

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Учебное пособие. – Санкт-Петербург: <http://auditori-um.ru>, 2012

---

### ВВЕДЕНИЕ

Слово "физика" происходит от греческого слова *physis* – природа. **Физика** – наука о наиболее общих законах природы, описывающих нашу Вселенную.

Все то, что реально, объективно существует в мире, что воспринимается нашими органами чувств непосредственно или с помощью специальных приборов называют **материей**. Физика изучает свойства и строение материи, законы её движения и взаимодействия.

Способом существования материи является **движение**, которое современная физика понимает как всякое изменение вообще. Движением материи является и механическое перемещение тел, и распространение электромагнитных волн, и термодинамические процессы, и т.д.

Движение материи происходит в пространстве и времени. **Пространство** и **время** являются формами существования материи, и поэтому немислимы без материи. Материя, пространство, время и движение всегда существуют в неразрывной связи друг с другом.

Законы физики составляют основу естествознания и являются теоретическим фундаментом современной техники. Поэтому одна из основных целей курса физики в высшем учебном заведении – изучение физических явлений и законов как базы для освоения профессионально ориентированных дисциплин.

Изучение физики играет также важную методологическую роль. В рамках физической науки разработан общий естественнонаучный метод исследования, который применяется во всех науках, ставящих себе задачу не только описывать, но и предсказывать поведение объектов. Без преувеличения можно сказать, что все естественные и прикладные науки базируются на физической методологии исследований. Таким образом, другой целью изучения физики является освоение методологии современной физики как фундамента естественнонаучной методологии.

Физика – точная наука, которая базируется на аналитическом методе познания природы. Изучение физики способствует развитию творческого аналитического научного мышления. Это является третьей целью изучения физики в вузе.

Общие представления о природе (материи, движении, пространстве, времени, возникновении и развитии Вселенной) совершенствуются по мере развития физической науки. Совокупность таких представлений, основанных на современных физических законах и теориях, называется физической картиной мира. Физическая картина мира – одна из важнейших составных частей культуры человечества. Овладение этой частью культуры – четвертая (гуманитарная) цель курса физики.

По методам исследования различают экспериментальную и теоретическую физику. Основным физическим методом является опыт, эксперимент. Для объяснения опытных данных выдвигаются **гипотезы** – обоснованные научные предположения. На базе выдвинутых гипотез и опытных данных разрабатывается **физическая теория** данного круга явлений.

Справедливость той или иной теории подтверждается только соответствием её выводов с опытными данными. Никакие другие логические построения не являются доказательством справедливости теории. Если выводы какой-либо физической теории противоречат хотя бы одному опытному факту, то данная теория подлежит доработке или полному пересмотру, даже если множество других её выводов подтверждается опытом.

Основу физической методологии составляет математическое описание объектов и явлений. Каждый физический объект, каждое явление, каждое свойство описывается с помощью количественных мер – **физических величин**, которые могут быть скалярными, векторными, тензорными и т.д. Например, механическое взаимодействие тел описывается с помощью вектора силы, для описания трения скольжения тел используется скалярная величина – коэффициент трения скольжения, для описания деформированного состояния твердых тел используется тензор деформации.

Поскольку между физическими величинами существует взаимосвязь, то все они образуют определенную систему. **Система физических величин** состоит из основных и производных величин. Основные величины условно считаются независимыми друг от друга, а производные величины выражаются через основные.

Выбор основных величин, вообще говоря, произволен. Однако из практических соображений в качестве основных выбраны величины, характеризующие наиболее важные свойства материального мира: длина, масса, время. Еще четыре основных величины выбраны так, чтобы они представляли различные разделы физики: сила тока, термодинамическая температура, количество вещества, сила света.

Физика принципиально имеет дело только с теми величинами, которые могут быть измерены. При измерении какой-либо величины полученный результат сравнивается с эталоном данной величины, принятым за единицу. Например, эталоном массы является 1 кг. Эталоны всех величин должны быть связаны в единую систему – систему единиц. Существует несколько систем единиц. В настоящее время государственными и международными стандартами рекомендована к применению Международная система единиц (СИ).

