1. Скорость. Путь. Пусть материальная точка совершает движение в выбранной СО. Вектор, проведённый из начального положения точки в конечное называется перемещением (). Тогда векторная величина называется средней скоростью перемещения. Длина участка траектории, пройденного точкой за промежуток , называется путёмS (). Средняя скорость характеризует быстроту и направление движения частиц. Среднюю быстроту движения тела по траектории характеризует средняя путевая скорость. Как быстро и в каком направлении движется тело в данный момент t характеризует мгновенная скорость. Мгновенная путевая скорость. При Модуль мгновенной скорости равен мгновенной путевой скорости Мгновенная скорость всегда направленна по касательной к траектории. Для бесконечно малого перемещения . Для небольших промежутков выполняется приближённо.

Скорость – векторная величина, значит, её можно записать в виде . С другой стороны . Следовательно, проекция скорости … Величина (модуль) скорости .

Пройденный путь частицы от до .

Ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорения. При движении материальной точки её скорость меняется как по величине, так и по направлению. Как быстро это происходит в произвольный момент времени, характеризует векторная величина ускорение. .Проекция вектора ускорения …

Рассмотрим движение частицы, совершаемое в плоскости. Скорость направлена по касательной траектории, поэтому можно записать .Здесь единичный вектор задаёт направление касательной, .Ускорение, направленное по касательной к траектории, определяемое скоростью изменение величины скорости, или модуля, называется тангенциальным ускорением

– нормальное ускорение (характеризует быстроту изменения направления скорости), - единичный вектор, перпендикулярный и направленный внутрь кривой, R – радиус кривизны линии.

2. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь между угловыми и линейными величинами.

Поворот абсолютно твёрдого тела на угол вокруг некоторой оси можно задать с помощью направляющего отрезка . – длина этого отрезка совпадает сосью поворота, а направление параллельно оси вращения и определяется правилом правого винта. Для не выполняется правило сложения векторов.однако при бесконечно малых (элементарных) поворотах правило сложения векторов выполняется. Как быстро происходит вращение характеризует векторная (псевдовекторная) величина угловая скорость. При равномерном движении вокруг неподвижной оси величина угловой скорости Естественным образом обобщена на случай вращения с переменной понятие количества оборотов, или частота вращения (, ) и период (, ). При произвольном вращении угловая скорость может меняться как по величине, так и по направлению. Для характеристики такого измерения вводится псевдовектор углового ускорения При вращении тела вокруг неподвижной оси все его точки движутся по окружности, скорости и ускорения различных точек различны, а угловые скорости и ускорения одинаковы. Угол, измеряемый в радианах , l – длина дуги, на которую опирается угол, .Точка движется по окружности, поэтому у неё есть нормальное ускорение)и тангенциальное (.

3. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Первый закон Ньютона: Тело находится в состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения до тех пор пока воздействие со стороны других тел не выведет его из этого состояния. Это свойство называется свойством инерции, а закон – законом инерции. Очевидно, что закон инерции выполняется не во всех системах отсчёта. СО, в которой выполняется 1ый закон, называют инерциальной(ИСО).Современная формулировка 1ого закона Ньютона: существуют СО, называемые инерциальными, относительно которых тела неподверженные воздействию других тел, движутся с постоянной скоростью. Истинно инерциальная-гелиоцентрическая система. Система связанная с землёй не инерциальна т.к. Земля вращается вокруг Солнца(есть ускорение).Однако в условиях задачи этим можно пренебречь и считать систему инерциальной. Пусть относительно ИСО К поступательно со скоростью движется СО К’. Предполагаем, что при начало систем ОО’ совпадает. Тогда . Радиус-векторы частицы в системе К и К’ связаны соотношением (по правилу сложения векторов). Т.к. движение К’ поступательное, то её все точки движутся одинаково как О’. Поэтому скорости определим, взяв производную. - закон сложения скоростей Галилея.Если СО К инерциальная, то и К’- ИСО.

4. Масса. Сила. Импульс. Второй закон Ньютона. Из 1-ого закона Ньютона следует, что нужно объяснять не причины движения тела с некоторой скоростью, а причины её изменения, т.е. возникновение ускорения. Одинаковые воздействия на различные тела приводит к различным ускорениям. Свойство тел различным образом реагировать на одинаковое воздействие называется инертностью. Количественная мера инертности – масса. Воздействие одних тел на другие в механике описывается с помощью векторной величины силы. Силы складываются векторно вне зависимости от их физической природы и дают результирующую силу. 2-ой закон Ньютона: Cкорость изменения со временем физической величины, называемой количеством движения, или импульсом тела, равна действующей на тело силе. или .Т.е. скорость изменения импульса тела равна результирующей сил, действующих на тело. Векторная величина называется импульсом материальной точки (импульс – количество движения). Из 2-ого закона Ньютона следует, что скорость изменения импульса механической системы равна сумме внешних сил, действующих на систему(внутренних и внешних).(2-ой закон, как и 1-ый, справедлив только в ИСО. …

5. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея.

