**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1**

*№1* *Пространство и время в классической нерелятивистской механике. Механическое движение.*

***Классическая механика*** — вид механики, основанный на законах Ньютона и принципе относительности Галилея. Поэтому её часто называют «ньютоновой механикой».

Классическая механика подразделяется на:

* [статику](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) (которая рассматривает равновесие тел);
* [кинематику](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) (которая изучает геометрическое свойство движения без рассмотрения его причин);
* [динамику](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0_(%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) (которая рассматривает движение тел с учётом вызывающих его причин).

***Пространство.*** Физика рассматривает пространство как бесконечную и неизменную субстанцию, которая не проявляется материально и является ареной для различных процессов и явлений. Считается, что движение тел происходит в пространстве, являющимся евклидовым, абсолютным, однородным и изотропным.

***Время*** — фундаментальное понятие, постулируемое в классической механике. Считается, что время является абсолютным, однородным и изотропным (уравнения классической механики не зависят от направления течения времени). Время, непрерывная величина, априорная характеристика мира, ничем не определяемая. В качестве основы измерения просто берётся некая последовательность событий, про которую считается несомненно верным, что она происходит через равные промежутки времени, то есть периодична. Именно на этом принципе и основаны часы. Такая же роль времени и в квантовой механике: несмотря на квантование почти всех величин, время осталось внешним, неквантованным параметром. В обоих случаях «скорость течения времени» не может ни от чего зависеть, а потому тавтологически равна константе.

***Механическим движением*** тела называется изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени. При этом тела взаимодействуют по законам механики.

Прямолинейное движение точки (когда она всегда находится на прямой, скорость параллельна этой прямой)

Криволинейное движение — движение точки по траектории, не представляющей собою прямую, с произвольным ускорением и произвольной скоростью в любой момент времени (например, движение по окружности).

Движение твёрдого тела складывается из движения какой-либо его точки и вращательного движения вокруг этой точки. Изучается кинематикой твёрдого тела.

Если вращение отсутствует, то движение называется поступательным и полностью определяется движением выбранной точки.

Для описания вращательного движения — движения тела относительно выбранной точки, например закреплённого в точке, — используют Углы Эйлера. Их количество в случае трёхмерного пространства равно трём.

Также для твёрдого тела выделяют плоское движение — движение, при котором траектории всех точек лежат в параллельных плоскостях, при этом оно полностью определяется одним из сечений тела, а сечение тела — положением любых двух точек.

Движение сплошной среды. Здесь предполагается, что движение отдельных частиц среды довольно независимо друг от друга, поэтому число определяющих координат бесконечно.

*№2 Вязкость. Касательное напряжение. Коэффициент внутреннего трения.*

При течении реальной жидкости (или газов) отдельные слои воздействуют друг на друга с силами, касательными к слоям. Это явление называется ***внутренним трением***, или ***вязкостью***.

Рассмотрим течение вязкой жидкости между двумя твёрдыми пластинками, из которых нижняя неподвижна, а верхняя движется со скоростью υВ. Условно представим жидкость в виде нескольких слоёв 1, 2, 3 и т.д. Слой «прилипший» ко дну, неподвижен. По мере удаления от дна ( нижняя пластинка) слои жидкости имеют всё большие скорости (υ1 < υ2 <υ3 <...и т.д) у слоя, который «прилип» к верхней пластинке, будет максимальная скорость υВ.

Слои воздействуют друг на друга. Так, например, слой 3 стремится ускорить движение слоя 2, но сам испытывает торможение с его стороны, и ускоряется слоем 4 и т. д. Сила внутреннего трения пропорциональна площади S взаимодействующих слоев и тем больше, чем больше их относительная скорость. Так как разделение на слои условно, то силу принято выражать в зависимости от изменения скорости, отнесенного к длине в направлении, перпендикулярном скорости, т. е. от  то есть : 

Это ***уравнение Ньютона***. Здесь η — коэффициент пропорциональности, называемый ***коэффициентом внутреннего трения***, или динамической вязкостью (или просто ***вязкостью***). Вязкость зависит от состояния и молекулярных свойств жидкости (или газа). Физический смысл коэффициента вязкости η в том, что он численно равен импульсу, переносимому в единицу времени через единицу площади при градиенте скорости равном единице.

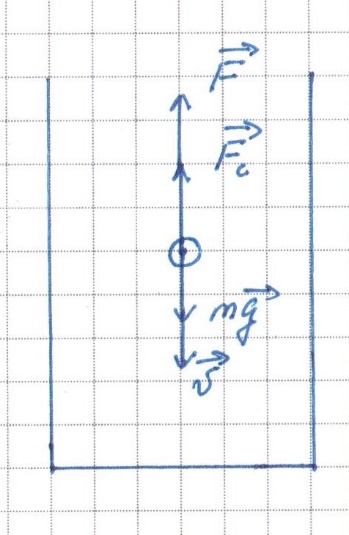
При течении чистого сдвига ***касательное напряжение –*** напряжение трения*τ*(сила трения, действующая на выделенную поверхность, отнесенная к величине этой поверхности), ***пропорционально поперечному градиенту скорости*** (скорости относительной деформации сдвига) ***и не зависит от абсолютной величины скорости***, т.е. имеет значение лишь относительное движение слоёв жидкости.

Единицей вязкости является паскаль-секунда (Па • с). Для многих жидкостей, например для воды, вязкость не зависит от ,

такие жидкости подчиняются уравнению Ньютона (8.9) и их называют ньютоновскими. Жидкости, не подчиняющиеся уравнению (8.9), относят к неньютоновским. Иногда вязкость ньютоновских жидкостей называют нормальной, а неньютоновских — аномальной.

Жидкости, состоящие из сложных и крупных молекул, например растворы полимеров, и образующие благодаря сцеплению молекул или частиц пространственные структуры, являются неньютоновскими.

*№3* *Определить скорость стационарного прямолинейного движения частицы массой m в вязкой среде при действии постоянной силы и силы Стокса. Динамическая вязкость жидкости η.*



Так как v = const , то ускорение a = 0

По второму закону Ньютона

По оси x:

Сила сопротивления равна

Сила Архимеда равна , - плотность жидкости

Объем тела равен – плотность тела

*,*  R- радиус шарика

Скорость тела равна

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2**

*№1 Система отсчета. Система координат. Часы. Инерциальные системы отсчета.*

***Система отсчёта*** - это совокупность системы координат и часов, связанных с телом, по отношению к которому изучается движение (или равновесие) каких-нибудь других материальных точек или тел. Любое движение является относительным, и движение тела следует рассматривать лишь по отношению к какому-либо другому телу (телу отсчёта) или системе тел. Нельзя указать, например, как движется Луна вообще, можно лишь определить её движение по отношению к Земле или Солнцу и звёздам и т. д.

***Инерциальная система отсчета*** — такая система, относительно которой материальная точка, свободная от внешних воздействий, либо покоится, либо движется равномерно и прямолинейно, т.е. такой системой, в которой выполняется первый закон Ньютона.

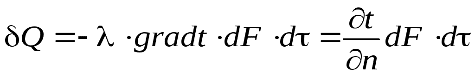
Неинерциальной системой отсчета называется система, движущаяся относительно инерциальной системы с ускорением.

Система отсчета должна быть **хронометрирована**, т.е. снабжена «***часами***», с помощью которых однозначно определяются моменты времени. В качестве основы измерения просто берётся некая последовательность событий, про которую считается несомненно верным, что она происходит через равные промежутки времени, то есть периодична. Именно на этом принципе и основаны часы.  
***Система координат*** — комплекс определений, реализующий метод координат, то есть способ определять положение точки или тела с помощью чисел или других символов. Совокупность чисел, определяющий положение конкретной точки, называется координатами этой точки. Наиболее используемая система координат — прямоугольная система координат (также известная как декартова система координат).

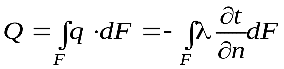
*№2* *Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.*

***Теплопроводность*** представляет собой форму передачи теплоты путем непосредственного соприкосновения отдельных частиц тела, имеющих различную температуру. При этом процесс теплообмена происходит вследствие передачи энергии микродвижения одних элементарных частиц другим.

***Закон Фурье*** (альтернативная формулировка) : Количество тепла, передаваемого посредством теплопроводности через элемент поверхности, перпендикулярный тепловому потоку прямо пропорционально температурному градиенту, поверхности и времени.

Согласно ***гипотезе Фурье***, количество теплоты проходящей через элемент изотермической поверхности  за промежуток времени , пропорционально температурному градиенту , где–коэффициент теплопроводности, *– элементарная площадь поверхности, м2*;  – время передачи теплоты,

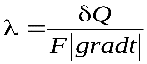
Количество теплоты, проходящее в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности , называется ***плотностью теплового потока.***

Количества теплоты , проходящее в единицу времени через изотермическую поверхность, называется ***тепловым потоком*** (*Дж/с =Вт*): 

Величина теплового потока  и плотность теплового потока являются векторами, за положительное направление которых принимают направление по нормали к изотермической поверхности в сторону уменьшения температуры.

Скалярная величина вектора ***плотности теплового потока***будет равна: Скалярная величина вектора ***теплового потока***будет равна: 

Знак минус в правой части уравнений указывает на то, что тепловой поток и температурный градиент как векторы имеют противоположные направления.

***Коэффициент теплопроводности*** - тепловой поток, передаваемый через единичную поверхность при единичном значении температурного градиента 

Для каждого тела имеет свое численное значение и, зависит от природы, пористости, влажности, давления, температуры и других параметров. Численное значение определяется опытным путем (в справочных таблицах). При выводе уравнения принято, чтоне зависит от температуры. Как показывают опыты, для многих материалов, зависимость коэффициента теплопроводности от температуры можно принять линейной во всем рассматриваемом интервале т-р:

где – коэффициент теплопроводности при температуре(*0°C*); *b* – постоянная, характеризующая приращение (уменьшение) материала при повышении его температуры на*1°C*.

*№3* *Определить зависимость коэффициента теплопроводности идеального газа от температуры T и плотности p газа.*

- коэффициент теплопроводности

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3**

*№1* *Основные кинематические характеристики движения частицы*

=(x,y,z)

*=* перемещение за время

–средняя скорость

Мгновенная скорость

–среднее ускорение

Мгновенное ускорение

*№2* *Диффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии.*

Диффузия от латинского ***diffusio* –** **распространение, растекание** − взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга, вследствие теплового движения частиц вещества.

**Диффузия** происходит **в направлении уменьшения концентрации вещества** и ведет к его равномерному распределению по занимаемому объему. Диффузия имеет место в газах, жидкостях и твердых телах. Наиболее **быстро диффузия** происходит **в газах**, медленнее в жидкостях, еще медленнее в твердых телах, что обусловлено характером движения частиц в этих средах. Для газа ***диффузия – это распределение молекул примеси от источника***

: – коэффициент самодиффузии

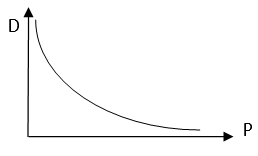
 - закон Фика (в общем виде).

 Из закона Фика видно, что диффузионный поток, направлен в сторону уменьшения концентрации.   
 При этом коэффициент диффузии *D* численно равен диффузионному потоку через единицу площади в единицу времени при . Измеряется коэффициент диффузии *D* в м2/с.

 - соотношение Эйнштейна ; В-подвижность частицы

*№3 Построить график зависимости коэффициента диффузии идеального газа от его плотности при постоянной температуре* T=const

Иное решение:



**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4**

*№1* *Скорость и ускорение частицы при криволинейном движении*

1 путь

перемещение

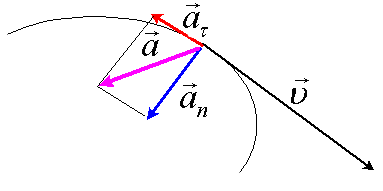
2

 Путь ΔS - это расстояние между точками 1 и 2, отсчитанное вдоль траектории. Перемещение Δ - это прямолинейный отрезок, проведенный из точки 1 в точку 2.

- величина мгновенной скорости , - единичный вектор касательной к траектории в той точке , где находится частица в момент времени t , и ds>0- приращение длины траектории частицы за бесконечно малое время dt . Таким образом, вектор мгновенной скорости всегда лежит на касательной к траектории движения частицы.

Мгновенное ускорение

-тангенциальное ускорение, – нормальное ускорение, -единичный вектор нормали к траектории , направленный перпендикулярно к вектору в сторону вогнутости траектории , и R –радиус кривизны траектории в той точке, где находится частица



*№2 Столкновения частиц газа. Эффективное сечение. Газокинетический диаметр частицы. Средняя длина свободного пробега.*

Молекулы движутся хаотически, сталкиваются друг с другом , в следствие у молекул ломается траектория движения

1. **Газокинетический** **диаметр ** частицы, равный наименьшему расстоянию, на которое могут сблизиться центры масс частиц при их столкновениях. Если частицы рассматривать как абсолютно жёсткие шарики радиусом *а*, газокинетический диаметр



1. При учёте внутренней структуры атомов и молекул в виде электронных оболочек величина **** зависит от скоростей сталкивающихся частиц, поскольку при столкновении происходит деформация внешних электронных оболочек и уменьшение эффективного размера частиц. В результате возникает зависимость величины  от температуры газа, которую можно измерить экспериментально. Для реальных атомов и молекул величина  порядка нескольких ангстрем. ()  
   **Эффективное сечение столкновений **,равное площади круга радиусом ,

.

