1Кинематика. Основные понятия. Кинематические парадигмы.

.Кинематикой называют раздел механики, в котором движение тел рассматривается без выяснения причин этого движения.

Механическим движением тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.

Механическое движение [относительно](http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/chapter1/section/paragraph2/theory.html). Движение одного и того же тела относительно разных тел оказывается различным. Для описания движения тела нужно указать, по отношению к какому телу рассматривается движение. Это тело называют телом отсчета.

Система координат, связанная с телом отсчета, и часы для отсчета времени образуют систему отсчета, позволяющую определять положение движущегося тела в любой момент времени.

В Международной системе единиц (СИ) за единицу длины принят метр, а за единицу времени – секунда.

Всякое тело имеет определенные размеры. Различные части тела находятся в разных местах пространства. Однако, во многих задачах механики нет необходимости указывать положения отдельных частей тела. Если размеры тела малы по сравнению с расстояниями до других тел, то данное тело можно считать его материальной точкой. Так можно поступать, например, при изучении движения планет вокруг Солнца.

Если все части тела движутся одинаково, то такое движение называется поступательным. Поступательно движутся, например, кабины в аттракционе «Гигантское колесо», автомобиль на прямолинейном участке пути и т. д. При поступательном движении тела его также можно рассматривать как материальную точку.

Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется материальной точкой.

Понятие материальной точки играет важную роль в механике.

Перемещаясь с течением времени из одной точки в другую, тело (материальная точка) описывает некоторую линию, которую называют траекторией движения тела.

Положение материальной точки в пространстве в любой момент времени (закон движения) можно определять либо с помощью зависимости координат от времени x = x(t), y = y(t), z = z(t) (координатный способ), либо при помощи зависимости от времени радиус-вектора 63135217966493-1(векторный способ), проведенного из начала координат до данной точки

Перемещением тела 63135217966602-4называют направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением. Перемещение есть векторная величина.

Пройденный путь l равен длине дуги траектории, пройденной телом за некоторое время t. Путь – скалярная величина.

Если движение тела рассматривать в течение достаточно короткого промежутка времени, то вектор перемещения окажется направленным по касательной к траектории в данной точке, а его длина будет равна пройденному пути.

В случае достаточно малого промежутка времени Δt пройденный телом путь Δl почти совпадает с модулем вектора перемещения 63135217966634-5При движении тела по криволинейной траектории модуль вектора перемещения всегда меньше пройденного пути (рис. 1.1.2).

Для характеристики движения вводится понятие средней скорости:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 63135217966727-7 |  |

В физике наибольший интерес представляет не средняя, а мгновенная скорость, которая определяется как предел, к которому стремится средняя скорость за бесконечно малый промежуток времени Δt:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | 63135217966790-8 | |  |

В математике такой предел называют производной и обозначают 63135217966821-9или 63135217966977-10

Мгновенная скорость 63135217967040-11тела в любой точке криволинейной траектории направлена по касательной к траектории в этой точке. При движении тела по криволинейной траектории его скорость 63135217967337-17изменяется по модулю и направлению. Изменение вектора скорости 63135217967352-18за некоторый малый промежуток времени Δt можно задать с помощью вектора 63135217967384-19(рис. 1.1.4).

Вектор изменения скорости 63135217967384-20за малое время Δt можно разложить на две составляющие: 63135217967399-21направленную вдоль вектора 63135217967399-22(касательная составляющая), и 63135217967399-23направленную перпендикулярно вектору 63135217967399-24(нормальная составляющая).

Мгновенным ускорением (или просто ускорением) 63135217967415-27тела называют предел отношения малого изменения скорости 63135217967415-28к малому промежутку времени Δt, в течение которого происходило изменение скорости:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | 63135217967446-29 | |  |

Направление вектора ускорения 63135217967446-30в случае криволинейного движения не совпадает с направлением вектора скорости 63135217967446-31Составляющие вектора ускорения 63135217967462-32называют касательным (тангенциальным) 63135217967462-33и нормальным 63135217967462-34ускорениями (рис. 1.1.5).

Касательное ускорение указывает, насколько быстро изменяется скорость тела по модулю:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 63135217967493-35 |  |

Вектор 63135217967493-36направлен по касательной к траектории.

Нормальное ускорение указывает, насколько быстро скорость тела изменяется по направлению.

Нормальное ускорение зависит от модуля скорости υ и от радиуса R окружности, по дуге которой тело движется в данный момент:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 63135217967509-37 |  |

Вектор 63135217967509-38всегда направлен к центру окружности ,модуль полного ускорения равен

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 63135217967509-39 |  |

Таким образом, основными физическими величинами в кинематике материальной точки являются пройденный путь l, перемещение 63135217967524-40, скорость 63135217967540-41и ускорение 63135217967540-42. Путь l является скалярной величиной. Перемещение 63135217967555-43, скорость 63135217967555-44и ускорение 63135217967555-45– величины векторные. Чтобы задать векторную величину, нужно задать ее модуль и указать направление. Векторные величины подчиняются определенным математическим правилам. Вектора можно проектировать на координатные оси, их можно складывать, вычитать и т. д.

2.Особенности криволинейного движения (скорость и ускорение). Виды движения.

**Криволинейные движения** – движения, траектории которых представляют собой не прямые, а кривые линии. По криволинейным траекториям движутся планеты, воды рек.

Криволинейное движение – это всегда движение с ускорением, даже если по модулю скорость постоянна. Криволинейное движение с постоянным ускорением всегда происходит в той плоскости, в которой находятся векторы ускорения и начальные скорости точки. В случае криволинейного движения с постоянным ускорением в плоскости *xOy* проекции *vx*и *vy* ее скорости на оси *Ox* и *Oy* и координаты *x* и *y* точки в любой момент времени *t* определяется по формулам

kriv_image027  kriv_image028

kriv_image029kriv_image001kriv_image030

Частным случаем криволинейного движения – является движение по окружности. Движение по окружности, даже равномерное, всегда есть движение ускоренное: модуль скорости все время направлен по касательной к траектории, постоянно меняет направление, поэтому движение по окружности всегда происходит с центростремительным ускорением kriv_image031где *r* – радиус окружности.

Вектор ускорения при движении по окружности направлен к центру окружности и перпендикулярно вектору скорости.

При криволинейном движении ускорение можно представить как сумму нормальной kriv_image032 и тангенциальной kriv_image033 составляющих:

kriv_image034,

kriv_image032 - нормальное (центростремительное) ускорение, направлено к центру кривизны траектории и характеризует изменение скорости по направлению:

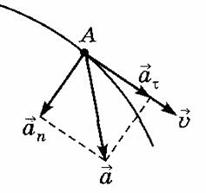
kriv_image035

*v –* мгновенное значение скорости,  *r* – радиус кривизна траектории в данной точке.

kriv_image033 - тангенциальное (касательное) ускорение, направлено по касательной к траектории и характеризует изменение скорости по модулю.

Полное ускорение, с которым движется материальная точка, равно:

kriv_image036.



Кроме центростремительного ускорения, важнейшими характе­ристиками равномерного движения по окружности являются период и частота обращения.

**Период обращения**— это время, за которое тело совершается один оборот*.*

Обозначается период буквой *Т* (с) и определяется по формуле:

kriv_image038

где *t* — время обращения, *п* — число оборотов, совершенных за это время.

**Частота обращения**— это величина, численно равная числу оборотов, совершенных за единицу времени.

Обозначается частота греческой буквой kriv_image039(ню) и находится по формуле:

kriv_image040

Измеряется частота в 1/с.

Период и частота — величины взаимно обратные:

kriv_image041

Если тело, двигаясь по окружности со скоростью *v,* делает один оборот, то пройденный этим телом путь можно найти, умножив ско­рость *v* на время одного оборота:

*l = vT.* С другой стороны, этот путь равен длине окружности 2π*r*. Поэтому

*vT =* 2π*r,*

kriv_image042

kriv_image043

где *w* (с-1) **-** угловая скорость.

При неизменной частоте обращения центростремительное ускорение прямо пропорционально расстоянию от движущейся частицы до центра вращения.

**Угловая скорость** (*w*) – величина, равная отношению угла поворота радиуса, на котором находится вращающаяся точка, к промежутку времени, за который произошел этот поворот:

kriv_images33.

Связь между линейной и угловой скоростями: *v= wr.*

Движение тела можно считать известным лишь тогда, когда известно, как движется каждая его точка. Самое простое движение твердых тел – поступательное. **Поступательным** называется движение твердого тела, при котором любая прямая, проведенная в этом теле, перемещается параллельно самой себе.

3.Кинематика вращательного движения.

Вращательное движение вокруг неподвижной оси абсолютно твердого тела происходит таким образом, что все его точки описывают окружности вокруг неподвижной оси, центр которой находится на этой оси. Окружности, описываемые точками тела расположены в параллельных плоскостях и перпендикулярны оси вращения. Положение тела при таком движении полностью определяется заданием φ – угла поворота, который отсчитывается от произвольного положения радиуса описываемой окружности. Этот угол определяет степень свободы

Угловая скорость

– оценивает изменение φ в единицу времени. Векторная величина, направленная вдоль ост вращения таким образом, чтобы из конца вектора вращение было видно против часовой стрелки.

4 Динамика. Основные понятия.

Динамика— раздел механики, в котором изучаются причины возникновения механического движения. Динамика изучает, как происходит движение тела при его взаимодействии с другими телами. Динамика оперирует такими понятиями, как масса, сила, импульс, энергия.

Динамика, базирующаяся на законах Ньютона, называется классической динамикой. Классическая динамика описывает движения объектов со скоростями от долей миллиметров в секунду до километров в секунду.

Однако эти методы перестают быть справедливыми для движения объектов очень малых размеров (элементарные частицы) и при движениях со скоростями, близкими к скорости света. Такие движения подчиняются другим законам.

С помощью законов динамики изучается также движение сплошной среды, т. е. упруго и пластически деформируемых тел, жидкостей и газов.

1. Причина движения взаимодействия тел.
2. Количественной мерой взаимодействия является сила .Сила- векторная величина , которая имеет 3 характеристики: а)точку приложения б)направление в)численное значение. Силы подчиняются всем правилам действия с векторами.
3. Действия на материальную точку или тело нескольких сил эквивалентно действию результирующей силы.
4. Для задачи представляет интерес рассмотрение действия силы в заданном направлении, то силы раскладываются на составляющие по эти направлениям.
5. При рассмотрении какой-либо системы ,состоящей из нескольких тел или материальных точек ,силы действующие на эти точки или тела со стороны точек или тел не входящих в систему называют ВНЕШНИМИ.
6. Силы, с которой действуют друг на друга точки или тела, входящие в систему называются ВНУТРЕН. СИЛАМИ.
7. ЗАМКНУТОЙ или ИЗОЛИРОВАННОЙ системой называется система (тело или точка) на которую не действуют внешние силы или действие всех внешних сил скомпенсировано.\
8. МАССА-это скалярная физическая величина являющаяся мерой инертности тела.

В классической механике принято:

1)масса независит от скорости.

2)Масса явл. Аддитивная величина(относящийся к сложению),т.е. масса целого равна сумме масс, частей , полная масса системы равна сумме масс, входящих в него тел.

3)закон сохранения массы: какие бы процессы не происходили в системе полная масса системы остается величиной постоянной.(еще Ломоносов сформулировал этот закон)

1. ПЛОТНОСТЬ (Плотность показывает какая масса содержится в единице объема.) , для однородных тел P=
2. Центр инерции или центр масс- называется такая точка С, радиус вектор которой С(xc,yc,tc) отвечает следующему соотношению. c = (mi-масса точек входящих в систему, ri –их радиусы векторы)
3. ИМПУЛЬС или КОЛ-ВО ДВИЖЕНИЯ P=m,

 импульс для системы ,состоящей из точек(тел),массами m,и скоростями Vi (отсюда следует закон сохранения импульса)

T= , c =

ДИНАМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИМПУЛЬСА: Импульс- ц.масс системы,где скорость поступательного движения системы

Вывод :ц.м. замкнутой системы движется равномерно и прямолинейно или нахожится в состоянии покоя.

