

# **Смекалина Татьяна Владимировна**

**Старший преподаватель кафедры общей физики  
ТПУ**

**[smekalinatv@tpu.ru](mailto:smekalinatv@tpu.ru)**

## **Ф И З И К А 1**

**Лекции – 40 часов**

**Практические занятия (Б) – 16 часов**

**Практические занятия (А) – 32 часа**

**Лабораторные занятия – 24 часа**

**2 Индивидуальных Домашних Задания**

**2 Коллоквиума**

## Список литературы

1. Ю.И., Тюрин , И.П. Чернов , Ю.Ю.Крючков.  
Физика. Ч.1 -Томск.- Изд-во ТГУ
2. И.П. Чернов, В.В.Ларионов, Ю.И. Тюрин .  
Сборник задач по физике. Ч.1 - Томск.- Изд-во  
ТГУ
3. И.П. Чернов, В.В.Ларионов, В.И.Веретельник.  
Физический практикум. Ч.1 - Томск.- Изд-во  
ТГУ
4. И.В. Савельев. КУРС ФИЗИКИ Ч.1
5. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. КУРС ФИЗИКИ

# Предмет физики

Физика как наука в своем современном виде берет начало со времен Галилео Галилея (1564-1642) и его последователя Исаака Ньютона (1643-1727), именно они совершили революцию в научном познании.

Физика, которая развивалась в течение трех столетий и достигла своей кульминации во второй половине XIX в. созданием электромагнитной теории света, называется теперь классической физикой.



В самом начале XX в. новые эксперименты и новые идеи в физике стали указывать на то, что некоторые аспекты классической физики неприменимы к крошечному миру атома, а также к объектам, движущимся с очень большой скоростью. Следствием всего этого явилась очередная великая революция в физике, которая привела к рождению того, что мы называем современной физикой.



Академик А.Ф. Иоффе (1880 – 1960; российский физик) определил *физику как науку, изучающую общие свойства и законы движения вещества и поля*. В настоящее время общепринято, что все взаимодействия осуществляются посредством полей-гравитационных, электромагнитных, ядерных. Поле наряду с веществом является одной из форм существования материи.

*Физика – наука о наиболее простых и вместе с тем наиболее общих формах движения материи и их взаимных превращениях.*



# ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ В ФИЗИКЕ

Основным методом исследования в физике является опыт, основанный на практике чувственно-эмпирического познания объективной действительности, т.е. наблюдение исследуемых явлений в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явлений и многократно воспроизводить его при повторении этих условий.



Наиболее широко в физике используется *индуктивный метод*, заключающийся в том, что при наблюдениях накапливаются *факты*. Затем эти факты обобщают и выявляют общую закономерность, называемую *гипотезой*. На следующем этапе познания ставят специальные эксперименты для проверки гипотезы. Если результаты эксперимента не противоречат гипотезе, то последняя получает статус *теории*.



# ***Измерения в физике. Международная система единиц СИ***

Физика – наука экспериментальная.  
Эксперимент связан с измерениями различных физических величин – длина, время, частота, скорость, площадь, объем, масса, плотность, заряд, температура, энергия. Многие из них связаны между собой.



Большинство физических величин в механике связано с *длиной, временем и массой*.

Размерность основных физических величин в отношении самих себя равна единице измерений и не зависит от других величин, т.е. формула размерности основной физической величины совпадает с ее символом и единицей измерения. Например, размерность длины –  $L$  (метр), времени –  $T$  (секунда), массы –  $M$  (килограмм).

## Размерность физической величины –

выражение, составленное из произведения символов основных физических величин в различных степенях и отражающих связь данной физической величины с основными величинами систем.

Например, скорость имеет размерность  $LT^{-1}$ , сила -  $MLT^{-2}$ , и т.д.

Обозначение размерности физической величины  $X$  –  $[X]$  или символ  $\dim$ :  $\dim X = [X] = L^\alpha T^\beta M^\gamma$ , где  $\alpha, \beta, \gamma$  – показатели размерности физической величины.

