лекции по «Физике»для студентов первого курса

Механика.

Содержание:

Основные понятия кинематики

# Перемещение точки и пройденный путь. Скорость. Вычисление пройденного пути

Криволинейное движение. Равномерное движение по окружности.

Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея

Масса тела. Сила. Второй и третий законы Ньютона

Сила тяжести. Вес тела. Перегрузки. Невесомость

Импульс тела. Импульс силы. Закон сохранения импульса

Механическая работа и мощность

Кинетическая и потенциальная энергия

Закон сохранения полной механической энергии

1. Основные понятия кинематики

**Механика** – это наука о движении и взаимодействии макроскопических тел.

Классическая механика состоит из трех частей: кинематики, динамики и статики.

**Кинематика** изучает движение тел, без учета причин, которыми обусловлено это движение.

Основными задачами кинематики являются:

1. Описание с помощью формул, таблиц и графиков совершаемых телом движений.
2. Определение кинематических величин, характеризующих это движение.

Для описания движений в кинематике вводится ряд специальных понятий (материальная точка, абсолютно твердое тело, система отсчета, траектория и т.д.) и величин (путь, перемещение, скорость, ускорение и т.д.)

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

Тело, относительно которого рассматривается движение других тел, называется телом отсчета.

Систему координат и прибор для отсчета времени, связанные с телом отсчета, называют системой отсчета.

Тело, деформациями которого в данных условиях движения можно пренебречь, называют абсолютно твердым телом.

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

Линию, описываемую материальной точкой при своем движении, называют траекторией.

Любое движение твердого тела можно разделить на два вида движения: поступательное и вращательное.

Поступательным называют такое движение, при котором любая прямая, связанная с движущимся телом, остается параллельной самой себе.

Вращательным называют такое движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой осью вращения. (Ось вращения может находиться и вне тела).

# **2. Перемещение точки и пройденный путь. Скорость. Вычисление пройденного пути**

Расстояние от точки А до точки В, отсчитанное вдоль траектории, называют *пройденным путем*. Иными словами, *пройденный путь* – это длина траектории, которую описывает материальная точка за данный промежуток времени.

*Перемещением* называют вектор, соединяющий начальное положение материальной точки с её конечным положением .

Величины, для задания которых достаточно лишь численного значения, называются *скалярами.* (Примеры: путь, время, масса, работа, мощность и т.д.)

Величины, характеризующиеся численным значением и направлением, называются *векторами.* (Примеры: перемещение, скорость, ускорение, сила, импульс и т.д.)

Положение материальной точки в пространстве можно задать при помощи радиуса-вектора .

Если перемещение точки за время  будет равно , то под скоростью точки в данный момент времени понимают предел, к которому стремится отношение  при (при  стремящемся к нулю).

=.

Вектор скорости направлен по касательной к траектории в соответствующей точке.

При  различия между элементарным путем  и модулем элементарного перемещения  невелико, поэтому , т.е. .

Если задана зависимость скорости от времени, то пройденный путь можно найти, пользуясь формулой



В случае прямолинейного равномерного движения  .

Прямолинейное равнопеременное движение. Ускорение. Физический смысл ускорения. Вычисление мгновенной скорости и пройденного пути при равнопеременном движении

Движение, при котором за любые равные промежутки времени скорость тела изменяется на одну и ту же величину, называется *равнопеременным*.

Быстрота изменения скорости материальной точки характеризуется ускорением

, или , т.е..

Физический смысл ускорения состоит в том, что оно является скоростью изменения скорости.

Если в начальный момент времени скорость тела равна , то в любой момент времени t модуль скорости тела

.

Если ускорение постоянно, то модуль мгновенной скорости 

Пройденный путь (при равнопеременном движении) можно найти по формуле:

.

Для нахождения пройденного пути (в случае, если ускорение постоянно) также пользуются формулами:

 и 

**3. Движение по окружности**

Движение по окружности характеризуется периодом обращения Т.

*Периодом обращения* называют промежуток времени, за которое тело делает один полный оборот (поворачивается на угол 2π).

Модуль угловой скорости равномерного движения

.

Частотой обращения называют число оборотов точки за единицу времени .

Таким образом, 

Линейная скорость тела связана с угловой соотношением .

Модуль нормального ускорения(центростремительное ускорение)



**4. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея**

Раздел механики, изучающий причины, вызывающие ускорение и способы его вычисления, называют *динамикой.*

Динамика базируется на трёх законах Ньютона.

Согласно первому закону Ньютона, *существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела или действия этих тел уравновешены.*

Явление сохранения скорости тела при компенсации внешних воздействий на него называю *инерцией.* Поэтому первый закон Ньютона часто называют законом инерции.

