**Физика и современное естествознание.**

Физика — область естествознания, наука, изучающая наиболее общие и фундаментальные закономерности, определяющие структуру и эволюцию материального мира. Законы физики лежат в основе всего естествознания.

**Системы отсчета.**

Совокупность тела отсчета, связанной с ним системы координат и синхронизированных между собой часов.

Система координат - система (в простейшем случае прямоугольная декартова система xyz, связанная с теломотсчета.

Тело отсчета- произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение других (движущихся) тел. Положение любого движущегося тела определяется

по отношению к телу отсчета, поэтому механическое движение относительно.

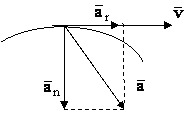
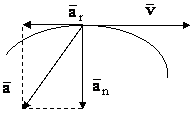
СО делятся на инерциальные и неинерциальные. ИСО-та, относительно которой тело движется равномерно и прямолинейно или покоится. НИСО связана с ускоренно движущимся телом.

**Кинематика точки.**

Время t – длительность процесса, промежуток между событиями. Траекторией материальной точки называется геометрическое место её последовательных положений в пространстве с течением времени относительно рассматриваемой системы отсчета. По виду траектории движения делятся на прямолинейные и криволинейные. Путь S – длина траектории (скаляр). Перемещение Δr – вектор, соединяющий начальное и конечное положение материальной точки.

Скорость материальной точки представляет собой вектор, характеризующий направление и быстроту перемещения материальной точки относительно тела отсчета. Вектор ускорения характеризует быстроту и направление изменения скорости материальной точки относительно тела отсчета.

http://cde.osu.ru/demoversion/course120/img/g1_r1_f17.gifhttp://cde.osu.ru/demoversion/course120/img/g1_r1_f16.gif**Средняя скорость движения** – это физическая величина, равная отношению вектора перемещения точки к интервалу времени, за который это перемещение произошло. Направление вектора средней скорость всегда совпадает с направлением вектора http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/autor/orlova_IN/Resorse/Picture/f14.gifперемещения: http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/autor/orlova_IN/Resorse/Picture/f15.gif  
Мгновенная скорость определяется как предел средней скорости, если промежуток времени, за который определяется средняя скорость, стремится к нулю, т.е. http://cde.osu.ru/demoversion/course120/img/g1_r1_f14.gifВектор мгновенной скорости направлен по касательной к траектории в сторону движения. При неравномерном движении тела его скорость непрерывно изменяется. Как быстро изменяется скорость тела, показывает величина, которая называется **ускорением**. **Средним ускорением** неравномерного движения в интервале от t до t + ∆t называется векторная величина, равная отношению изменения скорости ∆v к интервалу времени ∆t

:**Мгновенным ускорением а**в момент времени t будет предел среднего ускорения:  Таким образом, **ускорение ∆а**есть векторная величина, равная первой производной скорости по времени. В данной системе отсчета вектор ускорения может быть задан проекциями на соответствующие координатные оси (проекциями ах, ау,

аz).**Составляющая аτ** вектора ускорения, направленная вдоль касательной к траектории в данной точке, называется **тангенциальным (касательным) ускорением**. Тангенциальное ускорение характеризует изменение вектора скорости **по модулю**. Вектор аτ направлен в сторону движения точки при возрастании ее скорости (рисунок 1.3 - а) и в противоположную сторону - при убывании скорости (рисунок 1.3 - б).  
**Тангенциальная составляющая ускорения аτ** равна первой производной по времени от модуля скорости, определяя тем самым быстроту изменения скорости по модулю:

http://cde.osu.ru/demoversion/course120/img/g1_r1_f18.gifВторая составляющая ускорения, равная:

http://cde.osu.ru/demoversion/course120/img/g1_r1_f20.gifhttp://cde.osu.ru/demoversion/course120/img/g1_r1_f19.gifназывается **нормальной составляющей ускорения** и направлена по **нормали к траектории** к центру ее кривизны (поэтому ее называют так же **центростремительным** ускорением).  
**Полное ускорение** есть геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих:

**Кинематика твердого тела при вращательном движении.**

Вращательное движение абсолютно твердого тела относительно неподвижной оси – движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на прямой линии, называемой осью вращения. При вращательном движении точки тела, находящиеся на разном расстоянии от оси вращения за одинаковые промежутки времени имеют разные перемещения и имеют разные скорости и ускорения.

Вектор углового перемещения Δϕ r - это вектор, определяющий, как вращается твердое тело. Направление вектора Δϕ r определяется правилом правого винта: если головку винта вращать в направлении вращении тела, то направление поступательного движения винта совпадает с направлением вектора Δϕ r .

Средняя угловая скорость. Пусть за время Δt тело повернулось на угол Δϕ . Средняя угловая скорость – это физическая величина равная отношению вектора углового перемещения к промежутку времени, за который это перемещение произошло: . Средняя угловая скорость – это вектор, направление которого совпадает с вектором Δϕ r . Значит, вектор средней угловой скорости направлен по оси вращения и определяется правилом правого винта.

Мгновенная угловая скорость – это угловая скорость в данный момент времени. Мгновенная угловая скорость равна отношению элементарного углового перемещения (углового перемещения за бесконечно малое время) к промежутку времени, за который это перемещение произошло. Если время движения бесконечно мало Δt → 0, то угловое перемещение , значит, мгновенная угловая скорость – это предел, к которому стремится средняя угловая скорость при Δt →0 .

Векторная величина, равная первой производной от угла поворота тела по времени, называется мгновенной угловой скоростью. W=dfi/dt

Вращение с постоянной угловой скоростью ω = const r называется

равномерным. Если угловая скорость ω ≠ const r , то тело вращается с угловым ускорением.

Среднее угловое ускорение – это физическая величина, равная отношению вектора изменения угловой скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло: . Среднее угловое ускорение – это вектор, направление которого совпадает с направлением Δω.

Мгновенное угловое ускорение – это физическая величина, равная отношению вектора элементарного изменения угловой скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло.

Равномерное вращение можно характеризовать периодом вращения T. Под периодом понимают время, за которое тело делает один оборот, т.е. поворачивается на угол 2π. Поэтому Число оборотов в единицу времени (частота вращения): v=1/T. Тогда ω = 2πv .

**Инерциальная система отсчёта.**

Инерциальными называют системы отсчета, в которых выполняется закон инерции. Закон же инерции заключается в том, что тела сохраняют свою скорость неизменной, если на них не действуют другие тела. Инерциа́льная систе́ма отсчёта (ИСО) — система отсчёта, в которой все свободные тела движутся прямолинейно и равномерно или покоятся.

**Динамика материальной точки.**

**1 ЗН:** Всякая материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние. (В этой формулировке Ньютон привел закон, установленный еще Галилеем.) Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущиеся тела сохраняют свою скорость постоянной, если на них не действуют другие тела (или действие других тел компенсируется).

Утверждение о существовании инерциальных систем отсчета составляет

содержание первого закона Ньютона.

**2 ЗН**: Скорость изменения импульса материальной точки (тела) равна действующей на нее (него) силе.

Ускорение, приобретаемое материальной точкой (телом), пропорционально вызывающей его силе, совпадает с ней по направлению и обратно пропорционально массе материальной точки (тела).

**3 ЗН:** Всякое действие материальных точек (тел) друг на друга имеет характер взаимодействия; силы, с которыми действуют друг на друга материальные точки, всегда равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки.

**Б1 (один)**

**1.Преобразования координат Галилея**

Исходные данные

Рассматривают две системы отсчета: инерциальную систему отсчета К (с координатами х, у, z), условно считая ее неподвижной, и систему К' (с координатами х\у\ z'), движущуюся относительно К равномерно и прямолинейно со скоростью u (u = const). Отсчет времени — с момента, когда начала координат обеих систем совпадают. На рисунке показано расположение систем в произвольный момент времени t. Скорость и направлена вдоль ОО'; г0 = ut.

Преобразования координат Галилея

Задают связь между радиусами-векторами или координатами произвольной точки А в обеих системах.

Частный случай преобразований Галилея

Система К' движется со скоростью v вдоль положительного направления оси х системы К (в начальный момент времени оси координат совпадают). В классической механике считается, что ход времени не зависит от относительного движения систем отсчета, т. е. к преобразованиям Галилея добавляют уравнение t’=t.

Формулировки принципа относительности Галилея

Законы динамики одинаковы во всех инерциальных системах отсчета. Все инерциальные системы отсчета по своим механическим свойствам эквивалентны друг другу.

Правило сложения скоростей в классической механике

Продифференцировав г' = г - ut по времени и учитывая, что t’=t получим v’=v-u

[u — скорость движения системы К' относительно системы К; v и v' —

соответственно скорости в системах К и К']

Подтверждение принципа относительности Галилея

(механического принципа относительности)

В системе К ускорение . Следовательно, если на точку А другие тела не действуют (а = 0), то а' = 0, т. е. система К'

является инерциальной (точка движется относительно нее равномерно и прямолинейно или покоится).

Из равенства а' = а вытекает подтверждение принципа относительности Галилея (механического принципа относительности): уравнения динамики при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой не изменяются, т. е. являются инвариантными по отношению к преобразованиям координат. Никакими механическими опытами, проводимыми внутри данной инерциальной системы отсчета, нельзя установить, покоится она или движется равномерно и прямолинейно. Во всех инерциальных системах отсчета одинаковы свойства пространства и времени, одинаковы и все законы механики.

**Б1. 2. Основное уравнение мкт идеального газа.**

Упрощенный вывод основного уравнения МКТ

Исходные положения для упрощенного вывода уравнения кинетической теории идеального газа

♦ Рассматривается одноатомный идеальный газ.

♦ Молекулы газа совершают хаотическое движение, причем все направления движения равновероятны (основание — давление газа на стенки сосуда одинаково).

♦ Число взаимных столкновений между молекулами газа пренебрежимо мало по сравнению с числом ударов о стенки сосуда.

♦ Соударения молекул со стенками сосуда абсолютно упругие.

♦ Для упрощения расчетов хаотическое движение молекул заменяют движением вдоль трех взаимно перпендикулярных направлений, причем в любой момент времени вдоль каждого из них движутся 1/3 молекул (из них 1/6 молекул движутся вдоль данного направления в одну сторону, а 1/6 молекул в другую).

♦ Всем молекулам приписывают одинаковые скорости v.

На стенке сосуда выделена элементарная площадка ΔS. За время Δt до площадки ΔS долетят все движущиеся по направлению к ней молекулы, заключенные в объеме цилиндра с основанием ΔS и высотой vΔt: 1/6\*nΔSvΔt. [n — концентрация молекул]

*Импульс, передаваемый молекулами*

*при столкновении с площадкой:*

При каждом соударении молекула,

движущаяся перпендикулярно площадке, передает

ей импульс m0v - (-m0v) = 2m0v.

[m0 — масса молекулы]. ΔР = 2m0v • (1/6)\* nΔSvΔt = (1/3)\*nm0v2ΔSΔt

*Давление газа, оказываемое им на стенку сосуда*

[v — скорости молекул, вначале принятые одинаковыми (см. исходные положения)]

*Основное уравнение молекулярно-кинетической теории:* Если газ в объеме V содержит N молекул, движущихся со скоростями v1,v2,..,vN, то вводят среднюю квадратичную

скорость

[р — давление газа; n— концентрация молекул; m0 — масса одной молекулы;

<vкв>^2 — средняя квадратичная скорость молекул]

♦ Точный расчет с учетом движения молекул по всевозможным направлениям

приводит к той же формуле, выражающей основное уравнение МКТ.

**Б2(два)**

**1.Вектор плотности потока энергии волны.**

Плотность потока энергии волны:

Определяется потоком энергии, переносимой волной через единичную площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. [*v* — скорость волны; *w* — объемная плотность энергии колебательного движения]

Вектор Умова U = wv - Вектор плотности потока энергии, количественно характеризует перенос энергии волнами. Направление вектора Умова совпадает с направлением переноса энергии, а его модуль равен энергии, переносимой волной за единицу времени через единичную площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны.

Интенсивность волны: Модуль среднего значения вектора Умова.

Поток энергии: Количественная характеристика перенесенной энергии, определяемая энергией, переносимой волнами через некоторую поверхность в единицу времени.

**Б2.2. Статистическое обоснование второго начала термодинамики.**

Возрастание энтропии означает переход системы из менее вероятных в более вероятные состояния. Второе начало, являясь статистическим законом, описывает закономерности хаотического движения большого числа частиц, составляющих замкнутую систему.

**1.** Утверждение второго закона (начала) термодинамики о невозможности убывания энтропии в изолированной системе может быть истолковано статически, на основе молекулярно-кинетической теории строения вещества, с помощью *формулы Больцмана:*

**S=kLnP+const**, где S - энтропия системы, k - постоянная Больцмана, P- термодинамическая вероятность состояния.

**2.** *Термодинамическая вероятность состояния P* тела (системы) равна числу всевозможных распределений частиц по координатам и скоростям, соответствующих данному термодинамическому состоянию. По определению, P- есть целое число не меньшее единицы (P≥1). Из формулы Больцмана вытекает следующее статистическое истолкование второго закона термодинамики: термодинамическая вероятность состояния замкнутой системы при всех происходящих в ней процессах не может убывать.

При любом процессе, который протекает в замкнутой системе и переводит ее из состояния 1 в состояние2. изменение ΔP термодинамической вероятности P положительно или равно нулю:

**ΔP=P2-P1≥ 0.**

В случае обратимого процесса ΔP =0, т.е. термодинамическая вероятность P-постоянна. Если происходит необратимый процесс, то ΔР>0 и Р возрастает. Это означает, что необратимый процесс переводит систему из менее вероятного состояния в более вероятное, в пределе - равновесное состояние.