Если прицельное расстояние налетающей частицы относительно некоторой неподвижной частицы меньше радиуса этого круга, столкновение частиц обязательно произойдет. Здесь предполагается, что центр этого круга совпадает с центром второй частицы, считающейся неподвижная. Прицельное расстояние есть расстояние между центром неподвижной частицы и проекцией вектора скорости  налетающей частицы на плоскость, проходящую через центр неподвижной частицы перпендикулярно .

**Средняя длина  свободного** (без столкновений) **пробега частицы**, введённая Р. Клаузиусом в 1857г., 

Формула справедлива, если выполняются неравенства

*dГ<<r<<λ<<L* , где  - среднее расстояние между частицами и *L* – линейный размер области, занятой газом из *N* частиц.

*№3 Радиус-вектор частицы описывается выражением*

Где a,b и с – постоянные, t – время. Определить скорость и ускорение частицы в момент времени t=t1.

,

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №5**

*№1* *Понятие состояния частицы в механике. Основная задача механики.*

В классической физике состояние частицы полностью определяется координатами (x, y, z) и компонентами её скорости в заданный момент времени, т. е. радиус-вектором частицы и её скоростью.

Основная задача механики – нахождение закона движения тела массой m по заданным начальным условиям и действующей силе.

**Или**

Основная задача механики заключается в ответе на вопрос о том, как изменит своё состояние система при внешних воздействиях.

*№2* *В неравновесном состоянии макроскопические параметры меняются. В системе, находящейся в Н. с., происходят необратимые процессы переноса (теплопроводность, диффузия и т. д.), к-рые стремятся вернуть систему в состояние термодинамич. (или статистич.) равновесия, если нет препятствующих этому факторов: отвода (или подвода) энергии и вещества из системы.*

Процесс самопроизвольного перехода системы из неравновесного состояния в состояние равновесное называется процессом релаксации. У разных термодинамических параметров характерное время выравнивания разное. Промежуток времени, характеризующий процесс выравнивания по объему какого-либо из макроскопических параметров, носит название времени релаксации для данного параметра. Время релаксации зависит от микромеханизма процесса релаксации. Для установления состояния полного термодинамического равновесия требуется время, определяемое наибольшим из времен релаксации. За это время устанавливается равновесие по всем параметрам. Следует подчеркнуть, что тепловое равновесие носит динамический характер, то есть сохраняется присутствие микропроцессов, не нарушающих однако состояния теплового равновесия.

*№3 Частица движется вдоль оси Х с ускорением ах=1 м/с2. Определить положение и скорость частицы в момент времени t=1 мин, если при t=0 х(0)=1м и Vх(0)=1м/с.*

*Дано:*

*t = 60 с*

*Определить*

*- ?*

= 1 м + 1 м/c \* 60 с + (1 м/c^2 \* 60^2 c / 2) = 1861 м

61 м/c

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №6**

*№1 Законы Ньютона. Масса. Импульс. Сила.*

***Первый закон Ньютона***

Существуют системы отсчёта, в которых свободные частицы движутся прямолинейно и равномерно, либо остаются в состоянии покоя.

Свободными называются тела, не испытывающие действия со стороны окружающих тел или силовых полей.

Системы отсчёта, в которых выполняется этот закон, называются инерциальными.

Инерциальность системы отсчёта может быть установлена только опытным путём.

**Ма́сса** — скалярная физическая величина, определяющая инерционные и гравитационные свойства тел в ситуациях, когда их скорость намного меньше скорости света. (Мера инертности тела)

**И́мпульс** (коли́чество движе́ния) — векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения тела. Импульс тела численно равен произведению массы тела на его скорость.

**Второй** **закон** **Ньютона**: Ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей всех сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально его массе

Либо

*Суммарная сила действующая на тело равна скорости изменения импульса*

*Третий закон Ньютона: Силы, с которыми тела действуют друг на друга равны по величины и противоположны по направлению*

**Си́ла** — физическая векторная величина, являющаяся мерой воздействия на данное тело со стороны других тел или полей.

*№2 Статистический характер закона возрастания энтропии. Флуктуации.*

*Любой процесс в природе протекает так, что система переходит в состояние, вероятность которого больше. Энтропия замкнутой системы максимальна при достижении равновесного состояния*

*Флуктуация:*

Случайные отклонения значений какой-то физической величины x от её от среднего значения < x > называют флуктуациями этой величины

*№3 Оценить среднюю силу удара при абсолютно упругом столкновении мяча со стенкой, если скорость мяча равна V и направлена перпендикулярно поверхности стенки, масса мяча m и время*

*-изменение скорости с прямого направления на обратное= двойная скорость! соударения τ.*

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №7**

№1 *Уравнение движения частицы*

Если при движении частицы её масса сохраняется постоянной, второй закон Ньютона упрощается, поскольку величину m можно вынести из-под знака производной по времени,

Это есть **уравнение движения частицы** постоянной массы, где при заданной силе , неизвестной функцией времени является радиус- вектор частицы. Для экспериментальной проверки справедливости последнего уравнения принципиальным является то обстоятельство, что величины силы, массы и ускорения могут быть измерены независимо.

*№2* *Формула Больцмана для энтропии системы частиц. Третье начало термодинамики.*

В основе статистической физики лежит предположение о том, что все микросостояния данной термодинамической системы равновероятны. Отсюда следует, что вероятность макросостояния пропорциональна его статистическому весу Ω. Утверждение о равновероятности всех микросостояний носит название эргодической гипотезы. Эргодическая гипотеза заключается в утверждении, что все микросостояния данной термодинамической системы равновероятны. Следовательно, вероятность макросостояния пропорциональна его статистическому весу. Использовать статистический вес в качестве величины определяющей вероятность состояния неудобно, так как он не аддитивен. Разобъѐм данную систему на две не взаимодействующие подсистемы. Предположим, что эти подсистемы находятся в состояниях с весамии.Каждое измикросостояний первой подсистемы может реализовываться совместно с каждым из Ω2 микросостояний второй подсистемы. Всеговозможно различных комбинаций микросостояний подсистем, каждая из которых является микросостоянием системы. То есть статистический вес состояния системы равен.Т.е. статистический вес не аддитивен.

Но оказывается свойством аддитивности обладает логарифм статистического веса. А иметь дело с аддитивными величинами много проще и удобнее. Аддитивной величиной является логарифм:

В связи с этим в качестве характеристики вероятности состояния системы принимается величина:

называемая энтропией системы. Определенная так энтропия используется в теоретической физике, где обычно не приходится иметь дело с числовыми значениями величин.

В экспериментальной физике от величины переходят к величине,которая также называется энтропией:

Для одного моля кислорода при комнатной температуре и атмосферном давлении указанному ранее значению соответствует

Согласно Больцману, энтропия системы и термодинамическая вероятность связаны между собой следующим образом (формула Больцмана):

где- постоянная Больцмана.

В состоянии равновесия в термодинамике и вероятность максимальна и энтропия максимальна. Из этого можно сделать вывод, что между ними существует связь. Энтропия S – аддитивная величина:

т.е. она равна сумме энтропий тел, входящих в систему.

В 1911г. М. Планк сформировал третье начало термодинамики как условие обращения в нуль энтропии всех равновесных систем при T=0:

Это положение дает возможность определить значение энтропии равновесной системы в произвольном состоянии 1 с помощью формулы

где система обратимым образом переводится из состояния 0 с T=0 в состояние 1.

Физический смысл Третьего начала термодинамики заключается в том, что при T=0 система должна находиться в единственном допустимом состоянии, а именно, в основном состоянии с наименьшей энергией, где в соответствии с законами статистической физики энтропия равна 0. Предполагается, что основное состояние является невырожденным, т.е. может быть реализовано единственным способом.

*№3* *Оценить время остановки автомобиля при его прямолинейном движении под действием постоянной тормозящей силы F, если масса автомобиля M и скорость υ .*

1. Рисуем схему задачи, определяем объект изучения {} и вводим инерциальную систему отсчета, проставив силы, действующие на тело.

x

2) Составим уравнение движения для данного тела и решим его:

(Сила торможения и ускорение при торможении противоположны направлению движения, поэтому берутся сознаком -)

Ускорение — это дифферинциал времени по скорости: поэтому запишем уравнение в следующем виде, домножив обе части на -1:

Решим полученное уравнение.

Отсюда получаем ответ: . **Неправильно!**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №8**

*№1* *Основные виды сил в механике*

В механике обычно имеют дело с тремя основными видами сил: **силой тяжести**, **силой упругости** и **силой трения**.

**Сила тяжести:**

Исаак Ньютон так сформулировал открытый им **закон всемирного тяготения**: *между двумя любыми материальными точками действуют силы взаимного притяжения, пропорциональные произведению масс этих точек и обратно пропорциональные квадрату расстояния между ними:*

Здесь — гравитационная постоянная. и- массы тел, а - расстояние между ними.

Силу тяжести можно записать проще, объединив все постоянные величины в одну константу, если одним из тел является Земля, а второе тело находится на поверхности Земли:

,

где , - масса земли, а - радиус земли

**Сила упругости:**

**Упругими** называются силы, возникающие при упругих деформациях тел.

В качестве объективной характеристики деформации тела принимается его относительное удлинение:

**.**

Считается, что растягивающая сила равномерно распределена по поверхности любого поперечного сечения растягиваемого тела S. Отношение называется напряжением. Напряжение пропорционально относительной деформации

Коэффициент пропорциональности Е в законе Гука — модуль Юнга — является одной из характеристик материала .

Перепишем закон Гука в таком виде

где: - коэффициент упругости.

В этой форме закон Гука записывают и для случая упругой деформации пружин

здесь: х — деформация пружины, F — приложенная внешняя сила.

При деформации пружины внешняя сила, приложенная к ней , направлена противоположно силе упругости, поэтому

.

**Силы трения:**

Классифицируя силы трения, прежде всего, разделяют **сухое** и **вязкое трени**е .Первое возникает между сухими твёрдыми поверхностями тел, а второе — при движении в вязкой среде, либо при относительном движении тел, разделённых смазочным слоем.

**Силу сухого трения** также разделяют на **силу трения скольжения** и переходящую в нее при увеличении внешней силы **силу трения покоя**.

Согласно опытному закону Амонтона (1699) максимальное значение силы трения покоя и сила трения скольжения пропорциональны величине силы нормального давления, прижимающей трущиеся поверхности друг к другу:

Здесь — коэффициент сухого трения. Это табличная величина, связанная с материалом трущихся поверхностей и качеством их обработки.

Сила трения скольжения не зависит от площади поверхности соприкосновения тел.

**Сила вязкого трения** действует на тело, движущееся в вязкой среде (жидкой или газообразной). Она зависит от формы и размеров тела, скорости его движения, а также от физических свойств среды: в частности — от плотностии вязкости.

Ньютон экспериментально исследовал силу вязкого трения, возникающую при относительном скольжении двух поверхностей, разделённых слоем жидкости.

Эта сила оказалась пропорциональной скорости подвижной пластины, её площади и обратно пропорциональной толщине разделительного слоя жидкости:

Здесь — вязкость жидкости, [Па × с].

В 1851 году английский физик Джордж Стокс рассчитал силу вязкого сопротивления, на твёрдый шар радиуса при его медленном поступательном движении в неограниченной вязкой среде:

Эта формула известна как закон Стокса.

*№2 Статистический вес макросостояния системы частиц*

Более глубокий смысл энтропии вскрывается в статистической физике: **энтропия** связывается с **термодинамической вероятностью** состояния системы или **статистическим весом**. **Термодинамическая вероятность** состояния системы - это число способов, которыми может быть реализовано данное состояние макроскопической системы, или число микросостояний, осуществляющих данное макросостояние (т.е. термодинамическая вероятность не есть вероятность в математическом смысле).

Макросостояние – это состояние вещества, характеризуемое его термодинамическими параметрами (объемом, давлением, плотностью, температурой и т. д.). Состояние системы, характеризуемое состоянием каждой входящей в систему молекулы, называют микросостоянием.

Так как молекулы движутся хаотически, то имеется много микросостояний, соот-ветствующих одному макросостоянию. Обозначим число микросостояний соответствующее данному макросостоянию (как правило>> 1). Термодинамической вероятностью или статистическим весом макросостоянияназывается число микросостояний, осуществляющих данное макросостояние. Термодинамической вероятностью или статистическим весом макросостояния называется число перестановок одноименных элементов, при которых сохраняется данное макросостояние. Термодинамическая вероятность максимальна, когда система находится в равновесном состоянии. Чтобы пояснить понятие **статистического веса** (термодинамической вероятности), рассмотрим способы, которыми молекулы газа могут распределиться между двумя половинами сосуда. В начале сосуд разделен перегородкой и все молекулы собраны только в одной половинке. Далее удаляется перегородка и изучается распространение газа в сосуде. Рассмотрим ситуацию с 4-мя молекулами.

