**1.Характеристики теплового излучения.**

Тепловое излучение – электромагнитное излучение, это наиболее распространённый и общий вид излучения, происходящий за счёт внутренней энергии тел. Примером теплового излучения является свет.

Энергия светимости тел – поток энергии, излучаемый единицей поверхности тела по всем направлениям:

Тело излучает волны различной частоты w (длины волны λ=2πс/w), поток энергий с единицы поверхности, уносимой волнами с частотами, лежащими в интервале (w, w+dw):

 ; где rwt – испускательная способность тела, w – частота.

Тела не только испускают волны, а также поглощают их. Пусть на элементарную площадку тела падает поток энергетических волн с частотами (w, w+dw), равный dФ, поглощается из этой энергии d’Ф, поглощательная способность тела: .

Абсолютно чёрное тело – тело, поглощающее абсолютно всё падающее излучение, =1.

Закон Киргофа: отношение испускательной способности к поглощательной не зависит от природы излучения и для всех тел описывается одной и той же функцией – универсальной функцией Киргофа: .

**2.Закон Стефана-Больцмана, Вина.**

–закон Стефана–Больцмана, энергетическая светимость абсолютно чёрного тела, σ – постоянная Больцмана.

Исходя из законов термо- и электродинамики Вин установил, что функция Киргофа: .

Перейдя к длинам волн в условии Вина, продифференцировав по λ, приравняв к нулю, получил формулу для нахождения максимальной испускательной способности на длину волны: – закон смещения Вина, b – постоянная Вина.

Энергия светимости тел – поток энергии, излучаемый единицей поверхности тела по всем направлениям: ;

АЧТ – тело поглощающее всё падающее на него излучение.

**3.Формула Рэлея-Джинса, Планка.**

Формула Рэлея-джинса – формула для равновестной плотности излучения: . Формула удоволетворяет условию Вина, для малых частот совпадает с эксперементальной кривой. Эксперементальная кривая может быть получена при изучении излучения из замкнутой полости через небольшое отверстие (модель АЧТ). При небольших значениях w, формула РД приводит к росту U(w,T), что не соответствует эксперементу, это несоответствие носит название ультрафиолетовая катастрофа.

Формулу для U, совпадающая с эксперементальной кривой получил Планк. *.*

Планк предположил, что электро-магнитное излучение испускается телами в виде отдельных порций – квантов. Минимальная величина пропорциональна частоте: E = ℏw=h.

Формула Планка удоволетворяет условию Вина, даёт закон Больцмана, при малых w даёт формулу РД, противоречит классической физики.

**4.Тормозное рентгеновское излучения.**

Рентгеновские лучи (часть электромагнитного спектра) возникают при бомбардировке быстрыми электронами по мишаням из тяжёлого металла. При ускоренном напряжении u=50кВ, электроны ускоряются до v=0,4 м/с, ударяясь о анод, они испытывают резкое торможение, теряя энергию, эта энергия уносится рентгеновскими лучами.

Объяснение наличия коротковолновой границы: если при торможении электрон теряет 1 квант энергии, то

, где U – соответствует экспериментальному значению. Существование коротковолновой границы объясняется гипотезой Планка.

**5.Внешний фотоэффект. Формула Эйнштейна.**

Внешний фотоэффект – это явление вырывание электронов из вещества под действием света.

Закономерности фотоэффекта:

1. Фототок насыщения прямопропорционален интенсивности падающего света.
2. Максимальная кинетическая энергия вырываемых электронов линейно зависит от частоты падающего света и не зависит от интенсивности света. . Эта особенность фотоэффекта противоречит волновой теории света, так как должна зависеть от интенсивности.
3. Для каждого вещества существует частота, с которой начинается фотоэффект, это красная граница - . Эйнштейн объяснил особенности фотоэффекта, предположив, что свет излучается и поглощается порциями (квантами), .

