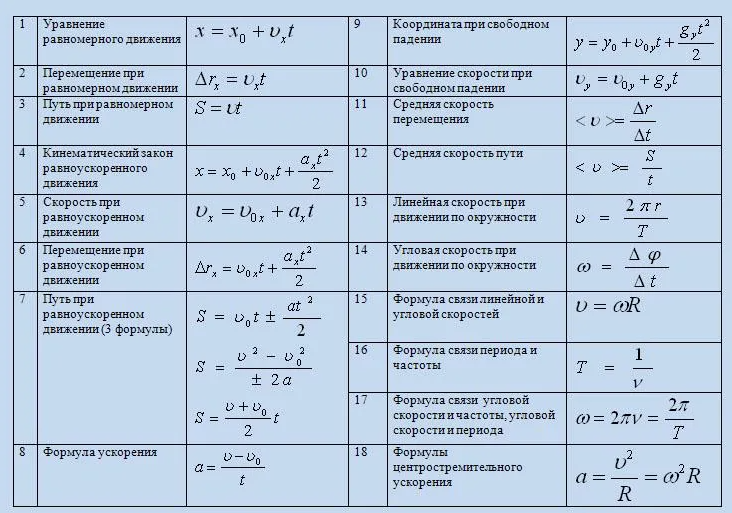
1.Кинематика материальной точки. Радиус-вектор, скорость и ускорение. Нормальная и тангенциальная составляющие ускорения. Радиус кривизны траектории. Кинематика вращательного движения. Угловые скорость и ускорение. Связь линейных и угловых характеристик движения. 

2. Инерциальные системы отсчета. Понятия силы и инертной массы. Законы динамики. Силы в природе. Фундаментальные взаимодействия. Свойства сил упругости и тяготения. Свойства сил трения.

Законы Ньютона. Итак, основные принципы (законы) механики были сформулированы Ньютоном. Кратко повторим эти принципы, т.е. законы Ньютона:

1) Первый закон Ньютона. Если сумма всех сил действующих на тело равна нулю, то тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Значение этого закона становится ясно из первого пункта этого параграфа, когда рассматривали инерциальные системы отсчета.

2) Второй закон Ньютона: основное уравнение динамики – ускорение тела a dv dt = пропорционально приложенной к телу силе: 

где F ρ – равнодействующая всех сил, действующих на тело. Напомним, что здесь скорость определяется как производная от радиус-вектора точки или тела r r(t) ρ ρ = по времени: v dr dt = , поэтому ускорение есть вторая производная от радиус-вектора: 2 2 a d r dt = . Масса m здесь выступает как коэффициент пропорциональности, который определяет меру инертности тела. Часто второй закон Ньютона записывают через импульс тела p mv ρ ρ = : 

Второй закон Ньютона служит для определения единиц силы, поскольку все остальные единицы уже определены. В системе СИ сила измеряется в Ньютонах: 

3) Третий закон Ньютона: Во взаимодействии двух тел каждое из них действует на другое тело с одинаковой по значению, но противоположной по направлению силой

Закон сохранения импульса. Импульс замкнутой системы остаётся постоянным. Для замкнутой системы **F**=0,d**p**/dt=0. Сила упругости. Тело деформируется, то есть изменяет свою форму и размер под действием приложенных к нему сил. Если после прекращения действия сил, тело принимает первоначальные размер и форму, то оно возвращает свою первоначальную форму и размер вследствие действия силы упругости. Сила упругости вычисляется по закону Гука, F=-kx,где k - жёсткость пружины.

Сила тяготения. Под действием силы притяжения к земли все тела падают с одинаковым относительно земли ускорением **g**. Это означает, что в системе отсчёта связанной с Землёй на всякое тело массой m действует сила P=mg. Сила тяжести приложена в ту же сторону, что и **g**.

Сила трения.

A. Сухое трение. Fтр=kN, где k - это коэффициент трения. Сила, направленная противоположно движению.

Б. Вязкое трение. **F**=-k**v** при небольших скоростях.

Фундаментальные взаимодействия - это гравитационные и электромагнитные взаимодействия. Упругие взаимодействия к фундаментальным не относятся

3. Центр инерции. Закон сохранения импульса системы материальных точек.

