

1 Теория равновесного теплового излучения Нагретое тело излучает в окружающее пространство электромагнитную волну – тепловое излучение, находящееся в термодинамическом равновесии с самим телом. К тепловому излучению, как материальному объекту, применимы законы макроскопической термодинамики. Наряду с испусканием энергии, тело поглощает энергию излучения, идущего извне и падающего на его поверхность. В качестве физической модели при изучении свойств теплового излучения используют модель абсолютно черного тела (АЧТ), полностью поглощающего излучение любых длин волн, попадающее на его поверхность. Согласно квантовым представлениям, любое электромагнитное излучение – это поток частиц, квантов, двигающихся со скоростью света. Каждый квант обладает энергией и импульсом, зависящими от частоты кванта. Поток энергии с единицы площади поверхности излучающего тела по всем направлениям (в пределах телесного угла 2π стерадиан) в единицу времени называют энергетической светимостью R. Закон Стефана-Больцмана определяет связь R с температурой абсолютно черного тела $R = \sigma T^4$, где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2\text{K}^4)$ – постоянная Стефана-Больцмана. Полная мощность излучения с поверхности: $\Delta \Phi = R \Delta S$, где ΔS – площадь излучающей поверхности. Объемная плотность энергии u теплового излучения, находящегося в равновесии с испускающим его телом, связана с энергетической светимостью следующим образом: $R = cu/4$, где c – скорость света. Испускательная способность. Электромагнитное излучение состоит из волн различных длин волн λ (или циклических частот ω). Полный поток энергии с единицы площади поверхности в узком спектральном интервале $d\lambda$ (или $d\omega$) имеет вид: $dR\lambda = g\lambda d\lambda$ (или $dR\omega = g\omega d\omega$). Коэффициенты $g\lambda$ и $g\omega$ называют испускательной способностью тела, причем коэффициенты зависят от длины волны (или частоты). Суммирование испускательной способности по всему спектральному диапазону, в котором излучает тело, приводит к энергетической светимости: $R = \int R\lambda d\lambda$ (или $R = \int R\omega d\omega$).	2. Постулаты Бора. Полуквантовая теория атома Постулаты Бора — основные допущения, сформулированные Нильсом Бором в 1913 году для объяснения закономерности линейчатого спектра атома водорода и водородоподобных ионов (формула Бальмера-Риддберга) и квантового характера испускания и поглощения света. Бор исходил из планетарной модели атома Резерфорда. Электрон в атоме, не теряя энергии, движется по определённым дискретным круговым орбитам для которых момент импульса квантуется: $mv_nr_n = n\hbar$, где n - натуральные числа, а $\hbar = h/2\pi$ - постоянная Планка. Пребывание электрона на орбите определяет энергию этих стационарных состояний. 1 При переходе электрона с орбиты на орбиту излучается или поглощается квант энергии $h\nu = E_n - E_m$, где $E_n; E_m$ — энергетические уровни, между которыми осуществляется переход. При переходе с верхнего уровня на нижний энергия излучается, при переходе с нижнего на верхний — поглощается. 2 При переходе электрона с орбиты на орбиту излучается или поглощается квант энергии $h\nu = E_n - E_m$, где $E_n; E_m$ — энергетические уровни, между которыми осуществляется переход. При переходе с верхнего уровня на нижний энергия излучается, при переходе с нижнего на верхний — поглощается. Используя данные постулаты и законы классической механики, Бор предложил модель атома, ныне именуемую Боровской моделью атом. В дальнейшем Зоммерфельд расширил теорию Бора на случай эллиптических орбит. Её называют моделью Бора-Зоммерфельда	3. Волновое поведение потоков микрочастиц. Корпускулярные свойства света. Волновая функция микрочастиц и ее свойства. Корпускулярно-волновой дуализм — принцип, согласно которому любой объект может проявлять как волновые, так и корпускулярные свойства. Был введён при разработке квантовой механики для интерпретации явлений, наблюдаемых в микромире, с точки зрения классических концепций. Свет демонстрирует свойства волны в явлениях дифракции и интерференции при масштабах, сравнимых с длиной световой волны. Например, <i>одиночные</i> фотоны, проходящие через двойную щель, создают на экране интерференционную картину, определяемую уравнениями Максвелла. Волновая ф́ункция (функция состояния, пси-функция) — комплекснозначная функция, используемая в квантовой механике для описания чистого состояния квантовомеханической системы. Является коэффициентом разложения вектора состояния по базису (обычно координатному). Физический смысл волновой функции заключается в том, что согласно копенгагенской интерпретации квантовой механики плотность вероятности нахождения частицы в данной точке пространства в данный момент времени считается равной квадрату абсолютного значения волновой функции этого состояния.	4. Неопределенность в измерении физических величин. Соотношение неопределенности Гейзенберга. Соотношение Гейзенберга (или Гáйзенберга) в квантовой механике — фундаментальное неравенство (соотношение неопределённостей), устанавливающее предел точности одновременного определения пары характеризующих квантовую систему физических наблюдаемых, описываемых некоммутирующими операторами (например, координаты и импульса, тока и напряжения, электрического и магнитного поля). Соотношение неопределенностей задает нижний предел для произведения среднеквадратичных отклонений пары квантовых наблюдаемых. Принцип неопределённости, открытый Вернером Гейзенбергом в 1927 г., является одним из краеугольных камней квантовой_механики.
5. Применение операторов для описания явлений в микромире Оператор — это математический символ для обозначения действия или программ действий, которые нужно совершить над некоторой функцией, чтобы однозначно получить другую функцию. В квантовой механике операторы действуют на волновую функцию, являющуюся комплекснозначной функцией, дающей наиболее полное описание состояния системы	6. Собственные функции и собственные значения операторов Если имеет место равенство: $\hat{A}\Psi = a\Psi,$ то a называют собственным значением оператора $\hat{A}$, а функцию Ψ — собственной функцией оператора $\hat{A}$, соответствующей данному собственному значению. Чаще всего у оператора имеется множество собственных значений: $a_1, a_2, \dots, a_n, \dots$ Множество всех собственных значений.	7. Операторы координаты, импульса, момента импульса и полной энергии Оператор координаты $\hat{X}$ в координатном представлении есть сама координата x. В импульсном представлении оператор координаты выражается через производную по импульсу, $\hat{X} = i\hbar \frac{\partial}{\partial p}.$ В квантовой механике импульсом частицы называют оператор — генератор группы трансляций. Это эрмитов оператор, собственные значения которого отождествляются с импульсом системы частиц. В координатном представлении для системы нерелятивистских частиц он имеет вид $\hat{p} = \sum_j \hat{p}_j = \sum_j -i\hbar \nabla_j$ где ∇_j — оператор набла. В квантовой механике момент импульса квантуется, то есть он может изменяться только по «квантовым уровням» между точно определенными значениями. Проекция на любую ось момента импульса частиц, обусловленного их пространственным движением, должна быть целым числом, умноженным на $\hbar$ ($\hbar$ с чертой), определяемой, как постоянная Планка, поделенная на 2π. Эксперименты показывают, что большинство частиц имеют постоянный внутренний момент импульса, который не зависит от их движения через пространство. Этот спиновой момент импульса всегда кратен $\hbar/2$. Например, электрон в состоянии покоя имеет момент импульса $\hbar/2$.	8. Оператор проекции момента импульса и ее квантование (см.7)