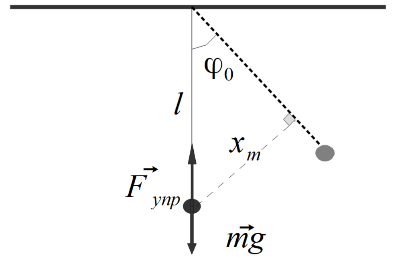
Обратный процесс, в результате которого газ самопроизвольно собрался бы в одной из половин сосуда, невозможен. Это обусловлено тем, что вероятность состояния, при котором молекулы газа распределены поровну между обеими половинами сосуда, очень велика, а вероятность состояния, при котором все молекулы газа находились бы в одной из половин сосуда, практически равна нулю.

Из сказанного следует, что для того чтобы определить, какие процессы могут протекать в изолированной термодинамической системе, нужно знать вероятность различных состояний этой системы. Величина, которая служит для характеристики вероятности состояний, получила название энтропии. Эта величина является, подобно внутренней энергии, функцией состояния системы. **Изолированная система** будет **самопроизвольно** переходить из менее вероятных в более вероятные состояния либопреимущественно находиться в состоянии, вероятность которого максимальна. Для того, чтобы определить, какие процессы могут протекать в изолированной термодинамической системе, нужно знать вероятность различных состояний системы. Статистический весобычно выражается огромными числами. Так, например, для одного моля кислорода при атмосферном давлении и комнатной температуре:

**Формула Больцмана для энтропии равновесного состояния** ( см. билет №7)

*№3* *Математический маятник совершает гармонические колебания с периодом Т и угловой амплитудой 0. Определить максимальную силу натяжения нити, если ускорение свободного падения g и масса маятника m. Сопротивление воздуха не учитывается.*

Рисуем схему задачи, определяем объект изучения {} и вводим инерциальную систему отсчета, проставив силы, действующие на тело.



Выразим длину нитииз формулы периода:

, g — ускорение свободного падения

Далее по второму закону ньютона составим уравнение с силой натяжения нити

, где - это центростремительное ускорение

,

- максимальная скорость, равная произведению амплитуды колебаний и угловой частоты :

Угловую частоту можно выразить через период колебаний маятника:

Итак мы получаем уравнение силы натяжения нити:

Ответ: , **Неверно!**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №9**

*№1 Закон сохранения импульса для частицы и системы частиц*

Импульс тела — вектор, равный произведению массы этого тела на его скорость.

Если на частицу не действуют внешние силы, то закон сохранения импульса для нее будет выглядеть так же как и уравнение импульса тела.

(САМ ПРИДУМАЛ, НИГДЕ НЕТ ПРО СОХРАНЕНИЕ ИМПУЛЬСА ЧАСТИЦЫ)

Импульс замкнутой системы частиц остаётся постоянным при любых взаимодействиях этих частиц друг с другом.

*№2* *Модель идеального газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической*

*модели*

Идеальный газ — теоретическая модель, широко применяемая для описания свойств и поведения реальных газов при умеренных давлениях и температурах.

* Размеры молекул пренебрежимо малы по сравнению со средним расстоянием между ними, так что суммарный объём, занимаемый молекулами, много меньше объёма сосуда
* Импульс передаётся только при соударениях, то есть силы притяжения между молекулами не учитываются, а силы отталкивания возникают только при соударениях
* Соударения частиц между собой и со стенками сосуда абсолютно упруги
* Средняя энергия взаимодействия частиц, приходящаяся на одну частицу, много меньше средней кинетической энергии поступательного движения частицы.

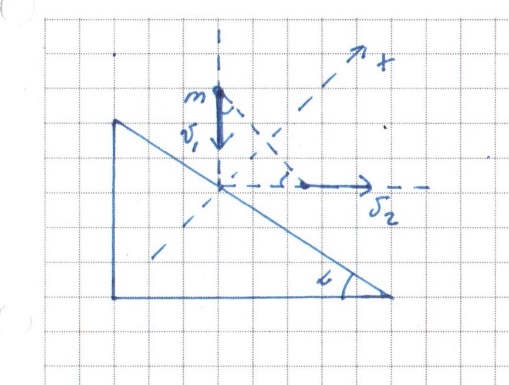
Основное уравнение молекулярно-кинетической модели:

Давление идеального газа пропорционально произведению массы молекулы, числа молекул в единице объема и среднего квадрата скорости движения молекул.

*№3* *На наклонную плоскость вертикально падает шарик и отскакивает в*

*горизонтальном направлении. Определить импульс, полученный шариком при*

*соударении, если величина его скорости V не изменилась и масса шарика m.*



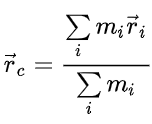
Так как величина скорости не изменилась, то удар абсолютно упругий

x:

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №10**

*№1 Центр масс системы частиц. Теорема о движении центра масс.*

Центр масс - геометрическая точка, характеризующая движение тела или системы частиц как целого.



где— радиус-вектор центра масс, — радиус-вектор i-й точки системы, — масса i-й точки.

Теорема о движении центра масс:

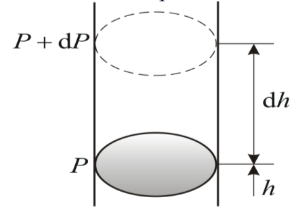
Центр масс системы движется как материальная точка, масса которой равна массе всей системы, а действующая сила — геометрической сумме всех внешних сил, действующих на систему.

Импульс системы не меняется во времени, если система замкнута или векторная сумма всех сил равна 0. ( закон сохранения импульса)

*№2* *Распределение молекул воздуха в поле силы тяжести.*

*Барометрическая формула.*

В отсутствие внешних сил средняя концентрация n молекул газа в состоянии равновесия всюду одинакова. Но этого не будет при наличии силовых полей. Рассмотрим, например, идеальный газ в однородном поле тяжести. В состоянии равновесия температура Т должна быть одинакова по всей толще газа (иначе возникли бы потоки тепла). Для механического равновесия необходимо, чтобы концентрация молекул газа убывала с увеличением высоты. Пусть ось Z направлена вверх. Найдём закон изменения концентрации n с координатой Z в состоянии теплового и механического равновесия. Выделим бесконечно короткий вертикальный столб газа высотой dZ. Пусть площадь основания столба равна 1.



Условие механического равновесия бесконечно тонкого слоя (z, z + dz) столба газа запишется в виде

*P(z)S – P(z+dz)S – mgn(z)Sdz = 0*

где P – давление газа, зависящее от высоты z, и n – концентрация частиц.

Используя известные соотношения

*P=nkT , P(z+dz) ≈ P(z) + dz,*

Выполнив преобразования получаем

Данная формула для распределения концентрации частиц по высоте в однородном поле силы тяжести называется барометрической.

- Физическая природа силового поля не имеет значения. Важно, чтобы поле было постоянно и консервативно (потенциально). Если Ep – потенциальная энергия молекулы в силовом поле, то mg∙dZ = dEp, а потому получаем закон распределения Больцмана.

Барометрическая формула

Поскольку давление идеального газа пропорционально его концентрации, то распределение давления по высоте описывается аналогичной формулой

Полное число N частиц в бесконечном столбе газа единичного поперечного сечения

Отсюда находим давление данного столба газа на земную поверхность z=0

*P(0) = n(0)kT = Nmg* .

Таким образом, давление газа при z=0 равно весу столба газа единичного поперечного сечения. Для земной атмосферы и соответствующая масса частиц *mN = P(0)/g* ≈ кг.

*№3* *На какой высоте над поверхностью Земли концентрация молекул*

*кислорода уменьшается в 2,7 раза, если температура воздуха считается*

*постоянной по высоте и равной 0С? Ускорение свободного падения g*

*считать не зависящим от высоты.*

Дано: , T=273K, T=const, h-?

Распределение Больцмана:, -концентрация молекул на нулевом уровне, n- на высоте h, M-молярная масса

K - Постоянная Больцмана

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №11**

*№1**Работа силы и мощность. Кинетическая энергия. Связь между работой и кинетической энергией.*

Работа силы — скалярная величина, которая может быть как положительной, так и отрицательной.

Формально знак работы определяется знаком косинуса. Если — Cos α > 0 и работа силы положительна. Сила, направленная в сторону противоположную смещению, совершает отрицательную работу. Если вектор силы образует с вектором перемещения или скорости прямой угол, то работа такой силы равна нулю. Так, работу не производит центростремительная сила при движении по круговой орбите, сила тяжести и сила реакции опоры при перемещении тела по горизонтальной поверхности.

В системе СИ работа измеряется в джоулях:

1 Дж = 1 Н × 1 м.

Работа, выполняемая в единицу времени, называется мощностью:

Мощность — важная характеристика любого механизма. Единицей мощности является 1 Ватт. Это мощность устройства, которое ежесекундно совершает работу 1 Дж:

N =

1 Вт =

Теорема кинетической энергии:

Работа силы при перемещении материальной точки равна изменению кинетической энергии этой точки.

Работа связана с изменением кинетической энергии тела:

*№2**Термодинамическое равновесие системы частиц в поле внешней консервативной силы. Распределение Больцмана.*

**Термодинамическое равновесие** — состояние системы, при котором остаются неизменными во времени макроскопические величины этой системы (температура, давление, объём, энтропия) в условиях изолированности от окружающей среды. Они не остаются неизменны, но колеблются возле своих средних значений.

Консервативные (потенциальные) силы, работа которых на любой замкнутой траектории (контуре) всегда равна нулю.

При действии на частицу консервативной силы механическая энергия частицы сохраняется постоянной.

Термодинамическое равновесие кроме теплового равновесия включает в себя также механическое равновесие макроскопических частей системы, при котором давление во всех этих частях одинаково и отсутствует относительное движение макроскопических элементов системы. Термодинамическое равновесие есть совокупность трёх равновесий: теплового, механического и химического.

Для механического равновесия необходимо, чтобы концентрация молекул газа убывала с увеличением высоты.

(Kогда система находится во внешнем стационарном поле консервативных сил. В этом случае каждая частица системы будет характеризоваться своим значением потенциальной энергии  в данном поле, а вся система — величиной.

)

Физическая природа силового поля не имеет значения. Важно, чтобы поле было постоянно и консервативно (потенциально). Если Ep – потенциальная энергия молекулы в силовом поле, то mg∙dZ = dEp, а потому получаем закон распределения Больцмана

*№3* *На тело массой m, неподвижно лежащее на горизонтальной плоскости, в момент времени t=0 начинает действовать горизонтальная сила F=kt, где k>0 – постоянная. Определить кинетическую энергию тела в момент времени t=t1>0.*

*F*

*mg*

*ox:*

*+ C + C => C=0*

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №12**

*№1* *Консервативные силы. Потенциальная энергия.*

Консервативные (потенциальные) силы, работа которых на любой замкнутой траектории (контуре) всегда равна нулю. К классу консервативных относятся, например, гравитационные силы, упругие, силы электростатического взаимодействия.

При действии на частицу консервативной силы механическая энергия частицы сохраняется постоянной.

Состояние механической системы характеризуют потенциальной энергией, если на систему действуют только консервативные силы.

Если на частицу действует консервативная сила , то можно ввести скалярную функцию координат , называемую потенциальной энергией частицы в поле данной консервативной силы. Для определения потенциальной энергии используется следующий алгоритм:

1. Выбирается некоторая точка 1, т.е. в заданной системе координат задается радиус-вектор этой точки.

2. В выбранной точке произвольным образом определяется потенциальная энергия.

3. Значение потенциальной энергии для любой точки находится с помощью формулы r

//здесь t – это r только другая

В системе СИ потенциальная энергия измеряется в джоулях.

*№2* *Степени свободы многоатомной молекулы. Поступательное, вращательное и колебательное тепловые движения. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии теплового движения по степеням свободы молекул.*

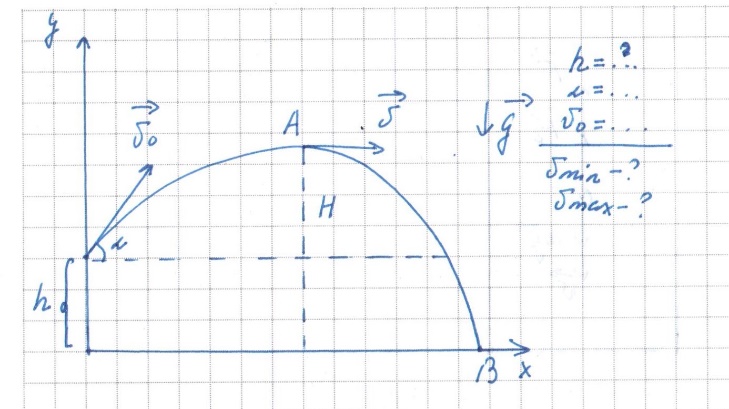
Каждое независимое движение называется **степенью свободы**. Таким образом, одноатомная **молекула** имеет 3 поступательные **степени свободы**, «жесткая» двухатомная **молекула** имеет 5 степеней (3 поступательные и 2 вращательные), а **многоатомная молекула** – 6 степеней **свободы** (3 поступательные и 3 вращательные).