# Размерности некоторых физических величин, выраженные через длину $L$ , массу $M$ и время $T$

| <i>Величина</i> | <i>Размерность</i> | <i>Величина</i>    | <i>Размерность</i> |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Площадь         | $L^2$              | Сила               | $MLT^{-2}$         |
| Объем           | $L^3$              | Энергия            | $ML^2T^{-2}$       |
| Скорость        | $LT^{-1}$          | Частота            | $T^{-1}$           |
| Ускорение       | $LT^{-2}$          | Момент<br>импульса | $ML^2 T^{-1}$      |
| Плотность       | $ML^{-3}$          | Давление           | $ML^{-1} T^{-2}$   |
| Импульс         | $MLT^{-1}$         |                    |                    |

# Механика

*Механика – часть физики, которая изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение.*



*Механическое движение – это изменение с течением времени взаимного расположения тел или их частей.*



Механика Галилея – Ньютона называется классической механикой, т.е. она рассматривает *движение макроскопических тел* со скоростями, значительно меньшими скорости света в вакууме.

Скорость распространения электромагнитных волн (в том числе и света) в вакууме служит естественным масштабом скоростей в природе

$$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Скорость света в вакууме является предельно высокой скоростью любого материального объекта. Её называют универсальной (мировой) постоянной.

*Если скорость движения объекта пренебрежимо мала по сравнению со скоростью света, так, что  $(v / c)^2 \ll 1$ , то движение является нерелятивистским.*

В противном случае движение – *релятивистское.*

Законы движения существенно отличаются в зависимости от **пространственных масштабов** (макромир и микромир). Линейный размер атомов составляет  $10^{-10}$  м. Этот размер является одним из признаков перехода от макромира к микромиру. Он получил название **Ангстрем** ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ ).

Движение микрочастиц подчиняется законам **квантовой механики**, **электродинамики**, качественно отличающимся от классических.

Критерием применимости законов макро- или микромира является универсальная константа — *постоянная Планка*

$$\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}.$$

Так, если  $m v R \gg \hbar$  — то движение классическое, здесь  $m$  — масса частиц,  $v$  — скорость,  $R$  — размер области, в которой происходит движение.



Квантовые и релятивистские представления имеют более общий характер и законы классической и нерелятивистской механики вытекают из квантовых и релятивистских представлений при переходе соответствующих границ.

Обобщая вышесказанное, следует отметить, что *механика подразделяется* на *классическую* и *квантовую* и в пределах каждой из них рассматривают релятивистское и нерелятивистское движение.

Механика подразделяется на 3 части:  
кинематику, динамику и статику.

Кинематика (от греческого слова *kineta* – движение) – раздел механики, в котором изучаются геометрические свойства движения тел без учета их массы и действующих на них сил.

Динамика (от греческого *dynamis* – сила) изучает движения тел в связи с теми причинами, которые обуславливают это движение.



**Статика** (от греческого *statike* – равновесие) изучает условия равновесия тел. Поскольку равновесие – есть частный случай движения, законы статики являются естественным следствием законов динамики и в данном курсе не изучаются.



Для описания движения тел в зависимости от условий задачи используют различные *физические модели*. Чаще других используют понятия *абсолютно твердого тела* и *материальной точки*.

Тело, размерами которого в условиях данной задачи, можно пренебречь, называется *материальной точкой*.



Движение тел происходит под действием сил. Под действием внешних сил тела могут деформироваться, т.е. изменять свои размеры и форму.

*Тело, деформацией которого можно пренебречь в условиях данной задачи, называют абсолютно твердым телом (хотя абсолютно твердых тел в природе не существует).*

# *Система отсчета, тело отсчета*

Всякое движение *относительно*, поэтому для описания движения необходимо условиться, относительно какого другого тела будет отсчитываться перемещение данного тела. *Выбранное для этой цели тело называют **телом отсчета**.*



Практически, для описания движения приходится связывать с телом отсчета *систему координат* (декартова, сферическая, и т.д.).