1. Система отсчета, относительно которой центр масс покоится называется системой центра масс или ц-с истемой. Такая система(ц- система) инерциальная.

5.Законы Ньютона.

*Законы Ньютона* — законы классической механики, позволяющие записать уравнения движения для любой механической системы.

*Первый закон Ньютона:* существуют системы отсчёта (называемые инерциальными), в которых замкнутая система продолжает оставаться в состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения. По сути, этот закон постулирует инертность тел. *Инерциальная система отсчёта* - это система отсчёта, связанная со свободным невращающимся телом. Свободное тело — тело, не взаимодействующее с другими телами.

*Второй закон Ньютона* — дифференциальный закон движения, описывающий взаимосвязь между приложенной к телу силой и ускорением этого тела. Сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение:

Утверждает, что ускорение, которое получает тело, прямо пропорционально приложенной к телу силе и обратно пропорционально массе тела.

Второй закон Ньютона действителен только для скоростей, много меньших скорости света и в инерциальных системах отсчёта.

В данном законе как частный случай заключен первый закон Ньютона. Это можно видеть если = 0 (т.е. если на тело не действуют силы или равнодействующая сил равна нулю) при этом соответственно получаем что и = 0, а значит, тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

*Третий закон Ньютона* объясняет, что происходит с двумя взаимодействующими телами. Возьмём для примера замкнутую систему, состоящую из двух тел. Первое тело может действовать на второе с некоторой силой F12, а второе — на первое с силой F21. Как соотносятся силы? Третий закон Ньютона утверждает: сила действия равна по модулю и противоположна по направлению силе противодействия, . эти силы приложены к разным телам, а потому вовсе не компенсируются.

Сам закон: *Тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной и той же прямой, равными по модулю и противоположными по направлению*.

6.Понятие о центре масс. Принцип независимости действия сил.

Точку пересечения линий действия сил, вызывающих поступательное движение тела, называют центром масс этого тела. Такое название не случайно. Центр масс является точкой, характеризующей распределение масс в данном теле (или в механической системе). Положение центра масс зависит от того, как распределяется по объему тела его масса.

Центр инерции или центр масс- называется такая точка С, радиус вектор которой С(xc,yc,tc) отвечает следующему соотношению. c = (mi-масса точек входящих в систему, ri –их радиусы векторы)Точку пересечения линий действия сил, вызывающих поступательное движение тела, называют центром масс этого тела. Такое название не случайно. Центр масс является точкой, характеризующей распределение масс в данном теле (или в механической системе). Положение центра масс зависит от того, как распределяется по объему тела его масса.

Если на тело одновременно действуют несколько сил ,то каждая из этих точек сообщает точки или телу системы такое ускорение, как если бы других сил не было.

Во втором законе Ньютона сила результирующая всех действующих на тело силю

Относительно тел входящих в систему результирующие силы будут внешними.Второй закон представляет дифференциальные уравнения 2-го порядка.

Пояснение :

1)в левой части исходного уравнения записывается равнодействующая всех внешних сил.=0

2) для замкнутой систему внешние силы не действуют или скомпенсированы.

3)Производная постоянная величина(const)=0 → полный импульс замкнутой системы является величиной постоянной .

Вывод: утверждение о постоянстве полного импульса замкнутой системы –называется законом сохранения импульса. Это фундаментальный закон связан с симметрией пространства, которая проявляется в его однородности ,т.е. физ-е свойства замкнутой системы и законы её движения не зависят от выбора начала системы координат, инерциальной системы отсчета. Поля обладают так же импульсом. Если система не замкнута ,то действующие на неё силы скомпенсированы, то к ней можно применить закон сохранения импульса.

В некоторых процессах (удар, выстрел)импульс частей системы претерпевает изменения за очень короткий промежуток времени .Это связано с возникновением в системе кратковременных взаимодействий , по сравнению с которыми все внешние силы складываются малыми, к таким процессам можно применять.

Рассмотрим два случая:

1. Удар упругий . До взаимодействия скорости и шаров V1 и V2, после после U1 и U2

m1V1≠m2V2

m1U1≠m2U2 после взаимодействия m1V1≠m2V2 =m1U1≠m2U2

1. Неупругое. m1V1+ m2V2 =( m1+m2)U

U- общая скорость после взаимодействия.

7.Движение тел переменной массы.

Движение тел, масса которых изменяется с течением времени вследствие отделения от тела (или присоединения к нему) материальных частиц.

(ур-е Мещеского).

(реактивная сила, меняется m в процессе движения)

– главный вектор всех действующих сил.

- скор. частиц попадающих на тело или ударяющихся о него.

(ур-е Циалковского)

8.Закон сохранения импульса. Удар.

*Полный импульс замкнутой системы двух взаимодействующих частиц остается постоянным.*

*.*

*Удар* — кратковременное взаимодействие тел, при котором происходит перераспределение кинетической энергии.

*Упругий удар* — полная кинетическая энергия системы сохраняется. В классической механике при этом пренебрегают деформациями тел. Энергия на деформации не теряется, а взаимодействие распространяется по всему телу мгновенно.

.

*Неупругий удар* — удар, в результате которого тела соединяются и продолжают дальнейшее своё движение с одинаковой скоростью либо покоятся. Потенциальной энергии не возникает; кинетическая эн. полностью или частично превращается вл внутреннюю. энергию.

Как и при любом ударе, при этом выполняются закон сохранения импульса и закон сохранения момента импульса, но не выполняется закон сохранения механической энергии.

*.*

9.Преобразование Галилея. Механический принцип относительности.

y

y'

z

z'

x

x'

Преобразования Галилея – преобразования координат и времени при переходе от одной ИСО к другой (), которая движется относительно со скоростью . Принцип относительности основан на аксиомах об абсолютности промежутков времени и длин:

1. Ход времени одинаков во всех системах отсчета
2. Размеры, т.е. длина не зависят от скорости движения тела относительно системы отсчета.

Рассмотрим . Рассмотрим и – радиус-векторы точки в системах и .

y

y'

z

z'

x

x'

M

- признак инерциальности системы.

10.Виды сил.

*Сила в механике* — векторная величина, выражающая внешнее воздействие на материальное тело, заставляющее его испытывать ускорение.

1. *Гравитационная.* . Центральная сила, соединяет ц.м. Отрицательная, действ. м-ду двумя массами.

*-* гравитационная постоянная.

Сила универсальная. Массы, входящие в з-н Ньютона, наз гравитационные. Грав. массы идентичны инертным массам, считается. что они равны.

1. *Сила тяжести.* . Действует к поверхности Земли. Эта сила относится к системе «тело+Земля».

.

1. Сила трения. Трение — процесс взаимодействия тел при их относительном движении (смещении).

*Трение скольжения* — сила, возникающая при поступательном перемещении одного из взаимодействущих тел относительно др и действующая на это тело в направлении, противоположном направлению скольжения.

*, где к-* коэф. трения скольжения, зависит от чистоты и природы тел.

*Трение качения* — сила, возникающая при качении одного из двух взаимодействущих тел отн. др. и действующая на первое тело в направлении, противоположном направлению качения. Зависит от скорости.

*Трение покоя* — сила, возникающая между двумя контактирующими телами и препятствующая возникновению относительного движения. Эту силу необходимо преодолеть для того, чтобы привести два контактирующих тела в движение друг относительно друга. Она действует в направлении, противоположном направлению возможного движения.

(согласно 3му з-ну Ньютона)

1. *Вес тела* - сила, с кот вследствие притяжения к Земле тело действует на свою опору или подвес. В отличие от силы тяжести, являющейся гравитационной силой, приложенной к телу, вес - это упругая сила, приложенная к опоре или подвесу.

Из 2го з-на Ньютона как результирующая величина жействующих сил. Вес тела м.б. больше силы тяжести, меньше силы тяж. или равен. В зависимости от того в каком направл. движ. телом с каким ускорением. Вес тела м.б. равен нулю (невесомость).

1. *Сила деформации*. Возникает при растяжении и сжатии.

Сила упругости. .

Деформации разделяют на упругие и пластические. Упругие деформации исчезают, а пластические остаются после окончания действия приложенных сил.

Для упругой деф. действует з-н Гука (утверждение о пропорциональности м-ду упругой силой и деформацией). Силы направлены площади. Под действием этих сил возникает напряжение ; – относительная деформация.

Е- модуль Юнга, зависит от материала.

11 Энергия, работа, мощность.

**Энергия** –скалярная физическая величина являющаяся мерой различный форм движения материй. Энергия не исчезает и не возникает из ничего, она может лишь переходить из одной формы в другую .Понятие энергии связывает воедино все явления природы. В соответствии с различными формами движения рассматривают различные виды энергии: механическую , внутреннюю , электромагнитную, ядерную и д.р.Механическая энергия бывает двух видов: кинетическая и потенциальная.Кинетическая энергия определена массами и скоростями рассматриваемых тел.Потенциальная энергия зависит от взаимного расположения взаимодействующих друг с другом тел. (Эне́ргия — характеристика движения и взаимодействия тел, их способности совершать изменения во внешней среде; количественная мера материи.)

Мерой измерения энергии является работа A=-∆W

Работа определяется как скалярное произведение вектров силы и перемещения.

(Если действующая на тело сила F вызывает его перемещение s, то действие этой силы характеризуется величиной, называемой механической работой (или, сокращенно, просто работой).

(Механической работой А называют скалярную величину, равную произведению модуля силы F, действующей на тело, и модуля перемещения s, совершаемого телом в направлении действия этой силы, т. е.А=Fs.)

Изменение энергии происходит в результате взаимодействий, т.е. действий сил. Рассмотрим расчетную формулу для работы( она физ. Смысла не имеет)

A= d=Vdt (-дельта)

Скалярное произведение векторов:

A=Fds =ds=|d|=Fsds

Если <,- A>0

Если = ,- A=0

Если ,- A<0

A-элементарная работа.

Если на механическую систему действуют несколько сил,то элементарная работа за малый промежуток времени dt будет равна алгебраической сумме работ, совершаемых за этот промежуток времени каждой из сил в отдельности.

A=EAi= Ed=E dt

ds –участок траектории

Работа силы F на конечном участке траектории L, точки её приложения равна сумме работ на всех малых участках этой траектории.

**Диссипативные -**Это силы, суммарная работа которых при любых перемещениях замкнутой системы всегда отрицательна.

Пример: силы трения; скольжения , силы сопротивления при движение в газах и жидкостях.

Диссипативные cилы отличаются от потенциальных сил тем, что они зависят от взаимного положения частей системы , но и от относит. Скоростей движения этих систем.

**Гироскопические -** Это силы зависящие от скорости материальной точки или тела, на которую они действуют . Всегда направлены перпендикулярно направлению движения.

Пример :силы Лоренца,т.е сила действующая на действующий заряд со стороны магнитного поля. Механическая система является консервативной, если все действующие силы со стороны стационарного потенциального поля можно представить в виду полного дифференуциала некоторой ф-и координаты , называющейся силовой функцией.

Фd=dt

dФ=Fdr

Fxdx+Fydy+Fzdz=dx+ dy+ dz .

Если зависит от времени

Fdr= dФ- dt

**Мощность-**скалярная величина, равная отношения элементарной работы , совершенной за промежуток времени dt и этому промежутку N=

Средняя мощность в интервале времени от tdt до t определяется

***<N>=***

Мощностью N называют величину, равную отношению работы А к промежутку времени t, в течение которого эта работа была совершена:

12.Потенциальные силы. Консервативные системы.

*Потенциальными силами* наз. силы, работа кот. зависит только от начального и конечных положений точек приложения сил и не зависит от траектории этих точек и от скор. их движения на этих траекториях.

Силы вз-я частей системы потенциальные, если они зависят от конфигурации системы, т.е. от взаимного расположения частей системы, кот. определяется начальным и конечным положением точек системы.