**3.** Второе начало термодинамики, будучи статистическим законом. Описывает закономерности хаотического движения большого числа частиц, составляющих замкнутую систему. В системах, состоящих из небольшого числа частиц. Наблюдаются флуктуации, которые являются отклонениями от второго закона термодинамики.

**Формула Больцмана.** Энтропия определяется логарифмом числа микросостояний, с помощью которых может быть реализовано данное макросостояние (k — постоянная Больцмана). S=k\*lnP

♦ Энтропия — мера вероятности состояния термодинамической системы.

Статистическое толкование энтропии

Энтропия является мерой неупорядоченности системы. В самом деле, чем больше число микросостояний, реализующих данное макросостояние, тем больше энтропия. В состоянии равновесия — наиболее вероятного состояния системы — число микросостояний максимально, при этом максимальна и энтропия.

**Б3**

**1.Энергия упругой волны.**

Пусть в некоторой среде распространяется в направлении оси х плоская продольная волна . Выделим в среде элементарный объем ΔV, настолько малый, чтобы скорость движения и деформацию во всех точках этого объема можно было считать одинаковыми и равными, соответственно, Выделенный нами объем обладает кинетической энергией (ρΔV-масса объема, Рассматриваемый объем обладает потенциальной энергией упругой деформации: (ε=-относительное удлинение цилиндра, Е-модуль Юнга среды). . Тогда полная энергия: Разделив эту энергию на объем ΔV, в котором она содержится, получим плотность энергии ω.

**Б3.2. Энтропия как функция состояния термодинамической системы.**

Качественное отличие теплового движения молекул от других форм движения — его беспорядочность, хаотичность. Поэтому для описания теплового движения вводят количественную меру степени молекулярного беспорядка.

Приведенное количество теплоты

Отношение теплоты Q, полученной телом в изотермическом процессе, к температуре Т теплоотдающего тела.

Приведенное количество теплоты, сообщаемое телу на бесконечно

малом участке процесса.

S – энтропия. Функция состояния, дифференциалом которой является Приведенное количество теплоты, сообщаемое телу в любом обратимом круговом процессе, равно нулю: = 0. Полученный результат означает, что этот интеграл не зависит от пути интегрирования (последовательности промежуточных состоянии), т.е. подынтегральное выражение есть полный дифференциал некоторой функции, которая определяется только состоянием системы и не зависит от пути, которым система пришла в это состояние, или от предыстории системы. 1 Дж/К — изменение энтропии системы, которой при температуре я К в изотермическом процессе сообщается количество теплоты п Дж.

**Теорема Нернста—Планка (третье начало термодинамики)** Энтропия всех тел в состоянии равновесия стремится к нулю по мере приближения температуры к нулю. ♦ Энтропия определяется с точностью до аддитивной постоянной, поэтому эту постоянную удобно взять равной нулю. Однако это — произвольное допущение, поскольку энтропия по своей сущности всегда определяется с точностью до аддитивной постоянной. Из теоремы Нернста—Планка следует, что теплоемкости Ср и Cv при О К равны нулю.

**Б4**

**1.Явление переноса в газах.** Явления переноса — особые необратимые процессы в термодинамически неравновесных системах, в результате которых происходит пространственный перенос энергии, массы или импульса. , соответственно плотности теплового потока, потока массы и потока импульса; λ, D,η — соответственно коэффициенты теплопроводности, диффузии и динамической вязкости; dT/dx, dρ/dx, dv/dx –соответственно градиенты температуры, плотности и скорости; cv — удельная теплоемкость газа при постоянном давлении; р — плотность газа; <v> — средняя скорость теплового движения молекул; <1> — средняя длина свободного пробега молекул.

Диффузия (перенос массы). Закон Фика: , D=1\*<v><l>

Внутренне трение (вязкость) (перенос импульса). Закон Ньютона: jp=-ηdv/dx, η=1/3\*ρ<v><l>

**Теплопроводность -** один из видов явлений переноса заключающийся в том, что если в одной области газа средняя кинетическая энергия молекул больше, чем в другой, то с течением времени вследствие постоянных столкновений молекул происходит процесс выравнивания средних кинетических энергий молекул, т. е., иными словами, выравнивание температур. Закон Фурье: Ось х ориентирована в направлении переноса энергии. Знак минус показывает, что энергия переносится в направлении убывания температуры. jE=-λ\*dT/dx. jE-Плотность теплового потока Величина, определяемая энергией, переносимой в форме теплоты в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную оси х. dT/dx - Градиент температуры. Определяется скоростью изменения температуры на единицу длины х в направлении нормали к площадке. Коэффициент теплопроводности Равен плотности теплового потока при градиенте температуры, равном единице. [Cv — удельная теплоемкость газа при постоянном объеме; р — плотность газа; <v> — средняя скорость теплового движения молекул; <1> — средняя длина свободного пробега] λ=1/3\*cvρ<v><l>

**Б4.2. Статистическое обоснование второго начала термодинамики.**

Возрастание энтропии означает переход системы из менее вероятных в более вероятные состояния. Второе начало, являясь статистическим законом, описывает закономерности хаотического движения большого числа частиц, составляющих замкнутую систему.

**1.** Утверждение второго закона (начала) термодинамики о невозможности убывания энтропии в изолированной системе может быть истолковано статически, на основе молекулярно-кинетической теории строения вещества, с помощью *формулы Больцмана:*

**S=kLnP+const**, где S - энтропия системы, k - постоянная Больцмана, P- термодинамическая вероятность состояния.

**2.** *Термодинамическая вероятность состояния P* тела (системы) равна числу всевозможных распределений частиц по координатам и скоростям, соответствующих данному термодинамическому состоянию. По определению, P- есть целое число не меньшее единицы (P≥1). Из формулы Больцмана вытекает следующее статистическое истолкование второго закона термодинамики: термодинамическая вероятность состояния замкнутой системы при всех происходящих в ней процессах не может убывать.

При любом процессе, который протекает в замкнутой системе и переводит ее из состояния 1 в состояние2. изменение ΔP термодинамической вероятности P положительно или равно нулю:

**ΔP=P2-P1≥ 0.**

В случае обратимого процесса ΔP =0, т.е. термодинамическая вероятность P-постоянна. Если происходит необратимый процесс, то ΔР>0 и Р возрастает. Это означает, что необратимый процесс переводит систему из менее вероятного состояния в более вероятное, в пределе - равновесное состояние.

**3.** Второе начало термодинамики, будучи статистическим законом. Описывает закономерности хаотического движения большого числа частиц, составляющих замкнутую систему. В системах, состоящих из небольшого числа частиц. Наблюдаются флуктуации, которые являются отклонениями от второго закона термодинамики.

**Формула Больцмана.** Энтропия определяется логарифмом числа микросостояний, с помощью которых может быть реализовано данное макросостояние (k — постоянная Больцмана). S=k\*lnP

♦ Энтропия — мера вероятности состояния термодинамической

системы.

Статистическое толкование энтропии

Энтропия является мерой неупорядоченности системы. В самом деле, чем больше число микросостояний, реализующих данное макросостояние, тем больше энтропия. В состоянии равновесия — наиболее вероятного состояния системы — число микросостояний максимально, при этом максимальна и энтропия.

**Б5**

**1.Закон сохранения механической энергии.**

Если тела, составляющие замкнутую механическую систему, взаимодействуют между собой только посредством сил тяготения и упругости, то работа этих сил равна изменению потенциальной энергии тел, взятому с противоположным знаком: A = –(Eр2 – Eр1).

По теореме о кинетической энергии эта работа равна изменению кинетической энергии тел: А=Ек2-Ек1. Следовательно Ек2-Ек1=-(Ер2-Ер1) или Ек1+Ек2=Ер1+Ер2.

Сумма кинетической и потенциальной энергии тел, составляющих замкнутую систему и взаимодействующих между собой посредством сил тяготения и сил упругости, остается неизменной. Это утверждение выражает закон сохранения энергии в механических процессах. Он является следствием законов Ньютона. Сумму E = Ek + Ep называют полной механической энергией. Закон сохранения механической энергии выполняется только тогда, когда тела в замкнутой системе взаимодействуют между собой консервативными силами, то есть силами, для которых можно ввести понятие потенциальной энергии.

**Б5.2. Релятивистский закон сложения скоростей.**

Пусть материальная точка движется в системе К’ вдоль оси x', а К’ движется относительно К со скоростью v (оси х и х’ совпадают). Ux=dx/dt. Ux’=dx’/dt’.

dx=(dx’+vdt’)/sqrt(1-β2), dt=(dt’+vdx’/c2)sqrt(1-β2).

Произведя вычисления, получим: K’→K: ux=(u’x+v)/(1+vux’/c2). K→K’: u’x=(ux-v)/(1-vux/c2)'.

**Б6**

**1.Интервал между событиями в релятивистской механике.**

В четырехмерном пространстве Эйнштейна, в котором каждое событие характеризуется четырьмя координатами (x,y,z,t), вводится интервал между событиями.

 Где - - расстояние

Расстояние между точками обычного трехмерного пространства, в которых эти события произошли. Введя обозначение t12=t2-t1, получим

**Б6.2. Внутренняя энергия термодинамической системыю**

Внутренняя энергия (U) термодинамической системы

Энергия хаотического (теплового) движения микрочастиц системы (молекул, атомов, электронов, ядер и т. д.) и энергия взаимодействия этих частиц. ♦ К внутренней энергии не относятся кинетическая энергия движения системы как целого и потенциальная энергия системы во внешних полях. Внутренняя энергия — однозначная функция термодинамического состояния системы, т. е. в каждом состоянии система обладает вполне определенной внутренней энергией (она не зависит от того, как система пришла в данное состояние). Это означает, что при переходе системы из одного состояния в другое изменение внутренней энергии определяется только разностью значений внутренней энергии этих состояний и не зависит от пути перехода. U=m/M\*i/2\*RT=νi/2\*RT. [М — молярная масса; v — количество вещества; R — молярная газовая постоянная; i — число степеней свободы молекулы]

*Качественно различные способы изменения внутренней энергии замкнутой термодинамической системы:*

Работа, совершаемая над системой: Энергия, передаваемая термодинамической системе внешними телами. Пример: при вдвижении поршня в цилиндр с газом газ сжимается, его температура повышается, т. е. изменяется (увеличивается) внутренняя энергия газа.

Сообщение теплоты: Энергия, передаваемая термодинамической системе внешними телами путем теплообмена. Пример: температуру газа и его внутреннюю энергию можно увеличить, сообщая системе некоторое количество теплоты (процесс обмена внутренними энергиями при контакте тел с различными температурами).

Две формы передачи энергии от одних тел к другим: Работа и теплота. Эти понятия имеют смысл лишь в связи с процессом изменения состояния термодинамической системы, в то время как внутренняя энергия — однозначная функция состояния этой системы.

**Первое начало термодинамики** — закон сохранения и превращения энергии применительно к термодинамическим процессам. Q=ΔU+A Теплота, сообщаемая системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил. Опыт показывает, что в соответствии с законом сохранения энергии при любом способе перехода системы из первого состояния во второе изменение внутренней энергии ΔU=U2-U1 будет одинаковым и равным разности между количеством теплоты Q, полученным системой, и работой А, совершенной системой против внешних сил: ΔU=Q-A или Q = ΔU+A

Запись первого начала в дифференциальной форме dQ = dU + dA, [dU — бесконечно малое изменение внутренней энергии системы; ЗА — элементарная работа; 3Q — бесконечно малое количество теплоты.

Вечный двигатель первого рода: Периодически действующий двигатель, который совершал бы большую работу, чем сообщенная ему извне энергия. Бще одна формулировка первого начала термодинамики: Вечный двигатель первого рода невозможен. Если система периодически возвращается в первоначальное состояние, то изменение ее внутренней энергии AU = 0. Тогда, согласно первому началу термодинамики, А = Q, откуда и следует записанная формулировка.

**Б7**

**1.Кинематические следствия из преобразорваний Лоренца.**

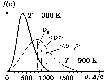
Рассмотрим линейку, неподвижную в I, размещенную параллельно оси абсцисс. Длина линейки Δx=x2-x1, где x1 и x2- координаты концов линейки в этой системе I.

В системе II длина этой линейки Δx’=x’2-x’1 , где x’2 и x’1 следует брать в один и тот же момент . По преобразованию Лоренца x2=(x’2+Vt’)/sqrt(1-V2/c2),x1так же. Вычитая, находим: Δx=Δx’/sqrt(1-v2/c2). Длина предмета в системе отсчета, в которой он покоится, называется собственной длиной (здесь - Δx). Она наибольшая. В системе, относительно которой линейка движется, она короче , и тем короче Δx’<Δx, чем больше ее скорость V. Следовательно, длина не является понятием абсолютным (безотносительным к системам отсчета), как принимается в ньютоновой механике. Пусть в неподвижной точке Δx’ системы II произошли два события: первое - в момент t’1, второе - в момент t’2. Промежуток времени между этими событиями Δt’=t’2-t’1 . По формулам Лоренца: t1=t'1+v/c2\*x’/sqrt(1-v2/c2), t2. Вычитая значения моментов времени t2-t1=Δt, t’2-t’1=Δt’ , находим Δt=Δt’/sqrt(1-v2/c2) Видно, что Δt здесь больше, чем Δt’ . В системе отсчета, в которой часы покоятся, промежуток времени наименьший. Его называют собственным временем. Иногда этот результат выражают словами: в движущемся теле процессы замедляются.