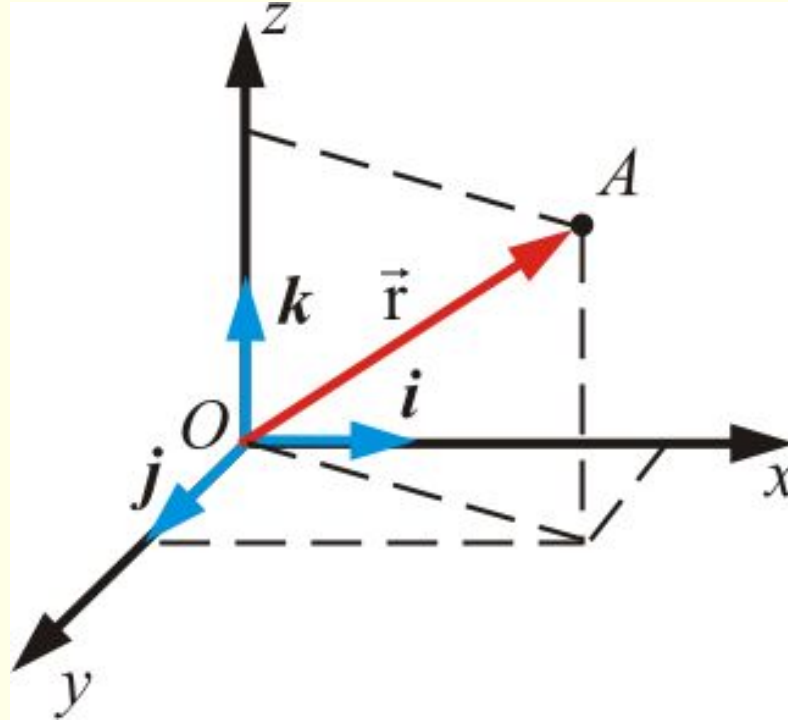
*Система отсчета* — совокупность системы координат и часов, связанных с телом, по отношению к которому изучается движение.



Движения тела, как и материи, вообще не может быть вне времени и пространства. Материя, пространство и время неразрывно связаны между собой (нет пространства без материи и времени и наоборот).

Пространство трехмерно, поэтому «естественной» системой координат является, декартова или прямоугольная система координат, которой мы в основном и будем пользоваться.

В декартовой системе координат, используемой наиболее часто, положение точки  $A$  в данный момент времени по отношению к этой системе характеризуется тремя координатами  $x, y, z$  или радиус-вектором, проведенным из начала координат в данную точку.



При движении материальной точки её координаты с течением времени изменяются.

В общем случае её движение определяется скалярными уравнениями:

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t).$$

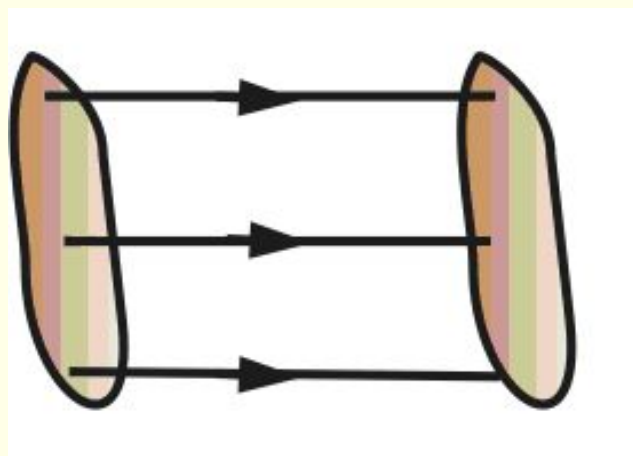
Эти уравнения эквивалентны векторному

уравнению

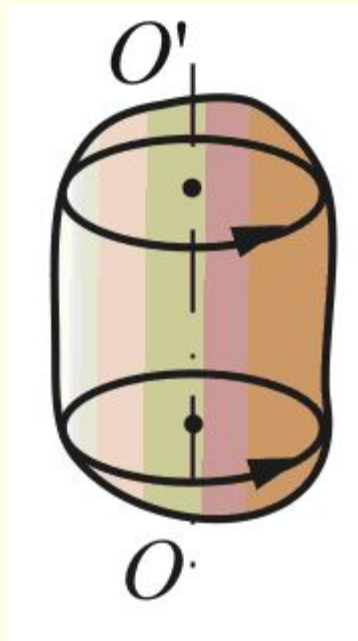
$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}.$$

Всякое движение тела можно разложить на два основных вида движения — *поступательное* и *вращательное*.

*Поступательное* — это такое движение, при котором любая прямая, связанная с движущимся телом остается параллельной самой себе и все точки твердого тела совершают равные перемещения за одинаковое время.