Центром масс или центром инерции называется точка C, положение которой радиус-вектором **rc** определяется следующим образом. rc=(m1**r1**+…+mn**rn**)/(m1+…+mn)=S(mi**ri**)/ S(mi)= =S(mi**ri**)/m, здесь mi - масса i-й частицы, **ri** - радиус-вектор, определяющий положение этой частицы, m - масса системы.

Второй закон Ньютона. Скорость изменения импульса тела равна действующей на него силе. **F**=d**p**/dt. При отсутствии внешних сил, то есть dp**/**dt=0, для замкнутой системы **p**=const. Это основа закона закона сохранения импульса. Импульс замкнутой системы материальных точек остаётся постоянным. S**pi**=const. Импульс остаётся постоянным и для незамкнутой системы, при условие, что работа внешних сил равна 0.

4. Работа переменной силы. Кинетическая энергия и ее связь с работой внешних и внутренних сил.

Тела, образующие механическую системы могут взаимодействовать как между собой, так и с телами не принадлежащими данной системе. В соответствии с этим силы, действующие на тела системы подразделяются на внутренние и внешние.

Внутренние силы - это силы, с которыми на данное тело воздействуют остальные тела системы.

Внешние силы - это силы, обусловленные воздействием тел не принадлежащих данной системы. В случае, если внешние силы отсутствуют система называется замкнутой.

Кинетическая энергия. Если система замкнута, то есть **F**=0, то d(mv2/2)=0, а сама величина T=mv2/2 остаётся постоянной.

Кинетическая энергия связана с работой внешних и внутренних сил. Если на частиц действует сила **F**, кинетическая энергия не остаётся постоянной. В этом случае, согласно утверждению d(mv2/2)=**F**d**s**, приращение кинетической энергии за время dt равно скалярному произведению **F**d**s** (d**s** - перемещение частицы за время dt). Величина dA=**F**d**s**называется работой силы **F** на пути d**s**(d**s** - это модуль перемещения). Работа результирующей всех сил, действующих на частицу идёт на приращение кинетической энергии частицы, A=t2-t1, следовательно энергия имеет такую же размерность, как и работа, в соответствии энергия измеряется в тех же единицах, что и работа.

5. Понятие поля. Консервативные силы и потенциальные поля. Потенциальная энергия материальной точки во внешнем силовом поле. Связь силы и потенциальной энергии. Поле центральных сил. Потенциальная энергия системы. Потенциальная энергия упругой деформации. Потенциальная энергия в поле тяготения.

Поле сил - это поле в котором частица в каждой точке пространства подвержена воздействию других тел. Для стационарного поля может оказаться что работа совершаемая над частицей силами поля зависит лишь от начального и конечного положения частицы и не зависит от пути по которому двигалась частица. Силы, обладающие таким свойством, называются консервативными силами(их работа не зависит от того как двигалось тело на которые они дейстовали). Отметим что консервативное поле сил являются частным случаем потенциального силового поля. Поле сил называется потенциальным, если его можно описать следующей функции П(x,y,z,t), градиент которой определяет силу в каждой точке поля: **F**=**Ñ**П.Функция П называется потенциальной функцией или потенциалом. E=T+U - это величина для частицы находящейся в поле консервативных сил.Þ U входит слагаемым в интеграл движения имеющей размерность энергии. В связи с этим функцию U(x,y,z) называют потенциальной энергией частицы во внешнем поле сил. Иначе можно сказать что работа совершается за счет запаса потенциальной энергии. Связь силы и потенциальной энергии существует. Сравнение 1)**F**=Fx**ex**+Fy**ey**+Fz**ez**=(-dU/dx)**ex**-(dU/dy)**ey**-dU/dz)\***ez** и 2) **Ñ**j=(dj/dx)**ex**+(dj/dy)**ey**+(dj/dz)**ez** что консервативная сила равна градиенту потенциальной энергии взятой с обратным знаком А=-U. Поле центральных сил- это поле характерное тем что направление силы действующей на частицу в любой точке пространства проходит через неподвижный центр а величина силы зависит только от расстояния до этого центра F=F(r). Согласно E=åEi=åTi+åUi=const полная механическая энергия системы независимо действующих частиц на некоторые действуют только консервативные силы, остаётся постоянной. Это утверждение выражает закон сохранения энергии для указанной механической системы. Согласно формуле A=kx2/2 как для расширения, так и для сжатия пружины на величину x необходимо затратить работу A=kx2/2. Эта работа идет на увеличение потенциальной энергии пружины.ÞЗависимость потенциальной энергии пружины от удлинения имеет вид U=kx2/2 где k-коэффициент жесткости пружины (эта формула написана в предположении, что потенциальная энергия недеформированной пружины равна нулю). При упругой продольной деформации стержня совершается работа, определяемая формулой A=1/2(Es/l0)(Dl)2=1/2Esl0(Dl/l0)2=1/2Eve2. В соответствии с этим потенциальная энергия упруго деформируемого стержня равна U=(Ee2/2)V, где e - относительная деформация e=x/l, E - модуль Юнга, а V - это объём тела. Потенциальная энергия в поле тяготения. Епот=-GmM/r