Количественную или качественную связь между физическими величинами, описывающими определенный круг явлений, устанавливают путем обобщения опытных данных. Фундаментальные связи между физическими величинами, которые лежат в основе физической теории, называют **физическими законами**.

Физические законы, как правило, могут быть сформулированы в виде математических соотношений. Но существуют также физические законы, которые описывают качественные свойства материальных объектов или возможные направления физических процессов. Такие законы формулируются в виде утверждений. Особенностью физических законов, является то, что они не могут быть доказаны математически или логически. Истинность физических законов подтверждается только соответствием опыту всех выводов теории, которая на них базируется.

Всякий объект в нашей Вселенной обладает множеством самых разнообразных свойств. Кроме того, все объекты, так или иначе, взаимодействуют между собой. Поэтому для изучения даже самых простейших из них необходимо учитывать только те свойства объектов, которые существенны с точки зрения изучаемых явлений. Так, например, при изучении движения автомобиля можно не учитывать цвет его кузова. Зато масса автомобиля в этом случае имеет первоочередное значение. В то же время, при изучении взаимодействия какого-либо тела со световыми волнами самое существенное значение имеет состояние его поверхности, способность отражать электромагнитные волны – то, что в диапазоне волн видимого света мы называем цветом.

Одной из особенностей физического метода исследования является применение физического моделирования реальных объектов. **Физические модели** получают путем отбора наиболее существенных (с точки зрения изучаемых явлений) свойств реальных объектов и отбрасывания тех их свойств, которые при изучении данного круга явлений несущественны. Например, при изучении разреженных газов можно пренебречь взаимодействием между молекулами газа и размерами молекул. На этих упрощениях основана такая физическая модель как идеальный газ.

Когда говорят, что физика – точная наука, то имеют в виду, что физическая теория строится на базе физического и математического моделирования изучаемых объектов и явлений. Однако физическое моделирование основано на упрощениях, и следствием этого является неопределенность. Все физические законы являются приближенными и имеют смысл только в той области явлений, для которой они предназначены.

Физические величины могут быть определены только с той точностью, которую допускает **принцип неопределенности**. Эта особенность характерна для всех точных естественных наук как следствие общенаучного принципа – **принципа дополненности**. Наши знания либо строги, но тогда неполны, либо полны, но тогда нестроги. Таким образом, строгая формулировка понятий неизбежно приводит к потере информации об объекте изучения. И это неизбежная плата за возможность строгого решения задач.

**Физические основы механики** традиционно являются первым разделом, изучаемым в курсе общей физики. Это обусловлено не только историческими причинами, но и тем, что именно в механике вводятся многие фундаментальные физические понятия, такие как масса, сила, импульс, энергия и др., которые затем используются в других разделах физической науки.

**Механика** – наука о закономерностях **механического движения**. Механика изучает взаимное перемещение тел в пространстве-времени и происходящие при этом взаимодействия.

**Механическое движение** – изменение с течением времени взаимного положения материальных тел в пространстве или взаимного положения частей данного тела. Примерами механического движения являются движение автомобилей или летательных аппаратов относительно Земли, взаимное перемещение деталей машин, движение планет вокруг Солнца и т.п.

Вид, форма и характеристики механического движения какого–либо тела зависят от выбора системы отсчета. **Система отсчета** – совокупность системы координат и часов, связанных с телом, по отношению к которому изучается движение других тел. Выбор системы отсчета зависит от целей исследования. В кинематике все системы отсчета равноправны. В задачах динамики преимущественную роль играют **инерциальные системы** отсчета.

К числу основных физических моделей, используемых в механике, относятся:

**материальная точка** – тело, размеры и форма которого несущественны в рассматриваемой задаче о его движении (равновесии); например, тело можно рассматривать как материальную точку, если изучать только движение центра масс тела;

**абсолютно твердое тело** – тело, деформациями которого в условиях данной задачи можно пренебречь; расстояние между любыми двумя точками абсолютно твердого тела не изменяется при его движении (равновесии);

*Примечание.* Для краткости в дальнейшем данную модель будем называть **твердое тело**, опуская слово "абсолютно".

