905 г. – обнаружение и теоретическое обоснование световых квантов (Планк, Эйнштейн).  - 1901-1906 г. *–* разработки первых моделей строения атома (Томсон).  - 1911 г. – построение ядерной модели атома (Резерфорд).  - 1913 г. – теоретическое обоснование ядерной модели атома (Бор).  - 1919 г. – открытие искусственной радиоактивности (открытие протона).  - 1924 г. – формулировка идеи о волновых свойствах частиц (де Бройль).  - 1925 г. – экспериментальное обнаружение волновых свойств электронов (Дэвисон, Джермер).  - 1925 г. – открытие спина электрона (Юленбек, Гаудсмит, Паули).  -1925-1927 г.г. – формулировка основных положений квантовой механики (Шредингер, Гейзенберг, Паули, Дирак).  - 1932 г. – открытие нейтрона (Чедвик).  - 1932 г.– открытие нейтрино (Паули).  - 1939 г.– открытие цепной реакции (Ганн, Штрассман).  - 1942 г.– первый ядерный реактор (Ферми).  - 1954 г.– первая атомная электростанция (Курчатов).  - 1954 г.– создание первого лазера (Басов, Прохоров, Таунс).  - 1954 г.- создание квантовой теории сверхпроводимости (Бардин, Купер, Шрифер).  **ОТКРЫТИЕ ЭЛЕКТРОНА**  Электрон был открыт английским физиком Дж. Томсоном в 1897 г.  - отрицательно заряженная элементарная частица - обладает наименьшим в природе зарядом = 1э.э.з. = 1,6 х 10-19 Кл - масса электрона по сравнению с протоном ничтожнао мала и составляет 9,1 х 10-28 г - электрон стабилен - не имеется никаких данных о внутренней структуре электрона/  **ОТКРЫТИЕ ПРОТОНА**  В 1913 г. Э. Резерфорд выдвинул гипотезу, что одной из частиц , входящих в ядро атома любого химического элемента должно быть ядро атома водорода, т.к. было известно, что массы атомов химических элементов превышают массу атома водорода в целое число раз. Резерфорд поставил опыт по исследованию взаимодействия альфа-частиц с ядрами атома азота. В результате взаимодействия из ядра атома азота вылетала частица, которую Резерфорд назвал протоном и предположил, что это ядро атома водорода. Позднее с помощью камеры Вильсона было доказано, что эта частица действительно является ядром атома водорода.  - масса протона равна 1а.е.м. и в 1836 раз больше массы электрона - заряд протона является положительным и равен 1э.э.з. , т.е. равен по модулю заряду электрона - протон стабилен - физическое представление: напоминает облако с размытой границей, состоящее из рождающихся и аннигилирующих частиц  **ОТКРЫТИЕ НЕЙТРОНА**  В 1920 г. Резерфорд высказал предположение, что должна существовать частица массой, равной массе протона, но не имеющая электрического заряда. Однако, обнаружить такую частицу Резерфорду не удалось.  Английский ученый Дж. Чедвик выдвинул гипотезу о существовании нейтральных частиц, близких по размерам и массе к протонам. Эти частицы он назвал нейтронами. При прохождении через вещество нейтроны не теряют энергию на ионизацию атомов вещества, поэтому имеют огромную проникающую способность. Масса нейтрона чуть больше массы протона (примерно на 2,5 массы электрона). | **2. Гипотеза квантов Планка, спектральное распределение энергии теплового излучения. Флуктуации светового потока**  При выводе своей формулы Планк опирался на выдвинутую им гипотезу: элементарные излучатели представляют собой осцилляторы, которые могут находиться только в некоторых избранных состояниях, в которых их энергия является целым кратным наименьшего количества энергии :, ,. . . . . , . . .; при излучении или поглощении осцилляторы переходят из одного состояния в другое скачком, минуя промежуточные состояния.Формула Планка имеет вид: .  При выводе формулы были получены также выражения для постоянных *с1 =hc2*, *c2 =hc/k*, где *с* – скорость света в вакууме, *k* – постоянная Больцмана.      б  *г*  *в*  *а*  Спектральное распределение поверхностной яркости теплового излучения: *а* – формула Рэлея-Джинса; *б* – формула Вина; *в* – экспериментальное распределение; *г* – формула Планка  Особый интерес представляет обнаружение флуктуаций слабых световых потоков видимого света. Поскольку в световом потоке энергия распределена не равномерно в пространстве, а переносится отдельными фотонами, она и по времени должна восприниматься дискретными порциями. Однако концентрация фотонов при обычных условиях столь велика, что световой поток воспринимается как непрерывный поток энергии. Как и во всякой другой статистической системе, флуктуации макроскопических величин сказываются при убывании числа частиц системы. Следовательно, при достаточном уменьшении интенсивности светового потока можно надеяться обнаружить флуктуации интенсивности как следствие флуктуаций фотонов в световом потоке.  Изучение этих флуктуаций не только демонстрирует существование фотонов, но и позволяет исследовать их статистические свойства.  Такие флуктуации на самом деле наблюдались С.И. Вавиловым и его сотрудниками в 1943 г.  Флуктуации интенсивности светового потока в опытах С.И. Вавилова регистрировались непосредственно человеческим глазом, обладающим чрезвычайно большой чувствительностью, которая превышала на то время чувствительность фотоэлектронных приборов. Было использовано наличие порога зрительного ощущения у человеческого глаза. Это означает, что если на определенный участок сетчатой оболочки глаза попадают вспышки света с определенной длиной волны и определенной продолжительности, то существует некоторое минимальное число фотонов во вспышке, которое глаз еще воспринимает как вспышку и ниже которого глаз не ощущает вспышки. Это число фотонов и определяет порог чувствительности глаза для данных условий.  Если в последовательности вспышек в среднем имеется число фотонов, существенно больше порога чувствительности, так что в результате флуктуаций оно не становится меньшим порога чувствительности, то глаз будет фиксировать каждую вспышку. Однако, если в глаз направляются вспышки, в которых среднее число фотонов находится на пороге чувствительности глаза, то вспышки, в которых число фотонов больше порога чувствительности, будут зафиксированы глазом, а вспышки, в которых число фотонов меньше порога чувствительности, не будут замечены. Следовательно, при наблюдении вспышек вблизи порога чувствительности глаза можно непосредственно глазом зафиксировать флуктуации числа фотонов во вспышках. | **3. Локализация энергии фотона. Фотоэффект. Тормозное рентгеновское излучение**  Явление вырывания электронов с поверхности вещества под действием электромагнитного излучения называется ***внешним фотоэффектом*.** Фотоэлектрическими свойствами обладают металлы, полупроводники, а также диэлектрики и электролиты. ***Внутренний фотоэффект*** состоит в увеличении концентрации свободных носителей заряда в веществе под действием электромагнитного излучения. Внутренний фотоэффект может происходить в полупроводниках и диэлектриках.  