6. Закон сохранения механической энергии. Диссипация энергии.

Закон сохранения механической энергии. Механическая энергия системы тел, на которые действуют только консервативные силы остается постоянной величиной E=T+U, то есть является интегралом движения . Из уравнения следует, что U входит слагаемым в интеграл движения, имеющий размерность энергии. В связи с этим функцию U(x,y,z) называют потенциальной энергией частицы во внешнем поле сил. Eп=mgh; Ek=mv2/2. Поле консервативных сил - это частный случай потенциального силового поля.

7. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Момент силы. Момент импульса материальной точки. Связь между моментом силы и моментом импульса. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент инерции. Теорема Штейнера. Момент импульса тела относительно неподвижной оси. Закон сохранения момента импульса. Работа при вращении твердого тела. Кинетическая энергия вращающегося тела.

Поступательное движение твёрдого тела. При поступательном движение все точки тела производят за один и тот же промежуток времени равные по величине и направлению перемещения, вследствие чего скорость и ускорения всех точек тела в каждый момент времени остаются равными, следовательно достаточно определить движение одной точки тела для того чтобы охарактеризовать полностью движение всего тела.

Вращательное движение. При вращательном движение все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения. Для описания вращательного движения нужно положение в пространстве оси вращения и угловая скорость тела в каждый момент времени. Момент силы. Моментом силы F относительно некоторой точки O называется векторная величина M, **M**=[**rF**];|**rF**|=|**r**||**F**|Sina,**r**-радиус-вектор M=Fl;l=rSina, l-плечо силы.

Момент импульса материальной точки. Аддитивно сохраняющаяся величина, относительно точки O, для отдельно взятой частицы моментом импульса относительно точки O называется псевдовектор **L**=[**r**,**p**]=[**r**,m**v**]=m[**r**,**v**].

Основное уравнение вращательного движения. **M**=I**e**, где **M** - это момент силы, действующий на тело, I - это момент инерции тела, а **e** - это угловое ускорение. Момент инерции. Момент инерции - это величина равная сумме произведений всех масс на квадраты их расстояний от некоторой оси, I=Smiri2.

Моменты инерций простейших тел. 1. Материальная точка I=mr2. 2. Тонкий однородный стержень I=1/12ml2, при оси проходящей через его центр масс. 3. Обруч I=mr2. 4. Диск I=1/2mr2. 5. Шар I=2/5mr2.

Теорема Штейнера. Момент инерции тела относительно некоторой оси равен сумме момента инерции тела относительно оси, проходящей через его центр масс и параллельной данной и произведения массы тела на квадрат расстояния между осями. I=I0+ma2.

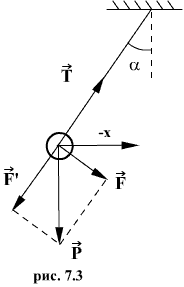
Момент импульса тела относительно неподвижной оси. Для однородного тела, симметричного относительно оси вращения, момент импульса, относительно точки O, лежащей на оси вращения совпадает по направлению с вектором **a**. В этом случае модуль импульса относительно оси равен M=Iw.