Формула Эйнштейна: энергия электрона, поглотившего квант света, не испытавшего случайных соударений в веществе, идёт на работу выхода и кинетическую энергию: E = ℏw = h, при этом

Предположение о корпускулярной природе света полностью объясняет фотоэффект.

**6.Эффект Комптона. Фотоны.**

Фотон – квант электромагнитного излучения. Скорость движения фотона совпадает со скоростью света, масса покоя m=0.

Энергия и импульс: , k – волновой вектор.

Эффект Комптона подтвердил предположение о корпускулярном характере света: при рассеянии рентгеновских лучей, длина волны которых , наряду с лучами длины волны , появляются лучи длины зависит только от . Выражение для этой зависимости получим, если предположим, что рентгеновские лучи представляют собой поток фотонов, который упруго рассеивается на практически свободные электроны, также выполняются законы сохранения импульса и энергии:

Получаем: = ; исходя из этого выразим длину волны Комптона: =. Окончательно получаем: При рассеянии фотона на атоме получаем, что . Т.о. эффект Комптона указывает на то, что свет – это поток частиц, с другой стороны, явления интерференции и дифракции говорят о том, что свет – это волна.

**7.Постулаты Бора. Спектр атома водорода**

Излучение не взаимодействующих друг с другом атомов (атомарный газ) состоит из набора волн определённых длин (частот), образующих некоторый дискретный набор, спектр испускания атомов – линейчатый.

Простейший атом – атом водорода может быть описан формулами: (ультрафиолетовые лучи); (видимые лучи); (инфракрасные лучи).

Обобщённая формула Бальмера: , R – постоянная Ридберга.

Характер спектра излучения говорит о строении атомов. Планетарная модель была построена на основе опытов Резерфорда: атом состоит из тяжелого ядра, вокруг которого расположено Z отрицательно заряженных электронов, которые движутся под действием кулоновских сил вокруг ядра.

Недостатки модели: 1). Электрон при движении теряет свою энергию в виде излучения и падает на ядро, поэтому его время жизни крайне мало. 2). Спектр излучения получается непрерывным.

Для преодоления противоречий Бор постулировал: а) Из набора возможных орбит реализуются лишь некоторые из них, удовлетворяющие условиям: ; n – условия квантования Бора. Электрон, находясь на этих орбитах не теряет энергию (не излучает), такие орбиты называют стационарными. б). Излучение испускается квантами, энергия которых : . При излучении электрон переходит с одной стационарной орбиты на другую, поэтому: – энергия кванта равна разности начальной и конечной энергии.

**8.Гипотеза де Бройля. Необычные свойства микрочастиц.**

Де Бройль предположил, что все микрочастицы на ряду с корпускулярными свойствами обладают волновыми свойствами. Любая волна характеризуется частотой () и длиной (w). Де Бройль обобщил соотношения для энергии и импульса фотона и предположил, что любой частице соответствует: w=*E*/ и . Эти предположения позволяют интерпретировать условия квантования Бора как условия того, что на стационарную орбиту ложится целое число длин волн (), то есть, образуется стоячая волна.

Для любой микрочастицы присущи как корпускулярные, так и волновые свойства. Представить такой объект наглядно невозможно, в отличии от волны, микрочастицы нельзя разделить на меньшие объекты. В отличии от классической частицы, микрочастица не движется по определённой траектории, ей невозможно приписать одновременно те или иные координаты и импульсы.

**9.Уравнение Шредингера (УШ).**

Развивая идеи де Бройля, Шредингер сопоставил им движущуюся комплекснозначную функцию координат от времени - волновую или пси-функцию, которая полностью характеризует состояние микрочастицы и содержит всю информацию о её движении.

УШ –основное уравнение квантовой механики, оно не выводится, а постулируется. Справедливость УШ доказывается тем, что выводы, следующие из него, согласуются с экспериментальными данными. УШ: .

Когда состояние частицы можно считать независимым от времени, для её описания можно воспользоваться стационарным УШ: .