А.Г Столетовым в 1888 году эмпирически были установлены следующие основные законы фотоэффекта:  1)Сила фототока насыщения (при прочих равных условиях) пропорциональна величине падающего светового потока. (Нужно иметь в виду, что фотоэффект вызывается поглощенным излучением.)  2)Фотоэффект наблюдается лишь при освещении фотокатода излучением, частота  которого не менее частоты  красной границы фотоэффекта (в шкале длин волн – если λλ0).  3)Распределение фотоэлектронов по начальным значениям кинетической энергии не зависит от величины светового потока.  4)Максимальная начальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно зависит от частоты излучения:  ;  *a* и *b* различны для различных фотоэлементов.  5)Фотоэффект – явление практически безынерционное.  Для объяснения явления фотоэффекта в 1905 году Эйнштейн предположил, что *поток энергии электромагнитного излучения не является непрерывным, а состоит из дискретных порций энергии, называемых квантами или фотонами.* В этом и состоит суть гипотезы квантов Эйнштейна, являющейся логическим продолжением квантовой гипотезы Планка.  **Тормозное рентгеновское излучение.**  О локализации энергии излучения в световых квантах приходится говорить и при рассмотрении тормозного рентгеновского излучения. Рентгеновские лучи, открытые в 1896 г. Рентгеном, возникают при бомбардировке быстрыми электронами твердых мишеней. Рентгеновская трубка (рисунок 1.5) представляет собой вакуумированный баллон с несколькими электродами. Нагреваемый током катод К служит источником свободных электронов, испускаемых вследствие термоэмиссии.    частота излучения не может превысить значения  , а длина волны  . |
| **4. Локализация энергии и импульса фотона. Эффект Комптона**  Эффект Комптона – изменение длины волны электромагнитного излучения в результате рассеяния на свободных электронах  1  **Схема опыта Комптона на рисунке.**  особенности явления:  1) в рассеянном излучении присутствуют как первоначальная длина волны возбуждающего излучения, так и длина волны, смещенная в сторону длинных волн;  2) величина смещения зависит от угла рассеяния, а именно, она возрастает при увеличении этого угла;  3) при увеличении угла рассеяния интенсивность несмещенной линии падает, а интенсивность смещенной линии возрастает.  .  В самом деле    Для частицы, движущейся со скоростью света , получаем  .  Наконец, для фотона с энергией *E=hv*  .  Это и есть искомое выражение для импульса фотона. | **5. Корпускулярно-волновой дуализм в оптике. Эффект Доплера**  Электромагнитное излучение (свет) в одних экспериментах проявляет себя, как волна (интерференция, дифракция) в других, как поток корпускул (фотоэффект, эффект Комптона, эффект Мессбауэра). То есть, в одних случаях можно рассматривать свет как волну, в других - как поток частиц. Корпускулярно - волновой дуализм присущ самой природе света. Двойственность природы света подтверждается также и тем, что многие физические явления могут быть одинаково успешно объяснены как с волновой точки зрения, так и с корпускулярной. Например, отражение и преломление света, давление света, эффект Доплера.  **Эффе́кт До́плера** — изменение [частоты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0) и, соответственно, [длины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B) [волны](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0) излучения, воспринимаемое наблюдателем (приёмником), вследствие движения источника излучения и/или движения наблюдателя (приёмника). | **6. Локализация импульса фотона. Эффект Мессбауэра**  **1**          Для первого случая имеем: *Т*=2,7·10-11 эВ.  Для второго случая: *Т*=1,25 эВ. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **7.Опыт Резерфорда по рассеиванию α- частиц. Ядерная модель атома.**    **Рисунок 2.2 – Троектория движения -частиц вблизи ядра атома** | **8.Закономерности в атомных спектрах. Комбинационный принцип Ритца.**  Закономерности:  ---Спектр испускания атома водорода является дискретным, линейчатым  ---Имеется головная наиболее длинноволновая и интенсивная линия  ---с уменьшением длины волны уменьшается расстояние между соседними линиями их интенсивность  ---Линии сходятся к некоторому пределу в сине-фиолетовой области, за которой проявляется непрерывное излучение  Комбинационный принцип Ритца: волновое число любой спектральной линии можно получить как комбинацию двух термов. | **9. Постулаты Бора. Принцип соответствия и его применение к атомной модели Резерфорда – Бора. Уровни энергии атома водорода.**  Постулаты Бора:  1) *E*1, *E*2, *E*3, ..., существует стационарное состояние в котором атом не испускает и не поглощает энергию  2) при переходе атома из 1 стационарного состояния в другое происходит испускание или поглощение энергии порциями с частотой:    *Принцип* *соответствия* *Бора.*  2а 2б |
| **10.Упругие и неупругие столкновения электронов с атомами. Опыт Франка и Герца**  *Упругими* называют такие столкновения, в которых суммарная кинетическая энергия частиц до соударения равна сумме кинетических энергий этих частиц после соударения. Очевидно при этом внутренняя энергия частиц (и состояние их) не изменяется. Если же часть кинетической энергии пойдет на изменение внутреннего состояния одной из сталкивающихся частиц, то такое столкновение является *неупругим*.  **схемаМетод задерживающего потенциала.** Для анализа энергий электронов малых энергий часто используют тормозящее электрическое поле. Пусть поток электронов разных энергий от источника **К** движется слева направо. Между двумя электродами (**С** и **А** на рисунке 1) создадим тормозящее электроны поле (слева плюс, справа минус). Электрод **С** выполнен в виде сетки, а с правого электрода **А** заряд стекает через гальванометр **G** на землю. Если разность потенциалов между **С** и **А** равна **Uзад**, то преодолеть промежуток могут только электроны, кинетическая энергия которых **T > eUзад**, здесь **e** - заряд электрона. Ток гальванометра **I** пропорционален суммарному количеству электронов в потоке с энергией большей **eUзад**. Изменяя **Uзад**, и замеряя ток при каждом значении, можно получить представление о распределении электронов по энергии **n(T)**. Метод очень прост. Недостаток его - для нахождения распределения **n(T)** приходится дифференцировать экспериментальную зависимость **I(Uзад)**, что связано с большой потерей точности. Метод задерживающего потенциала использован Джеймсом Франком и Густавом Герцем для анализа энергий, теряемых электронами в столкновениях с атомами.  