Закон сохранения момента импульса. Этот закон основывается на динамики вращательного движения тела. D/dt(Iw)=MÞdL/dt=M.Если сумма моментов сил относительно оси равна 0, то момент импульса данной оси остаётся постоянным. Пример скамья Жуковского. Работа при вращении твёрдого тела. При вращении тела внутренние силы работы не совершают. Работа же внешних сил определяется формулой dA=Nwdj. Знак работы зависит от знака Nw, то есть от знака проекции вектора N на направление вектора w.

Кинетическая энергия вращающегося тела. Кинетическая энергия тела, вращающегося относительно неподвижной оси равняется T=1/2Iw2, где I - момент инерции относительно оси вращения. Колебания математического и физического маятника. Колебания это процесс отличающегося той или иной степенью повторяемости. Маятник - это твёрдое тело, совершающее под действием силы тяжести колебания относительно неподвижной точки или оси. Принято различать математический и физический маятники. Математический маятник - это идеализированная система, состоящая из невесомой нерастяжимой нити, на которой подвешено тело, масса которого сосредоточена в одной точке. Период T=2pÖ(l/g). Математический маятник с длинной нити l будет иметь такой период колебаний, как и физический маятник. Эта величина называется приведённой длинной lпр=I/ml. Если колеблющееся тело нельзя представить как материальную точку, то маятник называется физическим. T=2pÖ(I/mgl).

8. Колебания математического и физического маятников.

Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на нерастяжимой невесомой нити, совершающая колебательное движение в одной вертикальной плоскости под действием силы тяжести.



Таким маятником можно считать тяжелый шар массой m, подвешенный на тонкой нити, длина l которой намного больше размеров шара. Если его отклонить на угол α (рис.7.3.) от вертикальной линии, то под влиянием силы F – одной из составляющих веса Р он будет совершать колебания. Другая составляющая , направленная вдоль нити, не учитывается, т.к. уравновешивается силой натяжения нити. При малых углах смещения  и, тогда координату х можно отсчитывать по горизонтальному направлению. Из рис.7.3 видно, что составляющая веса, перпендикулярная нити, равна



Знак минус в правой части означает то, что сила F направлена в сторону уменьшения угла α. С учетом малости угла α



Для вывода закона движения математического и физического маятников используем основное уравнение динамики вращательного движения

Момент силы относительно точки О: , и момент инерции:  
*M = FL* .  
Момент инерции *J* в данном случае  
Угловое ускорение:  


С учетом этих величин имеем:  


или

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.8) |

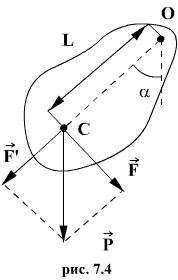
Его решение  
,

|  |  |
| --- | --- |
| где  и | (7.9) |

Как видим, период колебаний математического маятника зависит от его длины и ускорения силы тяжести и не зависит от амплитуды колебаний.

*Физический маятник.*

Физическим маятником называется твердое тело, закрепленное на неподвижной горизонтальной ocи (оси подвеса), не проходящей через центр тяжести, и совершающее колебания относительно этой оси под действием силы тяжести. В отличие от математического маятника массу такого тела нельзя считать точечной.



При небольших углах отклонения α (рис. 7.4) физический маятник так же совершает гармонические колебания. Будем считать, что вес физического маятника приложен к его центру тяжести в точке С. Силой, которая возвращает маятник в положение равновесия, в данном случае будет составляющая силы тяжести – сила F.



Знак минус в правой части означает то, что сила F направлена в сторону уменьшения угла α. С учетом малости угла α



Для вывода закона движения математического и физического маятников используем основное уравнение динамики вращательного движения

 . Момент силы: определить в явном виде нельзя. С учетом всех величин,входящих в исходное дифференциальное уравнение колебаний физического маятника имеет вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.10) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.11) |

Решение этого уравнения  


Определим длину l математического маятника, при которой период его колебаний равен периоду колебаний физического маятника, т.е.  или

.  
Из этого соотношения определяем  


Данная формула определяет приведенную длину физического маятника, т.е. длину такого математического маятника, период колебаний которого равен периоду колебаний данного физического маятника.