Механич. сист. является *консервативной,* если все действующие силы со стороны стационарного потенциального поля можно представить в виде полного дифференциала некоторой ф-ции, кот. наз силовой ф-цией.

– если зависит от времени .

13.Кинетическая и потенциальная энергии. Теорема Кёнига. Связь между работой и кинетической энергией.

Кинетическая эн представляет собой энергию, обусловленную движением тела. Wк=mv2/2.

Работа, совершаемая силой при изменении скорости тела, равна изменению кинетической энергии этого тела

Энергию, обусловленную взаимным расположением взаимодействующих между собой тел, называют потенциальной. Wп=mgh.

Работа консервативных сил равна изменению потенциальной энергии тела, взятому с противоположным знаком

Кинетическая энергия –это энергия механического движения. Изменение или энергии под действием силы F равно работе совершенными этой силой.

dWn=dA=d=VmdV

Wr==

Кинетическая энергия системы равна суиие кин. Энергии всех её частей.

=

Изменение кинетической энергии равно алгебраической сумме работ, совершаемых всеми внешними и внутренними силами .

dWk=Aвнеш+Aвнутр

Если система не деформируется(Aвнутр=0),то Aвнутр=0.

Кинетическая энергия зависит от выбора системы отсчета. Рассмотрим k и Vg системы, Ц системы связан с центром масс. Пусть k –система отсчета,Eкин рассматр. Системы будет

Wк=

Если будет рассматривать систему , как систему ,состоящую из множества кинетических точек,то Wк=,- скорость точек, рассматрив. Системой.

=+ ,-скорость точки в Ц- системе,- скорость Ц- системы относит. К-сист.

Wк==E + E + E

E=0,так как по определению Ц-системы.

Wк= E + E

**Потенциальная энергия.**

Потенциальная энергия-это часть механической энергии системы зависящей только от её конфигурации, т.е . взаимного расположения частей системы и их положения (частей системы)во внешнем потенциальном поле. Убыль потенциальной энергии при перемещении системы из произвольного положения 1 в произвольное положение 2 изменяется той работой, которую совершают при этом все потенциальные силы (внутренние и внешние)действующие на эту систему.A12=-dWn=Wn1-Wn2

Подразумевается , что потенциальные силы стационарны. Для получения однозначной зависимости потенциальной энергии системы от её конфигурации в каждой конкретной задаче выбирается так называемая.нулевая конфигурация ,т.е. конфигурация , в которой En изучаемой системы можно считать равной нулю.

Eпотен системы в произвольном состоянии равна работе совершаемой всеми действующими на систему потенциальными силами при переходе системы из рассматриваемого состояния соответствующие нулевой конфигурации системы.

**Теорема Кёнига.**

Кинетическая энергия системы частиц складывается из суммарной кинетической энергии этих частиц в Y системе и кинетическая энергия связана с движением системы частиц, как единого целого. Эта теорема используется при рассмотрении динамики вращения твердого тела. Из теоремы Кёнига следует ,что E кин. Абсолютно твердого тела равна сумме E кин. Поступательного движения этого тела с скоростью его центр масс (Vc) и под E кин. подразумевается вращение вокруг оси вращения, проходящего через центр масс.

**Потенциальная энергия и поле сил.**

Взаимодействие частиц (тел) с окружающими телами может быть описаны двумя путями.

1 с помощью сил (наиболее общий) 2 с помощью потенциальной энергии(3-а консервативных сил) При перемещении частицы из одной точки стационарного поля в консервативных сил в другую точку работа этих сил будет равна убыли потенциальной энергии в данном поле .

A= Wn1-Wn2= -∆ Wn

Fdr= -d Wn

F\* dS\*=FSdS=-d Wn

dS=;

FS= ; ;;

Потенциальная энергия является функцией 3-х. координат x,y,z ,т.е. функцией нескольких переменных.

∂-частная произвлдная (производная по одной переменной)

= -(+ + )

Градиент скалярной функции ,т.е потенциальной энергии

= - grad Wn= -

+ + - "набла"

силаF=- grad Wn(потенциальной энергии частицы в данной точке)

Известно, что работа совершается за счет запаса энергии и , наоборот ,совершая работу, можно увеличить , запас энегрии в каком-либо устройстве.

14.Потенциальная энергия материальной точки в поле центральных сих, из двух материальных точек, упругого тела.

**Потенциальная энергия материальной точки в однородном силовом поле.**

Рассматривает однородное поле силы тяжести:F=-mg ,(dr)=Z, dWn=mgZ

**Потенциальная энергия материальной точки в поле центральных сил.**

Пусть силы действуют в направлении вдоль прямых проходящих через одну и ту же точку-центр силы зависит от расстояния до этой точки.

= , где это радиус вектор , проведенный из центра сил в рассматриваемую точку поля, а это проекция силы на направление радиуса-вектора. Если точка притягивается к центру сил то, <0, а если отталкивается то >0 тогда A=Frdr

Потенциальная энергия: Wn=+ Wr(∞)

Такой случай рассматривается для гравитационных сил и для электростат. Сил, поля точечного заряда , заряженной среды и заряженного заряда.

**Потенциальная энергия взаимодействия двух материальных точек ,между которыми действуют центральные силы, зависящие от расстояния между этими точками и направлены по линии ,соединяющей эти точки.**

=-

= -

dWn=-(d +d)=

Wn=

**Потенциальная энергия упругого тела.**

При внешнем воздействии ( сжатии или растяжении) со стороны тела возникает сила упругости F=-kx. При сжатии x>0 , при растяжении x<0 , Wk=

15.Закон сохранения энергии.

Полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют только консервативные силы, остается постоянной.

Полной механич. эн. наз. эн. механич. движ. и эн. взаимодействия.

.

Закон сохр. эн. связан с однородностью времени: з-н движения замкнутой сист. не зависит от выбора начала отсчета времени.

Механич. эн. замкнутой консервативной сист. изменяется за счет работы, совершаемой всеми непотенциальными силами системы.

.

Во всех реальных механических системах действуют силы сопротивления.

Примечание: . Это выражение обозначает соответственную механич. . Уменьшение собственной энергии объяснятется тем, что оно расходуется на работу против диссипативных сил.

16.Момент силы. Момент инерции. Теорема Штейнера.

Для хар-ки выз. вращ. движ. вводится вект. физ. величина наз. моментом силы. Относит. точки и отн. оси.

*Момент силы отн. точки* – это вект. физ. величина, равная векторному произведению радиуса-вектора (r), проведенного из точки О в точку приложения силы.

Плечо – кратчайшее расстояние от точки, относит. кот. рассматривается момент до линии действ. силы.

Если линия действ. силы проходит через точку О, то момент силы равен нулю.

*Момент силы* – это скалярная физ. вел., равная произведению силы на ось.

Главным моментом сил наз. в-р, равный сумме в-ров моментов всех сил, относит. центра приложения (точка, относит. кот. рассматривается главный момент сил).

Вывод: 1. Когда сила приложена к одной из точек твердого тела, в-р момента сил характеризует способность тела вращаться под действием сил. Такой момент силы наз. *вращающим моментом*.

2. Условие равновесия тела. см 17.

*Момент инерции отн. оси* – это скалярная физ. вел. равная произвед. массы на квадрат его расстояния до рассматриваемой оси вращения. Момент инерции явл. мерой инертности тела при вращательном движении.

Момент инерции тела, относит, оси x, y,z выраж. след. образом:

Момент инерции для дискретной системы точек:

Для цилиндра и диска:

Для шара: (через центр прох. ось.)

Теорема Штейнера: *момент инерции тела относительно произвольной оси равен сумме момента инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела параллельно рассматриваемой оси, и произведения массы тела на квадрат расстояния между осями:*

**.**

17 Момент количества движения .Условие равновесия твердого тела.

Количеством движения, или импульсом частицы, называется произведение ее массы m на скорость v. Изменение импульса происходит тогда и только тогда, когда на частицу действует сила. Если сила не действует, импульс сохраняется, его величина не зависит от времени. Закон сохранения импульса, как и закон сохранения энергии, - один из основных законов природы.

P=mv

Момент инерции импульса относительно оси является скалярной величиной.

==()-() +()

= , =+

=,=

=+

==

Производная от момента импульса относительно оси равна моменту сил действующих на тело. Момент внутренних сил попарно уравновешивается , поэтому общий момент внутренних сил равен нулю.=

Для замкнутых систем момент внешних сил равен 0(силы скомпенсированы)

=0→-const или J= const для замкнутой части

Закон сохранения момента импульса. Если система не замкнута, но все внешние силы, действующие на нее скомпенсированы, что к ней можно применить закон сохранения момента импульса.

=J-это выражение можно использовать , если и совпадают по направлению и тело вращения вокруг одной из главных осей инерции.

= -основное уравнение. Динамика при вращательном движении.

= . J =J=

**Условие равновесия твердого тела.**

Для нахождения тела в состоянии покоя, при действии на него сил, необходимо и достаточно выполнения двух условий:

А)результирующая всех внешних сил приложенных к телу должна быть равной нулю.

Б) суммарный момент действующих сил относительно точки должен быть равен нулю.(только в той системе, в которой тело покоится)

18. Основной закон динамики вращательного движения.

(II закон Ньютона для вращательного движения):

*Момент вращающей силы, приложенной к телу, равен произведению момента инерции тела на угловое ускорение.*

Момент инерции тела характеризует инерционные свойства тела при вращательном движении подобно массе, характеризующей инерционные свойства тела при поступательном движении. Момент инерции тела имеет множество значений, в зависимости от оси вращения.

Если вращающий момент постоянен и момент инерции , то основной закон вращения можно представить в виде

**,**

- импульс момента силы, -момент импульса тела .

19 Гироскоп.Движение сводного твердого тела.

**Гироскоп (**от гиро... и ...скоп), быстро вращающееся твёрдое тело, ось вращения которого может изменять своё направление в пространстве. Г. обладает рядом интересных свойств, наблюдаемых у вращающихся небесных тел, у артиллерийских снарядов, у детского волчка, у роторов турбин, установленных на судах, и др.( твердые тела ,которые вращаются вокруг центра симметрии. Одна точка как правило закреплена Вращающий момент создается силой тяжести . = )

На свойствах Г. основаны разнообразные устройства или приборы.

Свойства Г. проявляются при выполнении двух условий: 1) ось вращения Г. должна иметь возможность изменять своё направление в пространстве; 2) угловая скорость вращения Г. вокруг своей оси должна быть очень велика по сравнению с той угловой скоростью, которую будет иметь сама ось при изменении своего направления.

импульса.

ГИРОСКОП, навигационный прибор, основным элементом которого является быстро вращающийся ротор, закрепленный так, что ось его вращения может поворачиваться. Три степени свободы (оси возможного вращения) ротора гироскопа обеспечиваются двумя рамками карданова подвеса. Если на такое устройство не действуют внешние возмущения, то ось собственного вращения ротора сохраняет постоянное направление в пространстве. Если же на него действует момент внешней силы, стремящийся повернуть ось собственного вращения, то она начинает вращаться не вокруг направления момента, а вокруг оси, перпендикулярной ему (прецессия).

Применение. Гироскоп чаще всего применяется как чувствительный элемент указывающих гироскопических приборов и как датчик угла поворота или угловой скорости для устройств автоматического управления. В некоторых случаях, например в гиростабилизаторах, гироскопы используются как генераторы момента силы или энергии.

**Движение сводного твердого тела.**

Описывается двумя дифференциальными уравнениями.

(m)= Первое уравнение описывает поступательное движение со скоростью V его центра масс. Главный вектор внешних сил.

= Второе уравнение описывает закон изменения момента импульса при вращательном движении

-Главный момент внешних сил

-Момент импульса тела относительно оси проходящий через центр масс.