3-ий закон Ньютона: силы, с которыми 2 тела действуют друг на друга, равны по величине, противоположны по направлению, лежат на одной прямой, проходящей через тела и имеют одинаковую физическую природу.*1-ый закон* даёт критерий отыскания ИСО; *2-ой закон* даёт динамическое уравнение движения; *3-ий закон* позволяет ввести в рассмотрение все силы, действующие в системе. При переходе одной ИСО в другую ИСО скорости преобразовываются по закону , а ускорение - , т.е. ускорение тел не меняется, также как и силы, следовательно, остаётся неизменным уравнение 2-ого закона. Закон сохранения импульса. Векторная величина называется импульсом материальной точки (импульс – количество движения). Из 2-ого закона Ньютона следует, что скорость изменения импульса механической системы равна сумме внешних сил, действующих на систему(внутренних и внешних).(Система, на которую не действуют внешние силы, называется замкнутой, или изолированной. Для замкнутой системы. Получаем закон сохранения импульса: импульс замкнутой системы сохраняется (не меняется) со временем.1) Импульс незамкнутой системы будет сохранятся, если внешние силы компенсируют друг друга, и их результирующая = 0; 2) если результирующая внешних сил , но = 0 её проекция на некоторое направление (пр. ОХ), то проекция импульса на это направление будет сохранятся;закон изменения импульса: Изменение импульса системы мат точек равно импульсу равнодействующей силы, вызывающей это изменение.

6. Центр масс.Пусть задана система материальных точек, массами , радиус-векторы которых относительно некоторого начала О . Точка С, радиус-вектор которой определяется выражением , называется центром масс, или центром инерции системы. Её положение относительно тел, не зависит от выбора О. Скорость центра масс . ИСО, связанную с центром масс, называют системой центра масс. Центр масс движется так как если бы в нём была сосредоточена вся масса и приложены все внешние силы.

7. Кинетическая энергия и работа.

cos Выражение называется работой, совершённой силой при бесконечно малом перемещении .-элементарная работа(совершённая на бесконечно малом перемещении)Графический смысл: Работа-площадь фигуры в координатах F от S. Отношение совершённой работы к промежутку времени, за который она выполнялась называется средней мощностью. При получим мгновенную мощность . )–кинетическая энергия. – это закон изменения полной механической энергии.

8. Поле сил. Консервативные силы. Потенциальная энергия частицы в поле. Если работа, совершаемая над частицей не зависит от выбора траектории движения, определяется только начальным и конечным положениями тел, то такое поле называют потенциальным, а силы этого поля-консервативными. (В потенциальном поле работа сил на любом замкнутом участке равна нулю.) Работа будет зависеть от положения точки т.е будет функцией радиус-вектора.- функция потенциальной энергии частицы в данной точке поля. *Потенциальная энергия определяется не однозначно и зависит от выбора 0. +* dU – полный дифференциал

Силы действующие на частицу: сторонние, консервативные. +U=E. dE=𝜕.

9. Поле сил. Консервативные силы. Потенциальная энергия частицы в поле. Если работа, совершаемая над частицей не зависит от выбора траектории движения, определяется только начальным и конечным положениями тел, то такое поле называют потенциальным, а силы этого поля-консервативными. (В потенциальном поле работа сил на любом замкнутом участке равна нулю.) Работа будет зависеть от положения точки т.е будет функцией радиус-вектора.- функция потенциальной энергии частицы в данной точке поля. *Потенциальная энергия определяется не однозначно и зависит от выбора 0. +* dU – полный дифференциал

Силы действующие на частицу: сторонние, консервативные. +U=E. dE=𝜕.

10. Полная мех энергия частицы в и системы частиц. Закон сохранения мех энергии частицы и системы невзаимодействующих между собой частиц. Мех Е частицы сохраняется если на частицу не действуют сторонние силы или работа сторонних сил равна 0.Если на частицу действуют неконсервативные силы, то приращение полной механической энергии равно работе неконсервативных сил. Полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют только консервативные силы, остаётся постоянной. Если в замкнутой системе действуют также неконсервативные силы, то полная механическая энергия системы не сохраняется).

11. При взаимодействующих частицах: Е=++.

12. Момент импульса. Момент силы. Моментом импульса частицы относительно некоторой точки О называется векторная (псевдовекторная) величина .Свойства: 1) Зависит от выбора точки О; 2) Модуль L= r p sin=; 3) L– плечо,. Моментом импульса относительно некоторой оси называют проекцию момента импульса на эту ось. При движении частицы с постоянной скоростью момент импульса сохраняется. Векторная величина называется моментом силы относительно некоторой точки О. Моментом силы относительно некоторой оси, проходящую через точку О, называют проекцию момента силы на эту ось. Момент силы относительно некоторой оси характеризует способность силы вызывать вращение вокруг этой оси. Моментом импульса механической системы называется векторная сумма моментов импульса частиц, образующих эту систему.Суммарный момент всех внутренних сил относительно любой точки равен нулю().Таким образом, скорость изменения момента импульса механической системы = сумме моментов внешних сил, действующих на систему().Если система замкнута (), то выполняется

13. Закон сохранения момента импульса частицы и системы частиц. Импульс момента силы. Уравнение моментов закон сохранения момента импульса: момент импульса замкнутой системы материальных точек остаётся постоянным. Закон сохранения момента импульса выполняется также для незамкнутых систем, если суммарный момент внешних сил = 0.Уравнение моментов: производная момента импульса относительно некоторой оси по времени равна моменту действующей на материальную точку силы относительно той же оси..Mомент импульса замкнутой системы тел относительно любой неподвижной точки не изменяется с течением времени.Если момент внешних сил относительно неподвижной оси вращения равен нулю, то момент импульса относительно этой оси не изменяется.Может сохраняться не сам момент имрульса а его проекция на некую ось, если момент внешних сил относительно оси вращения равен нулю.