9. Преобразования Галилея. Механический принцип относительности. Нарушение классического закона сложения скоростей. Опыты по определению скорости света. Опыт Майкельсона.

Преобразования Галилея. Рассмотрим две системы отсчета движущиеся друг относительно друга и с постоянной скоростью v0.Одну из этих систем обозначим буквой K. Будем считать неподвижной. Тогда вторая система K¢ будет двигаться прямолинейно и равномерно. Выберем координатные оси x,y,z системы K и x',y',z' системы K' так что оси x и x' совпадали, а оси y и y' , z и z', были параллельны друг другу. Найдем связь между координатами x,y,z некоторой точки P в системе K и координатами x',y',z' той же точки в системе K'. Если начать отсчёт времени с того момента, когда начало координат системы, совпадали, то x=x'+v0t, кроме того, очевидно, что y=y', z=z'. Добавим к этим соотношениям принятое в классической механике предположение, что время в обеих системах течёт одинаковым образом, то есть t=t'. Получим совокупность четырёх уравнений : x=x'+v0t;y=y';z=z';t=t', названных преобразованиями Галилея.

Механический принцип относительности. Положение о том, что все механические явления в различных инерциальных системах отсчёта протекают одинаковым образом, вследствие чего никакими механическими опытами невозможно установить, покоится ли система или движется равномерно и прямолинейно носит названия принцип относительности Галилея.

Нарушение классического закона сложения скоростей. Исходя из общего принципа относительности (никаким физическим опытом нельзя отличить одну инерциальною систему от другой), сформулированным Альбертом Эйнштейном, Лоуренс изменил преобразования Галилиея и получил : x'=(x-vt)/Ö(1-v2/c2); y'=y; z'=z; t'=(t-vx/c2)/Ö(1-v2/c2). Эти преобразования называются преобразованиями Лоуренса.

Опыт Майкельсона. Пытаясь обнаружить так называемый "эфирный ветер", Майкельсон проводил опыт, в результате которого, при различии скорости света в разных направлениях интерференционные полосы должны были бы смещаться, но этого не происходило. Было предпринято множество попыток объяснить это явления исходя из наличия эфира, например, то, что эфир увлекается землёй, при её вращении. Но они были недостаточно убедительны и противоречивы. После чего в 1905 году Альберт Эйнштейн объяснил отрицательный результат опыта Майкельсона-Морли, его исходя из постоянства скорости света, в любых инерциальных системах отсчёта (обобщив принцип относительности Галилея).

10. Постулаты СТО. Свойства пространства и времени. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Релятивистское изменение длин и промежутков времени. Энергия в СТО. Релятивистское выражение для кинетической энергии. Соотношение между энергией, импульсом и массой в СТО. Границы применимости классической механики.

Постулаты СТО. 1. Принцип относительности Эйнштейна. Согласно ему, все законы природы одинаковы во всех системах отсчёта. Принцип относительности формулируется следующим образом: уравнения, выражающие законы природы инвариантны по отношению к преобразованиям координат и времени от данной инерциальной системы отсчёта к другой. (Инвариантностью называется неизменности вида всех уравнений, при замени в нём координат и времени, координатами и временем из другой системы.) 2. Принцип постоянства скорости света, утверждает, что скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчёта и не зависит от источников и приёмников света.

Преобразования Лоуренса y'=y; z'=z; x'=(x-vt)/Ö(1-v2/c2); t'=(t-vx/c2)/Ö(1-v2/c2). Если применить общепринятое обозначение b=v0/c Þ y'=y; z'=z; x'=(x-bct)/Ö(1-b2); t'=(t-xb/c)/Ö(1-b2).

