|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***14. Затухающие колебания. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний. Уравнение затухающих колебаний. Амплитуда затухающих колебаний. Коэффициент затухания и время релаксации. Периодическое и апериодическое затухание.***  **Затухающие колебания** – это колебания, амплитуда которых из-за потерь энергии реальной колебательной системой с течением времени уменьшается.  **Дифференциальное уравнение затухающих колебаний:**  **Уравнение затухающих колебаний:**    **Амплитуда изменяется по закону**    Скорость затухания колебаний определяется величиной, называемой **коэффициентом затухания** | | ***15. Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс.***  Колебания, возникающие под действием внешней периодически изменяющейся силы, называются **вынужденными колебаниями**.  **Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:**    **Решение уравнения имеет вид**    **Амплитуда:** | | ***16. Распространение колебаний в упругой среде. Уравнение волны. Фазовая***  ***скорость, волновой вектор, длина волны. Звуковые волны.***  **Распространение колебаний в упругой среде**  Если в некоторой точке упругой среды (твердой, жидкой или газообразной) возбудить механические колебания, то эти колебания начнут передаваться соседним частицам среды, которые тоже станут совершать колебания и передавать их следующим частицам среды. Явление распространения колебаний в сплошной среде называется упругой волной. При распространении волны частицы среды не перемещаются вместе с волной, а колеблются около своих положений равновесия.  **Уравнение волны**  Если волна распространяется не вдоль оси x, а в произвольном направлении:  ***,***  где k – волновой вектор, направленный по нормали к волновой поверхности, его модуль равен волновому числу *k*, т. е. k=*k*n ; r – радиус-вектор точки среды, для которой определяется смещение ξ.  Повторяя ход рассуждений можно получить уравнение бегущей сферической волны:    **Фазовая скорость, волновой вектор, длина волны.**  Выражение для фазовой скорости продольной упругой волны в твердом теле: | | ***17. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей. Относительность расстояний и промежутков времени.***  **Постулаты:**   1. **принцип относительности**   никакие опыты(механические, оптические), проведённые в данной инерциальной СО, не дают возможности обнаружить, покоится ли эта СО или движется прямолинейно и равномерно.   1. **принцип инвариантности скорости света**   скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчёта.  **Преобразования Лоренца:**  Показаны две инерциальные системы отсчета K и K′ . В начальный момент времени начала координат и координатные оси этих систем отсчета совпадают. Система K′ движется равномерно и прямолинейно со скоростью v в направлении оси x. Прямые и обратные преобразования Лоренца для этих систем отсчета имеют следующий вид: | | ***18. Релятивистский импульс. Релятивистская масса. Релятивистское уравнение динамики. Релятивистские выражения для кинетической энергии. Энергия покоя и полная энергия в релятивистской механике. Соотношение между полной энергией и импульсом частицы.***  **Релятивистский импульс**  импульс частицы должен быть направлен вдоль единственного физически выделенного направления, т. е. направления ее скорости.  **Релятивистская масса**  Величину mv, связывающую релятивистский импульс частицы с ее скоростью, называют релятивистской массой частицы, а ее значение m0 при v → 0 – **массой покоя.**  **Релятивистское уравнение динамики** | | ***19. Гипотеза Луи де Бройля. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Решение уравнения Шредингера для свободной частицы.***  **Гипотеза Луи де Бройля:**  Согласно гипотезе Луи де Бройля, не только фотоны обладают корпускулярно-волновой двойственностью, но и все частицы, из которых состоит вещество.  - формула де Бройля для длины волны.  **Соотношения неопределенностей Гейзенберга**  Объект микромира невозможно с наивысшей точностью характеризовать и координатой, и импульсом.  Микрочастица не может иметь одновременно определенные координаты и соответственно определенные значения проекции импульса. Причем неопределенность таких величин удовлетворяет условиям: | |