14 Вращение тела вокруг неподвижной оси. Рассмотрим произвольное тело, ось вращения которого закреплена в неподвижных подшипниках. Разобьём тело на элементарные массы , модуль момента импульса которых. Тогда момент импульса точки относительно оси OZ. Момент импульса всего тела относительно оси OZ . Момент инерции твёрдого тела - сумма произведений элементарных масс на квадрат их расстояния до произвольно выбранной оси. Момент инерции зависит от выбора оси и распределения массы тела. Воспользуемся уравнением моментов . Спроецируем это уравнение на ось OZ и подставим в полученную формулу для : - основное уравнение динамики вращательного движения, – угловое ускорение тела.является аналогом и характеризует инертность тела по отношению к вращению. Если суммарный момент внешних сил = 0, а в пределах тела происходит перемещение масс, то проекция момента импульса сохраняется . Момент инерции. Теорема Штейнера. Момент инерции определяется как , если распределение массы равномерно, то заменяется на – элементарный объём, – плотность вещества. . Теорема Штейнера: момент инерции относительно произвольной оси равен сумме момента инерции относительно оси, параллельной данной и проходящей через центр инерции тела, и произведения массы тела на квадрат расстояния а между осями: . Кинетическая энергия вращающегося твёрдого тела. При вращении тела с угловой скоростью все его элементарные массы движутся со скоростью они обладают кинетической энергией , –для тела,вращающегося вокруг неподвижной оси. Приращение кинетической энергии = работе всех сил, действующих на телоd;dd;;

19. Малые колебания. Кинематическое уравнение гармонических колебаний. Колебания–процессы, характеризующиеся той или иной степенью повторяемости по времени. Вынужденные— колебания, протекающие в системе под влиянием внешнего периодического воздействия. Свободные(или собственные) — это колебания в системе ,предоставленной самой себе, после того, как система выведена из состояния равновесия (в реальных условиях свободные колебания всегда затухающие).Автоколебания — вынужденные колебания при которых моменты внешнего воздействия задаёт сама система. Параметрические — колебания, возникающие при изменении какого-либо параметра колебательной системы в результате внешнего воздействия.*Так точка 0 точка устойчивого равновесия*

=-kx.Силы пропорциональные смещению стремятся вернуть систему в положение равноесия, называются квазиупругими. .Динамическое уравнение:Гармонические-колебания происходящие по закону синуса или косинуса под действием квазиупругой силы. При t=0;;.

Движение тела при гармоническом колебании происходит под действием квазиупругой силы:,которая является консервативной, а, значит, выполняется закон сохранения энергии(неприрывний переход К в П и наоборот),

K+U=Среднее значение кинетической и потенциальной энергий по времени: .

21-22. Математический маятник. Физический маятник. Небольшое тело массой , подвешенное на лёгкой нерастяжимой нити длины , находящееся в однородном поле силы тяжести, называют математическим маятником.При отклонении от положения равновесия тело будет двигаться по дуге окружности, следовательно, его движение описывается основным уравнением динамики , . Рассмотрим малые отклонения от положения равновесия, тогда . .Подставим всё в: изменение угла отклонения . Период колебаний математического маятника . Твёрдое тело, способное вращаться вокруг некоторой оси ОО’, непроходящее через центр масс тела (С) и находящееся в однородном поле силы тяжести, называют физическим маятником. При колебании тело совершает вращательное движение, следовательно, его движение подчиняется уравнению . При малых колебаниях . . – расстояние от центра масс до оси вращения OO’. – момент инерции тела относительно оси вращения OO’. закону. ,. Приведённа длинна физического маятника-длинна такого математического мятника Т которых совпадает.

23. Затухающие колебания.

В реальных физических системах всегда действуют силы сопротивления, в результате действия которых амплитуда колебаний с течением времени убывает. рассмотрим движение тела в вязкой среде, когда силы сопротивления противоположны скорости движения тела:mw=, –коэффициент сопротивления. . –кинематический закон затухающих колебаний. Можно сказать, что наблюдаются гармонические колебания с частотой , амплитуда же колебаний убывает по экспоненциальному закону. Скорость затухания определяется величиной коэффициента затухания. Затухание характеризуется также декрементом затухания, который показывает во сколько раз уменьшилась амплитуда колебаний за время, равное периоду : . Логарифм этого выражения называют логарифмическим декрементом затухания: .Время релаксации-время за которое А уменьшается в е раз(.).за время затухания

В затухающих системах используется также такая величина как добротность: Энергия колебаний пропорциональна квадрату амплитуды;;

*27.* Векторная диаграмма. Вынужденные колебания. При сложении нескольких колебаний одинакового направления удобно использовать метод векторных диаграмм. В этом методе колебанию сопоставляется вектор , модуль которого равен амплитуде колебаний, а направление задаётся углом , отсчитанным от некоторого направления ОХ: . С течением времени вращается вокруг точки О с угловой скоростью .