В классической статистической физике выводится закон Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул: для статистической системы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, на каждую поступательную и вращательную степени свободы приходится в среднем кинетическая энергия, равная *kT/2*, а на каждую колебательную степень свободы - в среднем энергия, равная *kT*.

Колебательная степень "обладает" вдвое большей энергией потому, что на нее приходится не только кинетическая энергия (как в случае поступательного и вращательного движений), но и потенциальная, причем средние значения кинетической и потенциальной энергий одинаковы (кинетическая энергия переходит в потенциальную).

На среднюю кинетическую энергию молекулы, имеющей *i* - степеней свободы приходится:

*№3 Тело брошено с высоты h над поверхностью земли под углом α к горизонту с начальной скоростью. Определить минимальную и максимальную скорости тела, если ускорение свободного падения g. Сопротивление воздуха не учитывается*



Закон для скорости

X:

Y:

В наибольшей точке подъема А => время подъема

Для произвольного момента времени

Минимальное значение скорости в точке А будет равно

Максимальное значение скорости будет в месте падения:

Для участка АВ:

К моменту падения:

Скорость в момент падения:

*Максимальная скорость найдена нверно!*

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №13**

*№1 Закон сохранения механической энергии*

**Закон сохранения механической энергии**: если между телами системы действуют только силы тяготения и силы упругости, то сумма кинетической и потенциальной энергии остается неизменной, то есть механическая энергия сохраняется.

*№2* *Средняя кинетическая энергия поступательного движения частиц идеального газа в условиях теплового равновесия и ее связь с абсолютной температурой.*

Средняя кинетическая энергия молекул газа **(в расчете на одну молекулу)** определяется выражение .

Кинетическая энергия поступательного движения атомов и молекул, усредненная по огромному числу беспорядочно движущихся частиц, является мерилом того, что называется температурой. Если температура *T* измеряется в градусах Кельвина (К), то связь ее с задается соотношением.

*№3* *Как можно оценить скорость истечения воды из отверстия в сосуде? Воду считать идеальной несжимаемой жидкостью с плотностью* ***ρ****, находящейся в однородном поле силы тяжести. Ускорение свободного падения* ***g****.*

Решение: Нарисовать сосуд с этими параметрами –> ( **–** высота сосуда,  **–** ширина сосуда, **–** скорость с которой уровень воды опускается в сосуде,  **–** ширина отверстия в сосуде,  **–** скорость воды, которая вытекает из отверстия,  **–** высота отверстия от поверхности.)

Уравнение Бернули в общем виде: , **p** – ро, **P** – давление. Поскольку жидкость несжимаемая, то. Давления и равны атмосферному . Тогда уравнение Бернули:

**,**

так как

Тогда Откуда

Ответ:

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №14**

*№1 Сила трения скольжения. Закон сохранения энергии при действии силы трения скольжения.*

**Сила трения скольжения**— сила, возникающая между соприкасающимися телами при их относительном движении.

**Закон сохранения энергии при действии силы трения скольжения:**

**,** где  **,**  – пройденный путь.

*№2* *Распределение частиц идеального газа по скоростям в условиях термодинамического равновесия (распределение Максвелла).*

Функция распределения Максвелла  устанавливает относительное число молекул, скорости которых попадают в единичный интервал скоростей вблизи , т.е. , где - общее число молекул в единице объема, т. е. концентрация; - число молекул в единице объема, скорости которых лежат в интервале от до .

Для однородного газа, находящегося в состоянии термодинамического равновесия, распределение Максвелла имеет вид:

*№3* *Определить максимальное расстояние, на которое после толчка перемещается по горизонтальной шероховатой поверхности неподвижно лежащее тело. Коэффициент трения скольжения . Ускорение свободного падения . Скорость тела после толчка равняется .*

Решение: Нарисовать тело с этими параметрами -> (сила трения, сила реакции опоры, скорость, сила тяжести.)

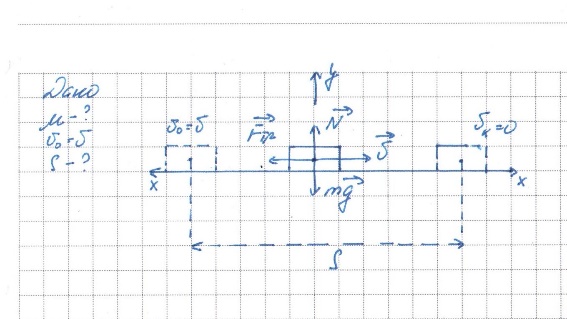
По 3-ему закону Ньютона **.**  **.** Согласно закону сохранения энергии: **.** **.** так как тело останавливается.

**. . .**

**.**

Ответ:

**Иное решение:**



Путь пройдённый остановками

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №15**

*№1 Общефизический закон сохранения энергии*

**Общефизический закон сохранения энергии -**существует всеобщая мера движения и взаимодействия всех видов материи, называемая энергией, которая не возникает из ничего и не исчезает, а только переходит из одной формы в другую.

*№2* *Статистический метод описания системы частиц*

**Статистический метод описания**основывается на применении законов теории вероятностей. При этом вводится функция распределения, с помощью которой находятся интересующие нас средние значения микропараметров системы. Молекулы движутся **хаотически**. Среди них есть и очень быстрые, и очень медленные. Благодаря беспорядочному движению и случайному характеру их взаимных столкновений, **молекулы определённым образом распределяются по скоростям.**

*№3* *Шарик вертикально падает на горизонтальную поверхность и после неупругого соударения подскакивает на высоту h. Какое количество теплоты выделится при соударении, если скорость шарика перед соударением V, масса шарика m и ускорение свободного падения g. Сопротивление воздуха не учитывается.*

Согласно общефизическому закону сохранения энергии: Ek=Q+Ep, тогда тогда

**Иное решение:**

Дано: h,

Кинетическая энергия тела до удара

После удара по закону сохранения энергии

Количество теплоты выделяемое при ударе

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №16**

*№1* *Модель гармонического осциллятора в механике. Устойчивое положение равновесия. Возвращающая сила.*

Модель гармонического осциллятора имеет вид:, где точки над x обозначают производную по времени, причем число точек равно порядку производной и –постоянная, имеющая размерность частоты.

**Гармонический осциллятор** (в классической механике) — система, которая при смещении из положения равновесия испытывает действие возвращающей силы F, пропорциональной смещению x (согласно закону Гука):

 F = -k x \, 

где k — коэффициент жёсткости системы.

Если F — единственная сила, действующая на систему, то систему называют простым или консервативным гармоническим осциллятором. Свободные колебания такой системы представляют собой периодическое движение около положения равновесия (гармонические колебания). Частота и амплитуда при этом постоянны, причём частота не зависит от амплитуды.

**Устойчивое равновесие**

 Если систему сместить на небольшое расстояние, она вернётся назад в состояние равновесия. Равновесие устойчиво, если центр тяжести тела занимает наинизшее положение по сравнению со всеми возможными соседними положениями.

Другими словами, положение устойчивого равновесия - это такое положение, что если из него тело отклонить слегка, то оно в него вернётся. И почему же устойчивое равновесие так устойчиво? А просто потому, что основная тяжесть тела при нахождении в нём расположена очень низко, ниже точки опоры. И если это условие выполняется, то тело не склонно выходить из этого положения, каким бы шатким оно на первый взгляд ни казалось.

**Возвращающаяся сила**

Гармоническое колебание точки характеризуется тем, что на неё действует сила, пропорциональная отклонению её от положения равновесия и направленная к этому положению. Она и называется возвращающей.

*№2* *Случайное событие. Понятие вероятности. Функции распределения случайных величин. Средние значения.*

Событие называют **случайным**, если в результате испытания оно может как произойти, так и не произойти.

Математическое определение вероятности: **вероятность** какого-либо события – это предел, к которому стремится отношение числа случаев, приводящих к осуществлению события, к общему числу случаев, при бесконечном увеличении последних: Здесь число раз, когда событие произошло, а *n* - общее число опытов.

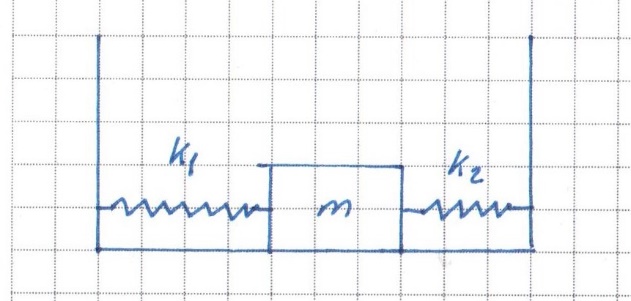
Если случайная величина ***х*** меняется непрерывным образом в интервале (x1, x2), то еѐ можно характеризовать с помощью **функции распределения**, или **плотности вероятности**  где есть вероятность нахождения случайной величины х в бесконечно малом интервале(x, x+dx). Функция распределения является неотрицательной и удовлетворяет условию нормировки на интервале (x1, x2) возможного изменения случайной величины , поскольку, случайная величина х с достоверностью, т.е. с вероятностью, равной 1, находится в интервале (x1, x2).

С помощью функции распределения находятся **среднее значение** <x> и **среднеквадратичное отклонение случайной величины** , где всегда .

*№3* *На гладкой горизонтальной поверхности лежит тело массой m, прикрепленное с двух противоположных сторон к вертикальным стенкам посредством двух горизонтальных пружин, имеющих жѐсткости k1 и k2. Определить период малых горизонтальных колебаний тела, если пружины и центр масс тела находятся на одной прямой.*

Коэффициент жесткости данной системы k=k1+k2. Тогда период гармонических колебаний системы

**Иное решение:**



Период малый колебаний пружинного маятника

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №17**

*№1. Уравнение движения механического гармонического осциллятора.*

Колебания называются ***свободными (или собственными)***, если они совершаются за счет первоначально сообщенной энергии при последующем **отсутствии внешних воздействий** на колебательную систему (систему, совершающую колебания). Простейшим типом колебаний являются **гармонические колебания** - колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем) **по закону синуса (косинуса).**

**Гармонический осциллятор** – система, которая при смещении из положения равновесия испытывает действие возвращающей силы прямо пропорционально смещению.

2 закон Ньютона

-> - собственная циклическая частота колебаний

Собственная циклическая частота колебаний – это частота колебаний при отсутствии трения и внешних воздействий.

Циклическая частота , -период колебаний, T- частота колебаний

Уравнение движения частицы при действии возвращающей силы имеет вид

 или  или

где точки над x обозначают производную по времени, причем число точек равно порядку производной и - постоянная, имеющая размерность частоты ( - собственная циклическая частота колебаний)

*№2 Энтропия. Закон возрастания энтропии. Теорема Нернста.*

*2.1 Энтропия*

Энтропией *S* называется функция состояния системы, дифференциал которой в элементарном обратимом процессе равен отношению бесконечно малого количества теплоты , сообщённого системе, к абсолютной температуре ***Т*** последней:

- для обратимого процесса.

Энтропия системы является функцией ее состояния, определенная с точностью до произвольной постоянной.

Физический смысл имеет лишь разность энтропий.

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

***Изохорический:***

**т.к. *V*1= *V*2**

******

***изобарический*: т.к. *Р*1 = *Р*2,**

******

***изотермический:* т.к Т1 = Т2**

******

***адиабатический:*** адиабатический процесс называют изоэнтропийным процессом, т.к

*Энтропия замкнутой системы при любых происходивших в ней процессах не может убывать* (*или увеличивается или остается неизменной*) **– это закон возрастания энтропии.**

**теорема Нернста** может рассматриваться как результат обобщения опытных фактов, поэтому ее часто называют **третьим началом термодинамики*:*** ***энтропия любой равновесной системы при абсолютном нуле температуры может быть равна нулю.***

*2.2 Неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии.*

Рассмотрим **замкнутую теплоизолированную систему**, в которой самопроизвольно без каких-либо внешних воздействий происходят обратимые и необратимые процессы. Согласно нулевому началу термодинамики в результате этих процессов система переходит в конечное равновесное состояние. На основе результатов для произвольного достаточно большого интервала времени ∆t данной эволюции системы изменение энтропии , поскольку в силу теплоизолированности системы δQ≡0. *Таким образом, за счет внутренних необратимых процессов энтропия замкнутой теплоизолированной системы в среднем растет и достигает своего максимального значения в конечном равновесном состоянии.* В этом состоит **закон возрастания энтропии**, который показывает определенную направленность самопроизвольных спонтанных процессов в замкнутой теплоизолированной системе с постоянной энергией.