**Относительность одновременности.** Пусть в системе К в точках с координатами х1 и х2 в моменты времени t1 и t2 происходят два события. В системе К’им соответствуют координаты x’1 и x’2 и моменты t’1, t’2. Если события в системе К происходят в одной точке (х1=х2) и являются одновременными (t1=t2), то, согласно преобразованиям Лоренца, x’1=x’2, t’1=t’2. Т.е. эти события являются одновременными и пространственно совпадающими для любой инерциальной системы отсчета. Если события в системе К пространственно разобщены (х1 x2), но одновременны, то в системе K’, согласно преобразованиям Лоренца. Таким образом, в системе К’ эти события, оставлясь пространственно разобщенными, оказываются и неодновременными.

**Изменение продольных размеров тел.** Рассмотрим стержень, расположенный вдоль оси х’ и покоящийся отсносительно системы K'. Длина стержня в системе K’ будет l’o=x’2-x’2, где x’1, x’2 - не изменяющиеся со временем t’ координаты начала и конца стержня, индекс 0 показывает, что в системе К’ стержень покоится. Определим длину этого стержня в системе К, относительно которой он движется со скоростью v. Для этого необходимо измерить координаты его концов х1 и х2 в системе К в один и тот же момент времени t. Их разность l=x2-x1 и даст длину стержня в системе К: l'0=x’2-x’1=(x2-vt)/sqrt(1-β2)-(x1-vt)/sqrt(1-β2)=(x2-x1)/sqrt(1-β2), т.е*. l*’0=*l*/sqrt(1-β2) Размер тела, двиэущегося относительно инерциальной системы отсчёта уменьшается в направлении движении в sqrt(1-β^2) раз, т.е. лоренцево сокращение длины тем больше, чем больше скорость движения. Поперечные размеры тела не зависят от скорости его движения и одинаковы во всех инерциальных системах отсчета.

**Б7.2. Максвелловское распределение молекул по скоростям.**

Характерные особенности зависимости f(v) от v: ♦ В показателе экспоненциальной функции имеем взятое с минусом отношение кинетической энергии молекулы к kT (средняя энергия молекулы). ♦ График функции f(v), начинаясь в нуле, достигает максимума, а затем асимптотически стремится к нулю; она несимметрична относительно V. ♦ Относительное число молекул dNv/N, скорости которых лежат в интервале от v до v + dv, находится как площадь закрашенной полоски. , A=4π(m02πkT)^3/2. Закон Максвелла о распределении молекул по скоростям: . Конкретный вид функции зависит от рода газа (от массы молекулы) и от параметра состояния (от температуры T). [m0 — масса молекулы; k — постоянная Больцмана; Т — термодинамическая температура]. Определение скоростей молекул из распределения Максвелла по скоростям: Наиболее вероятная скорость VB: Скорость, при которой функция распределения молекул идеального газа по скоростям максимальна. Значение наиболее вероятной скорости: VB=sqrt(2kT/mo)=sqrt(2RT/M). Зависимость распределения Максвелла от температуры: Для примера приведена функция распределе-ния молекул кислорода для двух температур (300 К и 900 К). С повышением температуры максимум функции f(v) смещается вправо (значение наиболее вероятной скорости становится больше). Площадь же, ограниченная кривой, остается неизменной, поэтому с повышением температуры кривая f(v) растягивается и понижается.

**Б8**

**1.Основное уравнение релятивистской динамики.**

Из принципа относительности Эйнштейна, утверждающего инвариантность всех законов природы при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой, следует условие инвариантности уравнений физических законов относительно преобразований Лоренца. F=dp/dt=d(mv/sqrt(1-m2/c2))/dt. Где p-релятивиствский импульс материальной точки.

**Связь между имульсом и энергией релятивистской частицы.** Энергия и импульс в разных системах отсчета различны. Но существует инвариантная величина: E2-m2v2=inv. E2-p2c2=m2c4/(1-v2c2) – m2v2c2=m2c4=E02. E2=m2c4+p2c2. Подставив сюда Е=Т+Е0=Т+mc2, получим pc=sqrt(T(T+2mc2))

**Б8.2. Интерференция волн.** Когерентность - согласованное протекание во времени и пространстве нескольких колебательных или волновых процессов. Когерентные волны - волны, разность фаз которых остается постоянной во времени. Когерентными могут быть лишь волны, имеющие одинаковую частоту. Интерференция волн - явление наложения двух (или нескольких) когерентных волн, при котором в разных точках пространства получается усиление или ослабление результирующей волны в зависимости от соотношения между фазами этих волн.

Стоячие волны - волны, образующиеся при наложении двух бегущих волн с одинаковыми частотами и амплитудами (а в случае поперечных волн и одинаковой поляризацией), распространяющихся навстречу друг другу. Уравнение стоячей волны Амплитуда стоячей волны: Аст=|2Acos(2π/λ)\*x|. Пучности стоячей волны: точки, в которых амплитуда стоячей волны максимальна (Аст = 2 А). Это точки среды, для которых 2πx\λ=+-mπ. Узлы стоячей волны: точки, в которых амплитуда стоячей волны равна нулю (Аст = 0). Это точки среды, для которых 2πx\λ=+-(m+1/2)π (m=0,1,2..)

**Б9**

**1.Специальная теория относительности.** Созданная Эйнштейном в 1905 г. сто представляет собой физическую теорию пространства и времмени для случая пренебрежимо слабых гравитационных полей. Основу этой теории образуют два постулата. Принцип относительности Эйнштейна: все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета. Уравнения, выражающие законы природы, инвариантны по отношению к преобразованям координат и времени от одной инерциальной системы отсчета к другой. Принцип постоянства скорости света: скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источников и приемников света. **Преобразования Лоренца.** Система К’ движется относительно системы К со скоростью v=const. K→K’: x’=(x-vt)/sqrt(1-β2), y’=y, z’=z, t’= (t - (vx/c2))/sqrt(1-β2). K’→K: x=(x’+vt)/sqrt(1-β2), y=y’, z=z’, t= (t’+ (vx/c2))/sqrt(1-β2). β=v/c.

**Б9.2. Момент силы относительно оси. (**неподвижной) Скалярная величина Мz, равная проекции на эту ось вектора М момента силы, определенного относительно произвольной точки О данной оси z. Значение момента М2 не зависит от выбора положения точки О на оси z. Если ось z совпадает с направ ением вектора М, то момент силы представляется в виде вектора, совпадающего с осью. Mz=[rF]z/

Момент импульса абсолютно твердого тела относительно неподвижной оси z. Сумма моментов импульса отдельных его частиц относительно той же оси. Равен произведению момента инерции тела относительно той же оси на угловую скорость. Lz= = сумма( mir2iω=ωсумма(mir2i)=Jz\*ω. [Jz — момент инерции тела относительно оси z; ω — угловая скорость].

*Исходные данные для вычисления работы при вращении* тела. Сила F приложена к точке В, находящейся от оси на расстоянии r, α — угол между направлением силы и радиусом-вектором г. Так как тело абсолютно твердое, то работа этой силы равна работе, затраченной на поворот всего тела. *Работа при вращении тела* При повороте тела на бесконечно малый угол dφ точка В силы проходит путь г dφ и работа равна произведению проекции силы на направление смещения на величину смещения: dA = Fsinαrdφ. Учитывая, что Мz= Fr sin a=Fl, получаем dA=Mzdφ. *Уравнение динамики вращательного движения твердого* *тела.* Момент сил твердого тела относительно оси равен произведению момента инерции относительно той же оси на угловое ускорение. Работа вращения тела идет на увеличение его кинетической энергии: dA = dT, dA = Mz dφ, dT = d(Jz\*ω2/2)=Jzωdω. Тогда Mz dφ = Jzωdω, или Mz(dφ/dt)=Jzω(dω/dt). Так как ω=dφ/dt, то Mz=Jzε.

[Jz — момент инерции тела относительно оси z, ε — угловое ускорение]

**Б10**

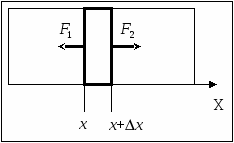
**1.Плокская гармоническая волна.** Упругая волна называется гармонической, если соответствующие ей колебания частиц среды являются гармоническими. Плоские волны - волны, для которых волновые поверхности — совокупность параллельных плоскостей, перпендикулярных направлению распространения волны*. График гармонической поперечной волны, распространяющейся со скоростью v вдоль оси х.* Это зависимость между смещением ξ частиц среды, участвующих в волновом процессе, и расстоянием х этих частиц (например, частицы В) от источника колебаний О для какого-то фиксированного момента времени t. Рисунок задает мгновенную картину распределения возмущения вдоль направления распространения, и его не следует воспринимать как зримое изображение волны. **Длина волны**- расстояние между двумя ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе. Длина волны равна расстоянию, на которое распространяется определенная фаза колебания за период. λ=vT, v=λν. Фазовая скорость-cкорость перемещения фазы волны. V=dx/dt. Находится из условия постоянства фазы волны ω(t-x/v)+φ0 = const последующим дифференцированием этого выражения по t. Вектор K=kn, равный по модулю волновому числу k=2π/λ и имеющий направление нормали к волновой поверхности, называется волновым вектором.

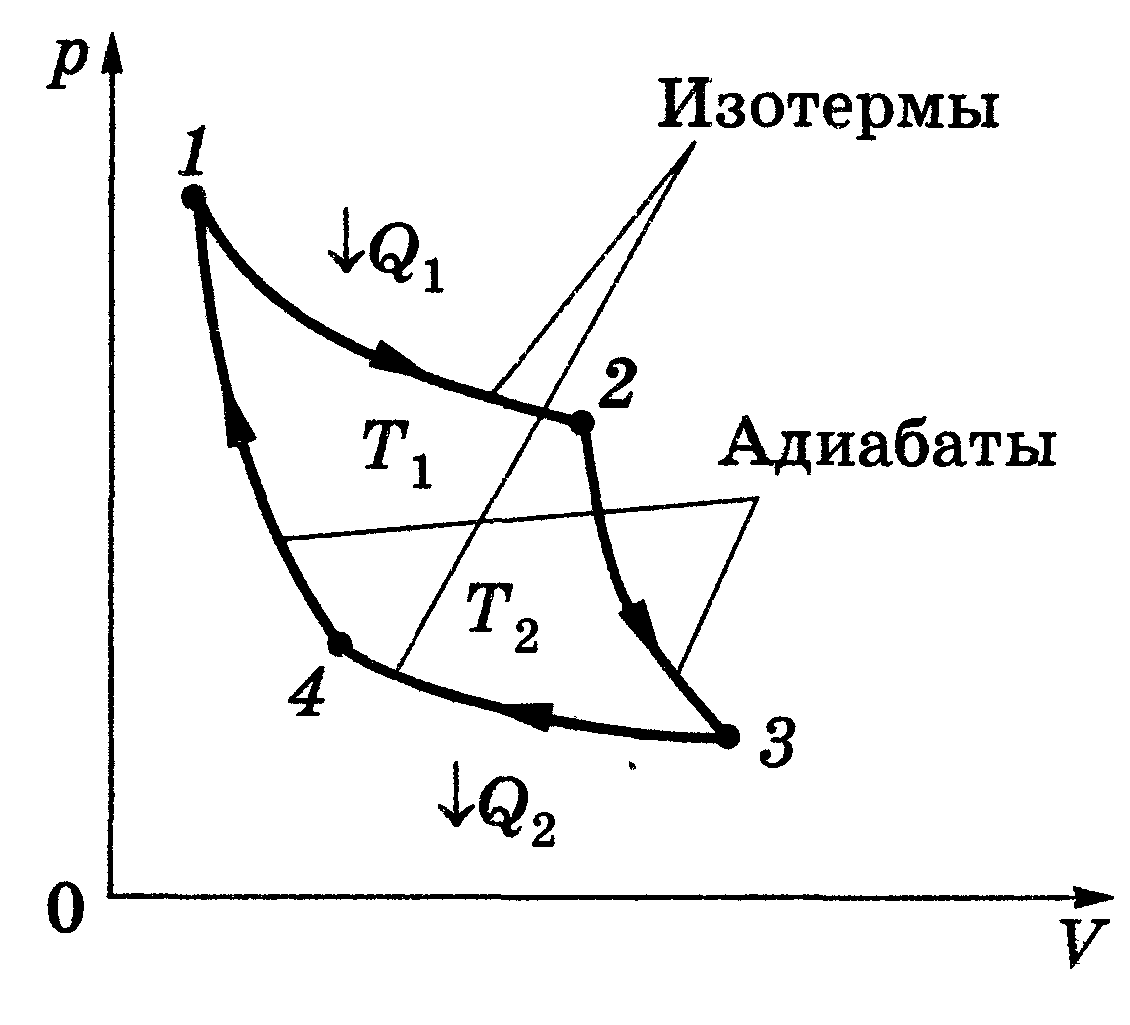
**Сферические волны -** волны, для которых волновые поверхности — совокупность концентрических сфер.Лучи в данном случае направлены вдоль радиусов сфер от центра, где расположен источник волны.