Пусть заданы 2 колебания одинаковой частоты : , . Результирующее колебание будет совпадать с проекцией вектора на ОХ.Амплитуда результирующих колебаний.

Начальная фаза результирующих колебаний определяется уравнением . Вынужденными называются такие колебания, которые возникают в колебательной системе под действием внешней периодически изменяющейся силы (вынуждающая сила). Пусть вынуждающая сила меняется по гармоническому закону. С учётом сил сопротивления и упругости получим динамическое уравнение движения системы: Предположим, что система совершает гармонические колебания с частотой , отставая по фазе от вынуждающей силы на . Находим 1-ую и 2-ую производные и подставляем в динамическое уравнение движения системы: .В левой части стоит сумма 3-х колебаний одинаковой частоты, сдвинутой по фазе и с различными амплитудами. При фаза результирующих колебаний должна равняться 0. Начальная фаза определена условием:.

В отличие от гармонических и затухающих колебаний частота вынужденных колебаний не определяется свойствами системы, а только частотой вынуждающей силы. При некоторой определённой для данной системы частоте , амплитуда достигает максимального значения. Колебательная система оказывается особенно отзывчивой на действие вынуждающей силы при этой частоте. Это явление называется резонансом, а частота – резонансной частотой. , .

24-26. Биение. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.

Биение – колебание, возникающее в рез-те сложения гармонических колебаний одного и того же направления со слабо отличающимися частотами. Рассмотрим случай сложения 2-ух колебаний одинакового направления, частота которых незначительно отличается друг от друга:. При этом возникают колебания, амплитуда которых периодически меняется от некоторого максимального значения до минимального. Рассмотрим простой случай, когда амплитуды и начальные фазы обоих колебаний равны. Сложим оба уравнения волны по принципу суперпозиции. Данное колебание можно рассматривать как гармоническое с частотой и периодом . Однако амплитуда этого колебания медленно меняется в пределах от 0 до 2а с частотой и периодом . В таком случае говорят, что наблюдаются биения.

Пусть 2 гармонических колебания совершаются системой во взаимно перпендикулярных направлениях по закону , . В результате сложения этих колебаний частица будет двигаться по некоторой траектории в плоскости ХОУ. Производим вычисления и получаем уравнение траектории движения частицы: – уравнение эллипса. При эллипс вырождается в отрезок, проходящий через начало координат . При получаем уравнение эллипса :. В колебательной системе колебания можно возбудить и поддерживать не только благодаря внешнему воздействию, но и в результате изменения периодичным образом параметров в системе. При этом наблюдается явление параметрического резонанса. При колебании математический маятник будет уменьшать его длину в положении равновесия, когда сила натяжения максимальная, и увеличивать длину при прохождении амплитудных точек, когда сила натяжения минимальная. Результирующая работа будет положительной. Эта работа идёт на приращение механической энергии маятника, его амплитуда колебаний увеличивается. Фигуры Лиссажу возникают в рез-те сложений взаимноперпендикулярных колебаний. Уравнения биений имеют вид:

Биения можно рассматривать как гармонические колебания с частотой

28,29,33. Распространение волн в упругой среде. Уравнение плоской и сферической волны.

Если в каком-либо месте упругой среды (тв., жидк., газообр.) возникают колебания её частиц, то из-за взаимодействия между частицами эти колебания будут распространяться в среде от частицы к частице с некоторой скоростью v. Процесс распространения колебаний в пространстве называют волной. При этом частицы среды не совершают поступательного движения вместе с волной, а колеблются вблизи своего положения равновесия. В зависимости от направления колебаний частиц по отношению к направлению распространения волны различают продольные (частицы колеблются вдоль направления распространения волны) и поперечные(частицы колеблются перпендикулярно направлению распространения волны) волны. Продольные волны возникают в средах, где существуют упругие деформации сжатия или растяжения. Поперечные волны возникают при наличии упругой деформации сдвига. Геометрическое место точек, до которых доходят колебания к некоторому моменту времени, называют фронтом волны. Он перемещается в пространстве со временем. Геометрическое место точек, колеблющихся в одинаковой фазе, называют волновой поверхностью. Длина волны – расстояние между 2-мя ближайшими точками, совершающими колебания с разностью фаз . В зависимости от формы волновой поверхности различают плоские, сферические и цилиндрические волны. Уравнением волны называется функция координат и времени, определяющая смещение точек среды из положения равновесия в любой момент времени во всём пространстве.

Уравнение плоской волны, – волновое число или

Уравнение сферической волны

31. Волновое уравнение.

Уравнение любой волны есть решение некоторого дифференциального уравнения, называемого волновым. Исходя из физических свойств среды и основных законов механики мы получаем волновое уравнение из явного выражения для уравнения плоской волны.