Анализ работы тепловых машин, исследование обратимых и необратимых процессов, а также введение новой функции равновесного состояния термодинамической системы – энтропии позволило Р. Клаузиусу сформировать в наиболее общей форме **второе начало термодинамики** (1876г.) : «Существует функция S состояния системы, называемая энтропией, приращение которой для обратимых процессов

, где δQ - количество теплоты, полученное или отданное системой при ее температуре T, а для необратимых процессов

, где Т- температура окружающей среды”. Отсюда вытекают другие частные формулировки второго начала термодинамики.

1) Теплота может самопроизвольно передаваться только от системы с большей температурой к системе с меньшей температурой, поскольку только в этом случае полная энтропия обеих систем возрастает. Отметим, что с помощью идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, возможно осуществление обратимого теплообмена между системами с разными температурами. Такой теплообмен возможен только за счет энергии, полученной системой от внешнего источника.

2) Максимальный к.п.д. любого теплового двигателя

, где  - максимальная температура рабочего тела при получении теплоты от нагревателя и  - минимальная температура тела при передаче теплоты холодильнику.

Данный результат может быть получен путем применения неравенства Клаузиуса к необратимому циклу произвольного теплового двигателя:



и

 .

Отсюда следует, что для любого теплового двигателя без потерь

 .

Очевидно, что потери энергии лишь уменьшают к.п.д. теплового двигателя.

Максимальный к.п.д. достигается в случае обратимого цикла, где передача теплоты рабочему телу происходит при постоянной температуре нагревателя , а передача теплоты холодильнику – при постоянной температуре холодильника , т.е. при реализации цикла Карно.

*№3 Два тела с одинаковой массой , имеющие температуры Т1 иТ2 помещены в адиабатическую оболочку. Определить равновесную температуру и изменение энтропии, показав, что она возрастает.*

*-* средняя температура

Энтропия убывает

Энтропия возрастает

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №18**

*№1 Собственные незатухающие колебания гармонического осциллятора. Амплитуда, частота и фаза гармонических колебаний.*

**Собственные свободные (незатухающие) колебания** – это колебания, которые совершились за счет первоначально сообщенной энергии при отсутствии внешних воздействий.

Общее решение обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка по времени описывает **свободные незатухающие гармонические колебания** частицы в виде *x(t)=a0cos(ω0t+ φ0),* где *a0* > 0 - **амплитуда** и φ0 – **начальная фаза**. Это периодическое движение

*x(t+T0)=x(t)* c периодом : 

*x(t)=a0cos(ω0t+ φ0) -*  решение уравнения гармонического осциллятора , k-коэффициент, m - масса

В случае механических колебаний амплитуда **a** равна величине максимального отклонения частицы от ее устойчивого положения равновесия.

Аргумент косинуса, описывающего гармонические колебания: *φ=ω0t+ φ0* - называется фазой, постоянная φ0 – начальной **фазой** и ω0 – **циклической (круговой)** частотой, которая связана с обычной частотой v0 соотношением

 .

Амплитуда *a* и начальная фаза *φ0* находятся с помощью двух начальных условий, задаваемых в некоторый момент времени (обычно при t=0),

**

которые однозначно определяют решение обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Согласно начальным условиям:



Мгновенная скорость гармонического осциллятора



опережает по фазе смещение на π/2. Мгновенное ускорение гармонического осциллятора



опережает по фазе смещение на π. В этом случае говорят, что колебания смещения x и ускорения **a** происходят в противофазе.

Примерами механического гармонического осциллятора могут служить тело, подвешенное на пружине и имеющее устойчивое положение равновесия, где сила тяжести уравновешена силой упругости пружины, и тело, подвешенное на нити (математический маятник), где устойчивое положение равновесия соответствует вертикальному положению нити, в котором сила тяжести уравновешена силой натяжения нити. При малых отклонениях от устойчивого положения равновесия эти системы совершают гармонические колебании.

*№2 Обратимые процессы. Равенство Клаузиуса для обратимого кругового процесса.*

**Обратимым процессо**м называется такое **изменение состояния системы** (или одного отдельного тела), которое будучи проведено в обратном направлении, **возвращает её в исходное состояние** так, чтобы система прошла через те же промежуточные состояния, что и в прямом процессе, но в обратной последовательности, а состояние тел вне системы остались неизменным. Или обратимым термодинамическим процессом называется термодинамический процесс, допускающий возможность возвращения системы в первоначальное состояние без каких-либо изменений в окружающей среде. Необходимым и достаточным **условием обратимости** есть **равновесность.**

**Свойством обратимости обладают только равновесные процессы. Каждое промежуточное состояние является состоянием термодинамического равновесия, нечувствительного к тому, идет ли процесс в прямом или обратном направлении. Например, обратимым можно считать процесс адиабатического расширения или сжатия газа.**

Анализ обратимых и необратимых процессов показал, что для их понимания и количественного описания, физических величин, используемых в формулировке первого начала термодинамики, недостаточно. Исследуя обратимые круговые процессы (термодинамические циклы), Р. Клаузиус пришел к выводу, что для них выполняется следующее равенство (1854 г.)

**,**

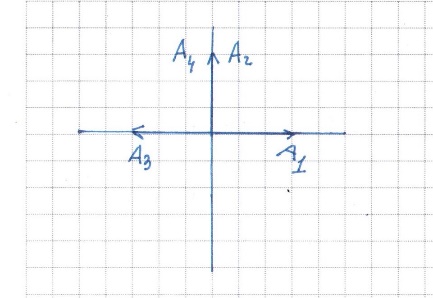
которое впоследствии было названо равенством Клаузиуса. Здесь δ*Q* – бесконечно малое количество теплоты, полученное или отданное системой при температуре *T* на некотором бесконечно малом участке кругового процесса. Частным случаем равенства Клаузиуса является соотношение , полученное для обратимого цикла Карно идеальной тепловой машины, где рабочим телом является идеальный газ.

Равенство Клаузиуса позволяет феноменологически ввести новую функцию равновесного состояния термодинамической системы – энтропию *S*. Разность энтропий *S*2-*S*1 в равновесных состояниях 1 и 2 определяется формулой

**,**

где в правой части равенства использовано первое начало термодинамики. Интегрирование в правой части последнего уравнения ведется по любому обратимому процессу 12, переводящему систему из равновесного состояния 1 в равновесное состояние 2. Из этого следует, что разность *S*2-*S*1 не зависит от выбора этого процесса. Напомним, что аналогичным образом вводятся потенциальная энергия для консервативных сил, работа которых по любому контуру равна нулю, и потенциал электростатического поля, для которого циркуляция вектора напряженности электрического поля также равна нулю.

*№3* *Найти сумму следующих четырех гармонических колебаний: a cost, a cos(t+π/2), a cos(t+π),a cos(t-3π/2), происходящих вдоль одной прямой.*



Колебания вдоль одной прямой

Векторная диаграмма для

Складываем 1 и 3 колебания

Складываем 2 и 4. 2 и 4 направлены вверх

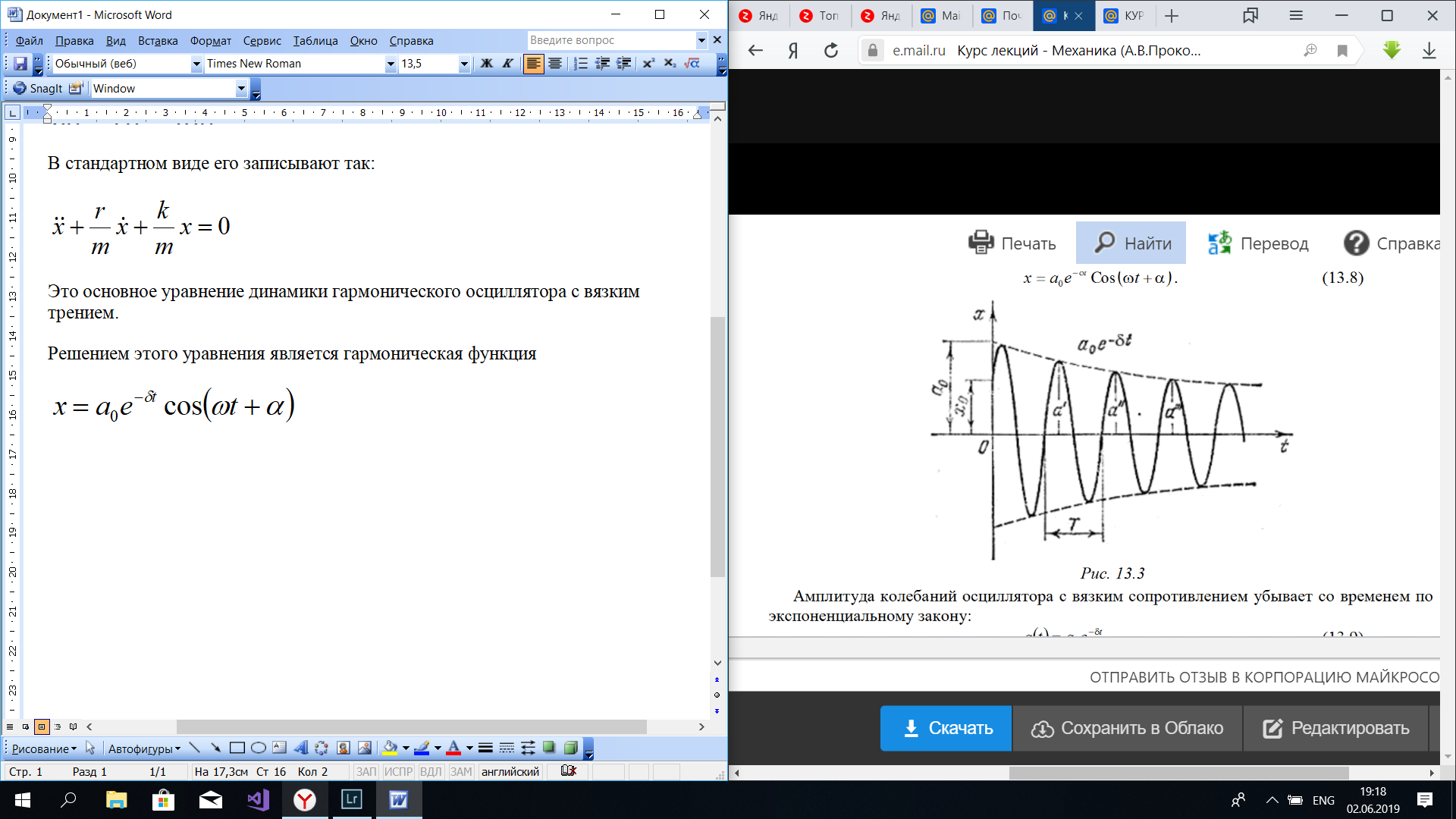
Тогда амплитуда результирующего колебания равна **Решен не полностью**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №19**

*№1* *Собственные затухающие колебания гармонического осциллятора при действии силы вязкого трения. Добротность.*

Сила вязкого сопротивления, пропорциональную скорости движения: 

Здесь r — коэффициент сопротивления. Знак минус означает, что сила сопротивления и скорость всегда направлены противоположно.

Закон движения — второй закон Ньютона — теперь примет такой вид:

В стандартном виде его записывают так: 

Это основное уравнение динамики гармонического осциллятора с вязким трением.

Решением этого уравнения является гармоническая функция 

Амплитуда колебаний осциллятора с вязким сопротивлением убывает со временем по экспоненциальному закону: ******

Здесь δ =  — коэффициент затухания.

Частота затухающих колебаний ω отличается от частоты собственных *не*затухающих колебаний ω0: 

.

Вычислим время – τ, в течение которого амплитуда колебаний уменьшится в *e* раз (*e* = 2.718). При таком уменьшении амплитуды — почти в 3 раза — условно принято считать, что процесс «затух» и система вернулась к положению равновесия.

.

Отсюда следует, что время релаксации τ обратно пропорционально коэффициенту затухания δ:



Важной характеристикой затухающих колебаний является логарифмический декремент затухания *d*, равный логарифму отношения амплитуд двух соседних колебаний:

.

Численно логарифмический декремент затухания равен произведению коэффициента затухания на период колебаний.

Величина, с точностью до множителя π обратная декременту затухания, называется ***добротностью осциллятора***:

.

Подсчитаем число колебаний, которое система совершает за время релаксации τ.

.

Отсюда следует, что добротность осциллятора с точностью до π равна числу колебаний, за которое амплитуда падает в *e* раз.

*Q* = π*N*τ.

Можно показать, что добротность осциллятора напрямую связана с энергетическими потерями в системе:

.

Здесь: *Е* — энергия осциллятора;

Δ*Е* — убыль энергии за одно полное колебание (за период).

*№2* *Необратимые процессы. Неравенство Клаузиуса для необратимого кругового процесса*

В случае необратимого перехода промежуточные состояния системы являются неравновесными, а для возвращения системы в исходное состояние необходимы компенсационные процессы, изменяющие начальное состояние окружающей среды.