**10.Принцип суперпозиции.**

Уравнение Шрёдингера (УШ). Если система может находиться в состояниях, описывающих , то она может находиться и в состоянии описываемой . Предположим, что собственная функция с собственными значениями энергии , . Тогда описывает некоторое физическое состояние, в котором при измерении энергии мы можем получить c вероятностью и ; -комплексно сопряженное. В следствии того, что результаты, получаемые в рамках квантовой механики носит вероятностный характер, то мы можем говорить только о средних значениях физических величин и о их вероятности измерения определённого значения величины. В данном примере, среднее значение энергии: .

В самой простой формулировке принцип суперпозиции гласит: *результат воздействия на частицу нескольких внешних сил есть векторная сумма воздействия этих сил.*

**11.Смысл пси-функции. Стандартные условия.**

Пси-функция не имеет прямого физического смысла, так как является комплексной величиной. Смысл пси-функции сформулировал Макс Борн: квадрат модуля волновой функции даёт плотность вероятности нахождения частицы в некоторой точке с координатами (x,y,z): ; где P – вероятность, V – объём.

Волновая функция должна соответствовать условиям: непрерывности, однозначности, конечности, её производные должны быть непрерывны, она должна быть интегрируема.

**12. Принцип суперпозиции.** См вопрос 10.

**13.Постулаты квантовой механики.**

1. Состояние движения частицы описывается пси-функцией, она удовлетворяет УШ (уравнению Шрёдингера) и стационарным условиям. В соответствии с принципом суперпозиции множество пси-функций, описывающих некоторую механическую систему, образует комплексное линейно-векторное пространство. Каждый вектор этого пространства описывает некоторое состояние системы. Любая суперпозиция векторов этого пространства описывает также состояние системы. Для векторов пространства состояний можно вести скалярное произведение: .

2. Каждой динамической переменной в квантовой теории сопоставляется определенный линейный самосопряжённый оператор: . Задача на собственные значения и собственные функции () приводит к вещественным собственным значениям (). Собственные функции отвечающие различным собственным значениям ортогональны (). Совокупность собственных функций образует полную систему, где любая пси-функция может быть представлена как линейная .

3. При измерении числового значения некоторой динамической переменной q, с определенной вероятностью получается одно из собственных значений оператора . Вероятность получения в опыте значения , где - коэффициент разложения пси-функции по собственным значениям оператора . Если пси-функция совпадает с одной из собственных функция, то с вероятностью 1 мы получим при изменении значение .

**14.Операторы физических величин.**

Операторы физической величины определяется исходя из соответствия их выражения в классической механике, принципа соответствия, соотношения неопределенности Гейзенберга и прежде всего в соответствии с требованием совпадения результатов в рамках квантовой формы экспериментальных данных.

1. Оператор координаты: в соответствии с интерпретации пси-функции , вероятность того, что частица находится в окрестности точки (x,y,z), среднее значение координаты в качестве оператора координаты выбираем .
2. Оператор импульса найдём исходя из соотношений неопределённости Гейзенберга: , задача на собственные значения функции . -собственная функция, отвечающая за собственное значение импульса. Таким образом, собственная функция оператора импульса частицы с энергией и импульсом, сопоставляет волну частоты и волновым числом .
3. Оператор Гамильтона (полной механической энергии) получается в соответствии с принципом классической механики из выражения для полной механической энергии с заменой физических величин их операторами. Оператор Гамильтона – оператор определяющий левую сторону УШ.

**15. Условие одновременной измеримости различных физических переменных. Соотношение неопределённостей.**

Рассмотрим условия, при которых А и В могут быть одновременно измерены. Пусть в некотором состоянии они имеют определённые значения, тогда их собственные операторы: : . Предположим, что образуют полную систему собственных векторов, тогда для произвольного вектора состояния: . В силу произвольности получаем операторное равенство: . Другими словами, наблюдаемые должны коммутировать.

Соотношение неопределённостей Гейзенберга () показывает, что между точностью, с которой одновременно может быть установлено положение частицы, и точностью её импульса существует определённое соотношение. (Соотношение неопределённостей Гейзенберга помогает определить вероятность нахождения частицы в данной точке пространства.)