9. Распределение Максвелла-Больцмана Распределение Мáксвелла — распределение вероятности, встречающееся в физике. Оно лежит в основании кинетической теории газов, которая объясняет многие фундаментальные свойства газов, включая давление и диффузию. Распределение Максвелла также применимо для электронных процессов переноса и других явлений. Распределение Максвелла применимо к множеству свойств индивидуальных молекул в газе. обычно распределении энергий молекул в газе, но оно может также применяться к распределению скоростей, импульсов, и модуля импульсов молекул. Распределение Больцмана является частным случаем канонического распределения Гиббса для идеального газа во внешнем потенциальном поле, так как при отсутствии взаимодействия между частицами распределение Гиббса распадается на произведение распределений Больцмана для отдельных частиц. Независимость вероятностей дает важный результат: вероятность данного значения импульса совершенно не зависит от положения молекулы и, наоборот, вероятность положения молекулы не зависит от её импульса. Это значит что распределение частиц по импульсам (скоростям) не зависит от поля, другими словами остается тем же самым от точки к точке пространства, в котором заключен газ. Меняется лишь вероятность обнаружения частицы или, что то же самое, число частиц.	10. . Уравнение Шредингера Уравнénие Шрёдингера — уравнение, описывающее изменение в пространстве и во времени чистого состояния, задаваемого волновой функцией, в гамильтоновых квантовых системах. Играет в квантовой механике такую же важную роль, как уравнение второго закона Ньютона в классической механике. Его можно назвать уравнением движения квантовой частицы. Установлено Эрвином Шрёдингером в 1926 году. В квантовой физике вводится комплекснозначная функция Ψ, описывающая чистое состояние объекта, которая называется волновой функцией. В наиболее распространенной копенгагенской интерпретации эта функция связана с вероятностью обнаружения объекта в одном из чистых состояний (квадрат модуля волновой функции представляет собой плотность вероятности). Поведение гамильтоновой системы в чистом состоянии полностью описывается с помощью волновой функции. $-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi(\vec{r},t)+E_p(\vec{r})\Psi(\vec{r},t)=i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi(\vec{r},t), \quad (1)$ Лучше ориентироваться на то, что учили мы на парах. Это взято с вики и оно подозрительное.	12. Описание свободного движения микрочастиц с помощью уравнения Шредингера Уравнénие Шрёдингера — уравнение, описывающее изменение в пространстве и во времени чистого состояния, задаваемого волновой функцией, в гамильтоновых квантовых системах. Играет в квантовой механике такую же важную роль, как уравнение второго закона Ньютона в классической механике. Его можно назвать уравнением движения квантовой частицы. Установлено Эрвином Шрёдингером в 1926 году. Пусть вдоль оси x движется микрочастица массой m. Оценим спектр ее энергии E, для чего запишем уравнение на собственные функции и собственные значения оператора полной энергии $\hat{H}$. $\hat{H}\psi(x)=E\psi(x)$ спектр энергии E в случае свободного движения микрочастицы непрерывен.	11. Стационарное уравнение Шрёдингера Форма уравнения Шрёдингера показывает, что относительно времени его решение должно быть простым, поскольку время входит в это уравнение лишь через первую производную в правой части. Действительно, частное решение для специального случая, когда E_p не является функцией времени, можно записать в виде: $\Psi(\vec{r},t)=\psi(\vec{r})e^{(-2\pi i/\hbar)Et}, \quad (2)$ где функция $\psi(\vec{r})$ должна удовлетворять уравнению: $-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\psi(\vec{r})+E_p(\vec{r})\psi(\vec{r})=E\psi(\vec{r}), \quad (3)$
14. Движение частицы в потенциальном ящике. Пусть частиц находится в области, ограниченной потенциальными стенками, сквозь которые она не может проникнуть. Условия на границах при этом можно записать в следующем виде: $U^{\circ}=0$ внутри ящика, бесконечность снаружи. Для нахождения спектра энергии частицы запишем стандартное уравнение на собственные функции и собственные значения оператора полной энергии $\hat{H}^{\circ}$: $\hat{H}^{\circ}\psi^{\circ}=E\psi^{\circ}$.			