***=*** Кинетическая энергия согласно теореме Кенига, выражается таким образом.

Замечание:

Законы сохранения энергии и импульса тесно связаны с закона симметрии пространства и времени:

1. Однородность пространства: закон сохранения импульса в замкнутой системе связан с однородностью пространства: все явления в замкнутой системе не изменяются, если осуществлять параллельный перенос системы из одного места в пространстве в другое таким образом ,чтобы все тела в системе оказались в тех же условиях, в каких они находились в исходном положении системы будет зависит только от их взаимного расположения.
2. Однородность времени: сохранение энергии в замкнутой системе связано с однородностью времени: все явления в замкнутой системы при одинаковых начальных условиях будут далее протекать совершенно одинаково ,не зависимо от того в какой момент времени это начальные условия созданы. Однородность времени показывает, что энергия системы определяется только её механическими свойствами.

20. Неинерциальные системы отсчета.

Для описания механического движения можно также использовать неинерциальные системы отсчета (НСО), построенные на телах, которые движутся ускоренно. Нерелятивистский IIой закон Ньютона в НСО имеет вид 

, (3.21)

где  - относительное ускорение частицы, измеряемое в НСО,  - обычная сила взаимодействия данной частицы с другими частицами или внешними физическими полями и  - сила инерции.

Введённые в (3.21) силы инерции обладают следующими свойствами:

1) вид силы инерции зависит от характера ускоренного движения НСО;

2) величина сил инерции пропорциональна массе частицы;

3) силы инерции – непарные силы, для них нет сил противодействия и поэтому они не подчиняются IIIему закону Ньютона.

y

y'

z

z'

x

x'

O

O’

Система k’ движется поступательно относительно системы k с ускорением – ускорение, с которым движется O’ относительно O. - ускорение точки относительно системы k’.

Таким образом частица относительно системы k’ ведет себя, как если бы кроме реальной силы F на нее бы действовала фиксированная сила, равная . Эту силу назвали силой инерции.

Фиктивность силы инерции заключается в том, что не существует тел, воздействием которых она обуславливается. К силе инерции нельзя применить 3-й закон Ньютона. Сила инерции обусловлена свойствами систем отсчета, являющимися неинерциальными, в которых рассматриваются механические явления.

- это вид второго закона динамики в неинерциальной системе отсчета. Пусть система k’ еще вращается с постоянной угловой скоростью вокруг своей оси вращения, и пусть частица перемещается в такой системе. Тогда:

- второй закон динамики для неинерциальной с.о., которая движется поступательно, вращается и частица также перемещается в этой системе.

Даже если , частица будет перемещаться в системе k’ под действием силы инерции. Полученное уравнение показывает, что введение силы инерции позволяет сохранить форму основного уравнения динамики для неинерциальных систем отсчета, т.е. слева находится , а справа силы.

21. Силы инерции. Принцип эквивалентности.

(поступательная сила инерции. которая описывает поступательное движение неинерциальной сист. относительно инерциальной).

– сила Кориолиса.

– центробежная сила.

Сила инерции зависит от свойств неинерциальной системы: ускорения относительно инерц. системы, собственной угловой скорости, расстояния от оси вращения, - скорость частицы в этой сист. отсчета.

Принцип эквивалентности: Все физ явления протекют одинаково как в поле сил тяготения. так и в однородном поле сил инерции. практические задачи можно решать как в инерции. так и в неинерц. сист. отсчета.

22-26.

Элементы теории относительности

1905 – представление работы Эйнштейна по частной теории относительности (эта работа основана на работах Лоренца и Анри Пуанкаре).

Эта теория расширяет границы Ньютоновской механики, и получила название релятивистской механики.

1. Все физические законы (как механические, так и электромагнитные) имеют одинаковый вид во всех ИСО, т.е. никакими опытами нельзя выделить какую-то одну систему отсчета, и назвать покоящейся. Этот постулат – расширение принципа относительности Галилея на электромагнитные процессы.
2. Скорость света в вакууме одинакова во всех ИСО:
3. Она не зависит от скорости источника
4. Не зависит от того, в какой ИСО находится наблюдатель, т.е. не зависит от скорости приемника

Преобразования Лоренца

Преобразования Лоренца связывают между собой координаты и время событий, измеренные в дух ИСО, одна из которых (k’) движется относительно k со скоростью . Выбираем такие же координаты, и время, как в преобразовании Галилея.

и

Часто удобно использовать преобразования Галилея для разности координат и времени двух событий:

,

Преобразования Лоренца при скоростях, значительно меньших скорости света, переходят в преобразования Галилея. Преобразования выводятся из двух постулатов ЧТО и из требования линейности преобразований. Это требование выражает свойство однородности пространства.

Обратные преобразования

От k к k’ получаются заменой на :

,

Следствия из ЧТО:

1. Сокращение длины (1)

Рассмотрим твердое тело, которое движется поступательно со скоростью , и свяжем с этим телом систему координат k’. Получаем формулу (1), где – абсолютный продольный размер, т.е. размер, измеренный в системе k’, в которой тело неподвижно. Поперечные размеры тела не меняются.

1. Относительность хода времени.

Из преобразования Лоренца видно, что время протекает по-разному в разных ИСО. В частности, события, происходящие в системе k одновременно, т.е. в разных точках пространства в системе k’ не будут одновременными.

*может быть положительным или отрицательным.*

Этот факт называется относительностью одновременности. Часы, движущиеся вместе с системой k’, но неподвижные относительно нее, показывают собственно время системы. С точки зрения наблюдателя в системе k эти часты отстают от собственных, и наблюдается эффект замедления времени.

На этом основан парадокс близнецов. СТО предсказывает различие в возрасте 2-х близнецов, один из которых остался на Земле, а другой путешествовал в глубоком космосе. При возвращении на Землю путешествовавший близнец намного моложе.

Сложение скоростей в СТО

Пусть частица движется со скоростью относительно системы k’. Тогда скорость этой частицы относительно системы k можно выразить следующими соотношениями:

При скоростях, намного меньших скорости света происходит переход к преобразованиям Галилея. На основании этих преобразований был сделан вывод: скорость света является максимально возможной скоростью передачи взаимодействий в природе.

Интервал. Точка. Причинность.

Преобразования Лоренца не сохраняют не величину интервала времени ни длину пространственного отрезка. Можно показать, что при преобразованиях Лоренца сохраняется другая величина:

– интервал между событиями 1 и 2.

Если , то интервал между событиями называют временноподобным, т.к. в этом случае существует ИСО, в которой . Это означает, что события происходят в одном и том же месте, но в разное время. Такие события могу быть связаны причинной связью.

**27 Гармонически колебания . Основные характеристики.**

**Колеба́ния** — повторяющийся в той или иной степени во времени процесс изменения состояний системы. Колебания почти всегда связаны с попеременным превращением энергии одной формы проявления в другую форму.

**Гармоническое колебание** — явление периодического изменения какой-либо величины, при котором зависимость от аргумента имеет характер функции синуса или косинуса. Например, гармонически колеблется величина, изменяющаяся во времени следующим образом:

 или  ,где х — значение изменяющейся величины, t — время, А — амплитуда колебаний, ω — циклическая частота колебаний,  — полная фаза колебаний,  — начальная фаза колебаний в момент времени t=0 и называется начальной фазой колебаний. С изменением начала отсчета времени изменяется и .Следовательно значения начальной фазы определяется выбором начала отсчета времени.

Гармонические колебания отличаются от всех остальных видов колебаний по следующим причинам:

1 Очень часто колебания, как свободные, так и вынужденные, происходящие в реальных системах, имеют форму гармонических колебаний или очень близкую к ней.

2 Широкий класс периодических функций может быть разложен на сумму тригонометрических компонент. Другими словами, любое колебание может быть представлено как сумма гармонических колебаний.

3 Для широкого класса систем откликом на гармоническое воздействие является гармоническое колебание, при этом связь воздействия и отклика является устойчивой характеристикой системы. С учетом предыдущего свойства это позволяет исследовать прохождение колебаний произвольной формы через системы.

Чем меньше силы трения в системе, тем медленнее затухают колебания, тем лучше колебательная система. Для характеристики качества колебательной системы вводится ряд параметров:

Основные характеристики: СКОРОСТЬ ,УСКОРЕНИЕ ,ПОЛНАЯ ЭНЕРГИЯ.

**Ско́рость** - (часто обозначается  , от англ. velocity или фр. vitesse) — векторная величина, характеризующая быстроту перемещения и направление движения материальной точки в пространстве относительно выбранной системы отсчёта. Этим же словом может называться скалярная величина, то есть модуль производной радиус-вектора.

Вектор скорости материальной точки в каждый момент времени определяется производной по времени радиус-вектора этой точки: Здесь v — величина скорости, — направленный вдоль скорости единичный вектор касательной к траектории в точке  .Говорят, что тело совершает мгновенно-поступательное движение, если в данный момент времени скорости всех составляющих его точек равны. Так, например, равны скорости всех точек кабинки колеса обозрения (если, конечно, пренебречь колебаниями кабинки).

**Ускоре́ние** (обычно обозначается  , в теоретической механике ) — векторная величина, показывающая, насколько изменяется вектор скорости точки (тела) при её движении за единицу времени (т.о. ускорение учитывает не только изменение величины скорости, но и её направления).

Например, вблизи Земли падающее на Землю тело, в случае, когда можно пренебречь сопротивлением воздуха, увеличивает свою скорость примерно на 9,8 м/с каждую секунду, то есть, его ускорение равно 9,8 м/с².

*По учебнику*: чтобы охарактеризовать изменение скорости частицы со временем, используется величина a=,называется ускорением частицы. Приняв во внимание соотношение , модно написать , что .следовательно, ускорение модно определить как первую производную скорости по времени либо как вторую производную радиуса-вектора по времени.

**Полная энергия.**

**Эне́ргия** — характеристика движения и взаимодействия тел, их способности совершать изменения во внешней среде; количественная мера материи.

*По учебнику:* Энергия является общей количественной мерой движения и взаимодействия всех видов материи. Энергия не исчезает и не возникает из ничего;она может лишь переходить из одной формы в другую. Понятие энергии связывает воедино все явления природы. В соответствии с различными формами движения материи рассматривают различные виды энергии: механическую, внутреннюю,электромагнитную,ядерную и др.

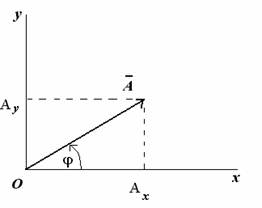
**28Сложение гармонических колебаний (одного направления, взаимно перепндикуляных)**

Сложение гармонических колебаний

Если колебательная система одновременно участвует в двух (или более) независимых колебательных движениях, возникает задача - найти результирующее колебание. В случае однонаправленных колебаний под этим понимается нахождение уравнения результирующего колебания; в случае взаимно перпендикулярных колебаний - нахождение траектории результирующего колебания.

Метод векторных диагр

Рассмотрим вращающийся против часовой стрелки с постоянной угловой скоростью w вектор А. Очевидно, что угол j = wt + j0 где j0 - начальный угол.



Проекции вектора А на оси координат запишутся:

 ,

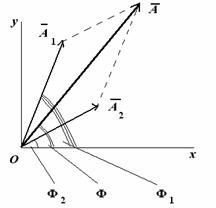


Видно, что проекции вращающегося вектора на оси координат по форме совпадают с уравнением гармонических колебаний, если угловой скорости вектора сопоставить угловую частоту колебаний, а начальному углу - начальную фазу.

Проводя аналогию дальше, можно сказать, что результат сложения двух однонаправленных колебаний можно получить следующим путем: необходимо сложить два вектора, а проекции суммарного вектора на оси координат будут являться уравнениями результирующего колебания. Рассмотрим этот метод на примере сложения двух колебаний с произвольными частотами. Пусть наше тело участвует в двух совпадающих по направлению колебаниях: 



Сопоставим этим колебаниям два вектора А1 и А2, вращающихся с соответствующими угловыми скоростями.