Следствия из преобразований Лоуренса. Из преобразований Лоуренса вытекает ряд необычных с точки зрения ньютоновской механики следствий : 1. Одновременность событий в разных системах отсчёта. Пусть в системе K в точках с координатами x1 и x2 происходят одновременно два события в момент времени t1=t2=b. Согласно t'=(t-xb/c)/Ö(1-b2) в системе K' этим событиям буду соответствовать моменты времени t1'=(b-x1b/c)/Ö(1-b2), t2'=(b-x2b/c)/Ö(1-b2), из этих формул видно, что если события в системе K пространственно разобщены (x1¹x2), то в системе K они не будут одновременны. 2. Длина тел в разных системах отсчёта. Воспользовавшись обозначениями l и l0, а также заменив относительную скорость систем отсчёта v0 равной ей скоростью v стержня относительно системы K, придём к соотношению: l=l0Ö(1-v2/c2). Таким образом, длинна стержня l, измеренная в системе, относительно которой он движется, окажется меньше длинны l0, измеренной в системе, относительно которой стержень покоится. 3. Промежуток времени между событиями. Пусть в одной и той же точке системы K происходят два события. Первому событию в этой системе соответствует координата x1'=a и момент времени t1', второму событию соответствует координата x2'=a и момент времени t2'. Этим событиям в системе K соответствует момент времени t1(2)=( t1(2)'+(v0/c2)a)/Ö(1-v02/c2)Þt1-t2= (t1'-t2')/Ö(1-v02/c2). Введя обозначения t1-t2=Dt и t1'-t2'=Dt' получим формулу : Dt=Dt'/Ö(1-v02/c2), которая связывает промежуток времени между двумя событиями, измеренное в системах K и K'. Напомним, что в системе K' оба события происходят в одной и той же точке x1'= x2' (Собственное время - это время, отсчитанное по часам, движущимся вместе с частицей (Dt=Dt) : Dt=Dt'/Ö(1-v02/c2).

11. Статистический и термодинамический методы исследования. Термодинамические параметры.

Идеальный газ. Термодинамическая система. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Статистический метод основан на представлении о том, что все вещества состоят из молекул, находящихся в хаотическом движении. Так как число молекул огромно, то можно, применяя законы статистики, найти определённые закономерности для всего вещества в целом.

Термодинамический метод исходит из основных опытных законов, получивших название законов термодинамики. Термодинамический метод подходит к изучению явлений подобно классической механике, которая базируется на опытных законах Ньютона. При таком подходе не рассматривается внутреннее строение вещества.

Термодинамические параметры: объём , температура , давление и масса , концентрации составляющих систему веществ , химические потенциалы составляющих веществ , внутренняя энергия , энтропия .

**Идеальный газ** – теоретическая модель газа, для которого можно пренебречь размерами молекул, силами молекулярного взаимодействия; соударения молекул в таком газе происходят по закону соударения упругих шаров.

**Термодинамическая система** – система тел, способных обмениваться между собой и с другими телами энергией и веществом; выделяемая для изучения макроскопическая физическая система, состоящая из большого числа частиц и не требующая для своего описания привлечения микроскопических характеристик отдельных частиц.

**Равновесным**, или квазистатическим, называется тепловой процесс, в котором система под влиянием бесконечно малых воздействий со стороны внешней среды или вследствие наличия внутренней бесконечно малой разности в величинах интенсивных параметров бесконечно медленно проходит непрерывный ряд бесконечно близких равновесных термодинамических состояний.

**Неравновесный** процесс происходит с конечной скоростью, обусловленной конечной разностью в давлениях и температурах между системой и внешней средой или большой неравномерностью температурных, концентрационных и иных полей внутри системы. Неравновесные процессы необратимы.

12. Среднеквадратичная скорость молекул. Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры.

**Средняя квадратичная скорость**равна корню квадратному из средней арифметической величины квадратов скоростей отдельных молекул. 

С точки зрения МКТ **абсолютная температура** есть величина, пропорциональная средней энергии поступательного движения молекулы. 

13. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (вывод). Число степеней свободы молекулы. Закон распределения энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа.

Пусть имеется кубический сосуд с ребром длиной  и одна частица массой  в нём. Обозначим скорость движения , тогда перед столкновением со стенкой сосуда импульс частицы равен , а после — , поэтому стенке передается импульс . Время, через которое частица сталкивается с одной и той же стенкой, равно . Отсюда следует: . Так как давление****.Подставив, получим:****. Рассматривается кубический сосуд . Таким образом, для большого числа частиц верно следующее: , аналогично для осей  и . Поскольку . Это следует из того, что все направления движения молекул в хаотичной среде равновероятны . Пусть  – среднее значение кинетической энергии одной молекулы, тогда: откуда, используя то, что (количество вещества), а , имеем .