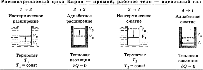
**Б10.2. Неравенство Клаузиуса.** Энтропия замкнутой системы может либо возрастать (в случае необратимых процессов), либо оставаться постоянной (в случае обратимых процессов). ♦ Это выражение относится только к замкнутым системам. Если система обменивается теплотой с внешней средой, то ее энтропия может вести себя любым образом. ΔS>=0. **Энтропия.** Качественное отличие теплового движения молекул от других форм движения — его беспорядочность, хаотичность. Поэтому для описания теплового движения вводят количественную меру степени молекулярного беспорядка. Приведенное количество теплоты-отношение теплоты Q, полученной телом в изотермическом процессе, к температуре Т теплоотдающего тела. Приведенное количество теплоты, сообщаемое телу на бесконечно

малом участке процесса. . S – энтропия. Функция состояния, дифференциалом которой является Приведенное количество теплоты, сообщаемое телу в любом обратимом круговом процессе, равно нулю: = 0. Полученный результат означает, что этот интеграл не зависит от пути интегрирования (последовательности промежуточных состоянии), т.е. подынтегральное выражение есть полный дифференциал некоторой функции, которая определяется только состоянием системы и не зависит от пути, которым система пришла в это состояние, или от предыстории системы. 1 Дж/К — изменение энтропии системы, которой при температуре я К в изотермическом процессе сообщается количество теплоты п Дж. *Изменение энтропии системы при ее равновесном переходе из состояния 1 в состояние 2*ю Подынтегральное выражение и пределы интегрирования определяются через величины, характеризующие исследуемый процесс. Из формулы следует, что энтропия определяется с точностью до аддитивной постоянной. ΔS1→2=S2-S1=. Физический смысл имеет не сама энтропия, а.разность энтропии (важны только изменения состояний). ΔS1→2=S2-S1=m/M\*(Cvln(T2/T2)+Rln(V2/V1)). Изменение энтропии ΔS1→2 идеального газа при переходе его из состояния 1 в состояние 2 не зависит от вида процесса перехода 1→2. Изоэнтропийный процесс (S = const) Адиабатный обратимый процесс. Для адиабатного процесса δQ = 0, поэтому ΔS = 0 и, следовательно, S = const, т.е. адиабатный обратимый процесс протекает при постоянной энтропии. Аддитивность энтропии - Энтропия системы равна сумме энтропии тел, входящих в систему. Свойством аддитивности обладают также внутренняя энергия, масса, объем (температура и давление таким свойством не обладают). **Теорема Нернста—Планка (третье начало термодинамики)** Энтропия всех тел в состоянии равновесия стремится к нулю по мере приближения температуры к нулю. ♦ Энтропия определяется с точностью до аддитивной постоянной, поэтому эту постоянную удобно взять равной нулю. Однако это — произвольное допущение, поскольку энтропия по своей сущности всегда определяется с точностью до аддитивной постоянной. Из теоремы Нернста—Планка следует, что теплоемкости Ср и Cv при О К равны нулю.

**Б11**

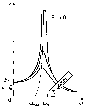
**1.Упругие волны в стержнях. *Если возвращающая сила пропорциональна смещению точки от положения равновесия, то волна называется упругой***. Выведем волновое уравнение на примере продольных волн деформации в стержне.Выделим часть стержня длиной Δ*x*. Если площадь поперечного сечения стержня равна *S*, плотность материала ρ, то масса этой части Δm=ρSΔx. При деформациях на эту часть стержня действуют силы упругости. Запишем второй закон Ньютона – уравнение движения этой части стержня вдоль оси Х: Δmaz=F2-F1. Это уравнение записано в предположении растяжения этой части стержня. Силы с обеих сторон выделенной части вызваны деформацией стержня. При равновесии и отсутствии деформации положение точек в двух близко расположенных сечениях стержня можно задать координатами *x*и *x*+Δ*x*. При деформировании стержня его точки сместятся от равновесных положений. Пусть *x*1(*x*) – задаёт положение точки стержня при деформации, если её равновесное положение задавалось координатой *x*. Тогда для близкого сечения новыми координатами будут *x*1+Δ*x*1*.*Изменение линейного размера части стержня вызвано смещением точек стержня. Введём величину смещения: ξ=*x*1−*x*. По определению, относительная деформация в данном сечении стержня – это отношение изменения длины части стержня к начальной длине этой части: ε=(Δx1-Δx)/Δx. Если стержень сжимается, то его продольные размеры уменьшаются: Δx1<Δx. и поэтому ε< 0. Таким образом, при сжатииε< 0 и при растяженииε> 0. Если все точки стержня смещаются на одинаковую величину, то изменения длины участка стержня не происходит. Поэтому деформация равна разности смещений соседних точек Δx1-Δx=ξ.  Тогда можно записать ε=(Δx1-Δx)/Δx=Δξ/Δx. При Δx→0 получаем ε=δξ/δx. С учётом напряжений в сечениях стержня: F1=σxS, F2=σx+ΔxS. Напряжения в сечениях стержня найдем по закону Гука: σx=Eεx, σx+Δx=Eεx+Δx. где*Е*– модуль упругости материала (модуль Юнга).Относительная деформация меняется вдоль стержня, поэтому можно считать, что εx+Δx=εx+δε/δx\*Δx+… (разложение в ряд Тейлора). Ускорение точек выделенной части стержня: ax=δ2ξ/δt2.  Последовательно подставим эти соотношения в уравнение движения: Δmax= F2-F1, т е .



**Б11.2.Цикл Карно.** Наиболее экономичный обратимый круговой процесс, состоящий из двух изотерм и двух адиабат. Последовательные процессы цикла Карно в диаграмме р, V Наглядное изображение последовательных процессов приведено на рисунке. Процесс 1-2 изотермическое расширение, процесс 2 - 3 — адиабатное расширение, процесс 3-4 — изотермическое сжатие, процесс 4 - 1 — адиабатное сжатие. **Термический КПД цикла Карно.** Записав уравнение адиабатного процесса в виде TV^ (γ-1) = const и используя рисунок можем записать T1V2^ (γ-1)= T2V3^ (γ-1), T1V1^ (γ-1)=T2V4^ (γ-1)**,** откуда V2/V1=V3/V4.. Подставив эти выражения в формулу для термического КПД кругового процесса, получаем

Вывод. Для цикла Карно КПД действительно определяется только температурами нагревателя и холодильника

**Б12**

**1.Вынужденные колебания.** Колебания, происходящие при периодическом внешнем воздействии. Вынужденные механические колебания — незатухающие колебания, возникающие под действием внешней периодически изменяющейся силы F = FQcosωt (F0 — амплитудное значение вынуждающей силы, ω — частота вынуждающей силы). Закон движения пружинного маятника: mx’’=-kx-rx'+Focosωt. [-kx — сила упругости; -rv = -rx’ — сила трения; F0cos ωt -вынуждающая сила] Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний: x’’=-k/m\*x-r/m\*x'+F0/m\*cosωt, x’’+2δx’+ω20x=F0/m\*cosωt. Cобственная частота ω0=sqrt(k/m), коэффициент затухания δ=r/2m. Решение дифференциального уравнения:

Это — частное решение неоднородного уравнения, описывающее уже установившиеся колебания. ♦ Решение дифференциального уравнения вынужденных колебаний вообще равно сумме общего решения однородного уравнения (х1 = А0e-δtcos(ω1t+φ1)) но оно играет существенную роль только в начальной стадии процесса (при установлении колебаний) и рассмотренного выше частного решения неоднородного уравнения при установившихся колебаниях. **Механический резонанс-** Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынуждающей силы к частоте, равной или близкой собственной частоте колебательной системы. Амплитудные резонансные кривые: Зависимости амплитуды А вынужденных колебаний от частоты со при различных δ. При ω→ 0 все кривые достигают одного и того же, отличного от нуля, предельного значения F0/mω20, называемого статическим отклонением. При ω→ все кривые асимптотически стремятся к нулю.Чем больше коэффициент затухания, тем ниже и левее максимумы резонансных кривых. Зависимость амплитуды вынужденных колебаний от частоты ω вынуждающей силы:/ ωрез=sqrt(ω20-2δ2). Aрез=Fo/(2δm(sqrt<-). А=(Fo/m)/sqrt((ω02-ω2)2+4δ2ω2)

**Б12.2.Тепловые и холодильные машины.** Тепловой двигатель- Периодически действующий двигатель, совершающий работу за счет полученной извне теплоты. В тепловых двигателях используется прямой цикл. Термостат - Термодинамическая система, которая может обмениваться теплотой с телами без изменения температуры. Принцип работы теплового двигателя: От термостата с более высокой температурой T1, называемого нагревателем, за цикл отнимается количество теплоты Q, а термостату с более низкой температурой Т2, называемому холодильником, за цикл передается количество теплоты Q2, при этом совершается работа A = Q1- Q2. **Холодильная машина** - Периодически действующая установка, в которой за счет работы внешних сил теплота переносится к телу с более высокой температурой. Принцип работы холодильной машины: Системой за цикл от термостата с более низкой температурой Т2 отнимается количество теплоты Q2 и отдается термостату с более высокой температурой Т1 количество теплоты Q1. Для кругового процесса Q = А, но по условию Q = Q2 - Qx < О, поэтому А < 0 и Q2 – Q1 = —А или Q1 = Q2 + А, т. е. количество теплоты Q1,отданное системой источнику теплоты при более высокой температуре Т1,больше количества теплоты Q2, полученного от источника теплоты при более низкой температуре Г2, на величину работы, совершенной над системой. (такой же рисунок, но все стрелки наоборот). Вывод из анализа работы холодильной машины и второе начало термодинамики: по Клаузиусу Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является передача теплоты от менее нагретого тела к более нагретому. 2НТерм: как закон возрастания энтропии при необратимых процессах: Любой необратимый процесс в замкнутой системе происходит так, что энтропия системы при этом возрастает или в процессах, происходящих или в замкнутой системе, энтропия не убывает. ♦ Существенно, что речь идет о замкнутых системах, так как в незамкнутых системах энтропия может вести себя любым образом. по Кельвину: Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является превращение теплоты, полученной от нагревателя, в эквивалентную ей работу. **Теорема Карно:** Из всех периодически действующих тепловых машин, имеющих одинаковые температуры нагревателей (Т1) и холодильников (Т2), наибольшим КПД обладают обратимые машины; при этом КПД обратимых машин, работающих при одинаковых температурах нагревателей (Т1) и холодильников (Т2), равны друг другу и не зависят от природы рабочего тела (тела, совершающего круговой процесс и обменивающегося энергией с другими телами), а определяются только температурами нагревателя и холодильника. КПД теплового двигателя: η=А/Q1=(Q1-Q2)/Q1. Чтобы rj = 1, необходимо Q2 = О (тепловой двигатель должен иметь один источник теплоты!). Карно показал, что для работы теплового двигателя необходимо не менее двух источников теплоты с различными температурами (иначе это противоречит второму началу термодинамики)

**Б13**

**1.Свободные затухающие колебания.** Свободные затухающие колебания - Свободные колебания, амплитуда которых из-за потерь энергии реальной колебательной системой с течением времени уменьшается. Механизм затухания колебаний: превращение в теплоту из-за трения в механических колебательных системах, омические потери и излучение электромагнитной энергии в электрических колебательных системах. Закон затухания определяется свойствами колебательных систем. Декремент затухания: A(t)/A(t+T)=eδT. A(t) и A(t + Т) — амплитуды двух последовательных колебаний, соответствующих моментам времени, отличающимся на период. Время релаксации -Промежуток времени, в течение которого амплитуда затухающих колебаний уменьшается в е раз: τ=1/δ. Логарифмический декремент затухания: Θ=ln(A(T)/A(T+t))=δT=T/τ=1/Ne [т — время релаксации; Ne — число колебаний, совершаемых за время уменьшения амплитуды в е раз]-Натуральный логарифм отношения амплитуд, следующих друг за другом через период Т. Добротность колебательной системы: Q=π/Θ=πNe=π/δT0=ω0/2δ. (Так как затухание мало (δ2<<ω2o), то Т принято То). Добротность характеризует качество колебательной системы, т.к. чем больше Д. к. с., тем меньше потери энергии в системе за одно колебание.

**Б13.2. Политропический процесс.** Процесс, в котором теплоемкость остается постоянной.(C=const). Политропа — график зависимости между параметрами состояния при С = const. В координатах р, V — гипербола (определяется уравнением pVn = const); занимает промежуточное положение между изотермой и адиабатой.[n— показатель политропы, 1 < n< γ].

Для идеального газа нетрудно получить уравнение политропического процесса тем же способом, которым ранее было выведено уравнение Пуассона. Пусть молярная теплоёмкость идеального газа в политропическом процессе равна C. Тогда в соответствии с первым началом термодинамики имеем выражение: M/μ\*CdT=M/μ\*CvdT+PdV. => PdV=M/μ\*(C-Cv)dT.(1) Подставив в формулу PdV+VdP=M/μ\*RdT, получим VdP=M/μ\*RdT-M/μ(C-Cv)dT или с учетом соотношения Майера (Cp=Cv+R): VdP=M/μ\*(Cp-C)dT (2). Сравнение (1) и (2) при условии, что Сv≠С, позволяет записать: nPdV+VdP=0. Параметр n=(C-Cp)/(C-Cv) – показатель политропы. n\*dV/V+dP/P=0. После интегрирования: PVn=const. Для политропических процессов значение теплоёмкости и, соответственно, показателя политропы могут принимать любые значения. Отрицательные значения теплоёмкости, когда показатель политропы принимает значения от единицы до величины С, соответствуют таким условиям, при которых внутренняя энергия термодинамической системы убывает при передаче ей положительного количества теплоты. Это может быть осуществлено при принудительном расширении газа. При С<Cv величины dV и dT имеют различные знаки, и с ростом объёма газа его температура, а, следовательно, и внутренняя энергия, уменьшаются. С этим, в частности, связано понижение температуры идеального газа при его адиабатическом расширении, так как в этом процессе C=0. Наоборот, при C>Cv c ростом объёма газа его температура растёт. В соответствии с первым началом термодинамики этот рост должен быть обеспечен подводом к системе достаточного количества теплоты.