| |  |  | | --- | --- | | **20.  Решение уравнения Шредингера для частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Квантовые энергии. Понятие о туннельном эффекте.**  Потенциальная энергия U(x) в прямоугольной яме удовлетворяет следующим условиям:  **http://nuclphys.sinp.msu.ru/sem2/images/eqsem05_09.gif** |  |  |  | | --- | | **http://nuclphys.sinp.msu.ru/sem2/images/fsem05_01.gif**  **Прямоугольная яма с бесконечными стенками** |   Частица находится в области 0 ≤ x ≤ L. Вне этой области ψ(x) = 0. Уравнение Шредингера для частицы, находящейся в области 0 ≤ x ≤ L   |  | | --- | | http://nuclphys.sinp.msu.ru/sem2/images/eqsem05_10.gif |   Волновая функция, являющаяся решением уравнения имеет вид: ψ(x)= Аsin kx + Bcos kx,   где k = (2mE/ћ2)1/2. Из граничных условий ψ(0) = 0, ψ(L) = 0 и условий непрерывности волновой функции следует | | 20,2 В отличие от классической, квантовая частица в прямоугольной яме не может иметь энергию E < ћ2π2/(2mL2). Состояния частицы ψn в одномерном поле бесконечной потенциальной ямы полнос­тью описывается с помощью одного квантового числа n. Спектр энергий дискретный.  Уровни энергии и волновые функции частицы Ψ в бесконечной прямоугольной яме. Квадрат модуля волновой функции |Ψ|2 определяет вероятность нахождения частицы в различных точках потенциальной ямы.  **Квантование энергии молекул.**  Полная энергия изолированной молекулы может быть представлена как сумма следующих компонентов:  Е = Епост. + Евр. + Екол. + Еэл. +Еяд. (1)  где: Епост. = энергия поступательного движения молекулы как целого, Евр. = энергия вращательного движения молекулы как целого, Екол. = энергия колебаний атомов в молекуле, Еэл. = энергия совокупности всех электронов в молекуле (т.е. энергия электронных состояний), Еяд. = энергия нуклонов, составляющих ядра атомов молекулы.  Эта величина не представляет интереса для химиков, поскольку всегда остается постоянной при химических превращениях.  Энергия поступательного движения может принимать любые значения, в зависимости от температуры, т.е. не квантуется. Все остальные составляющие полной энергии квантуются, т.е. могут принимать не любые, а строго определенные величины, зависящие от структуры молекулы. Говорят, что молекула может находиться в некотором энергетическом состоянии. Состояние с наименьшей энергией называется основным, а все остальные - возбужденными. Для | | 20,3 Возможность прохождения частицы сквозь потенциальный барьер обусловлена требованием непрерывной волновой функции на стенках потенциального барьера. Вероятность обнаружения частицы справа и слева связаны между собой ***http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/images/im088.gif***соотношением, зависящим от разности E - U(x) в области потенциального барьера и от ширины барьера x1 - x2 при данной энергии.  **http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/images/eqne88.gif**  С увеличением высоты и ширины барьера вероятность туннельного эффекта экспоненциально спадает. Вероятность туннельного эффекта также быстро убывает с увеличением массы частицы. | | ***21. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Законы идеального газа.***  **Идеальным газом** называется газ, в котором собственным объемом молекул и межмолекулярным взаимодействием можно пренебречь. Другими словами, это большие совокупности невзаимодействующих материальных точек, которые при своем движении сталкиваются между собой и со стенками сосуда, в который они заключены, по законам соударения абсолютно упругих шаров.  **Уравнение состояния**.  Состояние заданной массы газа определяется значениями трех параметров: давления p, объема V и температуры T. Эти параметры связаны друг с другом, так что изменение одного из них влечет за собой изменение других. Соотношение, определяющее связь между параметрами какой-либо системы, называется уравнением состояния этой системы.  **Уравнение Менделеева-Клапейрона** имеет вид:  **pV=vRT**  где v - число молей газа; R = 8,31 Дж/(моль\*К)  Также этому уравнению можно придать другой вид. Для этого введем величину:    Эта величина называется постоянной Больцмана.  Учитывая, что v = N/Na и n = N/V есть концентрация молекул (число частиц в единице объема), придем к формуле:  **p=nkT**  **Законы идеального газа.**  1. Закон Бойля – Мариотта.  Для данной массы газа при постоянной температуре произведение давления газа на его объем есть величина постоянная:  **pV = const.** | | ***22. Внутренняя энергия термодинамической системы. Работа и теплота. Теплоемкость вещества. 1-ое начало термодинамики.***  **Внутренняя энергия**  Под внутренней энергией U понимают энергию, заключенную внутри макросистемы. Она включает в себя:  1) кинетическую энергию хаотического движения молекул;  2) потенциальную энергию взаимодействия между молекулами, принадлежащими данной системе;  3) внутреннюю энергию самих молекул, атомов, ядер.    **Работа и теплота.**  Теплота и работа – энергетические характеристики термодинамического процесса, обусловливающего переход системы из одного состояния в другое.  Если объем макросистемы получает приращение **dV**, а давление, оказываемое ею на соседние тела, равно **p**, то элементарная работа сил, действующих со стороны системы на внешние тела:  Работа, совершаемая системой при конечных изменениях объема от **V1** до **V2**, будет равна сумме элементарных работ, т. е. представится в виде интеграла:    Полученное системой количество внутренней энергии называется теплотой **Q.** | | ***23. Идеальный газ. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатический***  ***процессы идеального газа.***  **Идеальным газом** называется газ, в котором собственным объемом молекул и межмолекулярным взаимодействием можно пренебречь. Другими словами, это большие совокупности невзаимодействующих материальных точек, которые при своем движении сталкиваются между собой и со стенками сосуда, в который они заключены, по законам соударения абсолютно упругих шаров.  **Изохорический процесс**  Изохорическим называется процесс, при котором объем газа не изменяется.  Если газ нагревается или охлаждается при постоянном объеме, то dV = 0 и работа внешних сил равна нулю:    Сообщаемая газу извне теплота пойдет только на увеличение его внутренней энергии, т. е:  Теплоемкость при постоянном объеме:  Отсюда:  Изменение внутренней энергии газа определяется соотношением:  Если  (что справедливо для идеального газа), то это соотношение можно записать в виде: | |
| **23,2 Изотермический процесс**  Изотермическим называется процесс, проходящий при постоянной температуре.  Работа, совершаемая газом при изотермическом процессе, равна:      (закон Бойля-Мариотта)  Тогда  Так как для идеального газа при T = const (dU = 0), то первое начало термодинамики можно записать в следующем виде:    **Адиабатическим** называется процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой. Определим уравнение, связывающее параметры идеального газа при адиабатическом процессе. Так как по условию δQ = 0, то первое начало термодинамики можно записать в следующем виде:    Работа газа при адиабатическом процессе происходит за счет убыли внутренней энергии.    Выразим давление из уравнения Менделеева – Клапейрона и подставим в первое начало термодинамики: | | ***24. Обратимые и необратимые термодинамические процессы. Приведенная теплота. Энтропия. Второе начало термодинамики. Изменение энтропии идеального газа.***  Термодинамический процесс называется **обратимым**, если он может быть проведен как в прямом, так и в обратном направлении через одни и те же состояния. При этом в окружающих термодинамическую систему телах никаких изменений не должно произойти. В противном случае процесс называется **необратимым**.  **Приведенная теплота** - отношение теплоты в изотермическом процессе к температуре, при которой происходила передача теплоты:  **Энтропия:**  Функция состояния, полный дифференциал которой равен **δQ / T**, называется **энтропией** и обозначается S:    Энтропия обладает следующими свойствами:  – энтропия − величина аддитивная: энтропия системы равна сумме энтропии всех тел, входящих в эту систему;  – энтропия изолированной системы не уменьшается: она либо возрастает, либо остается постоянной.  Если в изолированной системе происходят обратимые процессы, то ее энтропия остается неизменной. Если в изолированной системе происходят необратимые процессы, то ее энтропия возрастает (закон возрастания энтропии).  Энтропия является функцией состояния. Поэтому она должна зависеть от параметров, определяющих состояние системы. Например, она может быть представлена как функция V и T, либо как функция p и T и т. д. | | ***25. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Молекулярно- кинетический смысл температуры.***    То есть микропараметры описывают состояние отдельно взятой частицы (микротела), а макропараметры – состояние всей порции газа (макротела). Запишем теперь соотношение, связывающее одни параметры с другими, или же основное уравнение МКТ:    Здесь:  - средняя скорость движения частиц;  Определение.  – концентрация частиц газа – количество частиц, приходящихся на единицу объёма; ; единица измерения – м-3.  основное уравнение МКТ вводит нам прямо пропорциональную зависимость макропараметра давления от микропараметров массы молекулы и средней скорости движения в квадрате. То есть чем тяжелее частицы и чем больше их скорости, тем сильнее они врезаются в стенки сосуда и тем большее оказывают давление. | | 25,2 Средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа прямо пропорциональна абсолютной температуре.  