Изменение энергии налетающей частицы массы m (потеря энергии) при *упругом* соударении с другой частицей массы M **ΔT ~ (m/M)·T**, где T - энергия частицы до столкновения. Так как масса электрона значительно меньше массы атома, то его кинетическая энергия при упругом столкновении с атомом меняется незначительно, происходит только изменение направления скорости (здесь уместно сравнение, как горох об стенку).  Если возможны *неупругие* соударения с атомом, то кинетическая энергия электрона после соударения окажется меньше на величину энергии, переданной атому. В первых опытах Дж.Франка и Г.Герца электроны, испущенные подогретым катодом **К**, ускоряются электрическим полем, создаваемым между катодом и сеткой **С** разностью потенциалов **Uуск**. Между сеткой и анодом поле тормозящее (**Uзад** ~ 0.5 В). Стеклянная колба с электродами наполнена парами ртути. При малых напряжениях (**Uуск** < 4.9 В для ртути) соударения электронов с атомами *упругие*, т.к. вольтамперная характеристика такая же, как для вакуумного диода. Упругие столкновения, как было сказано, практически не меняют энергетический спектр электронов, тормозящее поле им не помеха. Но вблизи **Uуск** ~ 4.9 В ток резко уменьшается. Значит при **T** ~ 4.9 эВ происходят *неупругие* соударения с атомами, и электроны, отдавшие атому энергию, не могут преодолеть задерживающий промежуток **С** - **А**. Таким образом было установлено, что минимальная энергия, необходимая для возбуждения атомов ртути, составляет 4.9 эВ. Эта энергия, деленная на заряд электрона, называется *потенциалом возбуждения*. Падения тока при напряжениях, кратных 4.9 В, означает, что электроны, потерявшие энергию в первом неупругом соударении, снова набирают 4.9 эВ по пути к аноду и происходит второе (третье) неупругое соударение.  Дополнительным свидетельством того, что переданная электроном энергия пошла на возбуждение атома, явился спектральный анализ излучения, возникающего при возбуждении. Атом в возбужденном состоянии живет недолго. При возврате в основное состояние переданная энергия **ΔT** = 4.9 эВ должна излучиться в виде кванта **hν** с той же энергией. Длина волны **λ** = hc/ΔT = 253 нм. И такая линия действительно была найдена Дж.Франком и Г.Герцем! | **11.Квантование круговых и эллиптических орбит по Бору – Зоммерфельду. Главное и азимутальное квантовые числа**  Согласно Зоммерфельду квантуется динамическая переменная, определяемая интегралом:  где *рi*- обобщенный импульс, *qi*- обобщенная координата.  По определению обобщенный импульс – это частная производная от кинетической энергии по обобщенной координате с точкой х ().    3 Квантовых условий должно быть столько, сколько степеней свободы имеет рассматриваемая система или сколько переменных вводится для описания движения частицы.  В случае движения по эллипсу переменными являются радиус – вектор  и полярный угол . Для случая эллиптических орбит из условия (2.33) получим систему из 2-х уравнений    Здесь *nr* – радиальное квантовое число, а  – азимутальное квантовое число. В общем случае  .  Т.е.обобщенными импульсами при движении по эллипсу являются импульс *р* и момент импульса *l*.  Из второго уравнения системы при учете того, что  в центральном поле, а , найдем  .  Из первого уравнения системы (2.35) в результате интегрирования получается  ,  Если заменить *nφ+nr=n* (*n*- главное квантовое число), то получается известная формула Бора для уровней энергии | **12.Идея Луи де Бройля о волновых свойствах частиц. Свойства волн де Бройля.**  Свойства волн де Бройля: - фазовая скорость υф  волн де Бройля больше скорости света: υф= ω/kλ=с2/υ >c, kλ=2π/λ; - групповая скорость υг волн де Бройля равна скорости движения частицы υ, а произведение фазовой и групповой скоростей равно с2; - каждому стационарному состоянию электрона в атоме соответствует стоячая волна де Бройля: l=nλ, n=1,2,3… |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **13.Экспериментальное обнаружение волн де Бройля. Дифракция электронов, нейтронов, атомов и молекул.**  Опыты Дэввисона и Джермера: при отражении нарушаются законы геометрической оптики, при заданном угле падения электроны отражаются от поверхности кристалла под различными углами. В результате опыта был выявлен дифракционный характер рассеяния и подтверждении формула λ=h/. | **14. Статистическая интерпретация волн де Бройля. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.**  Согласно соотношению неопределенностей, чем точнее фиксирован, например, импульс, тем большая неопределенность будет в значении координаты. Согласно принципу неопределенностей, теряет смысл одно из важнейших понятий классической механики - понятие траектории частицы. Ведь это понятие предполагает, что в любой момент времени частица находится в определенной точке пространства и имеет импульс, направленный по касательной к траектории. Теперь уже нельзя говорить, что частица движется вдоль какой-то линии. Т.о., соотношение неопределенностей является квантовым ограничением применимости классической механики к микрообъектам. ∆х∆рх≥ћ/2; ∆y∆рy≥ћ/2; ∆z∆рz≥ћ/2; ∆E∆t≥ћ/2; | **15. Характеристика квантовых состояний с помощью волновой функции. Принцип суперпозиции.**  ---Состояние системы в квантовой механике описывается комплексной ψ-функцией одних только координат.  ---ψ-функция сама непосредственного физического смысла не имеет, но квадрат ее модуля интерпретируется как плотность вероятности найти частицу в определенном месте пространства.  **Свойства волновой функции:**  - непрерывность функции и первой ее производной;  - конечность;  - однозначность;  - нормированность.  ***ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ***  *Если квантовомеханическая система может находиться в состояниях, описываемых волновыми функциями* ψ1, ψ2, …, *то она может находиться и в состоянии, описываемом произвольной линейной комбинацией этих функций, т. е. функцией* |
| **16. Операторы физических величин и их свойства. Собственные значения и собственные функции операторов.**  В квантовой механике каждой динамической переменной классической механики следует сопоставлять линейный эрмитов оператор.    Критерий линейности:  Критерий эрмитовости операторов:    Критерий коммутативности операторов:    **ОПЕРАТОРЫ**  Операторы координат и потенциальной энергии:  Операторы импульса:  Операторы момента импульса:  Оператор кинетической энергии  Оператор полной энергии:  *Если система находится в состоянии, описываемом собственной функцией* ψ*i оператора некоторой динамической переменной, то при измерении соответствующей динамической переменной всегда (т. е. с достоверностью) будет получаться число λi, являющееся собственным значением оператора , принадлежащим собственной функции* ψ*i.* | **17. Оператор момента импульса. Квантование проекций и квадрата момента импульса. Классификация состояний по моменту импульса.