Системы отсчета, в которых выполняется первый закон Ньютона, называются *инерциальными*. Если одна система отсчета, найденная с помощью опыта, инерциальна, то инерциальными будут и все другие, движущиеся относительно её равномерно и прямолинейно (т.е. без ускорения). Землю с большой степенью точности можно считать инерциальной системой отсчета.

Если рассматривать движение данного тела в нескольких инерциальных системах отсчета, то это движение отличается только скоростью, а ускорение тела во всех инерциальных системах отсчета одинаково. Это положение обобщено Галилеем и сформулировано им в виде *принципа относительности в* *механике:* *во всех инерциальных системах отсчета при одинаковых начальных условиях все механические явления протекают одинаково, т.е. подчиняются одним законам.*

Другими словами, все инерциальные системы отсчета равноправны - любую из них можно считать неподвижной, а остальные - движущимися относительно данной равномерно и прямолинейно.

*Никакими механическими опытами, поставленными внутри инерциальной системы отсчета, невозможно установить, покоится эта система или движется равномерно и прямолинейно.*

По отношению к различным инерциальным системам отсчета скорость движения тела относительна, а ускорение абсолютно.

Инерциальные системы отсчета играют в физике исключительно важную роль, так как, *согласно принципу относительности Эйнштейна*, *математическое выражение любого закона физики имеет одинаковый вид в любой инерциальной системе отсчета.*

**5. Масса тела. Сила. Второй и третий законы Ньютона**

Свойство тела сохранять свою скорость неизменной, т.е. сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения при отсутствии внешних воздействий на это тело или их взаимной компенсации, называют его *инертностью.* Инертность тел приводит к тому, что мгновенно изменить скорость тела невозможно - действие на него другого тела должно длиться определенное время. Чем инертнее тело, чем меньше изменяется его скорость за данное время, т.е. тем меньшее ускорение получает это тело.

Скорость тела может изменяться только непрерывно.

*Масса тела является мерой инертности тела, а также источником и объектом тяготения.*

Масса тела, являющаяся характеристикой его инерционных и гравитационных свойств, представляет собой величину, зависящую только от самого тела и не зависящую от того, в каких именно взаимодействиях с другими телами это тело участвует. Однако масса зависит от скорости движения тела. Эта зависимость обнаруживается только при движениях со скоростями, сравнимыми со скоростью света.

Массу тел определяют путем взвешивания на рычажных весах, кроме того, массу тела можно определить по взаимодействию этого тела с эталоном.

В СИ за единицу массы принимают килограмм (кг).

*Действие одного тела на другое, в результате которого возникает ускорение тела или отдельных его частей, называется силой.*

Причина ускорения тела - приложенная к нему сила.

Сила - векторная физическая величина. Действие силы на тело зависит от её модуля, направления и точки приложения.

Силу измеряют с помощью динамометров и пружинных весов.

Так как сила - величина векторная, то сложение сил производится по правилу сложения векторов.

Согласно второму закону Ньютона, *равнодействующая всех сил, приложенных к телу, равна произведению массы тела на получаемое им ускорение: .*

В СИ сила измеряется в ньютонах (Н).

Согласно третьему закону Ньютона, *силы, с которыми два тела действуют друг на друга, направлены вдоль одной прямой, равны по модулю и противоположны по направлению:*.

Силы всегда появляются парами и внутри каждой пары они всегда одной природы.

Силы, возникающие при взаимодействии, тел никогда не уравновешивают друг друга, поскольку приложены к разным телам.

**6. Сила тяжести. Вес тела. Перегрузки. Невесомость**

*Силу, с которой тело притягивается* *к Земле под действием поля тяготения Земли*, *называют* *силой тяжести.* По закону всемирного тяготения на поверхности Земли (или вблизи этой поверхности) на тело массой *m* действует сила тяжести

,

где *М* – масса Земли; *R –* радиус Земли.

Если на тело действует только сила тяжести, то оно совершает *свободное падение*. Модуль ускорения свободного падения g находят по формуле

.

Из данной формулы следует, что ускорение свободного падения не зависит от массы *m* падающего тела, т.е. для всех тел в данном месте Земли оно одинаково.

Модуль силы тяжести можно определить по формуле . Эта сила имеет гравитационную природу. Вектор силы тяжести приложен к центру тяжести тела.

Из закона всемирного тяготения следует, что сила тяжести и вызываемое ею ускорение свободного падения уменьшаются при увеличении расстояния от Земли. На высоте  от поверхности Земли модуль ускорения свободного падения определяют по формуле

.

*Силу, с которой вследствие притяжения к Земле тело действует на свою опору или подвес, называют весом тела.*

Вес тела является упругой силой, приложенной к опоре или подвесу (т.е. к связи).

Если тело покоится или движется прямолинейно и равномерно, то его вес равен силе тяжести, т.е. .

Если тело движется ускоренно, то его вес зависит от этого ускорения и его направления относительно направления вектора ускорения свободного падения.