**Внутренняя энергия** – это сумма энергий молекулярных взаимодействий и энергии теплового движения молекул. Внутренняя энергия системы зависит только от её состояния и является однозначной функцией состояния.

**Внутренняя энергия идеального газа** пропорциональна массе газа и его абсолютной температуре. Внутренняя энергия газа представляет собой среднюю кинетическую энергию всех его атомов. 

14. Работа газа при расширении. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.

**Работа газа при расширении** 

При изохорном процессе ;

При изобарном процессе ;

При изотермическом процессе ;

При адиабатическом процессе 

**Количество теплоты** []=[Дж] – энергия, которую получает или теряет тело при теплопередаче.

**Первое начало термодинамики**: 

15. Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкости. Удельная и молярная теплоемкости. Формула Майера. Границы применимости теории.

**Теплоемкость** () [Дж/К] – величина, равная отношению количеству тепла , сообщенного системе, к изменению температуры системы .

**Удельная теплоёмкость** () [Дж/кг\*К] – это отношение теплоёмкости к массе.

**Молярная теплоёмкость** () [Дж/моль\*К] – отношение теплоёмкости к количеству вещества.

## Формула Майера ()

**Границы применимости**:

для 1-атомных , когда начинается ионизация атомов;

для 2-атомных от . При  теплоемкость медленно растет и при  обращается в бесконечность. При этой температуре наступает диссоциация двухатомных молекул на отдельные атомы. Тепло расходуется на совершение работы по разрыву межатомных связей. После диссоциации молярная теплоемкость двухатомного газа переходит в молярную теплоемкость одноатомного газа с удвоенным числом частиц.

У двухатомных газов при  теплоемкость падает до . При  теплоемкость всех газов с понижением температуры быстро убывает и при  стремится к нулю.

16. Изопроцессы идеального газа. Зависимость теплоемкости от вида процесса. Адиабатический процесс.

**Изопроцессы**: изотермический (), изохорический (), изобарический () и адиабатический ().

**Зависимость теплоемкости от вида процесса**: 

17. Тепловые двигатели и холодильные машины. КПД. Обратимые и необратимые процессы. Круговой процесс. Цикл Карно для идеального газа и его КПД.

**Тепловой двигатель** – машина, в которой внутренняя энергия топлива превращается в механическую энергию.

**Холодильная машина** – устройство, служащее для отвода теплоты от охлаждаемого тела при температуре более низкой, чем температура окружающей среды.

**КПД** () – характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии.

**Обратимый процесс** – равновесный термодинамический процесс, который может проходить как в прямом, так и в обратном направлении, проходя через одинаковые промежуточные состояния, причем система возвращается в исходное состояние без затрат энергии, и в окружающей среде не остается макроскопических изменений.

**Круговые процессы** в термодинамике – такие процессы, в которых начальные и конечные параметры, определяющие состояние рабочего тела, совпадают.

**Цикл Карно** – это идеальный круговой процесс, состоящий из двух адиабатических и двух изотермических процессов. В цикле Карно термодинамическая система выполняет механическую работу за счёт теплообмена с двумя тепловыми резервуарами. 

18. Второе начало термодинамики. Вечный двигатель второго рода. Статистическое толкование второго начала термодинамики. Энтропия в термодинамике. Изменение энтропии при изопроцессах. Статистическое толкование энтропии.

**Второе начало термодинамики** () устанавливает существование энтропии как функции состояния термодинамической системы и вводит понятие абсолютной термодинамической температуры. В изолированной системе энтропия остаётся либо неизменной, либо возрастает (в неравновесных процессах), достигая максимума при установлении термодинамического равновесия (закон возрастания энтропии). Второе начало термодинамики определяет направление процессов, происходящих в природе и связанных с превращением энергии.