**  При изучении квантовых свойств частиц, находящихся в поле действия центральных сил, особое значение имеют свойства оператора квадрата момента импульса и его проекций.  7  Момент количества движения в квантовой механике обладает тем свойством, что три его составляющие (проекции) не могут быть определены одновременно. Их операторы попарно не коммутируют. Однако могут быть одновременно определены одна проекция момента импульса и его квадрат. То есть, оператор квадрата импульса, и оператор его проекции имеют общую собственную функцию.  **Явный вид оператора квадрата момента импульса.**  **Состояния с различными значениями l принято обозначать буквами:** | **18. Стационарное и временное уравнения Шредингера.**  **Стационарное уравнение Шредингера:**  **Если потенциальное поле в котором находится система не зависит от времени, то в этом случае записывается и решается стационарное ур. Шрёдингера**  **Временное уравнение Шредингера:**  **Если потенциальное поле зависит от времени, то** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **19.Прямоугольные потенциальные ямы.**  **Прямоугольная симметричная потенциальная яма**  Прямоугольная симметричная потенциальная яма характеризуется своей глубиной *U0* и шириной *L* = 2 *a*. Картина уровней энергии и волновых функций будет особенно простой, если *U0* → ∞ (яма бесконечной глубины). В этом случае легко найти, что, согласно уравнению Шредингера, уровни энергии определяются выражением:   |  |  | | --- | --- | | , |  |   Где   |  |  | | --- | --- | | ;*n=*0,1,2, 3, |  |   В специальной системе единиц, где *ħ=m=*1, эта последняя формула принимает вид (*a*c − полуширина ямы в этой системе):   |  | | --- | | ; *n* *=* 0, 1, 2, 3, |   Вне бесконечной ямы волновые функции равны нулю, а внутри её описываются формулами (7.10а) и (7.10б). Графики этих волновых функций изображены на рис. 7.1.    Рис. 7.1   |  |  | | --- | --- | | при  при |  |   Картины уровней и волновых функций для ям конечной и бесконечной  глубины некоторых деталях отличаются друг от друга. Решение на компьютере позволяет проследить за этими отличиями.  В случае ям конечной глубины волновая функция за пределами ямы не обращается в нуль, а экспоненциально убывает по мере удаления от стенки. Это означает, что происходит проникновение связанной частицы в классически запрещенную область, причем глубина проникновения оказывается тем больше, чем выше лежит соответствующий энергетический уровень. Фактически происходит увеличение эффективной ширины ямы *L*эф > *L*, причем чем выше уровень *En* ,тем большей оказывается эффективная ширина. Подстановка *L*эф в формулу (7.9б) вместо *L* показывает, что уровни энергии в яме конечной глубины понижаются по сравнению с соответствующими уровнями бесконечно глубокой ямы и понижаются тем значительнее, чем больше номер уровня.  Результаты компьютерных решений (при *ħ=m=*1) легко распространить на «реальные» прямоугольные ямы | **20.Задача о потенциальной ступеньке в квантовой механике.**  Инфинитное движение – постановка задачи U(x)=  Оптическим аналогом данного явления является отражение и преломление волн на границе раздела двух сред. | **21.Одномерные квантово-механические задачи с потенциальным барьером. Эффект Рамзауэра. Туннельный эффект.**  Туннельный эффект — прохождение частицы (или системы) сквозь область пространства, пребывание в которой запрещено классической механикой. Наиболее известный пример такого процесса – прохождение частицы сквозь потенциальный барьер, когда её энергия Е меньше высоты барьера U. В классической физике частица не может оказаться в области такого барьера и тем более пройти сквозь неё, так как это нарушает закон сохранения энергии. Однако в квантовой физике ситуация принципиально другая. Квантовая частица не движется по какой-либо определенной траектории. Поэтому можно лишь говорить о вероятности нахождения частицы в определенной области пространства ∆p∆x≥ћ. При этом ни потенциальная, ни кинетическая энергии не имеют определенных значений в соответствии с принципом неопределенности. Допускается отклонение от классической энергии Е на величину ∆Е в течение интервалов времени ∆t. Возможность прохождения частицы сквозь потенциальный барьер обусловлена требованием непрерывной волновой функции на стенках потенциального барьера. Вероятность обнаружения частицы справа и слева связаны между собой соотношением, зависящим от разности E - U(x) в области потенциального барьера и от ширины барьера x1 - x2 при данной энергии.  С увеличением высоты и ширины барьера вероятность туннельного эффекта экспоненциально спадает. Вероятность туннельного эффекта также быстро убывает с увеличением массы частицы.  эффект Рамзауэра состоит в *резонансной «прозрачности*» тяжелых благородных газов для электронов. Резонансной потому, что прозрачность наступает лишь при строго определённой кинетической энергии электронов. (отчетливо выражается для благородных газов: аргона, криптона, ксенона) |
| **22. Линейный гармонический осциллятор.**  **Линейный гармонический осциллятор**  Как известно, в классической механике частица массой *m*, находящаяся в силовом поле с потенциальной энергией   |  |  | | --- | --- | |  |  |   при любом значении *E* > 0 совершает гармонические колебания с частотой   |  |  | | --- | --- | |  |  |   Согласно квантовой механике, поведение частицы в тех же условиях определяется уравнением Шредингера. Для стационарных состояний линейного гармонического осциллятора в соответствии с (6.3) и (6.5) оно имеет вид:   |  |  | | --- | --- | |  | (7.7) |   Данное уравнение можно точно решить аналитически. Спектр энергии при этом описывается формулой:  *n* *=* 0, 1, 2, 3,… (7.8)  Аналитическое решение дает возможность оценить точность численных методов решения этого уравнения на компьютере. | **23. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Время жизни возбужденных состояний.**    Типы квантовых переходов:  СПОНТАННЫЕ  ВЫНУЖДЕННЫЕ  Спонтанные переходы рассматриваются как вынужденные, происходящие под действием нулевых колебаний вакуума.  Вероятности спонтанных и вынужденных переходов между m-м и n –м уровнями: Pсп = Zсп/Nn = Anm; Pвын = Zвын/Nn = Вnmρv; P=Z/Nm=Bmnρv, где Z – число переходов в единицу времени, Nn Nm – населенности m-го и n-го уровней, ρv – объемная спектральная плотность внешнего излучения частоты ν, под действием которого совершаются вынужденные переходы; AnmВnmBmn – коэффициенты Эйнштейна. значения коэффициентов Эйнштейна пропорциональны квадратам матричных элементов: Rmn=ψmpψndV. Связь между коэффициентами Эйнштейна: Вnm = gm/gn ·Bmn= Anm. | **24.Естественная ширина уровня энергии и спектральной линии. Уширение линий из-за эффекта Доплера и столкновений.