Если тело движется с ускорением *а*, направленным вертикально вверх, то его вес  Увеличение веса тела, вызванное его ускоренным движением, называют *перегрузкой.*

Если тело движется с ускорением *а,* направленным вертикально вниз (т.е. совпадающим с направлением ускорения свободного падения), то его вес уменьшается. В этом случае он определяется по формуле 

При свободном падении . Следовательно, в данном случае , т.е вес отсутствует. Если тело движется только под действием силы тяжести (свободно падает), то оно находится в *состоянии невесомости.* Характерным признаком этого состояния является отсутствие у свободно падающих тел деформаций и внутренних напряжений. Причина невесомости тел заключается в том, что сила тяжести сообщает свободно падающему телу и его опоре (или подвесу) одинаковые ускорения.

**7. Импульс тела. Импульс силы. Закон сохранения импульса**

Уравнение второго закона Ньютона можно представить в виде , или .

Введя  под знак дифференциала, получим .

Векторную величину, равную произведению массы тела на его скорость, называют импульсом тела. Таким образом, импульс тела определяется по формуле . Следовательно, , т.е. производная импульса материальной точки по времени равна равнодействующей всех сил, приложенных к точке.

Последнюю формулу можно представить в виде .

Приращение импульса за время  равно

=.

При  =. Величину , равную произведению силы на время её действия, называют импульсом силы.

Изменение импульса тела за время  равно импульсу силы, действующей на тело в течение этого времени.

Рассмотрим систему, состоящую из *N* материальных точек (систему тел).

Силы, с которыми на данное тело действуют остальные тела системы, называют внутренними.

Силы, обусловленные воздействием тел, не принадлежащих системе, называют внешними.

В случае отсутствия внешних сил систему называют замкнутой.

Импульсом системы называют векторную сумму импульсов тел, образующих систему

.

Закон сохранения импульса для замкнутой системы тел формулируется следующим образом: *импульс замкнутой системы тел остается постоянным при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.*

На законе сохранения импульса основано реактивное движение.

**8. Механическая работа и мощность**

Если действующая на тело сила  вызывает его перемещение , то действие силы характеризуется механической работой

, где  - угол между направлением силы и перемещения. Формула справедлива для случая когда тело движется прямолинейно и действующая на него сила остается постоянной. Если сила изменяется, то .

Механическая работа является мерой изменения энергии. За единицу работы в системе Си принимают джоуль (Дж).

Средней мощностью  называют величину, равную отношению работы  к промежутку времени , за который она совершается

.

Мгновенная мощность определяется по формуле . Учитывая, что , получаем , где *v* – мгновенная скорость.

За единицу мощности в системе СИ принимают ватт (Вт).

На практике часто применяют внесистемную единицу мощности – лошадиную силу.

1 л.с. = 735 Вт

**9. Кинетическая и потенциальная энергия**

Физическая величина, характеризующая способность тела или системы тел совершать работу, называется *энергией.*

Энергия может быть обусловлена движением тела с некоторой скоростью (кинетическая энергия), а также нахождением тела в потенциальном поле сил (потенциальная энергия).

Кинетическая энергия

Рассмотрим случай, когда тело массой *m* под действием силы *F* изменяет свою скорость от  до . Определим работу силы, приложенной к телу

.

.

Так как механическая работа является мерой изменения энергии, то величина  представляет собой энергию, обусловленную движением тела.

Энергию, которой обладает тело вследствие своего движения называют кинетической .

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



Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести

При падении тела массой *m* с высоты до высоты  над Землей сила тяжести совершает работу

 или .

Сила тяжести является консервативной силой, а поле тяготения – потенциальным. Работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии тела, взятому с противоположным знаком

.

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести .

Энергия, которая определяется взаимным расположением тел или частей одного и того же тела называется потенциальной.

**10. Закон сохранения полной механической энергии**

Рассмотрим движение тела в замкнутой системе, в которой действуют только консервативные силы. Пусть, например, тело массой *m* свободно падает. При переходе тела из состояния 1 в состояние 2 сила тяжести совершает работу

.

В то же время . Следовательно, . Преобразовав данное выражение, получим .

Сумма кинетической и потенциальной энергии тела называется полной механической энергией тела.



Согласно закону сохранения полной механической энергии: *полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих друг с другом только консервативными силами, при любых движениях этих тел не изменяется. Происходят лишь взаимные превращения потенциальной энергии в кинетическую и обратно.*

Системы, в которых сохраняется полная механическая энергия, называются консервативными.

Системы, в которых полная механическая энергия не сохраняется называются диссипативными (диссипация – переход энергии в другой вид, например, механической во внутреннюю).

В общем случае закон сохранения энергии в природе формулируется следующим образом:

*Энергия тел никогда не исчезает и не появляется вновь: она лишь превращается из одного вида в другой или переходит от одного тела к другому.*