.Можно записать : – волновое уравнение. Волновому уравнению будет удовлетворять любая волна произвольной частоты , распространяющаяся со скоростью . определяется физическими свойствами среды. В случае плоской волны, распространяющейся в направлении по х, волновое уравнение записывается в виде: .

31-32. Энергия упругой волны. Плотность потока энергии.

Пусть плоская продольная волна распространяется в направлении ОХ в некоторой упругой среде. Её уравнение: . Частицы среды, отклоняясь от положения равновесия, движутся с некоторыми скоростями. Следовательно, они обладают кинетической и потенциальной энергиями. Выделим в среде цилиндрический объем V с площадью основания S и высотой x. Его величина такова, что можем считать скорости частиц и относительное смещение одинаковыми. Энергия, заключённая в этом объёме . Таким образом, плотность энергии упругой волны. Подставим в него уравнение плоской волны, преобразуем и воспользуемся тем, что :.Затем найдём среднюю по периоду плотность энергии: . Из выражения для плотности энергии видно, что её величина меняется со временем от 0 до некоторого максимального значения, а значит, энергия от источников колебания переносится волной из одного места пространства в другое со скоростью Волна осуществляет процесс переноса энергии, но не вещества. Перенос энергии осуществляется посредством сил упругого взаимодействия между частицами среды. Количество энергии, переносимое через некоторую поверхность за единицу времени, называется потоком энергии через эту поверхность: . Для более детальной характеристики процесса переноса энергии используется вектор плотности потока энергии . По величине он равен потоку энергии, переносимой через площадку, перпендикулярную направлению распространения волны, делённому на площадь этой площадки: – последнее – вектор Умова. По направлению он совпадает с направлением распространения волны. Среднее (интенсивность волны) Модуль этого выражения называется интенсивностью волны.

34. Стоячие волны. Если в среде распространяется несколько волн, то частицы среды будут совершать колебания, равные векторной сумме колебаний, возникающих от каждой из волн, взятые по отдельности. Это положение называется принципом суперпозиции, и оно следует из опытных данных. Когда колебания, обусловленные отдельными волнами, в каждой из точек среды обладают постоянной разностью фаз, то их называют когерентными. При наложении когерентных волн наблюдается их интерференция, т.е. усиление в одних точках пространства и ослабление в других. Важным случаем интерференции является наложение 2-ух встречных волн (одна из них может быть отражённой волной). В этом случае возникают стоячие волны. Запишем уравнения 2-ух плоских волн, распространяющихся вдоль ОХ в противоположном направлении, и сложим их: В рез-те сложения: . Таким образом, в каждой точке пространства совершаются гармонические колебания частоты . Амплитуда этих колебаний меняется от 0 до по закону. Точки, в которых амплитуда достигает максимальной величины, называются пучностями стоячей волны, их координаты: . Точки, где амплитуда обращается в 0, называются узлами стоячей волны, их координаты: . Расстояние между соседними пучностями (узлами) равно половине длины волны.

1. Внутренняя энергия термодинамической системы. Первое начало термодинамики.

Внутренняя энергия тела складывается из кинетической энергии поступательного и вращательного движений, кинетической и потенциальной энергий колебательного движения атомов, молекулы, внутренней молекулярной энергии, потенциальной энергии взаимодействия молекул тела. Во внутреннюю энергию не входит кинетическая энергия тела как целого и потенциальная энергия тела во внешнем силовом поле.если система состоит из 2-ух тел, то обычно энергия взаимодействия между телами значит меньше внутренней энергии тел, поэтому энергией взаимодействия можно пренебречь, значит, внутренняя энергия системы . Внутренняя энергия зависит только от состояния тела, т.е. её значение определяется параметрами состояния. Поэтому можно говорить о приращении внутренней энергии в ходе термодинамического процесса. Для элементарных процессов заменяется на . Изменение внутренней энергии может происходить в основном за счёт 2-ух процессов:

Внешние тела, действующие на систему, совершают некую работу над системой. соответственно термодинамическая система в силу 3-его закона Ньютона совершает работу.Изменение внутренней энергии может происходить за счёт передачи телу теплоты. Когда отдельные молекулы более нагретого тела передают часть своей энергии отдельным молекулам менее нагретого тела. Совокупность микропроцессов, приводящих к передаче энергии от одного тела к другому, называется теплоотдачей. Она может происходить за счёт конвекции теплопроводности излучения (перенос энергии за счёт движения частиц вещества). Количество энергии, переданное телу за счёт микропроцессов, называется количеством теплотыQ. Исходя из всеобщего ЗСЭ можем записать 1-ое начало термодинамики: . Количество теплоты, получаемое системой, идёт на приращение внутренней энергии системы и совершение его работы над внешними телами для элементарных процессов .

1. Внутренняя энергия и теплоёмкость идеального газа. Адиабатический процесс.