Формулировки постулата второго начала термодинамики:

Теплота не может переходить самопроизвольно от более холодного тела к более тёплому. (Постулат Клаузиуса)

Невозможно построить периодически действующую машину, вся деятельность которой сводится к поднятию тяжести и к охлаждению теплового резервуара. (Постулат Томсона (Кельвина) в формулировке М. Планка)

**Термодинамическая энтропия** [**S**]=[Дж/K] – физическая величина, функция состояния, используемая для описания термодинамической системы, одна из основных термодинамических величин.

**Вечный двигатель второго рода** – воображаемое неограниченно долго действующее устройство, позволяющее получать тепло от одного резервуара и полностью превращать его в работу.

Каждый из изопроцессов идеального газа характеризуется своим изменением энтропии , а именно:

изохорический: ;

изобарический: ;

изотермический: ;

адиабатический: .

Адиабатический процесс называют изоэнтропийным процессом, т.к. . Изменение энтропии  идеального газа при переходе его из состояния **1** в состояние **2** не зависит от вида перехода **1–2**.

**Статистический смысл энтропии** состоит в том, что увеличение энтропии изолированной системы связано с переходом этой системы из менее вероятного состояния в более вероятное. Связь энтропии с термодинамической вероятностью установил Больцман: , где  [Дж/К] ─ постоянная Больцмана,  ─ число различных микросостояний, соответствующих данному макроскопическому состоянию

19. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям теплового движения. Вероятностное толкование закона распределения Максвелла.

**Распределение Максвелла** – общее наименование нескольких распределений вероятности, которые описывают статистическое поведение параметров частиц идеального газа. Вид соответствующей функции плотности вероятности диктуется тем, какая величина выступает в качестве непрерывной случайной величины.

**Закон для распределения молекул идеального газа по скоростям**: 

**Наиболее вероятная скорость**: 

**Средняя квадратичная скорость**: 

**Средняя арифметическая скорость**: 

**Вероятностное толкование закона Максвелла.** Выражение  даёт число молекул, величина скоростей которых лежит в интервале от  до . Разделив его на  получим вероятность того, что скорость молекулы окажется между  и , то есть 

20. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц идеального газа во внешнем потенциальном поле.





Если , то 

## Одной молекулы газа



## Потенцирование:



21. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул идеального газа. Эффективный диаметр молекулы.

Столкновение между одинаковыми молекулами может произойти только в том случае, если их центры сблизятся на расстояние, меньшее или равное диаметру  – эффективному диаметру молекулы.

Концентрация 

**Среднее число столкновений** 

Учитывая, что все молекулы движутся, 

Среднеевремя между 2 столкновениями 

**Средняя длина свободного пробега** 

**Эффективный диаметр молекулы** () – минимальное расстояние, на которое сближаются центры двух молекул при столкновении.

22. Реальные газы. Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние. Внутренняя энергия реального газа.

Реальные газы. Поведение реальных газов хорошо описывается уравнением pVM=RT только при слабых силах межмолекулярного взаимодействия. Реальный газ - это газ, между молекулами которого существуют заметные силы межмолекулярного взаимодействия. Для описания свойств реального газа используются уравнения, отличающиеся от уравнения Клаперона-Менделеева.

Уравнение Ван-дер-Вальса описывает поведение газов в широком интервале плотностей: (p+(a'/V2))(V-b')=nRT, a'=n2a, b'=nb, где a и b - константы Ван-дер-Вальса, зависящие от газа, n - количество молей, p - давление, оказываемое на газ извне (равное давлению газа на стенки сосуда).

Изотермы реального газа. Изотермическое - это состояние, когда температура постоянна. Для этого случая, то есть для изотермической атмосферы зависимость давления от высоты равняется p=p0exp(-(Mgh)/(RT)) - это барометрическая формула.

Внутренняя энергия реального газа. U=nCvT-a'/V, где a'=n2a. По этой формуле можно находить приближенное значение внутренней энергии реальных газов

Полезные ссылки:

1. <http://genphys.phys.msu.ru/rus/edu/mech/MechMRZ_2017_m.pdf> (мрз механика)
2. <http://genphys.phys.msu.ru/rus/edu/I_spring.php> (мрз молекулярная физика и термодинамика)