Рассуждая аналогичным образом, можно установить связь между приращением температуры и давлением. При C<Cp с ростом давления температура газа будет возрастать, а при C>Cp - уменьшаться. Работа газа в политропическом процессе: A12==(P1V1/n-1)\*(1-(V1/V2)^(n-1))

**Б14**

**1.Физический маятник.** Твердое тело, совершающее под действием силы тяжести колебания вокруг неподвижной горизонтальной оси, проходящей через точку О, не совпадающую с центром масс С тела (точка О — точка подвеса). Пусть m — масса тела, J — его момент инерции относительно оси вращения O, l=OC— расстояние от центра тяжести до оси вращения. Выведенное из положения равновесия, тело будет вращаться либо совершать колебательное движение. В обоих случаях дифференциальное уравнение движения имеет один и тот же вид (силами трения пренебрегаем): Jα’’=-mglsinα. Пусть начальные условия таковы, что угол αвсе время остается малым, тогда можно приближенно приянять sinα=α, рассматривать Jα’’=-mghα или α’’+k2α=0 (k^2=mgl/J). –диф.ур. малых колебаний физического маятникаю. Из него следует, что малые колебания физического маятника являются гармоническими колебаниями частоты k=sqrt(mgl/J) и периода T=2π/k=2πsqrt(J/mgl)

**Б14.2.Адиабатический процесс.** Процесс, при котором отсутствует теплообмен между системой и окружающей средой. (δQ=0). Уравнение адиабатного процесса (уравнение Пуассона): δA=-dU, PdV= -m/M\*CvdT (1). Продифференцировав pV=m/MRT, PdV+VdP=m/M\*RdT (2). Разделив 2 на 1, учитывая, что R=Cp-Cv и Cp/Cv=γ, dP/P=-γdV/V. Тогда p1V1^γ=p2V2^γ => pV^γ=const. График зависимости между параметрами состояния идеального газа при δQ = 0 в координатах р, V — это гипербола (определяется уравнением pV^y = const). Работа газа: δA=-dU, dU=m/M\*CvdT, δA=-m/M\*CvdT, A= Если газ адиабатически расширятся от объема V1 до V2, то его температура уменьшается от T1 до Т2. A=(p1V1/γ-1)\*(1-(V1/V2)^(γ-1))=(RT1/γ-1)\*m/M\*(1-(V1/V2)^(1-γ))

**Б15**

**1.Свободные незатухающие колебания.** Свободные колебания консервативной системы (системы, в которой механическая энергия сохраняется), амплитуда которых постоянна. Осциллятор-система, совершающая свободные колебания. Классический осциллятор- механическая система, совершающая колебания около положения устойчивого равновесия. Гармонический осциллятор –к лассический осциллятор, совершающий свободные гармонические колебания. Дифференциальное уравнение гармонического осциллятора: s’’+ω20\*s=0. Решение: s=Acos(ω0t+φ). [s — колеблющаяся величина; А — амплитуда колебания; ω0 — циклическая частота; (..) — фаза колебания] Примеры классических гармонических осцилляторов: пружинный маятник; математический маятник; физический маятник. **Энергия и импульс:** Пусть задан закон движения осциллятора: s=Acos(ω0t+φ). Продифференцировав его и умножив на полученный результат на массу осциллятора: p=m\*x’=-Amω0sin(ω0t+φ). В каждом положении, характеризуемом отклонением х, осциллятор имеет некоторое значение импульса р. Чтобы найти р как функцию x, нужно исключить время t из уравнеий. Для этого представим указанные уравнения в виде: x/A=cos(.), p/mAωo=-sin(.).Возведя эти выражения в квадрат и складывая, получим: x^2/A^2+p^2/m^2A^2ω20=1. На рис. 167 изображен график, показывающий зависимость импульса р гармонического осциллятора от отклонения х. Координатную плоскость p, х принято называть фазовой плоскостью, а соответствующий график — фазовой траекторией. Фазовая траектория гармонического осциллятора представляет собой эллипс с полуосями а и maω0. Каждая точка фазовой траектории изображает отклонение х и импульс p, т. е. состояние осциллятора для некоторого момента времени, С течением времени точка, изображающая состояние (ее называют кратко изобразительной точкой), перемещается по фазовой траектории, совершая за период колебания полный обход. Легко убедиться в том, что перемещение изобразительной точки совершается по часовой стрелке. В самом деле, возьмем такой момент времени t’, что ω0t’+φ=2πn (n- целое число). Этому моменту времени соответствует x=а и р=0 (см. точку I на рис. 167). В последующие моменты времени х будет убывать, а р принимает все возрастающие по модулю отрицательные значения. Следовательно, изобразительная точка движется так, как показано стрелкой на рис. 167, т. е. по часовой стрелке. Найдем площадь эллипса. Как известно, она равна произведению полуосей эллипса, умноженному на π: S=πAmAωo=2π/ω0\*ma^2ω2o/2. ma^2ω2o/2есть полная энергия осциллятора; величина 2π/ω0 равна 1/υ0, где υ0 — собственная частота осциллятора, являющаяся для данного осциллятора величиной постоянной. Следовательно, площадь эллипса может быть представлена в виде S=1/υ0\*E => E=υ0S. Таким образом, полная энергия гармонического осциллятора пропорциональна площади эллипса, причем коэффициентом пропорциональности служит собственная частота осциллятора.

**Б15.2. Работа газа в изопроцессах.** Внутренняя энергия тела может изменяться, если действующие на него внешние силы совершают работу (положительную или отрицательную). Например, если газ подвергается сжатию в цилиндре под поршнем, то внешние силы совершают над газом некоторую положительную работу A'. В то же время силы давления, действующие со стороны газа на поршень, совершают работу A = –A'. Если объем газа изменился на малую величину ΔV, то газ совершает работу pSΔx = pΔV, где p – давление газа, S – площадь поршня, Δx – его перемещение. При расширении работа, совершаемая газом, положительна, при сжатии – отрицательна. В общем случае при переходе из некоторого начального состояния (1) в конечное состояние (2) работа газа выражается формулой: A=сумма(piΔVi). Или в пределе при Δ*Vi* → 0: A=. В ***изохорном процессе*** (*V* = const) газ работы не совершает, *A* = 0. В ***изобарном процессе*** (*p* = const) работа, совершаемая газом, выражается соотношением: A=p(v2-v1)=pΔV. В ***изотермическом процессе*** A= тот интеграл=RTинтегралdV/V=RTln(v2/V1). газа в адиабатическом процессе выражается через температуры *T*1 и *T*2 начального и конечного состояний: A=Cv(T2-T1).

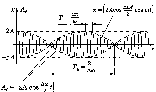
**Б16**

**1.Сложение взаимно перпендикулярных гармонических колебайний равных и кратных частот.**

Складываются гармонические колебания одинаковой частоты ω, совершающиеся во взаимно перпендикулярных плоскостях. [А и В — амплитуды складываемых колебаний; начальная фаза первого колебания принята равной нулю; α — разность фаз складываемых колебаний] система: x=Acosωt, y=Bcos(ωt+α). Уравнение траектории результирующего колебания — уравнение эллипса, оси которого ориентированы относительно координатных осей произвольно (получается посредством исключения t из складываемых уравнений). x^2/A^2-2xy/AB\*cosα+y^2/B^2=sin2α. Эллиптически поляризованные колебания: такие, когда траектория результирующего колебания описывает эллипс.

**Б16.2. Теплоемкость идеального газа в изопроцессах.** Величина, определяемая количеством теплоты, которое необходимо сообщить телу (системе), чтобы повысить его температуру на один кельвин. (С=dQ/dT)(1 дж/К). Удельная теплоемкость - Величина, определяемая количеством теплоты, необходимым для нагревания 1 кг вещества на 1 К. c=δQ/mdT (1 дж/кг\*К). Молярная теплоемкость - Величина, определяемая количеством теплоты, необходимым для нагревания 1 моль вещества на 1 К (1 дж/Моль\*К). Cm=δQ/υdt. Моляраня теплоемкость при постоянном объеме: Записав первое начало термодинамики δQ = dU + δА и учитывая, что δА = р dV, Сm= δQ/υdT, для 1 моль газа получим Сm dT = dUm + р dVm. При V = const работа внешних сил равна нулю и сообщаемая газу извне теплота идет только на увеличение его внутренней энергии: Cv=dUm/dT. Теплоемкость Су равна изменению внутренней энергии 1 моль газа при повышении его температуры на 1 К. dUm=i/2\*RdT. Подставив это выражение в формулу Су = dUm/dT , получим Cv=i/2\*R. Уравнение Майера: δQ = d U + δА; δА = р dV; Cm=δQ/υdT, тогда для 1 моль газа (при постоянном давлении) Cp=dUm/dT+pdUm/dT, dUm/dT не зависит от вида процесса (внутренняя энергия иде- ального газа не зависит ни от р, ни от V, а определяется лишь Т) и всегда равна Cv. Дифференцируя pVm = RT по Т (р = const), получаем уравнение Майера: Cp = Cv+R. С всегда больше Cv на величину молярной газовой постоянной. Это объясняется тем, что при нагревании газа при постоянном давлении требуется еще дополнительное количество теплоты на совершение работы расширения газа, так как постоянство давления обеспечивается увеличением объема газа. Молярная теплоемкость при постоянном давлении: Учитывая, что Cv = i/2\*R, из уравнения Майера Ср = Cv + R получаем Cp=(i+2)/2\*R. [R — молярная газовая постоянная; i — число степеней свободы]

**Б17**

**1. Гармонические колебания.** Колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется по закону синуса или косинуса. Гармоническое колебание величины s описывается уравнениями типа s = A cos (ωot + φ) или s = A sin (ωot + φ).[А — амплитуда колебаний; ωo — круговая (циклическая) частота; φ — начальная фаза колебаний; (ωot + φ) — фаза колебаний в момент времени t] Пусть для простоты амплитудыскладываемых колебаний равны А, а начальные фазы равны нулю. Частоты первого и второго колебаний равны, соответственно, ω1=ω , ω2=ω+Δω. Причем Δω<<ω1,ω2 (условиемалости отличий частот). Уравнения таких колебаний имеют вид x1=Acos(ωt), x2=Acos(ω+Δω)t.Сложим: x=x1+x2=A(cosωt+cos (ω+Δω)t). Сумма косинусов по формуле: x=2Acos(ω+Δω/2)tcos(Δω/2)t.Учитывая, что Δω<<ω, x=2Acos(Δω/2)cosωt. Таким образом, при сложении двух колебаний с мало отличающимися частотами получается колебание с такой же частотой, амплитуда которого периодически изменяется по закону Aрез=|2Acos(Δω/2)t|. Значение берется по модулю, т.к. амплитуда не может быть отрицательной. Периодические изменения амплитуды результирующего колебания, возника.щие при сложении двух близких по частотегармонических колебаний, называются бие-ниями. Частота биений в два раза больше,чем частота колебаний амплитуды из-за мо-дуля амплитуды и равна разности частот складываемых колебаний Δω.

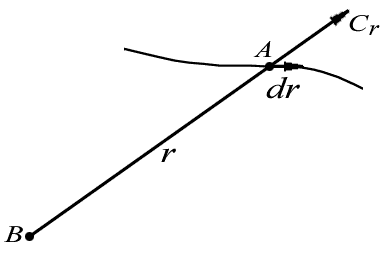
**Б17.2. Эквивалентность теплоты и работы.** Постоянное эквивалентное соотношение между теплотой и работой при их взаимных переходах установлено в классических опытах Джоуля. Типичный эксперимент Джоуля заключался в следующем: падающий с известной высоты груз вращает мешалку, погружённую в воду, находящуюся в калориметре (груз, мешалка и калориметр с водой составляет термодинамическую систему); при этом совершается работа силы тяжести А = mgh. Вращение лопастей мешалки в воде вызывает нагревание воды в калориметре; теплота, переданная воде, равна произведению теплоёмкости калориметра с водой на произошедшее изменение температуры: Q = cΔt. После того, как указанный процесс закончен, система должна быть приведена к исходному состоянию. Это можно сделать путём мысленного эксперимента. Груз поднимается на исходную высоту, при этом извне над системой совершается работа, которая увеличивает энергию системы. Кроме того, от калориметра при охлаждении его до исходной температуры отнимается (передаётся в окружающую среду) теплота. Эти операции возвращают систему к исходному состоянию: все измеримые свойства системы приобретают те же значения, которые они имели в исходном состоянии. Процесс, в течение которого система изменяла свои свойства и в конце которого вернулась к исходному состоянию, называется круговым (циклическим) процессом или просто циклом. Единственным результатом описанного цикла является отнятие работы от среды, окружающей систему, и переход в эту среду теплоты, взятой у калориметра. Сравнение двух величин (работы и теплоты) показывает постоянное отношение между ними, не зависящее от величины груза, размеров калориметра и конкретных количеств теплоты и работы в разных опытах. Внутренняя энергия (U) термодинамической системы - Энергия хаотического (теплового) движения микрочастиц системы (молекул, атомов, электронов, ядер и т. д.) и энергия взаимодействия этих частиц. ♦ К внутренней энергии не относятся кинетическая энергия движения системы как целого и потенциальная энергия системы во внешних полях. Внутренняя энергия — однозначная функция термодинамического состояния системы, т. е. в каждом состоянии система обладает вполне определенной внутренней энергией (она не зависит от того, как система пришла в данное состояние). Это означает, что при переходе системы из одного состояния в другое изменение внутренней энергии определяется только разностью значений внутренней энергии этих состояний и не зависит от пути перехода. U=m/M\*i/2\*RT=νi/2\*RT. [М — молярная масса; v — количество вещества; R — молярная газовая постоянная; i — число степеней свободы молекулы]**Первое начало термодинамики** — закон сохранения и превращения энергии применительно к термодинамическим процессам. Q=ΔU+A Теплота, сообщаемая системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил. Опыт показывает, что в соответствии с законом сохранения энергии при любом способе перехода системы из первого состояния во второе изменение внутренней энергии ΔU=U2-U1 будет одинаковым и равным разности между количеством теплоты Q, полученным системой, и работой А, совершенной системой против внешних сил: ΔU=Q-A или Q = ΔU+A. Запись первого начала в дифференциальной форме dQ = dU + dA, [dU — бесконечно малое изменение внутренней энергии системы; ЗА — элементарная работа; 3Q — бесконечно малое количество теплоты. .Вечный двигатель первого рода: Периодически действующий двигатель, который совершал бы большую работу, чем сообщенная ему извне энергия. Бще одна формулировка первого начала термодинамики: Вечный двигатель первого рода невозможен. Если система периодически возвращается в первоначальное состояние, то изменение ее внутренней энергии AU = 0. Тогда, согласно первому началу термодинамики, А = Q, откуда и следует записанная формулировка.