**16.Оператор момента импульса.**

Момент импульса: , оператор момента импульса: *=-*. Компоненты оператора момента импульса: *=-*. Вследствие коммутативности оператора, частица не может иметь определённые значения 2х, 3х компонентов момента импульса, при этом можно одновременно измерить и получить определённые значения квадрата момента импульса.

Перейдя к полярным координатам мы получим: , где ). В силу стандартных условий проекция момента импульса может принимать только дискретный набор значений (*Lz=m, m*=…). Квадрат момента импульса: , *l*=….

 **17. Частица в глубокой одномерной потенциальной яме бесконечной глубины.**

Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме, шириной *l* с абсолютно непроницаемыми стенками. Найдём пси-функцию в явном виде. Потенциальная энергия в яме U=0, за стенками U= и =0.

1. Записываем стационарное уравнение Шрёдингера(УШ): .
2. Приводим УШ к каноническому виду: .
3. Выражаем пси через sin, cos, e. Удобнее всего использовать sin: .
4. Дважды дифференцируем и подставляем в УШ стационарное уравнение: , .
5. Применяем условие непрерывности: .
6. Получим выражение для собственной энергии частицы в яме: .
7. Коэффициент А найдём из условия нормировки: ; .
8. Записываем пси-функцию в явном виде: .

**18.Частица в одномерной потенциальной яме конечной глубины.**

Частица находится в 3х мерной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками. Стороны ямы A,B,C. Найдём пси-функцию в явном виде. Потенциальная энергия в яме U=0, за стенками U= и =0.

1. Записываем уравнение Шрёдингера(УШ): .
2. Выражаем пси через sin, cos, e: .
3. Получим выражение для собственной энергии частицы в яме: .
4. Коэффициент А найдём из условия нормировки: ;
5. Записываем пси-функцию в явном виде.

**19.Проходжения частицы через потенциальный барьер.**

Потенциальный барьер – это область пространства, разделённая на 2 области различными потенциальными энергиями, характеризуется высотой – минимальной потенциальной энергией классической частицы, необходимой для преодоления барьера.

Рассмотрим простейший потенциальный барьер прямоугольной формы для одномерного (по оси *х*) движения частицы: для микрочастиц при *E* < *U*, имеется отличная от нуля вероятность, что частица отразится от барьера и будет двигаться в обратную сторону. При *E* > *U* имеется также отличная от нуля вероятность, что частица окажется в области *x* > *l*, т.е. проникнет сквозь барьер. Такой вывод следует непосредственно из решения уравнения Шредингера, описывающего движение микрочастицы при данных условиях задачи: .

Туннельный эффект – явление проникновения частицы через потенциальный барьер. Коэффициент прозрачности D – вероятность проникновения частицы через барьер, чем больше ширина – тем меньше вероятность проникновения.

**20.Гармонический осциллятор (ГО)**.

ГО называют частицу, совершающую одномерное движение под действием квазиупругой силы. УШ для одномерного ГО: . Волновая функция на бесконечности обращается в бесконечность, следовательно, не удовлетворяет стандартным условиям.

Возможное значение энергии ГО: энергия ГО квантуется, то есть имеет дискретный характер, при это энергетические уровни отстоят друг от друга на одинаковом расстоянии: . Минимальная энергия: - основное состояние, положение равновесия отсутствует.

При стремлении температуры к абсолютному нулю, интенсивность рассеянного света стремится к некоторому конечному, НЕ равному нулю значению.