**механическая система** – совокупность тел, выделенная для рассмотрения их механического движения (равновесия);

**система материальных точек** – механическая система, рассматриваемая как совокупность материальных точек, взаимодействующих между собой и с телами, не входящими в состав системы.

В зависимости от задач и целей исследования движение одного и того же объекта может описываться с помощью различных физических моделей. Так, при определении траектории космического аппарата, запущенного с одной планеты на другую, он может рассматриваться как материальная точка. При изучении проблемы ориентации в пространстве тот же аппарат может рассматриваться как абсолютно твердое тело. При решении же прочностных задач отдельные детали аппарата рассматриваются как деформируемые тела (подобные задачи изучает **механика деформируемого тела**).

В разделе "Физические основы механики" рассматриваются две фундаментальные физические теории: классическая механика, основанная на законах Ньютона и релятивистская механика, основанная на специальной теории относительности Эйнштейна.

**Классическая механика** Ньютона изучает движение макроскопических тел со скоростями, много меньшими скорости света в вакууме. Составными частями этой физической теории являются кинематика, динамика и статика.

**Кинематика** – наука о формах движения. В кинематике изучаются геометрические свойства механического движения, т.е. не учитывается масса тел и взаимодействие между телами.

*Примечание.* Понятие "механическое движение" может применяться и к геометрическим объектам. В кинематике рассматривается движение геометрической точки, а слово "материальная" применительно к ней опускается, т.к. в кинематике масса тел не учитывается.

Основным разделом механики является **динамика**. В этом разделе изучается механическое движение тел с учетом их массы и взаимодействия между телами.

**Статика** – наука о равновесии. В статике изучаются условия равновесия твердых, жидких и газообразных тел под действием приложенных к ним сил. Поскольку равновесие – частный случай движения, условия равновесия статики вытекают из общих законов динамики.

**Релятивистская механика** – механика тел, движущихся со скоростями, близкими к скорости света в вакууме. Законы релятивистской механики соответствуют требованиям **специальной теории относительности** и применяются при скоростях движения тел, не превышающих скорости света. Релятивистская теория включает в себя законы классической механики в предельном случае малых (по сравнению со скоростью света в вакууме) скоростей.

Данное учебное пособие предназначено для оказания помощи студентам в систематизации знаний по физике, полученных на учебных занятиях и при работе с учебниками. Основной задачей книги является демонстрация общих принципов построения физической теории. Автор не ставил себе целью полное изложение раздела "Физические основы механики" курса общей физики. При отборе материала одним из критериев была краткость изложения как условие лучшего усвоения сведений, необходимых для изучения других разделов физики, а также профессионально ориентированных дисциплин инженерной подготовки. В связи с этим в основном тексте пособия опущена часть доказательств.

Материал пособия разделен на три темы. Тема 1 "Кинематика" посвящена изучению способов задания движения и основных кинематических характеристик точки и твердого тела. Рассмотрены только простейшие движения твердого тела: поступательное движение и вращение вокруг неподвижной оси. Предполагается, что такие важные разделы кинематики как сложное движение точки, плоскопараллельное движение твёрдого тела и др., будут достаточно подробно изучены студентами в курсе теоретической механики.

В теме 2 "Динамика" изложены основы динамики материальной точки, и общий подход к решению задач динамики механических систем, базирующийся на применении законов сохранения и общих теорем динамики.

Третья тема носит название "Принцип относительности". Здесь основное внимание уделено обсуждению динамического и кинематического принципов относительности как фундаментальной основы современной физики. В этой же теме изложены краткие сведения из релятивистской механики. Материал третьей темы изложен под глубоким влиянием идей профессора А.Ф. Потехина (г. Одесса), почерпнутых как из его работ, так и при личном общении.