**Б20**

**1.Связь между потенциальной энергией и силой.** Пространство, в котором действуют консервативные силы, называется потенциальным полем. Каждой точке потенциального поля соответствует некоторое значение силы F, действующей на тело, и некоторое значение потенциальной энергии U. Значит, между силой F и U должна быть связь dA=Fdr , с другой стороны, dA = –dU, следовательно Fdr=-dU, отсюда F=-dU/dr. Проекции вектора силы на оси координат: Fx= -∂U/∂x(так же y,z). Вектор силы можно записать через проекции:F= -(∂U/∂x\*i+∂U/∂y\*j+∂U/∂z\*k), F= -gradU, где grad=-(∂/∂x\*i+∂/∂y\*j+∂/∂z\*k). Градиент – это вектор, показывающий направление наибыстрейшего изменения функции. Следовательно, вектор F направлен в сторону наибыстрейшего уменьшения U. **Потенциальная энергия упруго деформированного тела (пружины)** Это выражение получается из того, что работа силы при деформации пружины идет на увеличение потенциальной энергии пружины. Элементарная работа dA, совершаемая силой Fx при бесконечно малой деформации dx, dA = Fx dx = kx dx (Fx = - Fх упр= -(-kx)=kx). Полная работа A = [k— коэффициент упругости (для пружины— жесткость); Fxynp = -kx— проекция силы упругости на ось х; Fxynp направлена в сторону, противоположную деформации х. По третьему закону Ньютона деформирующая сила равна по модулю силе упругости и противоположно ей направлена]. **Сила тяготения** относится к классу центpальных. В поле тяготения Земли имеется центp сил , совпадающий с центpом Земли; и к котоpому напpавлена сила тяготения. Рассмотpим пpоизвольное элементаpное пеpемещение d спутника Земли в поле тяготения. Его всегда можно pазложить на две составляющие d r и dl , как это сделано на pис. d lr напpавлено по pадиусу-вектоpу, dl пеpпендикуляpно к нему. Поэтому, элементаpную pаботу силы тяготения можно пpедставить следующим обpазом: Fdl=F(dly+dlτ)=Fdly, т к Fdlτ=0 (F\_|\_dlτ) . Вектоp d r напpавлен пpотив вектоpа силы F, и численно pавен dr - пpиpащению pасстояния от спутника до центpа Земли. Поэтому Fdly= - Fdr. Таким обpазом, pабота силы тяготения на конечном участке тpаектоpии спутника 1-2 вычисляется по формуле A=integral 1-2(Fdl)=-integral (от γ1 до γ2)(Fdr)= - γmM integral (по гамма) (dr/r^2)=γmM(1/r2-1/r1). Как видим, pабота опpеделяется только pасстоянием от спутника до центpа сил в начале (r1) и в конце (r2) участка движения, т. е. не зависит от фоpмы пути. Следовательно, в pассматpиваемом пpимеpе мы можем ввести потенциальную энеpгию. Ее изменение pавно pаботе силы тяжести со знаком минус. Отсюда U= - λmM/r

**Б20.2. (Билет 11 и 12) Цикл Карно.** Наиболее экономичный обратимый круговой процесс, состоящий из двух изотерм и двух адиабат. Последовательные процессы цикла Карно в диаграмме р, V Наглядное изображение последовательных процессов приведено на рисунке. Процесс 1-2 изотермическое расширение, процесс 2 - 3 — адиабатное расширение, процесс 3-4 — изотермическое сжатие, процесс 4 - 1 — адиабатное сжатие. Термический КПД цикла Карно. Записав уравнение адиабатного процесса в виде TV^ (γ-1) = const и используя рисунок можем записать T1V2^ (γ-1)= T2V3^ (γ-1), T1V1^ (γ-1)=T2V4^ (γ-1), откуда V2/V1=V3/V4.. Подставив эти выражения в формулу для термического КПД кругового процесса, получаем η=(Q1-Q2)/Q1=(m/M\*RT1\*ln(V2/V1)- m/M\*RT2\*ln(V3/V4))/ m/M\*RT1\*ln(V2/V1)=(T1-T2)/T1. Вывод. Для цикла Карно КПД действительно определяется только температурами нагревателя и холодильника. **Теорема Карно:** Из всех периодически действующих тепловых машин, имеющих одинаковые температуры нагревателей (Т1) и холодильников (Т2), наибольшим КПД обладают обратимые машины; при этом КПД обратимых машин, работающих при одинаковых температурах нагревателей (Т1) и холодильников (Т2), равны друг другу и не зависят от природы рабочего тела (тела, совершающего круговой процесс и обменивающегося энергией с другими телами), а определяются только температурами нагревателя и холодильника. КПД теплового двигателя: η=А/Q1=(Q1-Q2)/Q1. Чтобы rj = 1, необходимо Q2 = О (тепловой двигатель должен иметь один источник теплоты!). Карно показал, что для работы теплового двигателя необходимо не менее двух источников теплоты с различными температурами (иначе это противоречит второму началу термодинамики)

**Б21**

**1.Консервативные силы.** Сила, работа которой при перемещении тела из одного положения в другое не зависит от того, по какой траектории это перемещение произошло, а зависит только от начального и конечного положений тела. (Сила тяжести, упругости, Кулона, тяготения). Потенциальное поле –поле, в котором работа, совершаемая силами при перемещении тела из одного положения в другое, не зависит от того, по какой траектории это перемещение произошло, а зависит только от начального и конечного положений. Потенциальном поле работа сил поля на любом замкнутом пути равна нулю. Всякое силовое поле вызывается действием определенных тел. Сила, действующая на частицу А в таком поле, обусловлена взаимодействием этой частицы с данными телами. Если силы, зависят только от расстояния между взаимодействующими частицами и направлены по прямой, соединяющей эти частицы, от их называют центральными. Центральную силу, действующую на частицу А со стороны частицы В, можно представить в общем виде: F=f(r)er. где - f(r) функция, зависящая при данном характере взаимодействия только от r - расстояния между частицами; er- единичный вектор, задающий направление радиус-вектора частицы А относительно частицы В. всякое стационарное поле центральных сил потенциально. Элементарная работа силы F на перемещении dr есть ΔA=Fdr=f(r)erdr. Так как erdr=dr – проекция ветктора dr на вектор er или на соответствующий радиус-вектор r, то ΔA=f(r)dr. Работа этой силы на произвольном пути от точки 1 до точки 2: A12= Полученное выражение зависит, очевидно, только от вида функции f(r), т. е. от характера взаимодействия и от значений и r2- начального и конечного расстояний между частицами A и B. От формы пути оно никак не зависит. Это и означает, что данное силовое поле потенциально. Представим себе, что мы перемещаем частицу в потенциальном поле сил из разных точек P в фиксированную точку O. Так как работа сил поля не зависит от формы пути, то остается зависимость ее только от положения точки P (при фиксированной точке O ). А это значит, что данная работа будет некоторой функцией радиус-вектора r точки P.Обознеачим эту функци. U(r): A= => A12=U1-U2. Выражение, стоящее справа, есть убыль потенциальной энергии, т. е. разность значений потенциальной энергии частицы в начальной и конечной точках пути. Таким образом, работа сил поля на пути 1-2 равна убыли потенциальной энергии частицы в данном поле.

**Б21.2.Эффективное сечение молекулы.** Минимальное расстояние, на которое сближаются при столкновении центры двух молекул. d зависит от скорости сталкивающихся молекул (от температуры газа). **Среднее число соударений за 1с**: <z>=<v>/<*l*>. [<v> — средняя скорость молекулы (путь, проходимый в среднем молекулой за 1 с); <1> — средняя длина свободного пробега]. / Модель: молекула в виде шарика диаметром d движется среди «застывших» молекул. Среднее число столкновений <z> равно числу молекул в объеме «ломаного» цилиндра: <z> = nV; V=nd2<v>; <z> = πnd2<v>. На самом деле, все молекулы движутся (и в сторону, и навстречу друг другу), поэтому число соударений определяется средней скоростью движения молекул относительно друг друга. По закону сложения случайных величин <v’>=sqrt(<v2>+<v2>)=√2<v>=> z= πnd2<v>√2. Длина свободного пробега - Путь, проходимый молекулой между двумя последовательными столкновениями. Средняя длина свободного пробега молекул < l > - путь, который в среднем проходят молекулы между двумя последовательными столкновениями. <l>=1/N\* (N- число столкновений). Вакуум - состояние газа, при котором средняя длина свободного пробега <1> молекул сравнима (или больше) с линейным размером d откачиваемого сосуда, характерным для рассматриваемого процесса.

**Б22**

**1.Работа и кинетическая энергия.** Кинетическая энергия механической системы -энергия механического движения этой системы. Связь работы и кинетической энергии: dT = dA: Приращение кинетической энергии материальной точки (тела) на элементарном перемещении равно элементарной работе на том же перемещении. Сила F, действуя на покоящееся тело и вызывая его движение, совершает работу, а энергия движущегося тела возрастает на величину затраченной работы. Работа dA силы F на пути, который тело прошло за время возрастания скорости от 0 до v, идет на увеличение кинетической энергии dT тела. Можно записать: Fdr = m\*dv/dt\*dr=mvdv=d(mv2/2)=dT. Работа сил при перемещении из точки 1 в точку 2: A12= 2 1/2=T2-T1.Теорема о кинетической энергии: Приращение кинетической энергии материальной точки на некотором перемещении равно алгебраической сумме работ всех сил, действующих на материальную точку на том же перемещении. T2-T1=A12. **Кинетическая энергият вердого тела при его вращательном движении.** Исходные данные: Тело вращается вокруг неподвижной оси z. Мысленно разбиваем это тело на элементарные массы m1,m2..mi находящиеся от оси на расстояниях r1,r2,..ri. При вращении твердого тела элементарные объемы массами mi опишут окружности различных радиусов ri. Кинетическая энергия i-й элементарной массы - Линейная скорость элементарной массы mi равна vi = ωri (угловая скорость вращения всех элементарных объемов одинакова). Ti=miv2i/2=miω2r2i/2. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела: Tвр=(учли, что ω=vi/ri = const); Jz — момент инерции тела относительно оси Z.

**Б22.2.Понятие о фазовом пространстве.** Пространство, на котором представлено множество всех состояний системы так, что каждому возможному состоянию системы соответствует точка фп.Сущность – состояние сложной системы представляется в нем 1 единственной точкой, а эволюция этой системы – перемещение этой точки. Кроме того, в механике движение этой точки определяется сравнительно простыми уравнениями Гамильтона, анализ которых позволяет делать заключения о поведении сложных механических систем.Уравнения Гамильтона (также называемые каноническими уравнениями) в физике и математике — система дифференциальных уравнений: p’j= - ∂H/∂qj\*q’j=∂H/∂pj. Тогда полное состояние системы определяется n координатами qi и

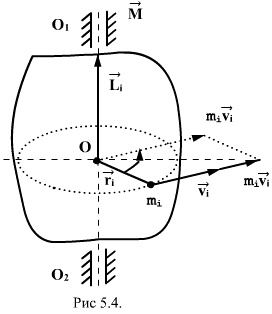
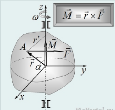
n скоростями qi=v i (или импульсами pi). H − функция Гамильтона системы. **Распределение Максвелла-Больцмана.** Распределение Максвелла: f(vx, vy, vz)=(m/2πkT)^3/2\*exp(-(m\*(v2x+v2y+v2z)/2kT). Распределение Больцмана: n(x,y,z)=no\*exp(-Eп(x,y,z)/kT). Полученные в предыдущих параграфах распределения Больцмана и Максвелла описывают зависимость концентрации молекул от координат и функцию распределения по скоростям соответственно. При этом распределение Больцмана описывается в пространстве координат x,y,z, а распределение Максвелла в пространстве скоростей vx, vy, vz. Если ввести 6-мерное пространство, координатами молекулы в котором являются величины x,y,z, vx, vy, vz , то функция распределения в таком пространстве будет зависеть от этих шести переменных: n(x,y,z, vx, vy, vz). Считая пространственные переменные и компоненты скорости статистически независимыми друг от друга, на основании формулы f(x,y)=f(x)f(y) можно записать: nf(x,y,z, vx, vy, vz)= n(x,y,z)f( vx, vy, vz). Или nf(x,y,z, vx, vy, vz)=no\*(m/2πkT)^3/2\*exp(- (Eп(x,y,z,)+Eк(vx, vy, vz))/kT), где выражение для кинетической энергии имеет вид: Eк(vx, vy, vz)=m\*( v2x,+v2y+v2z)/2. Формула называется функцией распределения Максвелла-Больцмана. Она может быть использована в случае, когда полная энергия молекулы E равна сумме её потенциальной энергий во внешнем силовом поле и кинетической энергии её поступательного движения.