Сопоставляем колебаниям проекции векторов на ось y. Задача сложения колебаний сводится к нахождению проекции вектора А на ось y (амплитуда результирующего колебания) и угла f (фаза результирующего колебания). Из очевидных геометрических соображений находим:





Отметим, что в общем случае сложения колебаний с разными частотами амплитуда результирующего колебания будет зависеть от времени. Если же частоты одинаковы, то , то есть зависимость от времени исчезает. На языке векторной диаграммы это означает, что складываемые векторы при своем вращении не меняют своего относительного положения. В этом случае формулы для амплитуды и фазы результирующего колебания запишутся так: 





Рассмотрим сложение двух однонаправленных колебаний с неравными, но близкими частотами, то есть , и пусть для определенности  . Для простоты пусть начальные фазы и амплитуды этих колебаний равны. В результате сложения двух колебаний

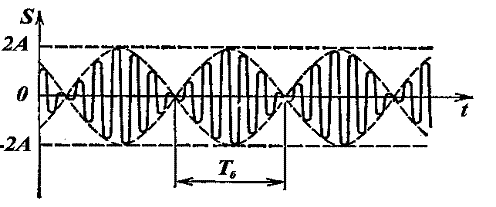




получим уравнение суммарного колебания:



Полученное результирующее колебание не является гармоническим (сравни с уравнением (1)); такого вида колебания носят название биений, название понятно, если посмотреть на график колебаний.



посмотреть на осциллографе

Величина, стоящая перед синусом, меняется со временем относительно медленно, так как разность частот мала. Эту величину условно называют амплитудой биений, а разность складываемых частот  - частотой биений (циклической).

При сложении взаимно перпендикулярных колебаний необходимо найти уравнение траектории тела, то есть из уравнений колебаний типа x = x(t), y = y(t) исключить t и получить зависимость типа y(x).

например, сложим два колебания с одинаковыми частотами:





исключив время, получим: 

В общем случае это - уравнение эллипса. При A1=A2 - окружность, при  (m - целое) - отрезок прямой.

Вид траектории при сложении взаимно перпендикулярных колебаний зависит от соотношения амплитуд, частот и начальных фаз складываемых колебаний. Получающиеся кривые носят название фигур Лиссажу.

29 Затухающие колебания. Характеристики затухания.

);-( Бесконечно длящийся процесс вида  в природе невозможен. Свободные колебания любого осциллятора рано или поздно затухают и прекращаются. Поэтому на практике обычно имеют дело с затухающими колебаниями. Они характеризуются тем, что амплитуда колебаний A является убывающей функцией. Как правило рассматриваются колебания с затуханием по экспоненциальному закону: . Обычно затухание происходит под действием сил сопротивления среды, наиболее часто выражаемых линейной зависимостью от скорости колебаний  или её квадрата.)

**30 Вынужденные колебания.**

Вынужденные колебания,колебания, возникающие в какой-либо системе под действием переменной внешней силы (например, колебания мембраны телефона под действием переменного магнитного поля, колебания механической конструкции под действием переменной нагрузки и т.д.). Характер В. к. определяется как характером внешней силы, так и свойствами самой системы. В начале действия периодической внешней силы характер В. к. изменяется со временем (в частности, В. к. не являются периодическими), и лишь по прошествии некоторого времени в системе устанавливаются периодические В. к. с периодом, равным периоду внешней силы (установившиеся В. к.). Установление В. к. в колебательной системе происходит тем быстрее, чем больше затухание колебаний в этой системе. Вынужденные колебания – это незатухающие колебания. Неизбежные потери энергии на трение компенсируются подводом энергии от внешнего источника периодически действующей силы.

Колебания, совершающиеся под воздействием внешней периодической силы, называются вынужденными.Внешняя сила совершает положительную работу и обеспечивает приток энергии к колебательной системе. Она не дает колебаниям затухать, несмотря на действие сил трения.Периодическая внешняя сила может изменяться во времени по различным законам. Особый интерес представляет случай, когда внешняя сила, изменяющаяся по гармоническому закону с частотой ω, воздействует на колебательную систему, способную совершать собственные колебания на некоторой частоте ω0.Если свободные колебания происходят на частоте ω0, которая определяется параметрами системы, то установившиеся вынужденные колебания всегда происходят на частоте ω внешней силы.После начала воздействия внешней силы на колебательную систему необходимо некоторое время Δt для установления вынужденных колебаний. Время установления по порядку величины равно времени затухания τ свободных колебаний в колебательной системе.В начальный момент в колебательной системе возбуждаются оба процесса – вынужденные колебания на частоте ω и свободные колебания на собственной частоте ω0. Но свободные колебания затухают из-за неизбежного наличия сил трения. Поэтому через некоторое время в колебательной системе остаются только стационарные колебания на част Уравнению, выражающему второй закон Ньютона для тела на пружине при наличии внешнего периодического воздействия, можно придать строгую математическую форму, если учесть связь между ускорением тела и его координатой: Тогда уравнение вынужденных колебаний запишется в виде  где ω0=– собственная круговая частота свободных колебаний, ω – циклическая частота вынуждающей силы.оте ω внешней вынуждающей силы. уравнение вынужденных колебаний содержит две частоты – частоту ω0 свободных колебаний и частоту ω вынуждающей силы. Амплитуда вынужденных колебаний xm и начальная фаза θ зависят от соотношения частот ω0 и ω и от амплитуды ym внешней силы.

На очень низких частотах, когда ω << ω0, движение тела массой m, прикрепленного к правому концу пружины, повторяет движение левого конца пружины. При этом x(t) = y(t), и пружина остается практически недеформированной. Внешняя сила приложенная к левому концу пружины, работы не совершает, т. к. модуль этой силы при ω << ω0 стремится к нулю.

**31 Резонанс.Резонансные кривые.**

Если частота ω внешней силы приближается к собственной частоте ω0, возникает резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний. Это явление называется резонансом. Зависимость амплитуды xm вынужденных колебаний от частоты ω вынуждающей силы называется резонансной характеристикой или резонансной кривой. Если частота ω внешней силы приближается к собственной частоте ω0, возникает резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний. Это явление называется резонансом. Зависимость амплитуды xm вынужденных колебаний от частоты ω вынуждающей силы называется резонансной характеристикой или резонансной кривой. Явление резонанса может явиться причиной разрушения мостов, зданий и других сооружений, если собственные частоты их колебаний совпадут с частотой периодически действующей силы, возникшей, например, из-за вращения несбалансированного мотора.

Резонанс (франц. resonance, от лат. resono — звучу в ответ, откликаюсь), явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний в какой-либо колебательной системе, наступающее при приближении частоты периодического внешнего воздействия к некоторым значениям, определяемым свойствами самой системы. В простейших случаях Р. наступает при приближении частоты внешнего воздействия к одной из тех частот, с которыми происходят собственные колебания в системе, возникающие в результате начального толчка. Характер явления Р. существенно зависит от свойств колебательной системы. Наиболее просто Р. протекает в тех случаях, когда периодическому воздействию подвергается система с параметрами, не зависящими от состояния самой системы (т. н. линейные системы).

Типичные черты Р. можно выяснить, рассматривая случай гармонического воздействия на систему с одной степенью свободы: например, на массу m, подвешенную на пружине, находящуюся под действием гармонической силы F = F0 coswt или электрическую цепь, состоящую из последовательно соединённых индуктивности L, ёмкости С, сопротивления R и источника электродвижущей силы Е, меняющейся по гармоническому закону .Для определенности в дальнейшем рассматривается первая из этих моделей, но всё сказанное ниже можно распространить и на вторую модель. Примем, что пружина подчиняется закону Гука (это предположение необходимо, чтобы система была линейна), т. е., что сила, действующая со стороны пружины на массу m,равна kx, где х — смещение массы от положения равновесия, k — коэффициент упругости (сила тяжести для простоты не принимается во внимание). Далее, пусть при движении масса испытывает со стороны окружающей среды сопротивление, пропорциональное её скорости  и коэффициенту трения b, т. е. равное k (это необходимо, чтобы система оставалась линейной). Тогда уравнение движения массы m при наличии гармонической внешней силы F имеет вид:  (1)

где F0 — амплитуда колебания, w— циклическая частота, равная 2p/Т, Т — период внешнего воздействия,  — ускорение массы m. Решение этого уравнения может быть представлено в виде суммы двух решений. Первое из этих решений соответствует свободным колебаниям системы, возникающим под действием начального толчка, а второе — вынужденным колебаниям. Зависимость амплитуды смещений при вынужденных колебаниях от соотношения между величинами массы m и упругости k легче всего проследить, полагая, что m и k остаются неизменными, а изменяется частота внешнего воздействия. При очень медленном воздействии (w ® 0) амплитуда смещений x0» F0/k. С увеличением частоты w амплитуда x0 растет. Когда w приближается к значению (т. е. к значению частоты собственных колебаний при малом их затухании), амплитуда вынужденных колебаний достигает максимума — наступает Р. Далее с увеличением w =амплитуда колебаний монотонно убывает .Амплитуду колебаний при Р. можно приближённо определить, полагая w = – . Тогда x0= F0/bw, т. е. амплитуда колебаний при Р. тем больше, чем меньше затухание b в системе .Наоборот, при увеличении затухания системы Р. становится всё менее резким, и если b очень велико, то Р. вообще перестаёт быть заметным. С энергетической точки зрения Р. объясняется тем, что между внешней силой и вынужденными колебаниями устанавливаются такие фазовые соотношения, при которых в систему поступает наибольшая мощность (т. к. скорость системы оказывается в фазе с внешней силой и создаются наиболее благоприятные условия для возбуждения вынужденных колебаний).

Если на линейную систему действует периодическое, но не гармоническое внешнее воздействие, то Р. наступит только тогда, когда во внешнем воздействии содержатся гармонические составляющие с частотой, близкой к собственной частоте системы. При этом для каждой отдельной составляющей явление будет протекать так же, как рассмотрено выше. А если этих гармонических составляющих с частотами, близкими к собственной частоте системы, будет несколько, то каждая из них будет вызывать резонансные явления, и общий эффект, согласно суперпозиции принципу, будет равен сумме эффектов от отдельных гармонических воздействий. Если же во внешнем воздействии не содержится гармонических составляющих с частотами, близкими к собственной частоте системы, то Р. вообще не наступает. Т. о., линейная система отзывается, «резонирует» только на гармонические внешние воздействия. Р. весьма часто наблюдается в природе и играет огромную роль в технике. Большинство сооружений и машин способны совершать собственные колебания, поэтому периодические внешние воздействия могут вызвать их Р.

По характеру взаимодействия с окружающей средой:

1)вынужденные – колебания, протекающие в системе под влиянием внешнего периодического воздействия;

2)собственные или свободные – колебания при отсутствии внешних сил, когда система, после первоначального воздействия внешней силы, предоставляется самой себе (в реальных условиях свободные колебания всегда затухающие);-( Бесконечно длящийся процесс вида  в природе невозможен. Свободные колебания любого осциллятора рано или поздно затухают и прекращаются. Поэтому на практике обычно имеют дело с затухающими колебаниями. Они характеризуются тем, что амплитуда колебаний A является убывающей функцией. Как правило рассматриваются колебания с затуханием по экспоненциальному закону: . Обычно затухание происходит под действием сил сопротивления среды, наиболее часто выражаемых линейной зависимостью от скорости колебаний  или её квадрата.)

3)автоколебания – колебания, при которых система имеет запас потенциальной энергии и она расходуется на совершение колебаний (пример такой системы - механические часы).

32. Термодинамический и статистический подходы. МКТ. Основные положения. Межмолек. вз-вия.

В термодинамич. подходе устан. связь и соотнош. м-ду экспериментально получ. параметрами P, V, T. Основой подхода явл. 3 начала термодинамики.

Статистич. подход рассм. термодинамич. сист. как сист. сост. из большого числа частиц. Физич. основой явл. МКТ.

3 постулата МКТ: 1.все тела сост. из атомов, молекул или ионов.

2. Ч-ца в-ва нах. в постоянном, хаотич. (тепловом) движ.