**21.Квантово-мезаническая модель атома водорода.**

Потенциальная энергия электрона в атоме водорода и водородоспособных атомов: . УШ: . Возможные значения энергии электрона в атоме водорода и водородоспособных атомов: , n=1,2… . Электроны могут находиться в атоме только в дискретных состояниях с определенной энергией; при переходе электрона из одного состояния в другое испускается (или поглощается) фотон. Согласно квантовой механике, не существует определенных круговых орбит электронов, как в теории Бора. В силу волновой природы электрон «размазан» в пространстве,подобно «облаку» отрицательного заряда*.*

**22.Энергетические уровни атомов. Спектр излучения**

Опыты по рассеянию -частиц обнаружили существование в атомах тяжелого положительного ядра и электронной оболочки. Энергия электрона: , n=1,2… . Энергия атома не может изменяться непрерывно. Она изменяется скачками на определенные, конечные порции, различные для разных атомов. При излучении электрон переходит с одной стационарной орбиты на другую, поэтому: – энергия кванта равна разности начальной и конечной энергии. Энергия атома не может быть любой, а может принимать только некоторые избранные значения, характерные для каждого атома.

Вырожденный уровень – некоторому значению энергии соответствуют несколько состояний. Кратность вырождения для атома водорода: , *l* – определяющая величину момента импульса.

Спектр излучения – относительная интенсивность электромагнитного излучения объекта исследования по шкале частот.

**23.Опыт Штерна и Герлаха.**

В этом опыте пучок атомов пропускался через пространство между 2 полюсами магнитов и попадал на экран. Полюса были таковы, что существовала только компонента и . Атомы обладают моментом и магнитным моментом равны сумме соответствующих внешних электронов. По классической теории, на экране должен образоваться сплошной свет, но в опыте на экране возникали симметрично расположенные полосы, число которых определялось химическим элементом. Опыт говорит о том, что проекции магнитного момента на некоторую ось могут принимать только некоторый дискретный набор значений. Это явление получило название пространственного квантования.

**24.Магнитомеханические эффекты.**

 Намагничивание некоторого тела при помещении его во внешнее магнитное поле приводит к возникновению механического момента у тела – оно начинает вращаться. Если привести тело в быстрое вращение, то тело начинает намагничиваться. В отсутствии закона сохранения момента импульса кристаллическая решетка и соответственный стержень приобретают механический момент направленный по полю. Магнитный и механический моменты связаны соотношением: .

**25.Принцип Паули. Принцип тождественности, периодическая система элементов.**

Если тождественные частицы имеют одинаковые квантовые числа, то их волновая функция симметрична относительно перестановки частиц. Отсюда следует, что два одинаковых фермиона, входящих в одну систему, не могут находиться в одинаковых состояниях, т.к. для фермионов волновая функция должна быть антисимметричной. Фермионы – частицы, обладающие полуцелым сплином.

Принцип Паули: В определённом состоянии может находиться не более одного фермиона. Для электрона это значит, что в состоянии с заданными квантовыми числами (*n,l,m*,) может находиться не более одного электрона. Принцип Паули позволяет объяснить, почему электроны в атоме не переходят все сразу в основное состояние с моментальной энергией. На основе принципа Паули объясняется периодическая система.

**26.Закон Мозли. Рентгеновские спектры.**

При бомбардировке анода электронами наблюдается рентгеновское измерение, он бывает 2х типов: тормозное и характеристическое. При слишком большой энергии электронов наблюдается тормозное рентгеновское излучение имеющее непрерывный спектр – совокупность резких линий отвечающих определённым частотам.

Закон Мозли — закон, связывающий частоту спектральных линий характеристического рентгеновского излучения атома химического элемента с его порядковым номером. Согласно Закону Мозли, корень квадратный из частоты  спектральной линии характеристического излучения элемента есть линейная функция его порядкового номера z: , где R — постоянная Ридберга, — постоянная экранирования, n — главное квантовое число. На диаграмме Мозли зависимость от Z представляет собой ряд прямых (К-, L-, М- и т. д. серии, соответствующие значениям n = 1, 2, 3,...).

**27.Спектры молекул (МС).**

**МС** - спектры поглощения, испускания или рассеяния, возникающие при квантовых переходах молекул из одного энергетического состояния в другое. MС определяются составом молекулы, её структурой, характером химической связи и взаимодействием с внешними полями (и, следовательно, с окружающими её атомами и молекулами). Существую спектры: э**лектронные, колебательные, в**ращательные.