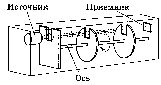
**Б23**

**1.Закон сохранения момента импульса механической системы относительно неподвижной оси.** Моментом импульса относительно неподвижной оси z называется скалярная величина Lz, равная проекции на эту ось вектора момента импульса, определенного относительно произвольной точки 0 данной оси. Значение момента импульса Lz не зависит от положения точки 0 на оси z. При вращении абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси каждая отдельная точка тела движется по окружности постоянного радиуса ri с некоторой скоростью vi. Скорость vi и импульс mivi перпендикулярны этому радиусу, т.е. радиус является плечом вектора mivi. Поэтому можно записать, что момент импульса отдельной точки относительно оси z равен Liz=miviri. Момент импульса твердого тела относительно оси есть сумма моментов импульса отдельных его точек: Lz=. Учитывая связь между линейной и угловой скоростями (vi = ωri), получим следующее выражение для момента импульса тела относительно неподвижной оси: Lz=sum(mir2iω)=Jzω. т.е. момент импульса твердого тела относительно оси равен произведению момента инерции тела относительно той же оси на угловую скорость. Продифференцировав по времени, получим dLz/dt=Jz\*dω/dt=Mz. Закон сохранения момента импульса вытекает из основного уравнения динамики вращательного движения тела, закрепленного в неподвижной точке, и состоит в следующем: если результирующий момент внешних сил относительно неподвижной точки тождественно равен нулю, то момент импульса тела относительно этой точки с течением времени не изменяется. Действительно, если M = 0, то dL / dt = 0 , откуда L=const. Другими словами, момент импульса замкнутой системы с течением времени не изменяется. Из основного закона динамики тела, вращающегося вокруг неподвижной оси z, следует закон сохранения момента импульса тела относительно оси: если момент внешних сил относительно неподвижной оси вращения тела тождественно равен нулю, то момент импульса тела относительно этой оси не изменяется в процессе движения, т.е. если Mz = 0, то dLz / dt = 0, откуда Lz=const. Закон сохранения момента импульса является фундаментальным законом природы. Справедливость этого закона обусловливается свойством симметрии пространства – его изотропностью, т.е. с инвариантностью физических законов относительно выбора направления осей координат системы отсчета.

**Б23.2. Барометрическая формула.** - Зависимость атмосферного давления р от высоты h. Исходные положения при выводе формулы ♦ Поле тяготения однородно. ♦ Температура постоянна. ♦ Масса всех молекул одинакова. ♦ Ускорение свободного падения постоянно. Вывод барометрической формулы: Если атмосферное давление на высоте h равно р, то на высоте h + dh оно равно р +dp (при dh > О, dp < 0, так как давление с высотой убывает). Разность давлений р и р + dp равна весу газа, заключенного в объеме цилиндра высотой dh, площадь основания которого равна единице площади: p-(dp+p)=ρgdh (ρ — плотность газа на высоте h), dp = -ρgdh. Учитывая, что р = m/V, а pV= m/M\*RT, получаем dp= - Mg/RT\*pdh, dp/p= - Mg/RT\*dh. С изменением высоты от h1 до h2 давление изменяется от р1 до р2, т.е. откуда p2=p1\*e^( - Mg\*(h2-h1)/RT). Барометрическая формула p=p0\*e^(-Mgh/RT) c учетом p=nkT может быть записана в виде n=n0\*e^(-Mgh/RT). Так как M=moNA, а R=kNA, то n =n0\*e^(-mogh/kT)=no\*e^(П/kT). Из распределения Больцмана следует, что при постоянной температуре плотность газа больше там, где меньше потенциальная энергия его молекул. Если частицы имеют одинаковую массу и находятся в состоянии хаотического теплового движения, то распределение Больцмана справедливо в любом внешнем потенциальном поле, а не только в поле сил тяжести. [п — концентрация молекул на высоте h, п0 — то же на высоте h = 0; m0 — масса одной молекулы, NA — постоянная Авогадро; П = mogh — потенциальная энергия молекулы в поле тяготения]

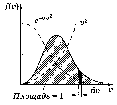
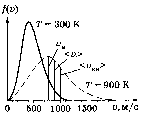
**Б24**

******1.Вектор момента силы.** Пусть произвольное твердое тело может вращаться вокруг фиксированной оси, с которой совместим ось Oz декартовой системы координат. Пусть сила F приложена к точке A, расположенной в плоскости xOy, на расстоянии r’ от оси вращения (положение этой точки задается радиус-вектором r) и направлена перпендикулярно плоскости xOy (следовательно, и перпендикулярно оси вращения). Действие этой силы приведет к вращению тела вокруг оси, которое может быть описано вектором угловой скорости ω, направленным вдоль этой же оси. Разумно определить вектор момента силы так, чтобы он был направлен тоже вдоль оси вращения. В нашем случае модуль вектора момента силы равен произведению M=r’F=rFsinα. M(вектор)= r(в). **Вектор момента импульса механической системы.** Векторное произведение радиуса-вектора ri материальной точки на ее импульс mvi называют моментом импульса Li, этой точки относительно точки О. Li(в)=[ri,m,vi]. Вектор Li иногда называют также моментом количества движения материальной точки. Он направлен вдоль оси вращения перпендикулярно плоскости, проведенной через векторы ri и mvi и образует с ними правую тройку векторов (при наблюдении из вершины вектора видно, что вращение по кратчайшему расстоянию от ri к mvi происходит против часовой стрелки). Векторную сумму моментов импульсов Li всех материальных точек системы называют моментом импульса (количества движения) L системы относительно точки О: L=сумма от 1 до n Li. **Уравнение моментов для механической системы.** Предположим, что точка О неподвижна. В случае одной материальной точки, дифференцируя L=r (векторы) получаем dL/dt=(dr/dt) (в)*.* При неподвижной точке О вектор V, равный dr/dt, параллелен p и поэтому (dr/dt) . Кроме того dp/dt=F.Таким образом dL/dt=M.Это уравнение моментов для одной материальной точки. Распространим его на систему материальных точек, для чего запишем это уравнение для каждой материальной точки механической системы, понимая под М момент всех действующих на нее сил, как внутренних так и внешних. Затем сложим все эти уравнения. Внутренние силы входят в систему попарно так Fik=-Fki (v), Fik - сила воздействия k-й материальной точки на i-ю. Кроме того, эти силы действуют вдоль одной и той же прямой. Момент таких двух сил, а значит и моменты всех внутренних сил равны нулю. В результате опять получается уравнение моментов типа только для системы материальных точек, т е dL/dt=Mвнеш (векторы).

**Б24.2. Экспериментальное подтверждение максвелловского закона распределения молекул по скоростям.** Опыт Штерна. Вдоль оси внутреннего цилиндра с щелью натянута платиновая проволока, покрытая слоем серебра и нагреваемая током при откачанном воздухе. При нагревании серебро испаряется. Атомы серебра, вылетая через щель, попадают на внутреннюю поверхность второго цилиндра, давая изображение щели. Если прибор привести во вращение вокруг общей оси цилиндров, то атомы серебра осядут не против щели, а сместятся на некоторое расстояние s. Изображение щели получается размытым. Исследуя толщину осажденного слоя, можно оценить распределение молекул по скоростям, которое соответствует максвелловскому распределению. Опыт Ламмерта. В вакууме молекулярный пучок, сформированный источником, проходя через щель, попадает в приемник. Между источником и приемником помещают два диска с прорезями, закрепленных на общей оси. При неподвижных дисках молекулы достигают приемника, проходя через прорези в обоих дисках. Если ось привести во вращение, то приемника достигнут только те прошедшие прорезь в первом диске молекулы, которые затрачивают для пробега между дисками время, равное или кратное времени оборота диска. Другие же молекулы задерживаются вторым диском. Меняя угловую скорость вращения дисков и измеряя число молекул, попадающих в приемник, можно выявить закон распределения молекул по скоростям. Этот опыт более точно подтвердил максвелловское распределение молекул по скоростям.

**Б25**

**1.Механическая система и центр масс.** Механическая система - совокупность материальных точек: - движущихся согласно законам классической механики; и взаимодействующих друг с другом и с телами, не включенными в эту совокупность.Механическими системами являются: - материальная точка; - математический маятник; - абсолютно твердое тело; - деформируемое тело; - сплошная среда. Центр масс системы материальных точек (тела)-Воображаемая точка С, положение которой характеризует распределение массы этой системы (тела). Для определения положения центра масс достаточно поочередно подвесить тело за две различные точки на его поверхности и провести через точки подвеса вертикали, пересечение которых и даст положение центра масс (центр масс может располагаться вне тела). Радиус-вектор центра масс: rc=(sum(i=1 to n)(miri)) / m. [mi и ri — соответственно масса и радиус-вектор i-й материальной точки; n — число материальных точек в системе; m=sum(i=1 to n)mi — масса системы]. Импульс системы материальных точек р = mvc Равен произведению массы системы на скорость ее центра масс pi=mivi, p=sumpi. Исходные данные: Рассматривается механическая система из п тел, масса и скорость которых соответственно равны m1,m2..mn, v1,v2,..vn. Второй закон Ньютона для каждого из п тел механической системы [F’1,F’2,..F’n— равнодействующие внутренних сил, действующих на каждое тело механической системы; Flf F2, ..., Fn — равнодействующие внешних сил, действующих на каждое тело механической системы] dt\t\*(m1v1)=F’1+F1…(так же для 2 и n). После почленного сложения уравнений: Производная по времени от импульса механической системы равна геометрической сумме внешних сил, действующих на систему. Dp\dt=f1+f2+..Fn Скорость изменения ипульса равна векторной сумме всех действующих на систему внешних сил.

**Б25.2. Максвелловское распределение молекул по скоростям.** Исходные положения Максвелла при выводе распределения ♦ Газ состоит из большого числа N одинаковых молекул. ♦ Температура газа постоянна. ♦ Молекулы газа совершают тепловое хаотическое движение. ♦ Из-за хаотического движения молекул все направления движения равновероятны, т. е. в любом направлении в среднем движется одинаковое число молекул. ♦ На газ не действуют силовые поля. Характерные особенности зависимости f(v) от v: ♦ В показателе экспоненциальной функции имеем взятое с минусом отношение кинетической энергии молекулы к kT (средняя энергия молекулы). ♦ График функции f(v), начинаясь в нуле, достигает максимума, а затем асимптотически стремится к нулю; она несимметрична относительно V. ♦ Относительное число молекул dNv/N, скорости которых лежат в интервале от v до v + dv, находится как площадь закрашенной полоски. , A=4π(m02πkT)^3/2. Закон Максвелла о распределении молекул по скоростям: . Конкретный вид функции зависит от рода газа (от массы молекулы) и от параметра состояния (от температуры T). [m0 — масса молекулы; k — постоянная Больцмана; Т — термодинамическая температура]. Определение скоростей молекул из распределения Максвелла по скоростям: Наиболее вероятная скорость VB: Скорость, при которой функция распределения молекул идеального газа по скоростям максимальна. Значение наиболее вероятной скорости: VB=sqrt(2kT/mo)=sqrt(2RT/M). Зависимость распределения Максвелла от температуры: Для примера приведена функция распределе-ния молекул кислорода для двух температур (300 К и 900 К). С повышением температуры максимум функции f(v) смещается вправо (значение наиболее вероятной скорости становится больше). Площадь же, ограниченная кривой, остается неизменной, поэтому с повышением температуры кривая f(v) растягивается и понижается.

**Б26**

**1.Распределение жнергии по степеням свободы молекул.** Энергия, приходящаяся на поступательную степень свободы: <ε1>=<eo>/3=kT/2 Независимо от общего числа степеней свободы молекул три степени свободы всегда поступательные. Ни одна из поступательных степеней свободы не имеет преимущества перед другими, поэтому на каждую из них приходится в среднем одинаковая энергия, равная - значения <ε0>. (<εo>=3/2\*kT- Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы идеального газа) . Закон Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы: Для статистической системы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, на каждую поступательную и вращательную степени свободы приходится в среднем кинетическая энергия, равная kT/2 , а на каждую колебательную степень свободы — в среднем энергия, равная kT. Колебательная степень «обладает» вдвое большей энергией потому, что на нее приходится не только кинетическая энергия (как в случае поступательного и вращательного движений), но и потенциальная, причем средние значения кинетической и потенциальной энергий одинаковы. Средняя кинетическая энергия молекулы: <ε>=i/2\*kT. [i= iпост + iвращ +2iколеб (i — сумма числа поступательных, числа вращательных и удвоенного числа колебательных степеней свободы молекулы)] Внутренняя энергия (U) термодинамической системы - Энергия хаотического (теплового) движения микрочастиц системы (молекул, атомов, электронов, ядер и т. д.) и энергия взаимодействия этих частиц. ♦ К внутренней энергии не относятся кинетическая энергия движения системы как целого и потенциальная энергия системы во внешних полях. Внутренняя энергия — однозначная функция термодинамического состояния системы, т. е. в каждом состоянии система обладает вполне определенной внутренней энергией (она не зависит от того, как система пришла в данное состояние). Это означает, что при переходе системы из одного состояния в другое изменение внутренней энергии определяется только разностью значений внутренней энергии этих состояний и не зависит от пути перехода. U=m/M\*i/2\*RT=νi/2\*RT. [М — молярная масса; v — количество вещества; R — молярная газовая постоянная; i — число степеней свободы молекулы]. Внутренняя энергия 1 моль идеального газа Um=i/2\*kTNA=i/2\*RT (В идеальном газе взаимная потенциальная энергия молекул равна нулю (молекулы не взаимодействуют), поэтому Um равна сумме кинетических энергий NA молекул)