3. М-ду ч-ми действ. сила притяжения. и сила отталкив.

Модель вз-я 2х ч-ц. м-ду ними действует сила притяжении и сила отталкивания.

- расстояние, на кот. обр. устойчивое состояние.

33. Закон Авогадро (1) и Дальтона (2).

(1) при одинаковых давлении и температуре равные объемы различных газов содержат одинаковые числа молекул. Это означает, что давление газа при определенной температуре зависит только от числа молекул в единице объема и не зависит от того, какие это молекулы. Этот закон справедлив для газов при не очень больших давлениях. В случае сильно сжатых газов считать его справедливым нельзя. Моли разных газов при одинаковых условиях имеют одинаковый объем. NA=6,02·1023 моль-1.

(2) Если вещество состоит из смеси газов, то давление такой смеси равно сумме парциальных давлений газов, составляющих смесь: p=p1+p2+...+pn

При постоянной температуре растворимость в данной жидкости каждого из компонентов газовой смеси, находящейся над жидкостью, пропорциональна их парциальному давлению.

Парциальное давление – давление одного газа в смеси как если бы он занимал весь объем.

34. Основное ур-е МКТ.

Основное ур-е МКТ явл. фундаментальным ур-нием, т.к. соединяет микро- и макропараметры: р относится к макро (говорить о давлении одной ч-цы не имеет смысла, давление представлено как число соударений ч-ц газа о стенки сосуда, соударения определяет силу, действующ. на стенки сосуда со стороны газа , действ. ), и - микропараметры, т.к. они к одной ч-це.

35. Модель идеального газа. Ур-е состояния идеального газа. Ур-е Ван-дер-Ваальса.

Это газ, молекулы которого м-но предстю как упругие шарики. Можно пренебречь межмолекулярными силами вз-я. такие молекулы соударяются по з-ну упругих столкновений.

Если термодинамич. параметры изменяются, то сист. совершает термодинамич. процесс.

.

.

(ур-е Менделеева-Клапейрона, ур-е состояния идеального газа).

*,* уравнение Ван-дер-Ваальса (ур-е для одного моля реального газа).

Чтобы учесть взаимодействия молекул газа, вводятся a и b – константы Ван-дер-Ваальса, имеющие для разных газов разные значения, определяемые опытным путем. a увеличивает значение p за счет силы притяжения; b поправка на собственный объем молекул .

Изотерма Ван-дер-Ваальса имеет точку перегиба.

p·V=m·R·T/m, где R=k·NA=8,31 - универсальная газовая постоянная, k=1,38·10-23 - постоянная Больцмана. Из этого уравнения видно, что p·V/T=const. Это соотношение носит название объединенного газового закона.

уравнение Ван-дер-Ваальса (ур-е для одного моля реального газа).

36. Изопроцессы.

Это термодинамич. процессы, в кот. один из парамтров. фиксируется. p·V/T=const.

*Изотермическим.* p·V=const - это закон Бойля-Мариотта. Для двух состояний газа при изотермическом процессе (например, в разные моменты времени) p1V1= p2V2.

*Изобарическим*. з-н Гей-Люссака: V/T=const, или для двух состояний газа V1/T1=V2/T2

*Изохорический* (V=const) постоянным остается отношение давления данной массы газа к его абсолютной температуре: p/T=const, или для двух состояний газа p1/T1=p2/T2. з-н Шарля.

37. Адиабатический, политропный процессы.

*Адиаб. пр*. протекает без теплообмена с внешней средой. При таком процессе Q=0, A=-DU, т.е. работа совершается газом за счет за счет изменения внутренней энергии. При адиабатическом процессе давление газа и его объем связаны соотношением:

pVg=const, где g= Cp/Cv. При этом справедливы следующие сотношения: p2/p1=(V1/V2)g,

T2/T1=(V1/V2)g-1,

T2/T1=(p2/p1)(g-1)/g.

Приведенные соотношения носят название уравнений *Пуассона.*

*Передача теплоты* - процесс, при котором внутренняя энергия одного тела увеличивается, а другого, соответственно, уменьшается. Для характеристики этого процесса вводится понятие количества теплоты - это изменение внутренней энергии тела, происходящее при теплопередаче. Количество теплоты, которое нужно передать телу для повышения его температуры на 1 градус, называется теплоемкостью тела. При охлаждении тела на 1 градус оно отдает такое же количесво энергии. Теплоемкость тела пропорциональна его массе и зависит от вещества, из которого оно состоит. Из определения следует, что теплоемкость измеряется в [Дж/град].

Поскольку теплоемкость пропорциональна массе тела, то для характеристики тепловых свойств вещества рассамтривают теполемкость единицы массы данного вещества. Эта величина получила название удельной теплоемкости. Она измеряется в [Дж/кг·град]. Обозначив удельную теплоемкость через с, получим, что для повышения температуры тела массой m на величину Dt требуется количество теплоты, равное Q=c·m·Dt.

*Политропный процесс* при кот. теплоемкость тела остается постоянной. С=const. pVn=const.

– показатель политропы. изобарный: n=0, изотерм: n=1, адиаб: n=, изохорн: n=.

38. Термодинамич. сист. Равновесное состояние. Равновесные, круговые процессы.

*Термодинамическая система* – совокупность объектов, обменивающихся энергией в форме теплоты или работы как др. с др., так и с внешней средой, т.е. внешними по отношению к данной системе телами.

Сост. термодинамич. сист. опред. совокупностью ее термодинамических параметрах, т.е. всех физ. величин, характеризующих макроскопические св-ва системы.

*Термодинамич. процессом* наз всякое изменение состояния термодинамической системы.

*Равновесным процессом* наз. термодинамический процесс при котором сист. проходит непрерывный ряд равновесных состояний.

*Круговым процессом* (циклом) наз. термодинамич. процесс в результате совершения которого система возвращается в исходное состояние.

39. Релаксация. время релаксации.

*Рел.* – процесс возвращения в сост. термодинамич. равновесия сист., выведенной из этого сост.

Мерой быстроты проекания релаксации явл *время релаксации* – это пром-ок времени в течении кот отклонение какого-либо параметра сист. от его равновесного знач. уменьш. в e раз.

*Равновесным сост.* сист. наз сост. при кот все параметры сист. имеют определенные значения, остающиеся при неизменных внешних условиях постоянными сколь угодно.

40. Средняя энергия молекул. Закон равнораспределения по степеням свободы.

Давление зависит от концентрации и температуры следующим образом: p=nkT.

Средняя кинетическая энергия поступательного и вращательного движения молекулы в общем виде записывается так: wср=ikT/2, где i - число степеней свободы. Для одноатомного газа i=3, для двухатомного газа i=5, для многоатомного газа i=6.

Скорость молекул средняя квадратичная: ; средняя арифметическая наиболее вероятная:

41. Поступательные, вращательные, колебательные степени свободы.

Число степеней свободы механической системы – количество независимых величин, с помощью которых может быть задано положение системы в пространстве.

Экспериментально установлено, что при определении числа степеней свободы молекулы атомы можно принимать за материальные точки. Тогда одноатомные молекулы совершают поступательное движение, и соответственно имеют 3 степени свободы. 2-х атомная жесткая молекула имеет 5 степеней свободы: 3 поступательных и 2 вращательных. 2-х атомные молекулы с упругой связью имеют 6 степеней свободы: 3 поступательных, 2 вращательных и 1 колебательную. 3-х атомные молекулы с жесткой связью имеют 6 степеней свободы: 3 поступательных, 3 вращательных. Ни одна поступательная степень свободы не имеет преимущества перед другими, следовательно на все степени свободы приходится по .

Система, совершающая гармонические колебания, называется гармоническим осциллятором. Колебательное движение такой системы связано с наличием как кинетической, так и потенциальной энергии, причем известно, что в среднем эти энергии одинаковы для гармонического осциллятора. В результате получается, что на все колебательные степени свободы приходится ( ½ на кинетическую и ½ на потенциальную).

В общем случае число степеней свободы

Все приведенное относится к классической теории.

1. На практике при рассмотрении t диапазона были выявлены отклонения от классического подхода
2. Классическая теория не объясняла, почему при одних условиях нужно считать колебательное движение, а при других – нет.

Квантовая теория: при t меньше или порядка 50K часть степеней свободы «замораживается».

При высоких t порядка и больше 1000K происходит «разморозка» степеней свободы. Другими словами, возбуждаются колебательные степени свободы. С квантовой точки зрения энергии вращения и колебаний квантуются, т.е. они являются дискретными величинами.

42. Внутренняя энергия термодинамич. сист. Изменение внутренней энергии.

*(*сумма внутр. пот. и вн. кин.).

Внутр. кин. эн. – сумма кин. эн. всех видов движения: поступательных, колебательных и вращат.

Внутр. потенц. опред. ежмолекулярными силами вз-вия и расположения ч-ц др. относительно друга в системе.

Внутр. эн. оценить численно для термодинамической системы невозможно, но можно оценить измениение при переходе системы из одного состояния в другое:

***.***

Внутр. эн. – это ф-ция состояния, т.к. измениние внутр эн. не зависит от токо каким путем сист перешла из одного сост. в др. Она зависит только от начального и конечного состояния системы.

изменение внутр эн. может происходить разными путями:

1. Изменеие за счет теплообмена, без совершения работы. .

Необходимо наличие разности T, с- удельная теплоемкость – то кол-во эн. теплоты, кот. необходимо для изменения 1 единицы в-ва на 1 К. (физический смысл), Q – теплота.

1. . процесс плавления (+) или кристаллизации (-). Происходит при постоянной температуре (темпер. расходуется на разрушение кристаллической решетки).
2. . процесс парообразования (+) или конденсации (-).
3. . Сгорание топлива. q – теплотворная способность топлива.

Во всех этих случаях происходит поглощение или выделение тепла без совершения работы.

43. I-ый закон. Внутренняя энергия, теплота, работа.

1)Количество теплоты, полученное системой, идёт на изменение её внутренней энергии и совершение работы против внешних сил. **.**

2)Изменение внутренней энергии системы при переходе её из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе и не зависит от способа, которым осуществляется этот переход.

*Внутренняя энергия* идеального газа. Выражение для расчета средней энергии многоатомных молекул

*ТЕПЛОТА*, кинетическая часть внутренней энергии вещества, определяемая интенсивным хаотическим движением молекул и атомов, из которых это вещество состоит.

Энергия, передаваемая системе или от системы к окружающей среде только за счет разности температур, называется *количеством теплоты.* Всякая иная энергия, которая передается от системы к окружающим телам или от них к системе независимо от разности температур между ними, называется *работой*. Если сама система совершает работу (т.е. энергия передается от системы к внешним телам), то работа положительная: А > 0. Если внешние тела совершают работу над системой (энергия поступает внутрь системы), то работа отрицательной: А < 0.Работа, совершаемая при изменении объема газа

44. Теплоемкость.

Первое начало термодинамики утверждает, что внутренняя энергия системы может быть изменена в результате

1. совершения механической работы или (и)
2. в процессе теплопередачи.

dU=δA+δQ

*Количество теплоты* – мера изменения внутренней энергии системы в процессе теплопередачи.

Также как и механическая работа, количество теплоты – функция процесса. Проще всего обнаружить связь количества теплоты и изменения внутренней энергии в случае изохорического процесса (V=const). При этом процессе газ работы не совершает:

δA = PdV = 0,

поэтому уравнение Первого начала термодинамики упрощается

δQ = dU.

*Теплоемкость тела.*

Теплоемкость тела численно равна количеству теплоты, при сообщении которого температура тела меняется на 1 К.



Как свидетельствует опыт, теплоемкость тела пропорциональна его массе

.

Здесь  - удельная теплоемкость вещества.

Наряду с удельной теплоемкостью, широко используется молярная теплоемкость вещества.



Легко получить связь этих теплоемкостей, учитывая, что :



Молярная  и удельная теплоемкости пропорциональны друг другу. В качестве коэффициента пропорциональности выступает молярная масса вещества (μ)

 (3.12)

45. Цикл Карно.