Таким образом, **температура есть мера средней кинетической энергии поступательного движения молекул.**  Понятие температуры тесно связано с понятием теплового равновесия. Тела, находящиеся в контакте друг с другом, могут обмениваться энергией. Энергия, передаваемая одним телом другому при тепловом контакте, называется количеством теплоты.  **Тепловое равновесие** – это такое состояние системы тел, находящихся в тепловом контакте, при котором не происходит теплопередачи от одного тела к другому, и все макроскопические параметры тел остаются неизменными.  **Температура** – это физический параметр, одинаковый для всех тел, находящихся в тепловом равновесии. Возможность введения понятия температуры следует из опыта и носит название нулевого закона термодинамики.  Для измерения температуры используются физические приборы – термометры, в которых о величине температуры судят по изменению какого-либо физического параметра. В различных конструкциях термометров используются разнообразные физические свойства вещества (например, изменение линейных размеров твердых тел или изменение электрического сопротивления проводников при нагревании).  Термометры должны быть откалиброваны. Для этого их приводят в тепловой контакт с телами, температуры которых считаются заданными. Чаще всего используют простые природные системы, в которых температура остается неизменной, несмотря на теплообмен с окружающей средой – это смесь льда и воды и смесь воды и пара при кипении при нормальном атмосферном давлении. По температурной шкале Цельсия точке плавления льда приписывается температура 0 °С, а точке кипения воды – 100 °С. Изменение длины столба жидкости в капиллярах термометра на одну сотую длины между отметками 0 °С и 100 °С принимается равным 1 °С. В ряде стран (США) широко используется шкала Фаренгейта (TF), в которой температура замерзающей воды принимается равной 32 °F, а температура кипения воды равной 212 °F. | | ***26. Число степеней свободы молекул. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа.***  ***Число степеней свободы*** – это число независимых координат (переменных), которые определяют положение системы в пространстве.  Молекулу одноатомного газа рассматривают как материальную точку, которой приписывают три степени свободы поступательного движения. Молекула двухатомного газа имеет пять степеней свободы. Трехатомная (и остальные многоатомные) молекула имеет шесть степеней свободы: три поступательные и три вращательные. | | ***27. Понятие макросостояния, микросостояния и термодинамической вероятности.***  ***Статистический смысл второго начала термодинамики.***  **Макросостояние** системы, состоящей из большого числа частиц - такое её состояние, которому соответствует определенное значение параметров (температура, давление, объём, внутренняя энергия), которые характеризуют внутреннюю систему в целом.  **Микросостояние** системы - состояние, в котором исчерпывающим образом охарактеризовано состояние каждой частицы этой системы. Например, для исчерпывающего описания составляющей частицы нужно 6 параметров: x, y, z, px, py, pz.  **Термодинамическая вероятность** (статистический вес) - число микросостояний, которым может быть реализовано данное макросостояние системы.  **Статистический смысл ВНТ:**  S = k lnГ - энтропия; k – постоянная Больцмана; Г – вероятность данного состояния.  Энтропия - количественная мера неупорядоченности термодинамической системы (мера хаоса в термодинамической системе). | |
| **Волновая функция**  Волновая функция - величина, полностью описывающая состояние микрообъекта (например, электрона, протона, атома, молекулы) и вообще любой квантовой системы (например, кристалла).  **Уравнение Шредингера** - основное уравнение нерелятивистской квантовой механики, описывающее динамику частиц.  Ψ (x, y, z, t) = ψ(x, y, z)e-iEt/ћ.  **Решение уравнения Шредингера для свободной частицы**  *Свободная частица* – это частица, движущаяся в отсутствии внешних полей.  Т.к. на свободную частицу (пусть она движется вдоль оси *x*) силы не действуют, то потенциальная энергия частицы U(x)= const и ее можно принять равной нулю. Тогда полная энергия частицы совпадает с ее кинетической энергией.  ***image518*** | Это релятивистское уравнение динамики инвариантно относительно преобразований Лоренца. При этом для компонентов вектора силы F надо использовать специальные преобразования силы. При 186 скоростях намного меньших скорости света оно переходит в классический второй закон Ньютона.  **Релятивистские выражения для кинетической энергии**    Первый член в формуле называется полной энергией релятивистской частицы E, а второй член – ее энергией покоя E0, т. е.    **Соотношение между полной энергией и импульсом частицы** | | **Закон сложения скоростей:**  Можем записать следующие выражения, связывающие проекции скорости u ′ в системе отсчета K′ c проекциями скорости u в системе отсчета K:  **Релятивистское замедление времени:**  - собственная длительность события.(длительность события, измеренная часами в СО, относительно которой точка, в которой происходит событие, неподвижна.  **Релятивистское сокращение длины** - изменение продольного размера тела при его движении.  Таким образом, l < l0′ , т. е. длина стержня, измеренная в системе отсчета, относительно которой он движется, будет меньше длины стержня в его собственной системе отсчета, относительно которой он неподвижен. Собственная длина стержня максимальна. | | Если в твердом теле распространяется не продольная, а поперечная волна, то выражение для фазовой скорости имеет следующий вид:  *где G – модуль сдвига упругой среды*  Если упругая волна распространяется в жидкой или газообразной среде, то фазовая скорость волны определяется выражением:  *где K – модуль всестороннего сжатия*  **Длиной волны λ** называется расстояние, на которое перемещается волновая поверхность по направлению собственной нормали за время, равное периоду колебаний частиц среды:    где vφ – фазовая скорость волны вдоль нормали к волновой поверхности; T – период колебаний частиц среды; υ – частота волны.  **Звуковые волны**  Звуковыми (или акустическими волнами) называются распространяющиеся в среде упругие волны, обладающие частотами υ в пределах 16 – 20 000 Гц. Волны указанных частот, воздействуя на слуховой аппарат человека, вызывают ощущение звука. Волны с υ < 16 Гц (инфразвуковые) и υ > 20 кГц (ультразвуковые) органами слуха человека не воспринимаются. | | **Начальная фаза колебаний:**    Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынуждающей силы к частоте, равной или близкой собственной частоте колебательной системы, называется **резонансом**, а соответствующая частота – **резонансной частотой**. | | Найдем время, называемое **временем релаксации** τ, за которое амплитуда колебаний уменьшается в e раз: | |
| **Изобарический процесс**  Изобарическим называется процесс, проходящий при неизменном давлении.  Работа, совершаемая газом при изобарическом процессе, равна:  Сообщаемая газу извне теплота, согласно выражению, равна:  Первое начало термодинамики запишем в следующем в виде:    Продифференцировав уравнение Менделеева – Клапейрона при условии, что p = const, получим:    Молярная теплоемкость идеального газа при постоянном давлении равна:    А удельная теплоемкость равна:  Формула Майера: | **Теплоемкость вещества.**  Теплоемкостью тела называется количество теплоты, которое нужно сообщить телу, чтобы повысить его температуру на 1К  Единица измерения этой величины: [Cтела] = Дж/К.  Молярной теплоемкостью вещества называется количество теплоты, которое нужно сообщить 1 моль вещества, чтобы изменить его температуру на 1К.  Единица измерения молярной теплоемкости [С] = Дж/(моль К).  Удельная теплоемкость вещества - количество теплоты, которое нужно сообщить 1 кг вещества, чтобы увеличить его температуру на 1К.  Единица измерения удельной теплоемкости: [с] = Дж/(кг К).  **Первое начало термодинамики.**  Теплота, сообщаемая системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил.    В дифференциальной форме первое начало термодинамики имеет вид: | | Процесс, протекающий при постоянной температуре, называется изотермическим.  Кривая, изображающая зависимость между параметрами p и V, характеризующими состояние газа при постоянной температуре, называется изотермой.  2. Закон Гей – Люссака.  Объем данной массы газа при постоянном давлении изменяется линейно с температурой:    где Vo – объем при 0°С; t – температура по шкале Цельсия; α – коэффициент, равный  Процесс, протекающий при постоянном давлении, называется изобарическим.  На диаграмме в координатах V, Т этот процесс изображается прямой линией, называемой изобарой.  3. Закон Шарля.  Давление данной массы газа при постоянном объеме изменяется линейно с температурой:    где p0 – давление при 0°С; t – температура по шкале Цельсия; α – коэффициент, равный  Процесс, протекающий при постоянном давлении, называется изохорическим.  