Совместное применение первой и второй теорем Карно позволяет получить следующее неравенство: 

подразумевая, что для обратимых процессов выполняется равенство, а для необратимых - неравенство. По договоренности об обозначениях  , т.е.   , откуда  .

Следовательно 

В общем случае циклический процесс можно разделить на некоторое множество участков, на которых подводится или отводится теплота: 

Величина  называется ***приведённым количеством теплоты* (Дж/К)**. Она численно равна полученному системой при абсолютной температуре *Т* количеству теплоты, делённому на эту температуру.

В пределе для элементарных количеств теплоты имеем:  (Кружок в интеграле показывает, что процесс круговой.)

(!!! **Знак равенства можно поставить только для *обратимых* процессов)**

**Это соотношение носит название неравенства Клаузиуса**- суммарное количество приведенной теплоты в любом замкнутом цикле для любой термодинамической системы не может быть положительным.

*№3* *Амплитуда колебаний гармонического осциллятора за N колебаний уменьшилась в n раз. Определить добротность осциллятора, если период колебаний T0. Затухание считается малым.*

**Дано:**

T0

A2 = A1/N

N

**Найти:**

Q

**Решение:**

** -** Добротность

** (****)**

****

****

**Иное решение:**

Дано: Найти:

Закон изменения амплитуды

Коэффициент затухания

t- время за которое амплитуда уменьшится в n раз

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №20**

*№1* *Вынужденные колебания под действием гармонической силы. Явление резонанса. Резонансные кривые.*

В случае вынужденных колебаний кроме двух названных сил — упругой и силы сопротивления, на систему действует ещё одна сила: *F* = *F*0Cosω*t*.

 — дифференциальное уравнение вынужденных колебаний пружинного маятника. Это уравнение движения принято записывать так:

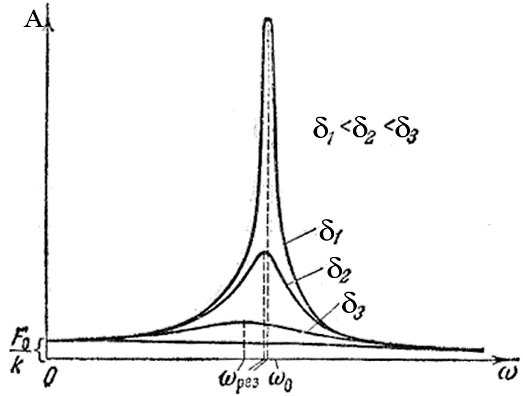
.

Введя знакомые обозначения  и , представим уравнение движения осциллятора окончательно в таком виде: 

**Резонанс** – это явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынуждающей силы к собственной частоте колебательной системы.

С увеличением коэффициента затухания δ, резонансная частота и амплитуда колебаний уменьшаются.

Все эти закономерности графически представлены на рисунке (резонансные кривые).



*№2* *Условия преобразования теплоты в работу. Идеальная тепловая машина Карно. Максимальный КПД тепловой машины.*

Условия преобразования теплоты в работу.

1 В равновесной термодинамической системе создать тепловой двигатель невозможно, так как в такой системе невозможен теплообмен, необходимый для теплового двигателя.

2 Для осуществления непрерывного преобразования теплоты в работу наряду с подводом теплоты к рабочему телу необходим отвод теплоты от рабочего тела.

3 Термический кпд теплового двигателя не может быть равным или больше единицы, так как для этого нужно иметь , что противоречит предыдущему пункту.

4 Для повышения эффективности преобразования теплоты в работу в циклах тепловых двигателей следует уменьшать отношение отведённой теплоты к подведённой

Теорема Карно

Из всех периодически действующих тепловых машин, имеющих одинаковые температуры нагревателей и холодильников, наибольшим КПД обладают обратимые машины. Причем КПД обратимых машин, равны друг другу и не зависят от конструкции машины и от природы рабочего вещества. При этом КПД<1

1 Термический кпд цикла Карно зависит только от температур, при которых происходит подвод и отвод теплоты, то есть от температур теплоисточника и теплоприёмника.

Следствие – термический кпд этого цикла не зависит от свойств применяемого рабочего тела.

2 Термический кпд цикла Карно не может быть равен или больше единицы, так как абсолютный нуль недостижим, а отношение Т11/Т1 не может быть отрицательным числом.

3 Для повышения термического кпд цикла Карно следует уменьшать отношение Т11/Т1

4 В связи с тем, что все процессы, составляющие цикл Карно, обратимы, суммарное изменение энтропии термодинамической системы в результате совершения цикла равно нулю.

Максимальный КПД тепловой машины равен КПД машины Карно 

Тепловой машиной называется периодический действующий двигатель, совершающий работу за счет получаемого извне тепла. При этом теплота, взятая у источника, может быть превращена в работу в циклическом процессе при условии, что кроме этого должно изменяться состояние какого-то другого тела или тел. Обязательными частями тепловой машины являются: нагреватель (источник энергии), холодильник, рабочее тело (газ, пар).

*№3**Амплитуда вынужденных колебаний гармонического осциллятора на резонансной частоте ω0 в n раз больше амплитуды вынужденных колебаний на частоте 2ω0. Оценить коэффициент затухания, если затухание считать малым.*

Дано:

Амплитуда вынужденных колебаний – амплитуда вынужденных колебаний

Резонансная частота – собственная циклическая частота

1)

2)

По условию

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №21**

*№1* *Момент импульса и момент силы относительно точки и оси*

**Момент импульса частицы относительно точки O** – величина, равная векторному произведению радиус вектора частицы проведённого из точки O на импульс частицы

**Момент силы относительно точки О** – векторное произведение радиуса вектора проведённого из точки О к линии действия силы

**Моментт импульса относительно оси** – скалярная величина, равная проекции на эту ось вектора момента импульса, определённого относительно произвольной точки О данной оси.

**Момент силы относительно оси** - называется скалярная величина, равная проекции на эту ось векторного момента силы относительно *любой* точки на оси

*№2* *Модель идеального газа. Температура. Давление. Уравнение Клапейрона-Менделеева*

Модель идеального газа справедлива при выполнении двух условий:

1. Линейный размер частицы d << <r>, где <r> - среднее расстояние между частицами;
2. Частицы не взаимодейсвтуют друг с другом т.е.

**Температура**

В состоянии термодинамического равновесия температура T одинакова для всех макроскопических частей системы (условие теплового равновесия), что обеспечивает отсутствие теплообмена между макроскопическими частями системы. В Международной системе единиц СИ температура измеряется в кельвинах (K).

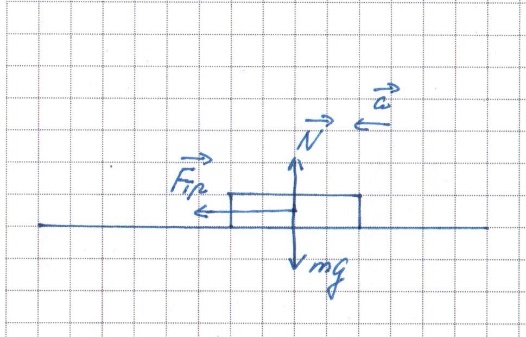
**Давление (!!!!!!!!!!!!!!!!!В файле и в лекции ни слово)**

**Уравнение Клапейрона-Менделеева**

*№3* *По шероховатой горизонтальной поверхности по инерции скользит прямоугольный брусок. Где давление бруска на поверхность больше: у переднего или заднего края бруска по направлению его движения?*

Давление будет больше с переднего края по направлению движения бруска.

**Иное решение:**

****

Давление, оказываемое влияние на поверхность

Давление зависит от площади опоры. Чем больше S, тем давление меньше. Значит у задней стенки давление меньше

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №22**

*№1* *Абсолютно твёрдое тело. Вращение абсолютно твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Уравнение моментов. Момент инерции. Кинетическая энергия вращающегося твёрдого тела*

**Абсолютно твёрдое тело** – система материальных точек, все расстояния между которыми сохраняются постоянными не зависимо от внешних воздействий

**Движение абсолютно твердого тела**, при котором две его точки *О* и *О*' остаются неподвижными, называется вращательным движением вокруг неподвижной оси, а неподвижную прямую *ОО*' называют осью вращения

**Уравнение моментов**

**Момент инерции** - скалярпная физическая величина, мера инертности во вращательном движении вокруг оси

**Момент инерции относительно оси вращения** – сумма произведений масс всех точек умноженное на квадрат расстояния до оси вращения

**Кинетическая энергия вращающегося твёрдого тела**

*№2* *Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Макроскопическая работа. Количество теплоты*

ΔQ – количество теплоты, Q > 0 (Получаем), Q < 0 (Отдаём)

ΔU – Изменение внутренней энергии = , ↑T => ΔU > 0 ; ↓T => ΔU < 0

A = , A > 0 газ расширяется, A< 0 газ сжимается

**Макроскопическая работа**

Обмен механической энергией характеризуется совершенной работой А. Макроскопическая работа не является функцией состояния.

**Количество теплоты**

Обмен внутренней энергией характеризуется количеством переданного тепла Q.

**Количество теплоты Q** , представляет собой **энергию**, которая **передаётся** от одного тела к другому **при их контакте** (непосредственно или через 3-е тело) или

путём **излучения**. Количество тепла (теплота) – мера изменения внутренней энергии системы в процессе теплопередачи: **теплопроводность, тепловое излучение, конвекция** (перенос теплоты, обусловленный различием температур в разных местах жидкости или газа).

*№3Физический маятник совершает гармонические колебания с периодом T и угловой ампллитудой φ\_0. Определить максимальную кинетическую энергию маятника, если его момент инерции относительно оси вращения равен I*

Период колебаний физического маятника

Кинетическая энергия

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №23**

*№1* *Закон сохранения момента импульса для системы частиц*

Формулировка 1:

Импульсом системы называется векторная сумма импульсов тел, входящих в систему

Закон сохранения импульса:

Векторная сумма импульсов всех тел системы есть величина постоянная, если векторная сумма внешних сил, действующих на систему тел, равна нулю.

Формулировка 2:

Закон сохранения момента импульса (из лекций Ивановой): Суммарный момент импульса системы сохраняется, если система замкнута при

( – ур. движения абсолютно твёрдого тела, L – момент импульса твёрдого тела)

Формулировка 3:

В замкнутой система векторная сумма импульсов всех частиц, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях частиц этой системы между собой.

*№2* *Изопроцессы идеального газа. Адиабатный процесс*

Изопроцессы — термодинамические процессы, во время которых количество вещества и ещё одна из физических величин — параметров состояния: давление, объём или температура — остаются неизменными.

Формулировка 1:Адиабатический процесс характеризуется отсутствием теплообмена газа с окружающей средой.

Q = const

*, где гамма – показатель адиабаты.*

*, где –* молярная теплоёмкость газа при постоянном давлении и постоянном объёме соответственно

*№3* *Почему при адиабатном расширении идеального газа его давление с увеличением объема уменьшается быстрее, чем в случае изотермического расширения?*

Формулировка 1: Идеальный газ-модель, в которой не учитываются взаимодействия между молекулами газа. При адиабатном расширении уменьшается внутренняя энергия газа, что приводит к сильному уменьшению давления. Внутренняя энергия есть энергия взаимодействия молекул, а давление возникает из-за ударов молекул о стенки сосуда.

Формулировка 2:

1) Адиабатное расширение с увеличение V уменьшается быстрее

Адеабатный процесс где – показатель адиабаты

Отношение объемов в адиабатном процессе находится в степени, поэтому давление уменьшается быстрее с увеличением объема

2)изотермическое расширение с давление будет уменьшатся медленнее

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №24**

*№1* *Система уравнений движения абсолютно твердого тела в общем случае. Условия равновесия абсолютно твердого тела*

Абсолютно твёрдое тело – система материальных точек, все расстояния между которыми сохраняются постоянными независимо от внешних воздействий.

– полная система уравнений для произвольного движения абсолютно твёрдого тела

Условия равновесия абсолютно твёрдого тела:

А) Кинетическое условие - (скорость центра масс), (момент импульса относительно центра масс)

Б) Динамическое условие – F = 0 (сумма внешних сил). (сумма моментов внешних сил относительно центра масс)

*№2* *Теплоемкость идеального газа.*

, – бесконечно малое изменение температуры при получении бесконечно малого кол-ва теплоты

Теплоёмкость идеального газа - отношение количества теплоты, сообщённого газу, к изменению температуры которое при этом произошло.

 (Дополнение)

Теплоёмкость идеального газа в адиабатическом процессе равна нулю.   
В изотермическом теплоёмкость идеального газа равна плюс-минус бесконечности.

В изохорном газ не совершает работы

*№3* *Доказать, что при изотермическом расширении идеального газа к нему подводится тепло*

**Формулировка 1:** При расширении газ совершает работу если тепло не подводить, то он будет её совершать за счёт уменьшения внутренней энергии, т.е. температура будет падать. Чтобы она оставалась постоянной, нужно восполнять потери внутренней энергии, т. е. подводить тепло. *Подводимое к газу при изотермическом расширении тепло целиком превращается в работу расширения.* (Не точно, наверное, нужно это формулами какими-то доказывать?)