Идеальный термодинамический цикл. Тепловая машина Карно, работающая по этому циклу, обладает максимальным КПД и нулевой мощностью.

*Коэффициент полезного действия всех обратимых машин, работающих в идентичных условиях(т.е. при одной и той же температуре нагревателя и холодильника), одинаков и определяется только температурами нагревателя и холодильника. Теорема Карно.*

Пусть тепловая машина состоит из нагревателя с температурой TH, холодильника с температурой TX и рабочего тела.

Цикл Карно состоит из четырёх стадий:

1. Изотермическое расширение. В начале процесса рабочее тело имеет температуру TH, то есть температуру нагревателя. Затем тело приводится в контакт с нагревателем, который изотермически (при постоянной температуре) передает ему количество теплоты QH. При этом объём рабочего тела увеличивается.

2. Адиабатическое расширение. Рабочее тело отсоединяется от нагревателя и продолжает расширяться без теплообмена с окружающей средой. При этом его температура уменьшается до температуры холодильника.

3. Изотермическое сжатие. Рабочее тело, имеющее к тому времени температуру TX, приводится в контакт с холодильником и начинает изотермически сжиматься, отдавая холодильнику количество теплоты QX.

4. Адиабатическое сжатие. Рабочее тело отсоединяется от холодильника и сжимается без теплообмена с окружающей средой. При этом его температура увеличивается до температуры нагревателя.

При изотермических процессах температура остается постоянной, при адиабатических отсутствует теплообмен, а значит, сохраняется энтропия. Поэтому цикл Карно удобно представить в координатах T и S.

46. Обратимые и необратимые термодинамич процессы.

Обратимым термодинамическим процессом называется термодинамический процесс допускающий возможность возвращения системы в первоначальное состояние без изменения в окр. среде.

Необходимым и достаточным условием обратимости термодинамич. сист. явл. ее равновесность.

Необратимый процесс – пр. не допускающий возвращения сист. в исходное состояние без того чтобы в окр. среде оставались какие-либо изменения.

Все необратимые процессы в одном направлении протекают самопроизвольно. а в обратном тр. компенсирующий процесс для того, чтобы сист. вернулась в исходное состояние. В результате начальные и исходные сост. отличаются др. от др.

47. Энтропия и ее сво-ва.

Энтропия явл. количественной мерой степени беспорядка в системе.

Нагреватель- Q 0, T0

Холодильник -Q1,T1

Q 0 >Q1 , T0 >T1

Было введено понятие приведенной

***=***

-Элементарное количество теплоты,T- температура тела приним.или отдающую теплоту.

Если теплота отдается ,т.е. <0,то и <0

Приведенное количество теплоты для произвольного процесса **=**

–Q Сооб. На элемент. Участке процесса, при температуре отдающ. Тела T

Произвольное количество теплоты сообщаемое системе при любом обратимом процессе равно 0.

Равенство Клаузиса.***==0***

-Интегрирующий множитель

В данном зависит от начального и конечного состояния системы .на Этом основании было введено понятии энтропии.

Энтропией называется функция S,состояния системы ,дифференциал которой в элементарном обратимом процессе является отношением бесконечно малого количества теплоты ,сообщенного системе и её абсолютной температуре.

***dS=***

Энтропия сложной системы равна сумме энтропий всех её однородных частей ,т.е. энтропия аддитивная величина.

По знаку изменения энтропии dS можно судить о направлении процесса(в случае обратимого процесса: при нагревании dS>0 ,охлаждении- dS<0)  
Изменение энтропии в любом обратимом процессе , переводи систему из 1 состояния в состояние 2 равно произведенному количеству теплоты , переданному телу в этом процессе.

Изоэнтропийным процессом называется термодинамический процесс , в котором энтропия не меняется . dS=0,S=const

Энтропия тела может быть определена только с точностью до постоянной.

S=+ S0

S-=

Замечание: Для реальных систем и тел считать энтропию практически невозможно модно оценить только изменение энтропии , но одно из конечный значений энтропии можно принять равным 0.

И тогда можно говорить об определении энтропии.

Энтропия функция состояния(как и внутренняя энергия) термодинамической системы .следовательно ,она может быть представлена в виде функции параметров состояния, такие как P,V,T и т.п.

Из второго закона термодинамики следует: в необратимом элементарном процессе изменение энтропии. dS>

-Количество теплоты сообщаемое системе в этом процессе внешним телом с t=T.

Вывод: для самопроизвольного элементарного процесса изменение энтропии. dS≥

Знак «=» относится к обратимым процессам

«+» к необратимым

Для изолированных систем dS≥0

Это мат. Выражение представляет собой второй закон термодинамики :энтропия измерение системы при любых происходящих в ней процессах не может убывать! она всегда возрастает.

Все реальные процессы необратимы, поэтому изомер. И системы характеризуются возрастанием энтропии. Энтропия достигает max, когда система приходит в термодинамическое равновесие.

1)Если система совершает круговой обратимый процесс, =0, то круговой необоатимый процесс <0 Неравенство Клаузуса.

Для необратимых неизомерических систем TdS≥ dU+A

Основное уравнение термодинамики ,объединяет 1 и 2 законы.

Для обратимых систем записывается термодинамическое сходство TdS=dU+A

Свойства энтропии: 1) Энтропия функция состояния.

2)Энтропия- аддитивная величина :энтропия макросистемы равна сумме энтропий всех частей системы.

3)одно из важнейших свойств энтропии: энтропия замкнутой системы не уменьшается ,она либо увеличивается ,либо остается постоянной .

Замечания:Принцып возрастания энтропии замкнутой системы это второе начало термодинамики.

48. II-й и III-й законы термодинамики.

Постулат Клаузиуса: «Невозможен процесс, единственным результатом которого являлась бы передача тепла от более холодного тела к более горячему».

Постулат Томсона: «Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счет охлаждения теплового резервуара».

Опред.и формулировка показывают разницу м-ду теплотой и работой. Теплота и работа – форма передачи энергии. *Их общее свойство*: передача энергии происходит только в процессах и численное значение зависит от вида процесса. *Различия:* работа- передача упорядоченной энергии, теплота – передача неупорядоченной.

Второе начало (закон возрастания энтропии): энтропия изолированной системы может только возрастать.

Третье начало (теорема нернста): энтропия всякого тела стремится к нулю при стремлении к нулю температуры: .

49. Статистический смысл II-го начала. Формула Больцмана.

Представление о вероятности отдельных составляющих макросистем и статистических подсчетов наиболее вероятных сост. дало возможность согласовать необратимость реальныз процессов с обратимостью законов, управляющих движением каждой частицы.

Сост. макросист. определяются макропараметрами. Задаются состоянием всех частиц (атомов, молекул и ионов). Сост. этих ч-ц наз. микросостояниями.

Таким образом, любое микросостояние системы может быть реализовано различными микросистемами. Число микросостояний соотв. данному макросост. сист. назыв. статистич. весом состояния . предоставленной самой себе макросист. будет переходить от менее вероятных к более вероятным. в этом заключается суть необратимости. тогда второе начало термодинамики можно представить следующим образом: *все самопроизвольные процессы в замкнутых системах сопровожд. возрастанием энтропии. В этом случае энтропию надо рассматривать как меру беспорядка.*

50. Принцип возрастания энтропии со статистической точки зрения.

Увеличение энтропии происходит при переходе макросист. к состоянию равновесия.

. W – термодинамическая вероятность.

Со статистической точки зрения заключается в следующем: *все замкнутые макросистемы стремятся переходить от менее вероятным состояниям к более вероятным.*

51. I-ый закон термодинамики в различных изопроцессках.

Первый закон термодинамики является обобщением закона сохранения и превращения энергии для термодинамической системы. *Изменение ΔU внутренней энергии неизолированной термодинамической системы равно разности между количеством теплоты Q, переданной системе, и работой A, совершенной системой над внешними телами*.

***ΔU = Q – A.***

Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах.

1. *В изохорном процессе* (V = const) газ работы не совершает, A = 0. Следовательно,

***Q = ΔU = U(T2) – U(T1***).

Здесь U(T1) и U(T2) – внутренние энергии газа в начальном и конечном состояниях. Внутренняя энергия идеального газа зависит только от температуры (закон Джоуля). При изохорном нагревании тепло поглощается газом (Q > 0), и его внутренняя энергия увеличивается. При охлаждении тепло отдается внешним телам (Q < 0).

1. *В изобарном процессе* (p = const) работа, совершаемая газом, выражается соотношением ***A = p(V2 – V1) = pΔV***.

Первый закон термодинамики для изобарного процесса дает:

***Q = U(T2) – U(T1) + p(V2 – V1) = ΔU + pΔV***.

При изобарном расширении Q > 0 – тепло поглощается газом, и газ совершает положительную работу. При изобарном сжатии Q < 0 – тепло отдается внешним телам. В этом случае A < 0. Темпер. газа при изобарном сжатии уменьшается, T2 < T1; внутренняя энергия убывает, ΔU < 0.

1. *В изотермическом* пр. температура газа не изменяется, следовательно, не изменяется и внутренняя энергия газа, ΔU = 0.

Первый закон термодинамики для изотерм. процесса выражается соотношением ***Q = A***.

Количество теплоты Q, полученной газом в процессе изотермического расширения, превращается в работу над внешними телами. При изотермическом сжатии работа внешних сил, произведенная над газом, превращается в тепло, которое передается окружающим телам.

1. *В адиабатическом процессе* Q = 0; поэтому первый закон термодинамики принимает вид

***A = –ΔU***, то есть газ совершает работу за счет убыли его внутренней энергии.

52. Вязкость. Коэффициент внутреннего трения.

Вязкость(внутреннее трение) — одно из трёх явлений переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой.

Сила трения м-ду двумя слоями жидкости или газа может быть вычислена по формуле:

*,* где - коэффициент вязкости, - величина, показывающая, как быстро меняется скорость жидкости или газа в направлении z, перпендикулярном к направлению движения слоев, S – величина поверхности, по которой действует сила F. (Эмпирическое ур-е вязкости).

53. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.

*Теплопроводность* — это способность вещества пропускать через свой объём тепловую энергию

Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов и молекул, которая определяет температуру тела, передаётся другому телу при их взаимодействии или передается из более нагретых областей тела к менее нагретым областям.

**.** q – поток тепла через S, расположенную перпендикулярно к оси z, - градиент температуры (проекция градиента темпер на ось z), – коеффицент теплопроводности (Вт/(м2 К). Знак минус показывает, что тепло течет в направлении убывания температуры. (эмпирическое ур-е теплопроводности *– закон Фурье*).

54. Диффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии.

*Диффузия* – процесс выравнивания концентраций, сопровождающийся переносом массы каждой их компонент в направлении убывания ее концентрации, возникает вследствии теплового движения молекул.

поток молекул i-го вида через перепендикулярную к оси z поверхность S определяется выражением

**S**, D – коэффициент пропорциональности (коэффициент диффузии). знак минус указывает, что поток молекул направлен в сторону убывания концентрации. умножив обе части равенства на массу молекулы i-го вида mi, получим выражение для потока массы i-й компоненты:

**S,**  - парциальная плотность i-й компаненты (абсолютная концентрация).

Формулы представляют собой эмпирическое уравнение диффузии *– закон Фика.*

55. Зависимости коэффициентов теплопроводности и диффузии идеального газа от температуры и плотности газа.

56. Столкновения частиц газа. Эффективное сечение. Газокинетический диаметр частицы. Средняя длина свободного пробега.

57. Неравновесное состояние системы частиц. Процесс релаксации. Время релаксации.

*Неравновесное состояние термодинамической системы* - состояние термодинамической системы, в котором хотя бы один из параметров не имеет определенного значения при неизменных внешних воздействиях.

Состояние неравновесия характеризуется неоднородностью распределения температуры, давления, плотности, концентраций компонентов или других макроскопических параметров в отсутствие внешних полей или вращения системы как целого.