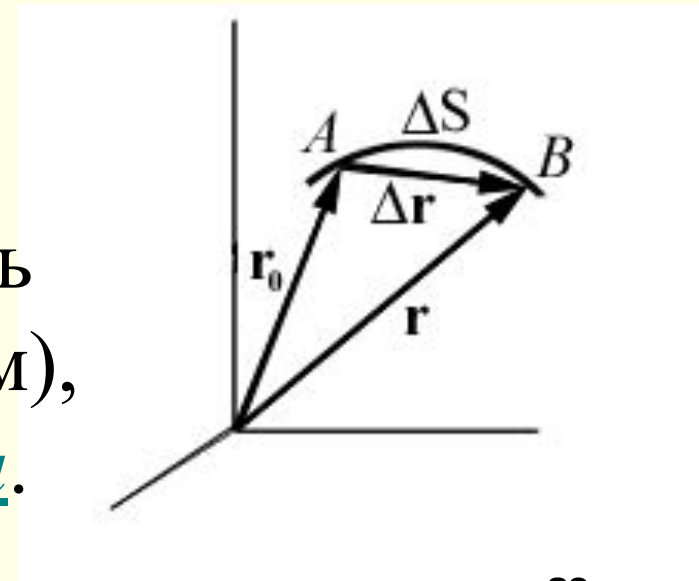
При вращательном движении все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой *осью вращения* ( $OO'$ ). Из определения вращательного движения ясно, что понятие вращательного движения для материальной точки неприемлемо.



# КИНЕМАТИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Траектория движения материальной точки – линия, описываемая этой точкой в пространстве.

В зависимости от формы траектории движение может быть прямолинейным (поступательным), криволинейным и вращательным.



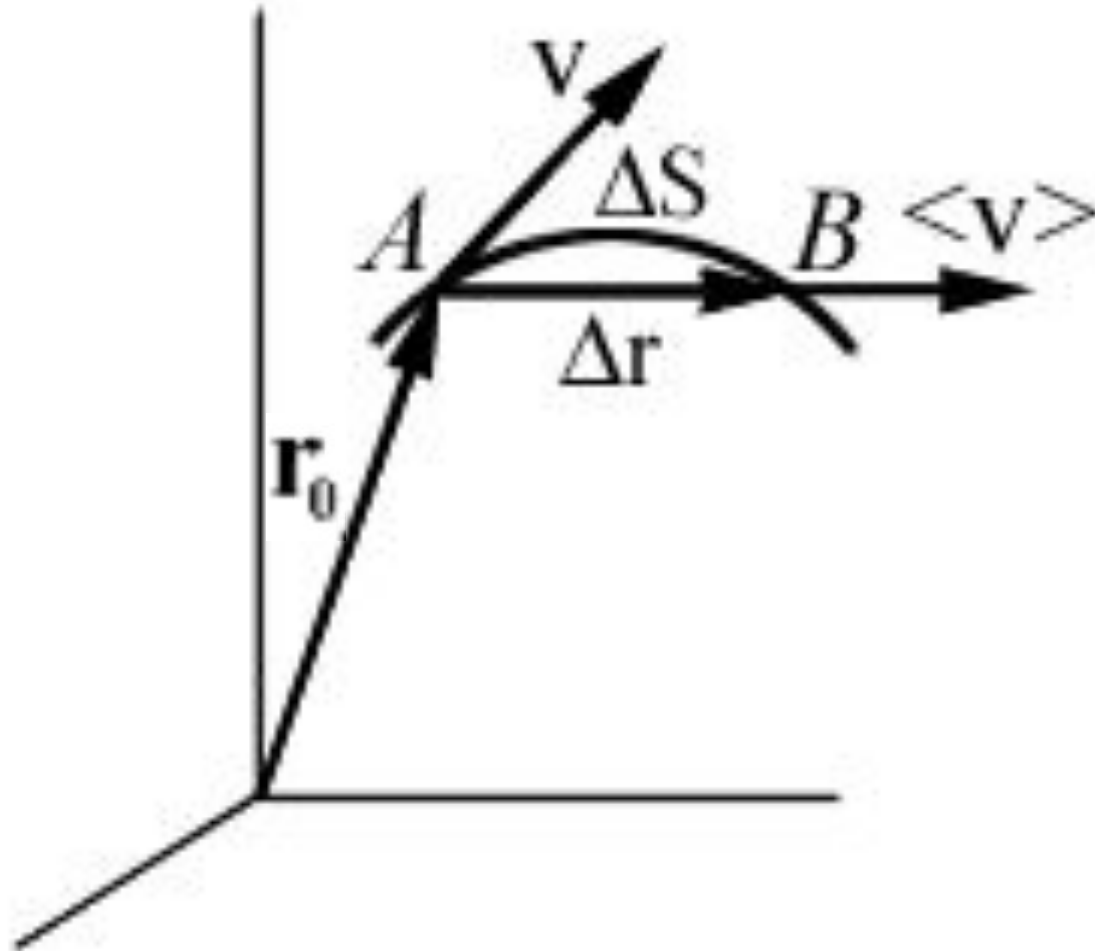
Длина участка траектории  $AB$ , пройденного материальной точкой с момента начала отсчета времени, называется длиной пути  $\Delta S$  и является скалярной функцией времени:  $\Delta S = \Delta S(t)$ .