**Формулировка 2:**  Возьмем для примера изотермическое расширение газа в сосуде под поршнем. В этом случае часть кинетической энергии молекул передается поршню, т. е. температура уменьшается. Это означает, что для поддержания постоянной температуры газа ему нужно передавать тепло. Если же газ изотермически сжимают в сосуде с поршнем, то для поддержания постоянной температуры тепло должно отводиться.

**Формулировка 3:**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №25**

*№1* *Модель идеальной жидкости. Уравнения движения и равновесия идеальной несжимаемой жидкости в однородном поле силы тяготения*

Идеа́льная жи́дкость — (в гидродинамике) идеализированная жидкость, в которой, в отличие от реальной, отсутствует вязкость и внутреннее трение, то есть, нет касательных напряжений между двумя соседними слоями. В механике жидкости используется модель сплошной среды, физические характеристики которой описываются непрерывными функциями координат. Наше рассмотрение ограничено приближением несжимаемой жидкости, плотность которой сохраняется постоянной.

Моделью идеальной жидкости пользуются при теоретическом рассмотрении задач, в которых вязкость не является определяющим фактором и ею можно пренебречь. В частности, такая идеализация допустима во многих случаях течения, рассматриваемых гидроаэромеханикой, и даёт хорошее описание реальных течений жидкостей и газов на достаточном удалении от омываемых твёрдых поверхностей и поверхностей раздела с неподвижной средой. 4

Если силами внутреннего трения, действующими между соседними слоями жидкости, текущими с разными скоростями, и теплообменом в жидкости можно пренебречь, то такая жидкость называется идеальной.В таких жидкостях отсутствует преобразование механической энергии текущей жидкости во внутреннюю энергию (тепло).

**Иная формулировка:**

**Идеальная жидкость** — воображаемая жидкость (сжимаемая или несжимаемая), в которой отсутствуют вязкость и теплопроводность. Так как в ней отсутствует внутреннее трение, то нет касательных напряжений между двумя соседними слоями жидкости

Запишем условие равновесия слоя жидкости толщиной **dz**, находящегося на высоте **z** от дна сосуда

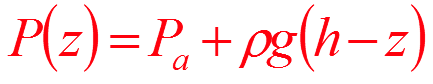
где **P(z)** - давление жидкости на нижней границе слоя, **P(z+dz)-** давление жидкости на верхней границе слоя, **S**- площадь поперечного сечения сосуда.

Согласно уравнению, сила тяжести, действующая на выделенный слой жидкости, уравновешена силой, которая обусловлена разностью давлений жидкости на различной высоте. Согласно закону Гука давление жидкости определяется степенью ее деформации (всестороннего сжатия).

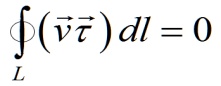
Для бесконечно малой толщины слоя **dz** можно приближенно положить

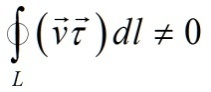
и преобразовать это уравнение равновесия следующим образом

Это обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка по аргументу z для нахождения неизвестной функции P(z). Решение этого уравнения с учётом что на поверхности жидкости давление P= имеет вид:



Если поле скоростей не зависит от времени, то соответствующее течение жидкости называется стационарным. Для стационарного течения траектории движения бесконечно малых элементов жидкости совпадают с соответствующими линиями тока. В случае нестационарного течения это не так. Стационарные течения жидкости делятся на:

1. Ламинарное, где соседние слои жидкости скользят не перемешиваясь и поле скоростей является безвихревым в том смысле, что для любого контура L внутри жидкости для скорости выполняется равенство.

2. Турбулентное, хаотическое, где возникают завихрения и перемешивание соседних слоёв жидкости, характеристики движения жидкости меняются в пространстве и времени случайным образом, при этом поле скоростей является вихревым в том смысле, что для любого контура в жидкости.

*№2* *Термодинамический метод описания равновесных систем. Макросостояние. Макроскопические параметры. Уравнение состояния*

[Состояние термодинамической системы](https://chem21.info/info/201369) определяется [физическими характеристиками](https://chem21.info/info/172628) — массой, объемом, давлением, составом, теплоемкостью и другими, которые называются [параметрами состояния](https://chem21.info/info/15598). Если [параметры состояния системы](https://chem21.info/info/1470794) со временем не изменяются, то [такое состояние](https://chem21.info/info/1880373) считается равновесным. В равновесной [термодинамической системе параметры состояния](https://chem21.info/info/1498571) [связаны между](https://chem21.info/info/26849) [собой](https://chem21.info/info/1795776) [определенными математическими](https://chem21.info/info/936026) уравнениями — [уравнениями состояния](https://chem21.info/info/2724).

МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ (макросостояние) системы - 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](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc3p/137502) Т и v).

Величины, характеризующие макросостояние, называются макроскопическими параметрами. Те из них, которые характеризуют внутреннее состояние системы, называются внутренними параметрами, а те, которые описывают внешнюю среду (внешние тела, поля), — внешними параметрами.

Величины, характеризующие состояние термодинамической системы без учета молекулярного строения тел, называют макроскопическими (или термодинамическими) параметрами. Макроскопические параметры не исчерпываются объемом, давлением и температурой. Например, для смеси газов нужно знать концентрации отдельных компонентов смеси. Если вещество находится в электрическом или магнитном поле, то необходимо задать характеристики этих полей в веществе.

*Макроскопические параметры*, определяющие состояние системы, взаимосвязаны между собой и описывают систему как целое.

*Макроскопические параметры*, которые описывают систему, обычно включают полную внутреннюю энергию U, энтропию S, объем V(занимаемый системой) и число частиц N, содержащихся в ней.

*Макроскопические параметры термодинамической системы* по большей части определяются средними значениями параметров микроскопических подсистем - атомов, молекул. Температура тела определяется средней кинетической энергией составляющих его молекул, давление газа связано еще и с концентрацией молекул.

*Вообще макроскопическими параметрами* могут быть не только функции канонических переменных, но и параметры, характеризующие распределения вероятностей микроскопических параметров.

Поэтому *известные макроскопические параметры газа* ( давление и температуру) приходится связывать со средними значениями кинетической энергии его молекул. Так, давление Р является усредненным результатом многочисленных ударов молекул о стенки сосуда.

Для *макроскопических параметров системы* можно ввести характерное время - время, за которое в системе происходят заметные изменения. Изменения функций Fs определяются характерным микроскопическим временем, которое много меньше характерного времени макроскопических процессов.

Из *многочисленных макроскопических параметров термодинамической системы* можно выбрать несколько, которыми однозначно определяется ее состояние. Сколько параметров однозначно определяет состояние системы и какие именно-это зависит от рода системы и внешних воздействий.

Уравне́ние состоя́ния — уравнение, связывающее между собой термодинамические (макроскопические) параметры системы, такие, как температура, давление, объём, химический потенциал и др. Уравнение состояния можно написать всегда, когда можно применять термодинамическое описание явлений. При этом реальные уравнения состояний реальных веществ могут быть крайне сложными.

Уравнение состояния системы не содержится в постулатах термодинамики и не может быть выведено из неё. Оно должно быть взято со стороны (из опыта или из модели, созданной в рамках статистической физики). Термодинамика же не рассматривает вопросы внутреннего устройства вещества.

*№3* *Определить молярную теплоѐмкость одноатомного идеального газа при постоянном давлении*

i=3 число степеней свободы для одноатомного газа. Молярная теплоемкость при P=const

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №26**

*№1* *Уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной несжимаемой жидкости. Формула Торичелли.*

Для стационарного течения несжимаемой жидкости уравнение Бернулли может быть получено как следствие [закона сохранения энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%81%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8). Уравнение Бернулли утверждает, что величина ρv^2/2с+ ρgh+p охраняет постоянное значение вдоль линии тока: ρv^2/2+ ρgh+p=const

Здесь

ρ — [плотность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) жидкости;

v — [скорость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) потока;

h— высота;

p — [давление](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5);

g— [ускорение свободного падения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F).

Константа в правой части (может различаться для различных линий тока) иногда называется полным давлением (Могут также использоваться термины) «весовое давление» ρgh, «статическое давление» p и «динамическое давление» ρv^2/2 .

Размерность всех слагаемых — единица энергии на единицу объёма. Первое и второе слагаемое в интеграле Бернулли имеют смысл [кинетической](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) и [потенциальной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) энергии, приходящейся на единицу объёма жидкости. Третье слагаемое по своему происхождению является [работой](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0) сил давления, но в [гидравлике](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0) может называться «энергией давления» и частью потенциальной энергии).

Формула Ториче́лли – связывает скорость истечения жидкости из малого отверстия в открытом сосуде с высотой жидкости над отверстием.

Формула Торричелли утверждает, что скорость истечения жидкости через отверстие в тонкой стенке, находящееся в ёмкости на глубинеот поверхности, такая же, как и у тела, свободно падающего с высоты, то есть 

где g–ускорение свободного падения.

Последнее выражение получено в результате приравнивания приобретённой кинетической энергии и потерянной потенциальной энергии.

Эта формула была получена итальянским учёным Эванджелиста Торричелли, в 1643 году. Позже было показано, что эта формула является следствием закона Бернулли.

Вывод из уравнения Бернулли:

[Закон Бернулли](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%83%D0%BB%D0%BB%D0%B8) утверждает, что ρv^2/2+ ρgh+p=const

Пусть отверстие находится на высоте h = 0. У поверхности жидкости в резервуаре давление *p* равно атмосферному. Скорость жидкости *v* в верхней части резервуара можно считать равной нулю, так как уровень поверхности жидкости понижается очень медленно по сравнению со скоростью истечения жидкости через отверстие. На выходе из отверстия h = 0, и *p* также равно атмосферному давлению. Приравнивая левые части уравнения Бернулли, записанные для поверхности жидкости в резервуаре и для жидкости на выходе из отверстия, получим:

gh+ patm/ρ =v^2/2+patm/ρ => *v^2=2gh* => v*=* √*(2gh)*

*№2* *Состояние термодинамического равновесия системы частиц. Тепловое движение*

Термодинамическое равновесие — состояние системы, при котором остаются неизменными по времени макроскопические величины этой системы (температура, давление, объём, энтропия) в условиях изолированности от окружающей среды. В общем, эти величины не являются постоянными, они лишь колеблются возле своих средних значений. Если равновесной системе соответствует несколько состояний, в каждом из которых система может находиться неопределенно долго, то о системе говорят, что она находится в метастабильном равновесии. В состоянии равновесия в системе отсутствуют потоки материи или энергии, неравновесные потенциалы (или движущие силы), изменения количества присутствующих фаз. Отличают тепловое, механическое, радиационное (лучистое) и химическое равновесия. На практике условие изолированности означает, что процессы установления равновесия протекают гораздо быстрее, чем происходят изменения на границах системы (то есть изменения внешних по отношению к системе условий), и осуществляется обмен системы с окружением веществом и энергией. Иными словами, термодинамическое равновесие достигается, если скорость релаксационных процессов достаточно велика (как правило, это характерно для высокотемпературных процессов) либо велико время для достижения равновесия (этот случай имеет место в геологических процессах).

В реальных процессах часто реализуется неполное равновесие, однако степень этой неполноты может быть существенной и несущественной. При этом возможны три варианта:

1. равновесие достигается в какой-либо части (или частях) относительно большой по размерам системы — локальное равновесие,
2. неполное равновесие достигается вследствие разности скоростей релаксационных процессов, протекающих в системе — частичное равновесие,
3. имеют место как локальное, так и частичное равновесие.

Tеплово́е движе́ние — процесс хаотического (беспорядочного) движения частиц, образующих вещество. Чаще всего рассматривается тепловое движение атомов и молекул.

Хаотичность — важнейшая черта теплового движения. Важнейшими доказательствами существования движения молекул является Броуновское движение и диффузия.

Бро́уновское движе́ние (бра́уновское движе́ние) — беспорядочное движение микроскопических видимых взвешенных в жидкости или газе частиц твёрдого вещества, вызываемое тепловым движением частиц жидкости или газа. Броуновское движение никогда не прекращается. Оно связано с тепловым движением, но не следует смешивать эти понятия. Броуновское движение является следствием и свидетельством существования теплового движения.

*№3* *Оценить среднюю скорость теплового движения молекул кислорода воздуха при температуре 0C Постоянная Больцмана k=1,38·10(-23)Дж/К*

t=0, T=273K <v> -?