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела на 1 кельвин единицы массы тела (вещества), называется удельной теплоёмкостью: .Количество теплоты, необходимое для нагревания тела на 1 кельвин 1 моля вещества, называется молярной теплоёмкостью. Теплоёмкость зависит от условий, при которых происходит нагревание тела. Выделяют теплоёмкость при постоянном объёме и при постоянном давлении. Экспериментально установлено, что не зависит от температуры, следовательно, внутренняя энергия 1 моля идеального газа . Для молей в силу аддитивной внутренней энергии. Молярная теплоёмкость при постоянном давлении р–уравнение Мойера. Отношение является характеристикой газа, оно определяется числом степеней молекулы газа и характером. . Адиабатный процесс: . Термодинамический процесс, при котором не происходит теплообмена с внешней средой, называется адиабатическим.

1. Уравнение адиабаты идеального газа. Работа, совершаемая газом при различных процессах.

Термодинамический процесс, при котором не происходит теплообмена с внешней средой, называется адиабатическим. и в соответствии с 1-ым началом термодинамики можно записать: . Отсюда получаем . Окончательно получаем уравнение адиабаты. Уравнение адиабаты с переменными : – называется уравнением Пуассона.

Вычислим работу идеального газа для некоторых процессов:

1. изобарический процесс: ;
2. изохорический процесс :;
3. изотермический процесс:;
4. адиабатический процесс выполняется уравнение Пуассона:, .

42. Барометрическая формула.

Барометрическая формула даёт зависимость атмосферного давления от высоты, отсчитанной от поверхности Земли. Предполагается, что температура атмосферы с высотой не меняется. Для вывода формулы выделим вертикальный цилиндр: поперечное сечение S. В нём выделяется небольшой цилиндрический объём высотой dh. Он находится в равновесии: на него действуют сила тяжести mg, вертикально направленная вверх сила давления газа F1 и вертикально направленная вниз сила давления F2. Их сумма = 0. В проекции: -mg+F1-.F2=0 .Из уравнения Клапейрона-Менделеева . Интегрируем в пределах от 0 до и получаем: – барометрическая формула, используемая для определения высоты. Изменением в температуре можно пренебречь.потенциальная энергия частицы на высоте h

1. Давление газа на стенку.

Давление, оказываемое газом на стенки сосуда:.Возьмем произвольный объем . К каждой из стенок за время dt подлетит 1/6 всех молекул. Каждая молекула обладает импульсом: . При абсолютно пругком ударе стенка получит импульс: . Общий импульс который получит стенка S: следовательно . Отсюда . Молекулы имеют разные скорости, то есть скорости газовых молекл - – случайные величины. Более точно случайные величины характеризует среднеквадратичная величина . Т.к. вектор скорости имеет 3 равноправные компоненты, то нельзя выделить ни одну из этих компонент, и поэтому вместо возьмем . Таким образом - основное уравнение молекулярно – кинетической теории газов. Давление газов определяется средней кинетической энергией поступательного движения молекул.

38-39. Распределение по скорости, по компонентам скоростей.. Распределение Максвелла дает распределение частиц по скоростям и компонентам скоростей: вероятность того, что компонента скорости некоторой молекулы имеет значение в пределах от до может быть представлена в виде : Соответственно для других компонент скоростиВероятнсоть одновременного наблюдения независимых событий равна произведению вероятностей этих событий : Для функций распределения были получены выражения: Для и меняются только и соответственно. Вероятность того, что молекулы газа обладают скоростями, составляющие которых по осям координат лежат в интервалах между и , и , и равна : Кол-во молекул из числа находящихся в единице объема газа с компонентами скорости, попадающими в заданные интервалы, определится следующим образом Перейдем в пространство скоростей, тогда где Полученное выражение не зависит от направления скорости. Найдем ф-ю распределения молекул по скоростям независимо от их направления. В интервал попадут молекулы, находящиеся в шаровом слое объемом : или Ф-я распределения молекул по скоростям – з-н Маквелла имеет вид:Функция распределения молекул по компоненте скорости имеет вид

43 Распределение Больцмана. Распределение Максвелла-Больцмана.

Заменив в барометрической формуле давление через nkT, получим закон изменения с высотой числа молекул в единице объёма: , где - масса 1-ой молекулы, k – постоянная Больцмана, - число молекул в единице объёма на высоте, равной 0, n – то же число на высоте . Из этой формулы следует, что с понижением температуры число частиц на высотах, отличных от нуля, убывает, обращаясь в 0 при Т=0. При высоких температурах, напротив, n слабо убывает: все молекулы оказываются распределёнными по высоте почти равномерно, т.к. каждое распределение молекул по высоте устанавливается в результате 2-ух тенденций: 1) притяжение молекул к земле mg стремиться расположить их на поверхности земли; 2) тепловое движение kT стремиться разбросать молекулы равномерно по высотам. На разной высоте молекула обладает различным запасом потенциальной энергии: . Следовательно, распределение молекул по высоте является и распределением их по значениям потенциальной энергии. Объединив закон изменения с высотой числа молекул в единице объёма формулу запаса потенциальной, энергии получим распределение Больцмана: где и – число молекул в точках, где потенциальная энергия имеет значения и .Больцман доказал, что распределение справедливо не только в случае потенциального поля сил земного тяготения, но и в любом потенциальном поле сил для совокупности любых одинаковых частиц, находящихся в состоянии хаотического теплового движения. В то время как закон Максвелла даёт распределение частиц по значениям кинетической энергии, закон Больцмана даёт распределения частиц по значениям потенциальной энергии. Распределения Максвелла и Больцмана можно объединить в один закон Максвелла-Больцмана, согласно которому содержащееся в единице объёма количество молекул, скорость которых лежит между, равно: .