*Рел.* – процесс возвращения в сост. термодинамич. равновесия сист., выведенной из этого сост.

Мерой быстроты проекания релаксации явл *время релаксации* – это пром-ок времени в течении кот отклонение какого-либо параметра сист. от его равновесного знач. уменьш. в e раз.

58. Статистический характер закона возрастания энтропии. Флуктуации.

Утверждение второго закона термодин. о невозможности убывания энтропии в изолированной сист. может быть истолковано статистически, на основе МКТ строения в-в, с помощью ф-лы Больцмана:

**,** где Р – термодинамич. вероятность состояния, равная числу различных распределений частиц по координатам и скоростям, соответствующих данному термодинамич сост.

Из теоремы Больцмана вытекает след. статистич. истолкование: теоретическая вероятность состояния изолированной системы при всех происходящих в ней процессах не может убывать.

Второе начало, будучи статистическим законом, описывает закономерности хаотического движения большого числа ч-ц, состовляющих изолированную сист.

В системах, состоящих из сравнительно небольшого числа частиц, возможны значительные отклонения некоторых физ. величин, характеризующих системы, от их средних значений. Эти отклонения наз. *флуктуациями.* Вызываются тепловым движением частиц системы; Определяют теоретически возможный предел чувствительности прибора.

64. Скорость истечения воды из отверстия.

***,***где р – давление на уровне отверстия, - коэффициент истечения (на краях создаются завихрения, мешающие проходу воды. Коэффициент истечения μ можно приблизить к единице, если выходную трубу сделать плавной, «граммофонной» формы.).

65. Сила трения скольжения. Закон сохранения энергии при действии силы трения скольжения.

*Трение скольжения* — сила, возникающая при поступательном перемещении одного из взаимодействущих тел относительно др и действующая на это тело в направлении, противоположном направлению скольжения.

*, где к-* коэф. трения скольжения, зависит от чистоты и природы тел.

По физике взаимодействия трение принято разделять на:

*сухое*, когда взаимодействующие твердые тела не разделены никакими дополнительными слоями/смазками — очень редко встречающийся на практике случай. Характерная отличительная черта сухого трения — наличие значительной силы трения покоя.

*жидкостное*, при взаимодействии тел, разделённых слоем жидкости или газа (смазки) различной толщины — как правило, встречается при трении качения, когда твёрдые тела погружены в жидкость;

*смешанное*, когда область контакта содержит участки сухого и жидкостного трения;

*граничное*, когда в области контакта могут содержатся слои и участки различной природы (окисные пленки, жидкость и т. д.) — наиболее распространенный случай при трении скольжения.

66. Распределение Максвелла.

Молекулы газа вследствие теплового движения испытывают многочисленные соударения друг с другом. При каждом соударении скорости молекул изменяются как по величине, так и по направлению. В результате в сосуде, содержащем большое число молекул, устанавливается некоторое статистическое распределение молекул по скоростям, зависящее от абсолютной температуры T. При этом все направления векторов скоростей молекул оказываются равноправными (равновероятными), а величины скоростей подчиняются определенной закономерности. Распределение молекул газа по величине скоростей называется *распределением Максвелла*.

Если одновременно измерить скорости большого числа N молекул газа и выделить некоторый малый интервал скоростей от v до v + Δv, то в выделенный интервал Δv попадает некоторое число ΔN молекул. На графике удобно изображать зависимость величины (ΔN / Δv) от скорости v. При достаточно большом числе N эта зависимость изображается плавной кривой, имеющей максимум при v = vв = ((2kT) / m)1/2 (наиболее вероятная скорость). Здесь m – масса молекулы, k = 1,38·10–23 Дж/К – постоянная Больцмана.

Характерным параметром распределения Максвелла является так называемая среднеквадратичная скорость vкв = <v2>1/2, где <v2> означает среднее значение квадрата скорости, которая равна vкв = ((3kT)/m)1/2 = ((3RT)/μ)1/2, где μ – молярная масса.

Из выражения для среднеквадратичной скорости следует, что средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа есть <E> = (m<v2>) / 2 = 3/2kT

Распределение Максвелла по скоростям:



Распределение Максвелла по компонентам скорости ():



Распределение Максвелла по абсолютным значениям скорости:

.

67. Статистический метод описания системы частиц.

Макроскопические сво-ва систем, состоящих из очень большого числа частиц, изучаются статистическим методом. Он основан на использовании теории вероятностей и определенных моделей строения изучаемых систем. В совокупном поведении большого числа ч-ц проявляются особые закономерности, называемые статистическими. В такой систем сущ. некоторые средние знач. физ. величин, характеризующих всю совокупность ч-ц в целом. Так в газе сущ. средние знач. скоростей теплового движ. молекул и их энергий. В твердом теле сущ. средняя энергия, приходящаяся на каждую степень свободы колебательного движения ч-цы, и т.д.

Кроме того сущ. динамические закономерности, описывающие движ. отдельных ч-ц. Связь м-ду динамич. и статич. закономерностями проявляется в том, что законы движения отдельных ч-ц влияют на описание св-в системы ч-ц, изучаемой статистич. методом.

68. Уравнение движения гармонического осциллятора.

Линейный гармонический осцеллятор – материальная точка массы m, совершающая прямолинейные гармонические колебания под действием упругой силы. Примером такой системы может служить пружинный маятник – груз массы m, подвешенный на абсолютно упругой пружине (k – коэффициент, характер. упругие сво-ва пружины).

- уравнение движения***.***

69. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Теорема Нернста.

Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является превращение теплоты, полученной от нагревателя, полностью в работу.

Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является передача теплоты от менее нагретого тела к более нагретому.

Эти формулировки показывают, что тепловые процессы являются необратимыми. Мерой необратимости процесса, мерой хаотичности является энтропия.

К определению энтропии S можно прийти на основе анализа работы тепловых машин. Если система получает тепло (Q>0) или отдает тепло (Q<0), то состояние ее меняется. Тогда, при изменении состояния системы, можно найти не саму энтропию, а только ее изменение, т. е. ∆S=∆Q/T

Для тепловой машины изменение энтропии нагревателя и холодильника равны: ∆S1=Q1/T1 и ∆S2=Q2/T2

Формула ∆S=∆Q/T справедлива для изотермического процесса и представляет собой термодинамическое определение энтропии. Энтропией называется термодинамическая величина, изменение которой в системе пропорционально ее тепловой энергии, деленной на абсолютную температуру. Для любого процесса можно найти бесконечно малое изменение энтропии, т. е. ее дифференциал dS=δQ/T, где δQ- элементарная теплота

Второе начало термодинамики формулируется и как *закон возрастания энтропии*. Во всех необратимых процессах в замкнутой системе энтропия всегда возрастает. Возрастание энтропии сопровождается выравниванием температуры или плотности газа. Это можно связать с порядком и беспорядком. Под порядком будем понимать сосредоточение частиц или энергии в определенном месте пространства, а под беспорядком (хаосом) - равномерное распределение их во всем объеме. Тогда возрастание энтропии при совершающихся без внешних воздействий необратимых процессах отражает природное стремление систем переходить от состояния более упорядоченного в состояние менее упорядоченное. Этот процесс сопровождается рассеянием (или диссипацией) энергии. Второе начало термодинамики определяет направленность тепловых процессов в изолированных системах, они всегда протекают в сторону роста энтропии, в сторону увеличения беспорядка. Возникновение упорядоченных структур возможно только в незамкнутых, т. е. в открытых системах. Открытой системой называется система, которая обменивается энергией и веществом с окружающей средой. В открытых системах энтропия может как возрастать, так и убывать в зависимости от знака Q/T.

Теорема Нернста: «*Приращение энтропии при абсолютном нуле температуры стремится к конечному пределу, не зависящему от того, в каком равновесном состоянии находится система».*

70. Необратимые процессы. неравенство Клаузиса для необратимого кругового процесса.

Необратимый процесс – пр. не допускающий возвращения сист. в исходное состояние без того чтобы в окр. среде оставались какие-либо изменения.

Все необратимые процессы в одном направлении протекают самопроизвольно. а в обратном тр. компенсирующий процесс для того, чтобы сист. вернулась в исходное состояние. В результате начальные и исходные сост. отличаются др. от др.

71. Закон сохранения энергии при вынужденных колебаниях.

Работа внешних сил переходит в энергию. А при установившихся вынужденных колебаниях потери энергии колебательной системы, обусловленной диссипативными силами, полностью компенсируется за счет работы, совершаемой над системой возмущающей силой. Например, работа, совершаемая за одно полное колебание силой сопротивления, действующей на пружинный маятник,

*,*

где *b= -* коэффиц. сопротивления, - частота вынужденных колебаний, - амплитуда, - сдвиг фаз.

Работа, совершаемая за то же время возмущающей силой ,

,

т.к. .

74. Модель идеальной жидкости. Уравнение движения и равновесия идеальной несжимаемой жидкости в однородном поле силы тяготения.

*Идеальная жидкость* - жидкость, обладает:

- абсолютной подвижностью -суть- отсутствием сил трения и касательных напряжений;

- абсолютной неизменностью объема под воздействием внешних сил;

- отсутствием вязкости.

*Идеальная несжимаемая жидкость* — модельный объект механики сплошной среды и гидравлики, жидкость/сплошная среда фиксированной плотности, обладающая нулевой вязкостью.

75. Термодинамический метод описания равновесных систем. Макросостояние. Макроскопические параметры. Уравнение состояния.

В термодинамич. методе не учитывается внутреннее строение в-в тех систем, которые изучаются, и характер движения отдельных частиц. Термодинамич. основан на изучении различных превращений энергии, происходящих в сист. Условия этих превращений и соотношения м-ду разными видами энергий позволяют изучить физ. св-ва сиситем при самых разнообразных процессах, в кот. сист. учавствуют.

Макросостояние - определяется значениями ее термодинамических параметров: давления p, температуры Т, удельного объема v, внутренней энергии U и т. п. Для определения макроскопического состояния однокомпонентной системы достаточно знать значения любых 2 независимых параметров (напр., Т и p или Т и v).

76. Уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной несжимаемой жидкости. Формула Торричелли.

*Закон Бернулли* является следствием закона сохранения энергии для стационарного потока идеальной несжимаемой жидкости:

— плотность жидкости, — скорость потока, — высота, на которой находится рассматриваемый элемент жидкости, — давление.

Константа в правой части обычно называется напором, или полным давлением. Размерность всех слагаемых - единица энергии, приходящейся на единицу объёма жидкости.

Согласно закону Бернулли полное давление в установившемся потоке жидкости остается постоянным вдоль этого потока.

*Формула Торричелли* - выражение, определяющее скорость вытекания жидкости через отверстие в стенке сосуда в зависимости от расстояния от оси отверстия до поверхности жидкости.

***.***

77. Состояние термодинамического равновесия. Тепловое движение.

*Термодинамическое равновесие —* предельное состояние, к которому стремится термодинамич. сист., изолированная от внешних воздействий, то есть в каждой точке системы устанавливается термическое, механическое и химическое равновесие (происходит выравнивание температуры и давления, и все возможные химические реакции достигают состояния, когда в каждом элементарном химическом процессе скорость прямой реакции равна скорости обратной).

*Тепловое движение* - беспорядочное движение молекул, атомов и ионов в газах, жидкостях и твердых телах. Молекулы газов беспорядочно движутся с различными скоростями по всему объему газа. Молекулы жидкости колеблются около равновесных положений и сравнительно редко перескакивают из одного равновесного положения в другое. В твердых телах частицы колеблются около положения равновесия.

78. Неидеальная жидкость. Вязкость. Сила Стокса.

*Вязкость* - свойство жидкостей и газов оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. Вязкость объясняется возникновением при движении внутреннего трения между частицами. Силы внутреннего трения направлены вдоль поверхности соприкасающихся слоев и зависят от их относительных скоростей.

, где — сила трения, — радиус сферического объекта, — вязкость жидкости, — скорость частицы.