Средняя арифметическая скорость теплового движения молекул

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №27**

*№1* *Неидеальная жидкость. Вязкость. Сила Стокса*

**Вязкость. Коэффициент вязкости (внутреннего трения).**

Если какое либо тело движется в газе, то оно сталкивается с молекулами газа и сообщает им импульс. С другой стороны, тело тоже будет испытывать соударения со стороны молекул, и получать собственный импульс, но направленный в противоположную сторону. Газ ускоряется, тело тормозиться, то есть, на тело действуют силы трения. Такая же сила трения будет действовать и между двумя соседними слоями газа (или жидкости), движущимися с разными скоростями. Это явление носит название **внутреннее трение** или **вязкость** газа, причём сила трения пропорциональна градиенту скорости.

**ИЛИ (из википедии)**

**Вя́зкость (вну́треннее тре́ние)** — одно из явлений переноса, свойство текучих (жидкостей и газов) и твёрдых (металлов, полупроводников, диэлектриков, ферромагнетиков) тел оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. В результате работа, затрачиваемая на это перемещение, рассеивается в виде тепла.

Механизм внутреннего трения в жидкостях и газах заключается в том, что хаотически движущиеся молекулы переносят импульс из одного слоя в другой, что приводит к выравниванию скоростей — это описывается введением силы трения. Вязкость твёрдых тел обладает рядом специфических особенностей и рассматривается обычно отдельно.

Различают динамическую вязкость (единица измерения в Международной системе единиц (СИ) — Па·с, в системе СГС — пуаз; 1 Па·с = 10 пуаз) и кинематическую вязкость (единица измерения в СИ — м²/с, в СГС — стокс, внесистемная единица — градус Энглера). Кинематическая вязкость может быть получена как отношение динамической вязкости к плотности вещества и своим происхождением обязана классическим методам измерения вязкости, таким как измерение времени вытекания заданного объёма через калиброванное отверстие под действием силы тяжести. Прибор для измерения вязкости называется вискозиметром.

**Закон Стокса**

В 1851 году английский физик Джордж Стокс рассчитал силу вязкого сопротивления, действующую на твёрдый шар радиуса r при его медленном поступательном движении в неограниченной вязкой среде:



Здесь μ — вязкость жидкости, [Па ⋅ с].

Эта формула известна как **закон Стокса**.

**Неидеальная жидкость**

Идеальной называется жидкость, в которой при любых движениях не возникают силы внутреннего трения (вязкости).

*{Я не нашёл в лекциях точного определения неидеальной жидкости, но, скорее всего, оно примерно такое}*

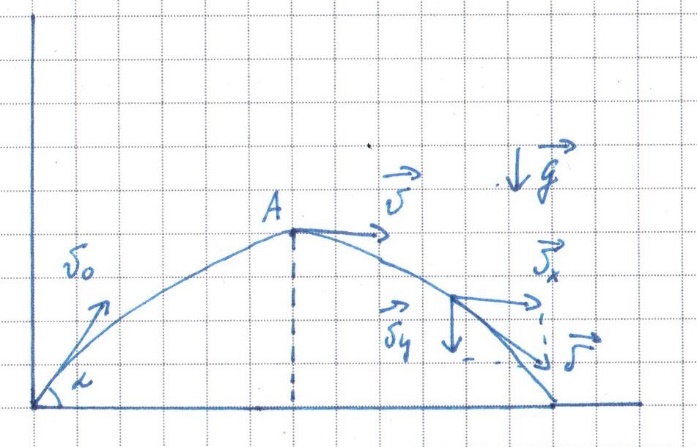
Неидеальная жидкость – это жидкость, в которой при любых движениях возникают силы внутреннего трения (вязкости).

*№2* *Изучение прямолинейного движения тел под действием силы тяжести на машине Атвуда. Измерение ускорения свободного падения (на основе выполненной лабораторной работы).*

Для нахождения ускорения свободного падения нужно:

1. Определить массу страгивающего перегрузка. Взять перегрузок, масса которого много больше массы страгивающего перегрузка.
2. Поднять тело с перегрузком на высоту h1 отпустить и измерить время t до момента касания. Измерить 3 раза.
3. Повторить пункт 2 для других высот h2 h3
4. Для каждой h найти среднее время движения и ускорение
5. Определить и
6. Записать ответ g= gср ± gср. кв  (gср-gср. кв ; gср + gср.кв)

*№3* *Тело брошено с поверхности Земли со скоростью V0 под углом  к горизонту. Определить минимальную скорость тела, если сопротивлением воздуха можно пренебречь. (я долго искал решение и это вроде близко к нему)*



Для произвольного момента скорости тела

Минимальная скорость будет в наивысшей точке подъема так как там

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №28**

*№1* *Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея координат и времени при переходе из одной инерциальной системы отсчѐта в другую*

«*Если среди систем отсчёта движущихся друг относительно друга прямолинейно, равномерно и поступательно, есть хотя бы одна инерциальная, то и все остальные системы тоже инерциальные».*

Это положение, сформулированное Галилеем, является основным утверждением принципа относительности в классической механике.

Главная особенность инерциальных систем отсчёта состоит в том, что динамические законы механики — законы Ньютона — во всех таких системах имеют одинаковый вид. Кинематика одного и того же движения в разных инерциальных системах может быть разной, а законы динамики остаются неизменными.

 (1)

Это первая формула преобразований Галилея.

Спроецировав (1) на координатные оси, запишем это преобразование в скалярной форме:

 (2)

В классической механике формулы преобразования координат (1) и (2) дополняются утверждением, что время в обеих системах отсчёта течёт одинаково:

*t* = *t*’. (3)

Таким образом, формулы преобразований предполагают абсолютность длин и времени в нерелятивистской классической механике.

При переходе из одной системы в другую, координаты движущейся точки меняются (2). Параметры, обладающие таким свойством, называются вариантными. Время в обеих системах отсчёта остаётся одинаковым, то есть время — инвариант.

Будет ли меняться при переходе в новую систему отсчёта скорость движущейся точки М?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим первую производную радиус-вектора (1) и координат точки (2) по времени:

,  (3)

 (4)

Формулы (3) и (4) выражают нерелятивистский закон сложения скоростей. Здесь  — скорость частицы М в системе отсчёта *S*.  — скорость в системе отсчёта *S*’.  — скорость штрихованной системы отсчёта относительно инерциальной системы *S*. Скорость оказывается разной в разных системах отсчета, т.е. она вариантна.

Дифференцируя (3) ещё раз по времени, получим:

,

здесь последнее слагаемое равно нулю, так как скорость движения системы *S*’ по условию постоянна. Значит:

. (5)

Этот результат означает, что ускорение инвариантно относительно преобразования Галилея. Координаты движущейся частицы, её скорость различны в разных системах отсчёта, а ускорение остаётся неизменным при переходе из системы *S* в систему *S*’.

Если система *S* инерциальна, то свободная частица в ней движется без ускорения, то есть, *а* = 0. Но ускорение такой частицы и в штрихованной системе будет отсутствовать: ведь *а*’ = *а* =0! Это означает, что она тоже является инерциальной.

Сила, действующая на частицу в системе *S* может быть записана так:

.

А в системе штрихованной та же сила должна быть представлена иначе:

.

Так как ,

. (6)

Это уравнение означает, что второй закон Ньютона не меняется при переходе в штрихованную систему отсчёта. То есть, уравнения классической механики Ньютона инвариантны относительно преобразования Галилея.

В этом состоит принцип относительности Галилея, утверждающий, что все три закона динамики справедливы во всех инерциальных системах отсчёта.

*№2* *Изучение законов вращательного движения твѐрдого тела с помощью физического маятника (на основе выполненной лабораторной работы).*

Центр масс - геометрическая точка, характеризующая движение тела или системы частиц как целого.

Где – радиус-вектор центра масс, - радиус-вектор i-й точки системы, - масса i-й точки.

Моме́нт ине́рции — скалярная физическая величина, мера инертности во вращательном движении вокруг оси.

Моментом инерции механической системы относительно неподвижной оси («осевой момент инерции») называется величина Ja, равная сумме произведений масс всех n материальных точек системы на квадраты их расстояний до оси:

где: – масса i-й точки, – расстояние от i-й точки до оси

Моме́нт си́лы— векторная физическая величина, равная векторному произведению вектора силы и радиус-вектора, проведённого от оси вращения к точке приложения этой силы. Характеризует вращательное действие силы на твёрдое тело.

*№3Вращающий момент зависит от времени согласно выражению M=kt, где k>0 – постоянная. Определить зависимость угловой скорости от времени, если момент инерции тела относительно оси вращения равен Ι и трение не учитывается*

Уравнение динамики вращательного движения

Угловое ускорение

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №29**

*№1* *Пространство и время в специальной теории относительности. Принцип относительности Эйнштейна. Скорость света в вакууме как максимальная скорость движения частиц и физических полей.*

В релятивистской механике, также как и в классической, предполагается, что время однородно, а пространство однородно и изотропно.

Принцип относительности: законы природы инвариантны (неизменны) во всех инерциальных системах отсчета.

Принцип инвариантности скорости света: скорость света в вакууме одинакова в любых инерциальных системах отсчета.

Основные постулаты СТО (специальной теории относительности)

Первый постулат теории относительности: Все законы природы одинаковы в инерциальных системах отсчета.

Второй постулат теории относительности: Скорость света c=3·108 м/с в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчета и является максимальной для любого физического взаимодействия (сигнала).

Принцип относительности в трактовке Эйнштейна: “Законы природы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к какой из инерциальных систем отсчёта относятся эти изменения”.

В релятивистской механике импульс частицы: где для сохранения классической формулы



вводят понятие релятивистской массы: - масса покоя (при V= 0)



Релятивистская энергия частицы в отсутствие действия внешних физических полей:

Связь между импульсом и энергией :

 - формула Эйнштейна

 - энергия покоя частицы ( V= 0)

Кинетическая энергия частицы K определяется выражением: . В области малых скоростей, где и , кинетическая энергия:

Скорость света в вакууме — абсолютная величина [скорости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) распространения электромагнитных волн в вакууме. Скорость света в вакууме — фундаментальная постоянная, не зависящая от выбораьИСО. Она относится к фундаментальным физическим постоянным, которые характеризуют не просто отдельные тела или поля, а свойства пространства-времени в целом. По современным представлениям, скорость света в вакууме — предельная скорость движения частиц и распространения взаимодействий. c=3·108 м/с.

*№2* *Измерение вязкости жидкости методом Стокса (на основе выполненной лабораторной работы).*

*Сила внутреннего трения возникает не только при движении жидкости относительно покоящегося тела, но и при движении твердого тела в покоящейся жидкости. На этом и основан метод измерения вязкости по Стоксу.*

*Суть метода состоит в том, что на всякое тело, движущееся в жидкости, действует сила сопротивления, зависящая от многих факторов (формы тела, условий течения и т.д.), в том числе и от вязкости жидкости. Формула Стокса имеет вид:*

*Где* **η** *- вязкость* *жидкости;* **r***- радиус шарика;* **V***- скорость шарика.*

*Метод определения вязкости жидкости (метод Стокса) состоит в наблюдении падения шарика в жидкости. В этом случае на шарик, кроме силы вязкости, определяемой формулой и направленной вверх, действует сила Архимеда*

*тоже направленная вверх, и сила тяжести*

*Направленная вниз. Здесь  - плотность вещества шарика, − плотность жидкости, - ускорение свободного падения. Так как сила вязкости зависит от скорости движения шарика (две другие силы от скорости не зависят), то при падении шарика с ускорением она растет и поэтому вместе с силой Архимеда в конце концов должна уравновесить силу тяжести. После этого шарик падает с постоянной скоростью установившегося движения. При таком движении, следовательно, результирующая сила равна нулю, т.е. имеет место равенство*

*Из равенства получаем*

*Это и есть основная расчетная формула в методе Стокса.*

*№3**Шарик массой m и радиусом R падает с большой высоты. Определить максимальную скорость шарика, если вязкость воздуха η. Ускорение свободного падения считать постоянным и равным g.*

***Дано:***

***m, R, g, η,***

***Найти:***

***V***

***и из этого следует, что***

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №30**

*№1* *Преобразования Лоренца. Изменение длины и интервала времени при переходе из одной инерциальной системы отсчѐта в другую. Релятивистские инварианты*

Преобразованиями Лоренца в физике, в частности, в специальной теории относительности (СТО), называются преобразования, которым подвергаются пространственно-временные координаты каждого события при переходе от одной инерциальной системы отсчета (ИСО) к другой.

Изменение длины:

Изменение времени:

*Где*

*–* этот интервал является релятивистским инвариантом*.*

*№2* *Измерение удельной теплоты кристаллизации и изменения энтропии при охлаждении олова (на основе выполненной лабораторной работы).*

Удельная теплота кристаллизации – численно равна количеству теплоты, которое тело единичной массой отдает окружающей среде при переходе вещества в твердое состояние при постоянной температуре кристаллизации.

Энтропия – функция состояние системы, измерение которой в равновесном процессе равно отношению порции тепла , которое система получает в этом процессе, к температуре системе .

*№3* *Определить изменение энтропии тела массой m при понижении его температуры от Т до Т/2. Удельная теплоѐмкость материала тела С*

Дано:

m, C

Найти:

- ?

Ответ: Уменьшилась в 2 раза.