**Б26.2. Динамика материальной точки.** Динамикой называется раздел механики, в котором изучаются законы движения материальных тел под действием сил. Сила - векторная величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел или полей, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет свою форму и размеры. В каждый момент времени сила характеризуется числовым значением, направлением в пространстве и точкой приложения. **Силы в механике.** Гравитационные силы (силы тяготения) – это силы притяжения, которые подчиняются закону всемирного тяготения.Сила тяжести – сила, с которой тело притягивается Землей. Под действием силы притяжения к Земле все тела падают с одинаковым относительно поверхности Земли ускорением , называемым ускорением свободного падения. По второму закону Ньютона, на всякое тело действует сила: , называемая силой тяжести.Вес – сила, с которой тело, притягиваясь к Земле, действует на подвес или опору.Сила тяжести равна весу только в том случае, когда опора или подвес неподвижны относительно Земли. По модулю вес может быть как больше, так и меньше силы тяжести.Эти силы приложены к разным телам: – приложена к самому телу, – к подвесу или опоре, ограничивающим свободное движение тела в поле земного тяготения.В случае ускоренного движения опоры (например, лифта, везущего груз) уравнение движения (с учетом того, что сила реакции опоры равна по величине весу, но имеет противоположный знак) При свободном падении тела его вес равен нулю, т.е. оно находится в состоянии невесомости.Силы упругости возникают в результате взаимодействия тел, сопровождающегося их деформацией. Упругая (квазиупругая) сила пропорциональна смещению частицы из положения равновесия и направлена к положению равновесия: .Силы трения являются одним из проявлений контактного взаимодействия тел, в частности сила трения скольжения возникает при скольжении одного тела по поверхности другого: и направлена по касательной к трущимся поверхностям в сторону, противоположную движению данного тела относительно другого.Упругие силы и силы трения определяются характером взаимодействия между молекулами вещества, которое имеет электромагнитное происхождение, следовательно они по своей природе имеют электромагнитные происхождения. 1 ЗН: Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущиеся тела сохраняют свою скорость постоянной, если на них не действуют другие тела (или действие других тел компенсируется). Утверждение о существовании инерциальных систем отсчета составляет содержание первого закона Ньютона.2 ЗН: Скорость изменения импульса материальной точки (тела) равна действующей на нее (него) силе. F=dp÷dt. Ускорение, приобретаемое материальной точкой (телом), пропорционально вызывающей его силе, совпадает с ней по направлению и обратно пропорционально массе материальной точки (тела). F=dp÷dt=d(mv)÷dt=m\*dt÷dt=ma. 3 ЗН: Всякое действие материальных точек (тел) друг на друга имеет характер взаимодействия; силы, с которыми действуют друг на друга материальные точки, всегда равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки.

**Б27**

**1.Основное уравнение МКТ.** Исходные положения для упрощенного вывода уравнения кинетической теории идеального газа: ♦ Рассматривается одноатомный идеальный газ. ♦ Молекулы газа совершают хаотическое движение, причем все направления движения равновероятны (основание — давление газа на стенки сосуда одинаково). ♦ Число взаимных столкновений между молекулами газа пренебрежимо мало по сравнению с числом ударов о стенки сосуда. ♦ Соударения молекул со стенками сосуда абсолютно упругие. ♦ Для упрощения расчетов хаотическое движение молекул заменяют движением вдоль трех взаимно перпендикулярных направлений, причем в любой момент времени вдоль каждого из них движутся 1/3 молекул (из них 1/6 молекул движутся вдоль данного направления в одну сторону, а 1/6 молекул в другую). ♦ Всем молекулам приписывают одинаковые скорости v. На стенке сосуда выделена элементарная площадка ΔS. За время Δt до площадки ΔS долетят все движущиеся по направлению к ней молекулы, заключенные в объеме цилиндра с основанием ΔS и высотой vΔt: 1/6\*nΔSvΔt. [n — концентрация молекул]*Импульс, передаваемый молекулами при столкновении с площадкой:* При каждом соударении молекула, движущаяся перпендикулярно площадке, передает ей импульс m0v - (-m0v) = 2m0v. [m0 — масса молекулы]. ΔР = 2m0v • (1/6)\* nΔSvΔt = (1/3)\*nm0v2ΔSΔt*Давление газа, оказываемое им на стенку сосуда* [v — скорости молекул, вначале принятые одинаковыми (см. исходные положения)]*Основное уравнение молекулярно-кинетической теории:* Если газ в объеме V содержит N молекул, движущихся со скоростями v1,v2,..,vN, то вводят среднюю квадратичную скорость [р — давление газа; n— концентрация молекул; m0 — масса одной молекулы; <vкв>^2 — средняя квадратичная скорость молекул] .

**Б27.2. Классический закон сложения скорости и ускорения материальной точки в случае поступательного движения систем отсчета.** Исходные данные: Рассматривают две системы отсчета: инерциальную систему отсчета К (с координатами х, у, z), условно считая ее неподвижной, и систему К' (с координатами х\у\ z'), движущуюся относительно К равномерно и прямолинейно со скоростью u (u = const). Отсчет времени — с момента, когда начала координат обеих систем совпадают. На рисунке показано расположение систем в произвольный момент времени t. Скорость и направлена вдоль ОО'; г0 = ut. Преобразования координат Галилея Задают связь между радиусами-векторами или координатами произвольной точки А в обеих системах. Частный случай преобразований Галилея Система К' движется со скоростью v вдоль положительного направления оси х системы К (в начальный момент времени оси координат совпадают). В классической механике считается, что ход времени не зависит от относительного движения систем отсчета, т. е. к преобразованиям Галилея добавляют уравнение t’=t. . Правило сложения скоростей в классической механике Продифференцировав г' = г - ut по времени и учитывая, что t’=t получим v’=v-u[u — скорость движения системы К' относительно системы К; v и v' — соответственно скорости в системах К и К']Подтверждение принципа относительности Галилея (механического принципа относительности) В системе К ускорение . Следовательно, если на точку А другие тела не действуют (а = 0), то а' = 0, т. е. система К' является инерциальной (точка движется относительно нее равномерно и прямолинейно или покоится). Из равенства а' = а вытекает подтверждение принципа относительности Галилея (механического принципа относительности): уравнения динамики при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой не изменяются, т. е. являются инвариантными по отношению к преобразованиям координат. Никакими механическими опытами, проводимыми внутри данной инерциальной системы отсчета, нельзя установить, покоится она или движется равномерно и прямолинейно. Во всех инерциальных системах отсчета одинаковы свойства пространства и времени, одинаковы и все законы механики.

**Б29**

**1.Явления** **переноса в газах.** Явления переноса — особые необратимые процессы в термодинамически неравновесных системах, в результате которых происходит пространственный перенос энергии, массы или импульса. , соответственно плотности теплового потока, потока массы и потока импульса; λ, D,η — соответственно коэффициенты теплопроводности, диффузии и динамической вязкости; dT/dx, dρ/dx, dv/dx –соответственно градиенты температуры, плотности и скорости; cv — удельная теплоемкость газа при постоянном давлении; р — плотность газа; <v> — средняя скорость теплового движения молекул; <1> — средняя длина свободного пробега молекул.Диффузия (перенос массы). Закон Фика: , D=1\*<v><l>. Внутренне трение (вязкость) (перенос импульса). Закон Ньютона: jp=-ηdv/dx, η=1/3\*ρ<v><l>.Теплопроводность (перенос энергии) Закон Фурье: jE=-λ\*dT/dx. jE-Плотность теплового потока. λ=1/3\*cvρ<v><l>. **Диффузия в газах.** Один из видов явлений переноса, заключающийся в том, что происходит самопроизвольное проникновение и перемешивание частиц двух соприкасающихся газов, жидкостей и даже твердых тел; диффузия сводится к обмену масс частиц этих тел, возникает и продолжается, пока существует градиент плотности. Закон Фика: , D=1\*<v><l>. Ось х ориентирована в направлении переноса массы. Знак минус показывает, что перенос массы происходит в направлении убывания плотности. Jm- Плотность потока массы - Величина, определяемая массой вещества, диффундирующего в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную оси х. Градиент плотности: dρ/dx: Определяется скоростью изменения плотности на единицу длины х в направлении нормали к площадке. D - Коэффициент диффузии (диффузия) Равен плотности потока массы при градиенте плотности, равном единице. [<v> — средняя скорость теплового движения молекул; <1> — средняя длина свободного пробега]

**Б29.2. Адиабатический процесс.** Процесс, при котором отсутствует теплообмен между системой и окружающей средой. (δQ=0). Уравнение адиабатного процесса (уравнение Пуассона): δA=-dU, PdV= -m/M\*CvdT (1). Продифференцировав pV=m/MRT, PdV+VdP=m/M\*RdT (2). Разделив 2 на 1, учитывая, что R=Cp-Cv и Cp/Cv=γ, dP/P=-γdV/V. Тогда p1V1^γ=p2V2^γ => pV^γ=const. График зависимости между параметрами состояния идеального газа при δQ = 0 в координатах р, V — это гипербола (определяется уравнением pV^y = const). Теплоемкость идеального газа при адиабатическом процессе равна 0, т.к. при политропическом процессе теплоемкость: C=(nCv-Cp)/(n-1). Подстановка n=γ обращает в нуль. При адиабатическом процессе теплоемкость равна нулю для всех тел, это вытекает из того, что при а.п. ∂Q=0, в то время как dT отличен от нуля.

**Б30**

**1.Явление переноса в газах. Вязкость газов.** Явления переноса — особые необратимые процессы в термодинамически неравновесных системах, в результате которых происходит пространственный перенос энергии, массы или импульса. , соответственно плотности теплового потока, потока массы и потока импульса; λ, D,η — соответственно коэффициенты теплопроводности, диффузии и динамической вязкости; dT/dx, dρ/dx, dv/dx –соответственно градиенты температуры, плотности и скорости; cv — удельная теплоемкость газа при постоянном давлении; р — плотность газа; <v> — средняя скорость теплового движения молекул; <1> — средняя длина свободного пробега молекул.Диффузия (перенос массы). Закон Фика: , D=1\*<v><l>. Внутренне трение (вязкость) (перенос импульса). Закон Ньютона: jp=-ηdv/dx, η=1/3\*ρ<v><l>.Теплопроводность (перенос энергии) Закон Фурье: jE=-λ\*dT/dx. jE-Плотность теплового потока. λ=1/3\*cvρ<v><l>. Внутреннее трение (вязкость) - Один из видов явлений переноса, заключающийся в том, что из-за хаотического теплового движения происходит обмен молекулами между слоями, в результате чего импульс слоя, движущегося быстрее, уменьшается, движущегося медленнее — увеличивается, что приводит к торможению слоя, движущегося быстрее, и ускорению слоя, движущегося медленнее. Взаимодействие двух слоев, согласно второму закону Ньютона, можно рассматривать как процесс, при котором от одного слоя к другому в единицу времени передается импульс, по модулю равный действующей силе. Тогда выражение для силы внутреннего трения между двумя слоями газа (жидкости), определяемого законом Ньютона F=η|dv/dx|\*S (S-площадь, на которую действует сила F), можно представить в виде: jp=-ηdv/dx. Ось х ориентирована в направлении переноса импульса. Знак минус показывает, что импульс переносится в направлении убывания скорости. Плотность потока импульса – jp-Величина, определяемая полным импульсом, переносимым в единицу времени в положительном направлении оси х через единичную площадку, перпендикулярную оси х. Градиент скорости dv/dx - Определяется быстротой изменения скорости на единицу длины х в направлении нормали к площадке. Динамическая вязкость η Равна плотности потока импульса при градиенте скорости, равном единице. [р — плотность газа; <v> — средняя скорость теплового движения молекул; <1> — средняя длина свободного пробега]

**Б30.2. Работа тепловой машины в циклическом процессе.** Тепловой двигатель- Периодически действующий двигатель, совершающий работу за счет полученной извне теплоты. В тепловых двигателях используется прямой цикл. Термостат - Термодинамическая система, которая может обмениваться теплотой с телами без изменения температуры. Принцип работы теплового двигателя: От термостата с более высокой температурой T1, называемого нагревателем, за цикл отнимается количество теплоты Q, а термостату с более низкой температурой Т2, называемому холодильником, за цикл передается количество теплоты Q2, при этом совершается работа A = Q1- Q2. **Холодильная машина** - Периодически действующая установка, в которой за счет работы внешних сил теплота переносится к телу с более высокой температурой. Принцип работы холодильной машины: Системой за цикл от термостата с более низкой температурой Т2 отнимается количество теплоты Q2 и отдается термостату с более высокой температурой Т1 количество теплоты Q1. Для кругового процесса Q = А, но по условию Q = Q2 - Qx < О, поэтому А < 0 и Q2 – Q1 = —А или Q1 = Q2 + А, т. е. количество теплоты Q1,отданное системой источнику теплоты при более высокой температуре Т1,больше количества теплоты Q2, полученного от источника теплоты при более низкой температуре Г2, на величину работы, совершенной над системой. (такой же рисунок, но все стрелки наоборот). Вывод из анализа работы холодильной машины и второе начало термодинамики: по Клаузиусу Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является передача теплоты от менее нагретого тела к более нагретому. 2НТерм: как закон возрастания энтропии при необратимых процессах: Любой необратимый процесс в замкнутой системе происходит так, что энтропия системы при этом возрастает или в процессах, происходящих или в замкнутой системе, энтропия не убывает. ♦ Существенно, что речь идет о замкнутых системах, так как в незамкнутых системах энтропия может вести себя любым образом. по Кельвину: Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является превращение теплоты, полученной от нагревателя, в эквивалентную ей работу. КПД теплового двигателя η=A/Q1=(Q1-Q2)/Q1=1-Q2/Q1. Чтобы η = 1, необходимо Q2 = О (тепловой двигатель должен иметь один источник теплоты!). Карно показал, что для работы теплового двигателя необходимо не менее двух источников теплоты с различными температурами (иначе это противоречит второму началу термодинамики. Холодильный коэффициент η’=Q2/A=Q2/(Q2-Q1). Характеризует эффективность холодильной машины и определяется как отношение отнятой от термостата с более низкой температурой количества теплоты Q2 к работе А, которая затрачивается на приведение холодильной машины в действие.