54-56. Энтропия. Термодинамическая энтропияS, часто просто именуемая энтропия, в химии и термодинамике является функцией состояния термодинамической системы. Понятие энтропии было впервые введено Рудольфом Клаузиусом, который определил изменение энтропии термодинамической системы при обратимом процессе как отношение изменения общего количества тепла ΔQ к величине абсолютной температуры T (то есть изменение тепла при постоянной температуре): . Например, при температуре 0 °C, вода может находиться в жидком состоянии и при незначительном внешнем воздействии начинает быстро превращаться в лед, выделяя при этом некоторое количество теплоты. При этом температура вещества так и остается 0 °C. Изменяется состояние вещества, сопровождающееся изменением тепла, вследствие изменения структуры. Эта формула применима только для изотермического процесса (происходящего при постоянной температуре). Её обобщение на случай произвольного квазистатического процесса выглядит так: ,где dS — приращение (дифференциал) энтропии, а δQ — бесконечно малое приращение количества теплоты. Необходимо обратить внимание на то, что рассматриваемое термодинамическое определение применимо только к квазистатическим процессам (состоящим из непрерывно следующих друг за другом состояний равновесия). Энтропия – аддитивная величина, т.е. энтропия системы равна сумме энтропий отдельных её частей. Больцман установил связь энтропии с вероятностью данного состояния. Позднее эту связь представил в виде формулы Планк: , где константа k = 1,38×10−23 Дж/К названа Планком постоянной Больцмана, а Ω — (термодинамическая вероятность) статистический вес состояния, является числом возможных микросостояний (способов) с помощью которых можно перейти в данное макроскопическое состояние .Эта связь позволяет сформулировать II з-н термодинамики: наиболее вероятным изменением энтропии является ее возрастание Этот постулат, названный Альберт Эйнштейном принципом Больцмана, положил начало статистической механики, которая описывает термодинамические системы, используя статистическое поведение составляющих их компонентов. Принцип Больцмана связывает микроскопические свойства системы (Ω) с одним из её термодинамических свойств (S). Согласно определению, энтропия является функцией состояния, то есть не зависит от способа достижения этого состояния, а определяется параметрами этого состояния. Так как Ω может быть только натуральным числом (1, 2, 3, …), то энтропия Больцмана должна быть неотрицательной — исходя из свойств логарифма. Энтропия в открытых системах: В силу второго начала термодинамики, энтропия Si замкнутой системы не может уменьшаться (закон неубывания энтропии). Математически это можно записать так: , индекс i обозначает так называемую внутреннюю энтропию, соответствующую замкнутой системе. В открытой системе возможны потоки тепла, как из системы, так и внутрь неё. В случае наличия потока тепла в систему приходит количество тепла δQ1 при температуре T1 и уходит количество тепла δQ2 при температуре T2. Приращение энтропии, связанное с данными тепловыми потоками, равно: В стационарных системах обычно δQ1 = δQ2, T1 >T2, так что dSo< 0. Поскольку здесь изменение энтропии отрицательно, то часто употребляют выражение «приток негэнтропии», вместо оттока энтропии из системы. Негэнтропияопределяется таким образом как обратная величина энтропии. Суммарное изменение энтропии открытой системы будет равно: dS = dSi + dSo. Если всё время dS> 0, то рост внутренней энтропии не компенсируется притоком внешней негэнтропии, система движется к ближайшему состоянию равновесия. Если dS = 0, то мы имеем стационарный процесс с неизменной общей энтропией. В этом случае в системе осуществляется некоторая внутренняя работа с генерацией внутренней энтропии, которая преобразует, например, температуру T1 внешнего потока тепла в температуру T2 уходящего из системы потока тепла. Измерение энтропии: В реальных экспериментах очень трудно измерить энтропию системы. Техники измерения базируются на термодинамическом определении энтропии и требуют экстремально аккуратной калориметрии. Для упрощения мы будем исследовать механическую систему, термодинамические состояния которой будут определены через её объем V и давление P. Для измерения энтропии определенного состояния мы должны сперва измерить теплоёмкость при постоянных объёме и давлении (обозначенную CV и CP соответственно), для успешного набора состояний между первоначальным состоянием и требуемым. Тепловые ёмкости связаны с энтропией S и с температурой T согласно формуле: , где нижний индекс X относится к постоянным объёму и давлению. Мы можем проинтегрировать для получения изменения энтропии: . Таким образом, мы можем получить значение энтропии любого состояния (P,V) по отношению к первоначальному состоянию (P0,V0). Точная формула зависит от нашего выбора промежуточных состояний. Для примера, если первоначальное состояние имеет такое же давление, как и конечное состояние, то В добавление, если путь между первым и последним состояниями лежит сквозь любой фазовый переход первого рода, скрытая теплота, ассоциированная с переходом, должна также учитываться. Энтропия первоначального состояния должна быть определена независимо. В идеальном варианте выбирается первоначальное состояние как состояние при экстремально высокой температуре, при которой система существует в виде газа. Энтропия в этом состоянии подобна энтропии классического идеального газа плюс взнос от молекулярных вращений и колебаний, которые могут быть определены спектроскопически.

1. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Второе начало термодинамики — физический принцип, накладывающий ограничение на направление процессов передачи тепла между телами. Второе начало термодинамики гласит, что невозможен самопроизвольный переход тепла от тела, менее нагретого, к телу, более нагретому.Второе начало термодинамики запрещает так называемые вечные двигатели второго рода, показывая, что коэффициент полезного действия не может равняться единице, поскольку для кругового процесса температура холодильника не должна равняться 0. Второе начало термодинамики является постулатом, не доказываемым в рамках термодинамики. Оно было создано на основе обобщения опытных фактов и получило многочисленные экспериментальные подтверждения. Существуют несколько эквивалентных формулировок второго начала термодинамики: Постулат Клаузиуса: «Невозможен процесс, единственным результатом которого являлась бы передача тепла от более холодного тела к более горячему» (такой процесс называется процессом Клаузиуса). Постулат Томсона (Кельвина): «Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счет охлаждения теплового резервуара» (такой процесс называется процессом Томсона). Эквивалентность этих формулировок легко показать. В самом деле, допустим, что постулат Клаузиуса неверен, то есть существует процесс, единственным результатом которого была бы передача тепла от более холодного тела к более горячему. Тогда возьмем два тела с различной температурой (нагреватель и холодильник) и проведем несколько циклов тепловой машины, забрав тепло Q1 у нагревателя, отдав Q2 холодильнику и совершив при этом работу A = Q1 − Q2. После этого воспользуемся процессом Клаузиуса и вернем тепло Q2 от холодильника нагревателю. В результате получается, что мы совершили работу только за счет отъёма теплоты от нагревателя, то есть постулат Томсона тоже неверен.С другой стороны, предположим, что неверен постулат Томсона. Тогда можно отнять часть тепла у более холодного тела и превратить в механическую работу. Эту работу можно превратить в тепло, например, с помощью трения, нагрев более горячее тело. Значит, из неверности постулата Томсона следует неверность постулата Клаузиуса.Таким образом, постулаты Клаузиуса и Томсона эквивалентны. Другая формулировка второго начала термодинамики основывается на понятии энтропии: «Энтропия изолированной системы не может уменьшаться» (закон не убывания энтропии). Такая формулировка основывается на представлении об энтропии как о функции состояния системы, что также должно быть постулировано. В состоянии с максимальной энтропией макроскопические необратимые процессы (а процесс передачи тепла всегда является необратимым из-за постулата Клаузиуса) невозможны. Цикл Карно́ — идеальный термодинамический цикл. Тепловая машина Карно, работающая по этому циклу, обладает максимальным КПД из всех машин, у которых максимальная и минимальная температуры осуществляемого цикла совпадают соответственно с максимальной и минимальной температурами цикла Карно. Состоит из 2 адиабатических и 2 изотермических процессов. Одним из важных свойств цикла Карно является его обратимость: он может быть проведён как в прямом, так и в обратном направлении, при этом энтропия адиабатически изолированной (без теплообмена с окружающей средой) системы не меняется. Пусть тепловая машина состоит из нагревателя с температурой TH, холодильника с температурой TX и рабочего тела. Цикл Карно состоит из четырёх стадий: Изотермическое расширение. В начале процесса рабочее тело имеет температуру TH, то есть температуру нагревателя. Затем тело приводится в контакт с нагревателем, который изотермически (при постоянной температуре) передаёт ему количество теплоты QH. При этом объём рабочего тела увеличивается. Адиабатическое (изоэнтропическое) расширение. Рабочее тело отсоединяется от нагревателя и продолжает расширяться без теплообмена с окружающей средой. При этом его температура уменьшается до температуры холодильника. Изотермическое сжатие. Рабочее тело, имеющее к тому времени температуру TX, приводится в контакт с холодильником и начинает изотермически сжиматься, отдавая холодильнику количество теплоты QX. Адиабатическое (изоэнтропическое) сжатие. Рабочее тело отсоединяется от холодильника и сжимается без теплообмена с окружающей средой. При этом его температура увеличивается до температуры нагревателя. При изотермических процессах температура остаётся постоянной, при адиабатических отсутствует теплообмен, а значит, сохраняется энтропия (поскольку при δQ = 0). Поэтому цикл Карно удобно представить в координатах T и S (температура и энтропия). Отсюда коэффициент полезного действия тепловой машины Карно равен: .

60. Третье начало термодинамики Первое и второе начало термодинамики не позволяет определить значение энтропии при абсолютном нуле *Т*= 0º К. На основании обобщения экспериментальных исследований свойств различных веществ при сверх низких температурах был установлен закон, устранивший указанный недостаток. Сформулировал его в 1906 г. Нернст и называется он третьим началом термодинамики, или теоремой Нернста: *энтропия любой равновесной системы при абсолютном нуле температуры может быть равна нулю.* Следствием Третьего начала является то что, невозможно охладить тело до абсолютного нуля (*принцип недостижимости абсолютного нуля температуры*).