**  ***Контур спектральной линии***  **Untitled-2%20copy**  ***NA*‑ число Авагадро,**  ***RU*‑ универсальная газовая постоянная**  ***с*‑ скорость света в вакууме,**  ***r2эф*‑ эффективный радиус атома.**  **µ ‑ молярная масса газа.**  ***T*- температура, *P* - давление** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **25. Интенсивности спектральных линий. Матричный элемент перехода. Правила отбора и их связь с законами сохранения момента импульса и четности.**  Основные положения квантово-механического подхода к описанию процессов поглощения и испускания фотонов.  ---Квантовый переход - непрерывный процесс трансформации волновой функции из одного вида в другой.  ---*Спонтанные и вынужденные переходы рассматриваются одинаковым образом - как вынужденные. При этом спонтанные переходы рассматриваются как переходы, которые происходят под действием нулевых колебаний вакуума.*  *---Характеристики состояний системы получаются при решении временного уравнения Шредингера. При этом чаще всего оно решается приближенно методом вариации постоянных.*    вероятность получить при измерении энергии системы в момент времени *t* определенное значение энергии *En*.  вероятность перехода системы из одного состояния в  другое  *---Переходы, происходящие под действием электромагнитных волн, разделяют на дипольные, квадрупольные и магнитные. Дипольные переходы оказываются на 5-6 порядков более вероятными, чем магнитные и квадрупольные* *.*  **Правила отбора:**  -Волновые функции должны перекрываться;  -Изменение момента импульса атома равно моменту импульса фотона;  -Волновые функции комбинирующих состояний должны иметь различную четность для электрических дипольных переходов и одинаковую четность для магнитных и квадрупольных переходов. | **26. Физические принципы работы лазеров. Свойства лазерного излучения. Использование лазеров.**  Лазер— устройство, преобразующее [энергию](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) накачки ([световую](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82), [электрическую](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE), [тепловую](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D1%8B), [химическую](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F) и др.) в энергию [когерентного](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), [монохроматического](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), [поляризованного](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD) и узконаправленного потока излучения. Принцип работы: физической основой работы лазера служит явление [вынужденного излучения](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D0%BD%D1%83%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5). Суть явления состоит в том, что возбуждённый [атом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC) способен излучить [фотон](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD) под действием другого фотона без его поглощения, если [энергия](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) последнего равняется разности энергий [уровней](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C) атома до и после излучения. При этом излучённый фотон [когерентен](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) фотону, вызвавшему излучение. Таким образом происходит усиление [света](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82). Этим явление отличается от спонтанного излучения, в котором излучаемые фотоны имеют случайные направления распространения, [поляризацию](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD) и [фазу](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9). Типы лазеров: [Твердотельные лазеры](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80) на [люминесцирующих](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%8E%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F) [твёрдых средах](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BE), полупроводниковые, [лазеры на красителях](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80%D1%8B_%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%85), газодинамические, эксимерные, химические, [лазеры на свободных электронах](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80_%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%85). | **27. Уровни энергии и волновые функции стационарных состояний водородоподобного атома.**  Основное состояние.  7  Возбужденные состояния.  7 |
| **28. Графическое изображение центрального движения в квантовой механике. Пространственное распределение электронной плотности вероятности.**  Пространственное распределение электронной плотности вероятности.  S-состояние  P-состояние  d-состояние | **29. Магнитный момент атома как следствие орбитального движения электрона. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора.**  **ris8**  **В простейшем случае круговой орбиты**  **- магнетрон Бора**  ***m* - магнитное квантовое число, (m=0,+-1,+-2,…)** | **30. Прецессия моментов во внешнем магнитном поле. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона и других микрочастиц.**  Опыт Штерна и Герлаха: В 1922 данный опыт экспериментально подтвердил, что атомы обладают магнитным моментом, проекция которого на направление внешнего магнитного поля принимает лишь определённые значения (пространственно квантована). Штерн и Герлах исследовали прохождение пучка атомов серебра(а затем и др. элементов) в сильно неоднородном магнитном поле с целью проверки теоретически полученной формулы пространств. квантования проекции mz на направление Z магнитного момента атома m₀: mz=m₀m (т = 0±1,...). На атом, обладающий магнитным моментом и движущийся в неоднородном вдоль Z магнитном поле Н, действует сила F= mz ∂Н/∂Z, которая отклоняет его от первоначального направления движения. Если проекция магнитного момента атома могла бы изменяться непрерывно, то на пластинке наблюдалась бы размытая широкая полоса. Однако в опыте было обнаружено расщепление пучка атомов на 2 компоненты, симметрично смещенные относительно первичного направления распространения на величину D — на пластинке появлялись две узкие полосы. Это указывало на то, что проекция магнитного момента атома mz на направление поля Н принимает только два отличающиеся знаком значения ±m₀, т. е. m₀ ориентируется вдоль Н и в противоположном направлении.  ВЫВОД. Наличие 3-х квантовых чисел *n*, *l*, *m* недостаточно для описания квантовых состояний электрона в атоме.  ИДЕЯ. Паули сформулировал точку зрения, согласно которой, «дублетная структура спектров щелочных металлов возникает вследствие характерной дублетности квантовых свойств электрона, которую нельзя описать классически». Паули предложил использовать для описания состояний электрона в атоме не 3, а 4 квантовых числа.  