На диаграмме в координатах p, Т этот процесс изображается прямой линией, называемой изохорой. | | Проникновение сквозь барьер носит вероятностный характер. Частица с Е < U0, натолкнувшись на барьер, может либо пройти сквозь него, либо отразиться. Суммарная вероятность этих двух возможностей равна 1. Если на барьер падает поток частиц сЕ < U0, то часть этого потока будет просачиваться сквозь барьер, а часть – отражаться. Туннельное прохождение частицы через потенциальный барьер лежит в основе многих явлений ядерной и атомной физики: альфа-распад, холодная эмиссия электронов из металлов, явления в контактном слое двух полупроводников и т.д. | | перехода из основного в некоторое возбужденное состояние молекула должна получить извне количество энергии Е, соответствующее по величине разнице в энергиях между основным и соответствующим возбужденным состоянием. Если эта поступающая извне энергия подается на молекулу в виде электромагнитного излучения частоты ν, то должно соблюдаться условие Бора  ΔЕ = h ν (h = 6,626\*10-34 Дж/с - постоянная Планка),  и на этом основана молекулярная спектроскопия  ***Туннельный эффект***  Туннельный эффект (туннелирование) – 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 U0. 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  **ΔрΔх > 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 ΔЕ в течение интервалов времени Δt, даваемых соотношением неопределённостей ΔЕΔt > ћ (ћ = h/2π, где h – пост Планка). | | Аsin kL = 0   |  | | --- | |  |   kL = nπ,   n = 1, 2, 3, … , то есть внутри потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками устанавливаются стоячие волны, а энергия состояния частиц имеет дискретный спектр значений En   |  | | --- | | http://nuclphys.sinp.msu.ru/sem2/images/eqsem05_11.gifn = 1, 2, 3, … |       Частица может находиться в каком-то одном из множества дискретных состояний, доступных для неё.     Каждому значению энергии En соответствует волновая функция ψn(x), которая с учетом условия нормировки  http://nuclphys.sinp.msu.ru/sem2/images/eqsem05_12.gif  http://nuclphys.sinp.msu.ru/sem2/images/fsem05_02.gifимеет вид   |  |  | | --- | --- | |  |  | | |
|  |  | | Следовательно,  или  Английский физик У. Кельвин (Томсон) в 1848 г. предложил использовать точку нулевого давления газа для построения новой температурной шкалы (шкала Кельвина). В этой шкале единица измерения температуры такая же, как и в шкале Цельсия, но нулевая точка сдвинута:  *TК* = *TС* + 273,15.  В системе СИ принято единицу измерения температуры по шкале Кельвина называть кельвином и обозначать буквой *K*. Например, комнатная температура *TС* = 20 °С по шкале Кельвина равна *TК* = 293,15 К. | | Возможны и другие формы записи этого уравнения, если вспомнить некоторые формулы из более ранних разделов физики:  - средняя кинетическая энергия поступательного движения  Или же: – плотность газа    Опытным путем установлено, что давление разреженного газа в сосуде постоянного объема *V* изменяется прямо пропорционально его абсолютной температуре: *p ~ T*. С другой стороны, опыт показывает, что при неизменных объеме *V* и температуре *T* давление газа изменяется прямо пропорционально отношению количества вещества *ν* в данном сосуде к объему *V* сосуда    где *N* – число молекул в сосуде, *NA* – постоянная Авогадро, *n = N / V* – концентрация молекул (т. е. число молекул в единице объема сосуда). Объединяя эти соотношения пропорциональности, можно записать: , где *k* – некоторая универсальная для всех газов постоянная величина. Ее называют постоянной Больцмана, в честь австрийского физика Л. Больцмана (1844–1906 гг.), одного из создателей молекулярно-кинетической теории. Постоянная Больцмана – одна из фундаментальных физических констант.  Сравнивая соотношения *p = nkT* с основным уравнением молекулярно-кинетической теории газов, можно получить:  (11.10) | | **Изменение энтропии идеального газа:**  При изотермическом процессе (T1 = T2):    При изохорическом процессе (V1 = V2):    При изобарическом процессе (T2/T1 = V2/V1):    **Второе начало термодинамики:**  1. Невозможен процесс, единственным результатом которого является передача энергии в форме теплоты от менее нагретого тела более нагретому (формулировка Клаузиуса).  2. Невозможен процесс, единственным результатом которого является превращение всей теплоты, полученной от нагревателя, в эквивалентную работу (формулировка Кельвина).  Второе начало термодинамики, в отличие от первого, определяет условия, при которых могут произойти превращения одних видов энергии в другие, а также возможные направления протекания этих процессов. | |  | |