**29. Квантовая теория свободных электронов в металле.**

Согласно модели свободных электронов, валентные электроны атомов металла могут свободно перемещаться по всему объему образца. Именно валентные электроны обуславливают электропроводимость металла, поэтому они и названы электронами проводимости. УШ в пределах объёма: , где . Энергия электрона в образце металла может принимать только дискретный набор значений: . Под действием теплового излучения электроны с наиболее высоких уровней переходят на менее заполненные уровни. Поэтому, при нагревании тела только электроны, расположенные на самых высоких уровнях в состоянии принять энергию теплового излучения, исходя из этого, теплоёмкость металла мало зависит от полученного электронами тепла.

**30. Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, полупроводники, диэлектрики.**

При движении свободных электронов, энергия валентных электронов в кристалле изменяется квази непрерывно. Мы получаем совокупность близко расположенных энергетических уровней. В действительности электроны находятся в периодическом поле кристаллической решётки. В результате спектр возможных значений энергии электронов распадается на ряд периодически меняющихся разрешённых и запрещённых зон. Значения энергии, отвечающие запрещенным зонам не могут реализовываться. Все атомы данного химического элемента находятся в свободном состоянии и имеют одинаковый спектр. При объединении атомов в кристалл, электроны попадают под действие соседних атомов и каждый энергетический уровень расщепляется на N близко расположенных уровня. N – число атомов в кристалле. Так и образуются разрешённые и запрещённые зоны.

Свойство материала определяется заполненностью электронами валентной зоны и расстоянием одной валентной зоны до соседней. Металл – валентная зона заполнена не полностью, полупроводники – валентные зоны заполнены электронами попарно, ширина запрещённой зоны около 0,1 эВ, диэлектрики – полностью заполнена валентная зона, ширина запрещенной зоны до нескольких эВ.

**31.Электропроводность металлов. Сверхпроводимость.**

Классическая электронная теория металлов представляет твер­дый проводник в виде системы, состоящей из узлов кристаллической ионной решетки, внутри которой находится электронный газ из коллективизированных (свободных) электронов. В свободное состоя­ние от каждого атома металла переходит от одного до двух электро­нов. К электронному газу применялись представления и законы статистики обычных газов. При изучении хаотического (теплового) и направленного под действием силы электрического поля движения электронов был выведен закон Ома. При столкновениях электронов с узлами кристаллической решетки энергия, накопленная при уско­рении электронов в электрическом поле, передается металлической основе проводчика, вследствие чего он нагревается.

При снижении температуры проводимость взрастает. Сверхпроводимость – при котором сопротивление становится нулевым.

**32.Электропроводность полупроводников.**

Полупроводники́ — материалы, которые по своей удельной проводимости занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками и отличаются от проводников сильной зависимостью удельной проводимости от концентрации примесей, температуры и воздействия различных видов излучения. Основным свойством этих материалов является увеличение электрической проводимости с ростом температуры.

Между зоной проводимости Еп и валентной зоной Ев расположена зона запрещённых значений энергии электронов Ез. Разность Еп−Ев равна ширине запрещенной зоны Ез. С ростом ширины Ез число электронно-дырочных пар и проводимость собственного полупроводника уменьшается, а удельное сопротивление возрастает.

**33.Физика атомного ядра.**

А́томное ядро́ — центральная часть атома, в которой сосредоточена основная его масса (более 99,9 %). Ядро заряжено положительно, заряд ядра определяет химический элемент, к которому относят атом. Размеры ядер различных атомов составляют несколько фемтометров, что в более чем в 10 тысяч раз меньше размеров самого атома. Атомные ядра изучает ядерная физика.

Атомное ядро состоит из нуклонов — положительно заряженных протонов и нейтральных нейтронов, которые связаны между собой при помощи сильного взаимодействия. Протон и нейтрон обладают собственным моментом количества движения (спином), равным и связанным с ним магнитным моментом.