Существенный шаг в развитии этой гипотезы сделали голландские физики Юленбек и Гаудсмит, которые ввели представление о вращении электрона вокруг собственной оси. Это свойство называется спиновым.  По общим законам квантовой механики спиновый момент импульса (спин) выражается через спиновое квантовое число s в соответствии с формулой:  По общим законам квантовой механики проекция спинового момента импульса выражается через квантовое число проекции спина в соответствии с формулой:  ***Магнитный момент электрона***  **-магнит момент электрона** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **31. Спин-орбитальное взаимодействие. Полный момент импульса электрона. Формула Дирака. Квантовые числа n,l,j и mj.**  Спин-это внутреннее неотъемлемое свойство электрона присущее ему так же, как масса или эл. заряд.  При классическом рассмотрении:  8  Спин-орбитальное взаимодействие-это взаимодействие 2-х магнитных моментов: спинового и орбитального          j-квант.число полного механич.момента  ***Векторная модель атома*** | **32. Тонкая структура уровней энергии и спектральных линий атома водорода. Лэмбовский сдвиг. Сверхтонкая структура.**  --Терм водородоподобного атома может быть представлен в виде суммы:    Для водорода *Т*1=27414,25 см-1, а Δ*Т*n,j=0,366 см-1.  --Вследствие спин-орбитального взаимодействия спектральные термы смещаются и расщепляются, возникает их тонкая структура.  --Результат: линии спектров имеют тонкую структуру.    Пример: образования тонкой структуры Т1 и Т2 термов водорода.  **Обозначение термов (символы термов):**  К-мультиплетность  **Правила отбора:** | **33. Неразличимость одинаковых микрочастиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Принцип Паули.**  Бозоны – частицы с целым спином (включая 0), подчиняющиеся статистике Бозе-Эйнштейна, состояния которых описывается симметричными волновыми функциями. Формула распределения бозонов по состояниям (формула Бозе-Эйнштейна) имеет вид:  - формула Базе-Эйнштейна  фермионы – частицы с полуцелым спином, подчиняющиеся статистике Ферми – Дирака, состояния которых описываются антисимметричными волновыми функциями. Формула распределения фермионов по состояниям (формула Ферми – Дирака) имеет вид:  - формула Ферми - Дирака  ***Принцип Паули***  ---системы электронов встречаются в природе только в состояниях, описываемых антисимметричными волновыми функциями.  **Принцип запрета Паули**  ---В определенном квантовом состоянии может находиться не более одного электрона. |
| **34. Учет взаимодействия электронов. Одноэлектронное приближение. Самосогласованное поле. Атомные орбитали, оболочки и слои. Общий характер зависимости энергии связи электрона в сложном атоме от квантовых чисел n и l.**  **- электронная конфигурация**   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Слой | K | L | M | N | O | |  | 2 | 8 | 18 | 32 | 50 |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | | **Оболочка** | **s** | **p** | **d** | **f** | **g** | |  | **2** | **6** | **10** | **14** | **18** | | **35. Квантовое состояние атома в целом. Электронная конфигурация. Последовательность заполнения электронных оболочек и слоев. Периодическая система элементов Менделеева.**  **9**  Схема Клечковского заполнения электронных оболочек атомов.  9  **Заполнение электронных оболочек марганца.** | **36. Уровни энергии и спектры атомов щелочных металлов**  Спектры испускания атомов щелочных металлов, подобно спектру водорода, состоят из нескольких серий линий. Наиболее интенсивные из них получили названия: главная, резкая, диффузная и основная (или серия Бергмана). Эти названия имеют следующее происхождение. Главная серия названа так потому, что наблюдается и при поглощении. Следовательно, она соответствует переходам атома в основное состояние. Резкая и диффузная серии состоят соответственно из резких и размытых (диффузных) линий. Серия Бергмана была названа основной (фундаментальной) за свое сходство с сериями водорода.  Еще 'в конце прошлого столетия Ридберг установил эмпирические формулы, позволяющие вычислить частоты серий щелочных металлов. Эти формулы для всех серий сходны и имеют вид:  http://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/haltanova/autoplay/Docs/pages/Phisics_Savelev_3-100012-1.png  гдеhttp://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/haltanova/autoplay/Docs/pages/Phisics_Savelev_3-100012-2.png—частота, соответствующая границе серии,http://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/haltanova/autoplay/Docs/pages/Phisics_Savelev_3-100012-3.png— постоянная Ридберга (59,5),http://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/haltanova/autoplay/Docs/pages/Phisics_Savelev_3-100012-4.png—целое число,http://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/haltanova/autoplay/Docs/pages/Phisics_Savelev_3-100012-5.png—дробное число.  Таким образом, частоты линий могут быть представлены как разности двух термов: постоянного (http://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/haltanova/autoplay/Docs/pages/Phisics_Savelev_3-100012-6.png) и переменного, имеющего более сложный вид, чем бальмеровский термhttp://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/haltanova/autoplay/Docs/pages/Phisics_Savelev_3-100012-7.png. Константыhttp://www.bsu.ru/content/page/1415/hec/haltanova/autoplay/Docs/pages/Phisics_Savelev_3-100012-8.pngи а для различных серий имеют, вообще говоря, разное значение. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **37. Векторная модель сложения моментов и типы связи между моментами в сложных атомах. Правила Хунда**  Согласно 1-му правилу Хунда, наименьшей энергией характеризуется терм с максимально возможным для данной электронной конфигурации значением квантового числа *L* и максимально возможным при данном *Lmax* значением квантового числа *S*.  Согласно 2-му правилу Хунда, для основного терма *J=L-S*, если оболочка атома заполнена меньше, чем наполовину, и *J=L+S* во всех других случаях.  --Взаимодействие между электронами многоэлектронного атома приводит к взаимной согласованности орбитальных и спиновых движений электронов и суперпозиции соответствующих механических моментов.  Возможны две схемы (модели) сложения моментов.  1)  2)  --Правила квантования суммарных орбитального и спинового моментов.  Правила квантования проекций суммарных механических моментов орбитального и спинового движений электронов атома: | **38. Рентгеновские уровни энергии и характеристические спектры. Закон Мозли. Эффект Оже. Поглощение рентгеновского излучения.**  **Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Коротковолновая граница сплошного рентгеновского спектра. Закон Мозли.