Вектор  $\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$ , проведенный из начального положения движущейся точки в положение ее в данный момент времени (приращение радиуса – вектора за рассматриваемый промежуток времени) называется перемещением

$$\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = (x - x_0) \vec{i} + (y - y_0) \vec{j} + (z - z_0) \vec{k}.$$

# СКОРОСТЬ

Для характеристики движения материальной точки вводится векторная величина - скорость, которой определяется как *быстрота движения*, так и его *направление* в данный момент времени. Пусть материальная точка движется по какой-либо криволинейной траектории так, что в момент времени  $t_0$  ей соответствует радиус-вектор  $\vec{r}_0$ .



*Вектором средней скорости*  $\langle \vec{v} \rangle$  называется отношение приращения радиуса–вектора точки к промежутку времени :

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Направление вектора средней скорости совпадает с направлением  $\Delta \vec{r}$ . При неограниченном уменьшении интервала времени средняя скорость стремится к предельному значению, которое называется *мгновенной скоростью*  $\vec{v}$  :

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

*Мгновенная скорость* – векторная величина, равная скорости материальной точки в фиксированный момент времени.

*Мгновенная скорость* – векторная величина, равная первой производной радиуса – вектора движущейся точки по времени.

Вектор скорости  $\vec{v}$  направлен по касательной к траектории в сторону движения, поэтому модуль мгновенной скорости равен:

$$v = |\vec{v}| = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}.$$

Таким образом, *модуль мгновенной скорости равен первой производной пути по времени:*

$$v = dS / dt$$

При неравномерном движении модуль мгновенной скорости с течением времени изменяется. В данном случае пользуются скалярной величиной  $\langle v \rangle$  — средней скоростью **неравномерного** движения  $\langle v \rangle = \Delta S / \Delta t$ .

Найдем длину пути, пройденного точкой за время  $\Delta t$ :

$$S = \int_t^{t+\Delta t} v dt.$$

В случае *равномерного движения*:

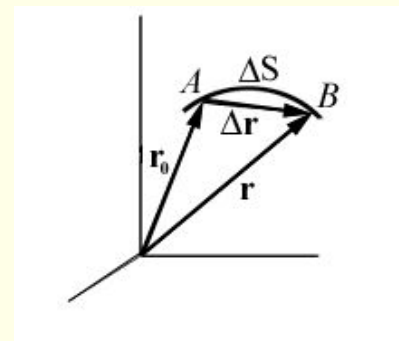
$$S = v \int_t^{t+\Delta t} dt = v\Delta t.$$

Длина пути, пройденного точкой за промежуток времени от  $t_1$  до  $t_2$  дается интегралом:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt.$$

# УСКОРЕНИЕ И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИЕ

Физической величиной, характеризующей быстроту изменения скорости по модулю и направлению является ускорение.



Рассмотрим *плоское движение*.

Пусть вектор  $\vec{v}$  задает скорость точки  $A$  в момент времени  $t$ . За время  $\Delta t$  движущаяся точка перешла в положение  $B$  и приобрела скорость, равную

$$\vec{v}_1 = \vec{v} + d\vec{v}$$

Средним ускорением неравномерного движения в интервале от  $t$  до  $t+\Delta t$  называется векторная величина, равная отношению изменения скорости к интервалу времени:

$$\langle \vec{a} \rangle = \Delta \vec{v} / \Delta t.$$

Мгновенным ускорением (ускорением) материальной точки в момент времени  $t$  будет предел среднего ускорения:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \langle \vec{a} \rangle = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

## Тангенциальная составляющая ускорения

$$a_{\tau} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_{\tau}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt},$$

т.е. равна первой производной по времени от модуля скорости, определяя тем самым **быстроту изменения скорости по модулю**.

Вторая составляющая ускорения, равная

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_n}{\Delta t} = \frac{v^2}{r},$$

называется нормальной составляющей ускорения и направлена по нормали к траектории к центру ее кривизны (определяет **быстроту изменения скорости по направлению**).

Полное ускорение тела есть геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n.$$



Итак,  
тангенциальная составляющая  
ускорения  
характеризует быстроту изменения  
скорости по модулю (направлена по  
касательной к траектории),  
а **нормальная составляющая ускорения**  
– быстроту изменения скорости по  
направлению (направлена к центру  
кривизны траектории).

***Конец лекции***