13. Движение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект

Туннельный эффект, туннелирование — преодоление микрочастицей потенциального барьера в случае, когда её полная энергия меньше высоты барьера.

Туннельный эффект — явление исключительно [квантовой](#) природы, невозможное в [классической механике](#). Аналогом туннельного эффекта в [волновой оптике](#) может служить проникновение световой волны внутрь отражающей среды в условиях, когда, с точки зрения [геометрической оптики](#), происходит [полное внутреннее отражение](#). Явление туннелирования лежит в основе многих важных процессов в [атомной](#) и [молекулярной](#) физике, в физике атомного ядра, твёрдого тела. Согласно классической механике, частица может находиться лишь в тех точках пространства, в которых её потенциальная энергия — U_{pot} , меньше полной. Это следует из того обстоятельства, что кинетическая энергия частицы

$$E_k = \frac{p^2}{2m} = E - U_{\text{pot}}$$

не может быть отрицательной, так как в таком случае импульс будет мнимой величиной. То есть, если две области пространства разделены потенциальным барьером, таким, что $U_{\text{pot}} > E$, просачивание частицы сквозь него в рамках классической теории оказывается невозможным. В квантовой же механике, мнимое значение импульса частицы соответствует экспоненциальной зависимости волновой функции от её координаты. Это показывает уравнение Шрёдингера с постоянным потенциалом:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U_{\text{pot}})\psi = 0$$

--	--	--	--