**  Рентгеновское излучение обычно получают при бомбардировке быстрыми электронами поверхности какого-либо вещества в твердом состоянии. Исследования показали, что спектр излучения содержит две составляющие – сплошную и линейчатую. Сплошная составляющая получала название тормозное рентгеновское излучение, а линейчатая – характеристического. Если энергия электронов, которые внедряются в вещество, меньше некоторой определенной величины, то возникает только тормозное излучение. Коротковолновая граница спектра – граничная длина волны λmin. Наличие резкой коротковолновой границы у тормозного спектра – проявление квантового характера процессов излучения: λmin=сh/eV. Закон Мозли: квадратный корень частоты колебаний данной линии К-серии в зависимости от атомного номера элемента Z выражается плавной кривой, очень близкой к прямой: =R(Z-σ), где R – постоянная Ридберга, σ – поправка.  **Эффект Оже** — явление, в ходе которого происходит заполнение [электроном](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD) вакансии, образованной на одной из внутренних [электронных оболочек атома](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0) (вакансия возникает путём «выбивания» другого электрона рентгеновским или гамма-излучением, электронным ударом, в результате [внутренней конверсии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F)или [электронного захвата](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%B2%D0%B0%D1%82))  - формула Мозли | **39. Магнитные свойства многоэлектронных атомов.**  10  L- Суммарный орбитальный момент;  S - Суммарный спиновый момент;  J - Полный механический момент;  Pml - Магнитный момент, вызванный  орбитальным движением электронов;  Pms - Магнитный момент, вызванный  спиновым движением электронов;  Pmj - Полный магнитный момент;  <Pmj> -Среднее значение полного магнитного момента; |
| **40. Расщепление уровней энергии и спектральных линий атомов в однородном магнитном поле. Эффект Зеемана в слабых и сильных полях. Эффект Пашена-Бака.**  **Нормальный и аномальный эффект Зеемана. Фактор Ланде.**  Эффект Зеемана – явление расщепления спектральных линий атомов в однородном магнитном поле. Данное явление обусловлено расщеплением спектральных термов атомов. Величина зеемановского расщепления спектральных линий атомов в слабом магнитном поле: ∆ω =γL(MJ˝g˝ - MJ΄g΄)||, где MJ˝g˝ и MJ΄g΄ - магнитное квантовое число и фактор Ланде соответственно для исходного и конечного квантовых состояний атома, γL- гиромагнитное отношение, В – индукция магнитного поля. При нормальном эффекте Зеемана спектральная линия расщепляется на три компонента. При этом все три компонента регистрируются при наблюдении излучения в направлении, перпендикулярном индукции магнитного поля, а при наблюдении излучения в направлении, параллельном индукции магнитного поля, регистрируются только два смещенных по частоте компонента. Величина расщепления при нормальном эффекте: ∆ω=0, ± γL||. Фактор Ланде для свободного электрона g=2,0024.  **Эффект Пашена — Бака** состоит в том, что в сильных [магнитных полях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) сложное [зеемановское расщепление](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%97%D0%B5%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0" \o "Эффект Зеемана) переходит в простое.  Эффект Пашена — Бака наблюдается, когда зеемановское расщепление превышает расщепление [тонкой структуры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BD%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0), то есть при  Vm>=|Ei-Ek|. В таких полях разрушается обычное [спин-орбитальное взаимодействие](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D0%BD-%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%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%D0%B5). При этом сложное зеемановское расщепление переходит в простое, так что вырожденный энергетический уровень расщепляется на 2J+1 равноотстояших зеемановских подуровней (где J — максимальное значение модуля магнитного квантового числа ml=j). | **41. Электронный парамагнитный резонанс и его применение.**  Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) – явление поглощения электромагнитного излучения СВЧ диапазона парамагнитными веществами, помещенными в однородное магнитное поле. В результате поглощения кванта электромагнитного излучения происходит изменение ориентации спина неспаренного электрона атома (молекулы) и переход атома на соседний подуровень зеемановского расщепления с большей энергией.  Специфические возможности ЭПР: качественный и количественный атомный  и молекулярный анализ веществ, содержащих неспаренные электроны. | **42. Действие электрических полей на атом. Поляризуемость атома. Квадратичный и линейный эффекты Штарка**  *Расщепления спектральных линий и уровней энергии в электрическом*  *поле было обнаружено в 1913 г. для атома водорода Штарком, и носит*  *его имя*  *Дополнительная энергия, приобретаемая*  *атомом в* *электрическом поле, если атом*  *имеет отличный от 0 дипольный момент* *Р*  *Индуцированный дипольный момент* |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **43. Виды движения электронов и ядер в молекуле. Адиабатическое приближение. Типы молекулярных спектров.**  В отличие от атомов в случае молекулы электрическое поле, в котором совершают движение электроны, не является сферически симметричным. Только в простейшем случае его можно отнести к цилиндрической симметрии.  11  Молекулярные спектры в зависимости от типов соответствующих им квантовых переходов лежат в различных областях шкалы электромагнитных волн:  1) *электронно - колебательно - вращательные* – в **ультрафиолетовой и видимой области**;  2) *колебательно – вращательные* – в **инфракрасной**;  3) *вращательные* – в **дальней инфракрасной**. | **44. Вращательные квантовые состояния двухатомных молекул. Вращательные спектры.**  Основной характеристикой вращающейся молекулы являются ее моменты инерции:  **11**  **При этом энергия вращения**  **Квантование квадрата вращательного момента и его проекции определяется общими формулами квантовая соответствующих величин:**  **Вращательные термы:**  **11**  **11** | **45. Колебательное движение и колебательные квантовые состояния в молекулах. Ангармоничность колебаний. Понятие о нормальных колебаниях многоатомных молекул.**  **11**    Норм. Колеб. Назыв. Собств.гармонич. колеб. Многоатомной молекулы число которых опред. Как 3n-6. Норм. Колеб. Разделяют на 2 вида: диформационные и валентные. Диформационные – изменение угла между связями  Валентные – растяжение связей  Вращение молекулы вокруг оси совпадает с осью симметрии теряет смысл поскольку молекула в каждый момент времени совпадает сама с собой  Формы колебаний:  -ножничные  -маятниковые  -крутильные  -веерная  -плоскостные  -неплоскостные |
| **46. Колебательно-вращательные спектры 2-хатомных молекул.** | **47. Физические принципы спектроскопии комбинационного рассеяния света и ее прикладное значение.**  Рассеяние – изменение направления распространения света, не связанное с отражением или преломлением.  Виды:  -упругое  -неупругое  **квантовое объяснение**  **600px-Illustr_Raman** | **48. Виды химической связи. Квантовомеханическое описание ковалентной связи.**  Критерий Франка: тип химической связи определяется характером дисслоциации:  --Ионная  --Атомная  - Атомная связь с насыщенной влентностью  - Координационная связь донорно-акцентированного типа  - Слабая связь без насыщения  - Металлическая связь  13  Метод лин.комбинацион.атомн.орбиталей |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **49. Описание электронных состояний молекул с помощью квантовых чисел. Молекулярные электронные оболочки и их заполнение.**  13  Распределение электронной плотности вероятности для  σ-связывающего состояния.  13  Распределение электронной плотности вероятности для  π-связывающего состояния.  13 | **50. Типы электронных переходов в молекулах. Колебательная и вращательная структура электронных переходов. Принцип Франка-Кондона.**  Схема термов молекулы водорода.  **13** **σ→σ\*-переходы**  **13**  Схема термов молекулы азота  **13**  **π→π\*- и n→π\*- переходы**  **Принцип**[**Франка**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BA,_%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81)**—**[**Кондона**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%BE%D0%BD,_%D0%AD%D0%B4%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4_%D0%A3%D0%BB%D0%B5%D1%80) — принцип в [спектроскопии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F) и квантовой химии, согласно которому безызлучательный [перенос электрона](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0) может состояться только в том случае, когда его [энергия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) в начальном и конечном состоянии равны. Существует несколько дополнительных формулировок этого принципа:  --Электроны не обмениваются энергией с [ядрами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%8F%D0%B4%D1%80%D0%BE).  --Электроны движутся гораздо быстрее, чем ядра.  --Электроны всегда имеют [равновесную](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%B8%D0%B5) конфигурацию при любом расположении ядер. | **51. Кристаллическая структура. Типы химических связей в кристаллах. Колебания кристаллической решетки. Понятие о фононах.**  **14**  **Звуковая волна может иметь три поляризации:**    **одну вдоль вектора К (продольная волна)**  **и две перпендикулярно вектору К (две поперечные волны).**  **--- волновой вектор**    **14**  **--- температура Дебая** |
| **52. Периодичность потенциала и одноэлектронных волновых функций для кристаллической решетки. Предельные случаи свободных и связанных электронов. Свойства волнового вектора электронов при учете периодичности потенциала решетки и понятие о зонах Бриллюэна.**  1)Притяжение валентных электронов «чужим» ядром приводит к понижению потенциального барьера  2)Время жизни электрона вблизи своего ядра уменьшается  **Модель свободных электронов**  14  **Учет взаимодействия с барьерами. Функция Блоха.**  Область пространства волновых векторов, где энергия  изменяется квазинепрерывно, называют ***зоной Бриллюэна***.  Разрешенные зоны отделены друг от друга интервалами энергий, которые электрон, движущийся в данном направлении, иметь не может, т.е. запрещенными зонами. Ширина зоны зависит от строения кристалла. | **53. Квазинепрерывный характер спектра энергий электрона в зонах. Плотность электронных состояний. Распределение валентных электронов в кристаллах по состояниям. Функция Ферми-Дирака. Энергия Ферми. Зонная модель металлов, полупроводников и диэлектриков.**  Среднее число частиц системы с энергиями от *Е* до *Е*+*dE* определяется функцией распределения  **14**  **Функция Ферми – Дирака при Т= 0 К**  ***Функция плотности состояний электронов g(E).***  **Для нижней части**  **зоны проводимости**    **Для верхней части**  **валентной зоны**  **Функция плотности состояний у дна зоны проводимости и потолка валентной зоны**    **14** | **54. Квантовые явления в макромире. Сверхпроводимость. Теория сверхпроводимости БКШ.**  **способа наблюдения явления сверхпроводимости**  **--Включить в общую электрическую цепь звено из сверхпроводника. При достижении критической температуры разность потенциалов на концах Проводника обращается в 0.**  **--Поместить кольцо из сверхпроводника в перпендикулярное к нему**  **Магнитное поле. При достижении критической температуры поле отключить.**  **Ток в таком кольце циркулирует неограниченно долго.**  **Сверхпроводники 1-го и 2-го рода**  **Свойства сверхпроводников:**  **---Электрическое сопротивление *R*=0;**  **---Идеальный диамагнетик: магнитное поле внутри сверхпроводника**  ***В*внутр=0;**  **---Электрическое поле внутри сверхпроводника *Е*внутр=0;**  **---Наличие критической температуры *Ткр*, критического значения магнитного поля *Вкр* и силы тока *Iкр*;** |

|  |
| --- |
| **55. Основы квантовой физики наноструктур.**  **Нанотехноло́гия** — междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомарной структурой путём контролируемого манипулирования атомами и молекулами.  [наночастицы](mhtml:file://C:\Documents%20and%20Settings\Саша\Рабочий%20стол\нанотехнологии\Нанотехнология%20—%20Википедия.mht!/w/index.php?title=%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B0&action=edit), [нанопорошки](mhtml:file://C:\Documents%20and%20Settings\Саша\Рабочий%20стол\нанотехнологии\Нанотехнология%20—%20Википедия.mht!/w/index.php?title=%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%88%D0%BE%D0%BA&action=edit) (объекты, у которых три характеристических размера находятся в диапазоне до 100 нм)  [нанотрубки](mhtml:file://C:\Documents%20and%20Settings\Саша\Рабочий%20стол\нанотехнологии\Нанотехнология%20—%20Википедия.mht!/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%BA%D0%B0), [нановолокна](mhtml:file://C:\Documents%20and%20Settings\Саша\Рабочий%20стол\нанотехнологии\Нанотехнология%20—%20Википедия.mht!/w/index.php?title=%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BD%D0%BE&action=edit) (объекты, у которых два характеристических размера находятся в диапазоне до 100 нм)  [наноплёнки](mhtml:file://C:\Documents%20and%20Settings\Саша\Рабочий%20стол\нанотехнологии\Нанотехнология%20—%20Википедия.mht!/w/index.php?title=%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BA%D0%B0&action=edit) (объекты, у которых один характеристический размер находится в диапазоне до 100 нм).  Рис.4.2 |