

Физика – наука о наиболее общих формах движения материи и их взаимных превращениях. Законы физики лежат в основе всего естествознания. При исследовании явлений или процессов в зависимости от условий конкретной задачи используются различные **физические модели**. Основными физическими моделями являются:

- **материальная точка**
- **абсолютно твердое тело**
- **идеальный газ** и др.

Любая модель является ограниченной. При её создании принимаются во внимание только существенные для данного круга явлений свойства и связи.

В результате обобщения экспериментальных фактов устанавливаются **физические законы**, устанавливающие связь между **физическими величинами**, которые необходимо измерять.

Для построения системы единиц произвольно выбирают единицы для нескольких не зависящих друг от друга физических величин. Эти единицы называются **основными**. Остальные величины и их единицы выводятся из законов, связывающих эти величины с основными. Они называются **производными** величинами.

Международная система единиц SI (система СИ) базируется на семи основных единицах и двух дополнительных – радиан и стерадиан.

Наименование величины	Единица измерения	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура	кельвин	К
Количества вещества	моль	моль
Сила света	кандела	кд
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср

Механика – это часть физики, изучающая механическое движение материальных тел и происходящие при этом взаимодействия между ними.

Под механикой обычно понимают так называемую **классическую механику Галилея-Ньютона**, предметом изучения которой являются движения любых материальных тел (кроме элементарных частиц), совершаемые со скоростями, малыми по сравнению со скоростью света.

Классическая механика делится на три раздела: *кинематику, динамику и статику.*

Кинематика изучает движение тел, не рассматривая причины, которые это движение обуславливают (т.е. движение тел без учета их масс и действующих на них сил).

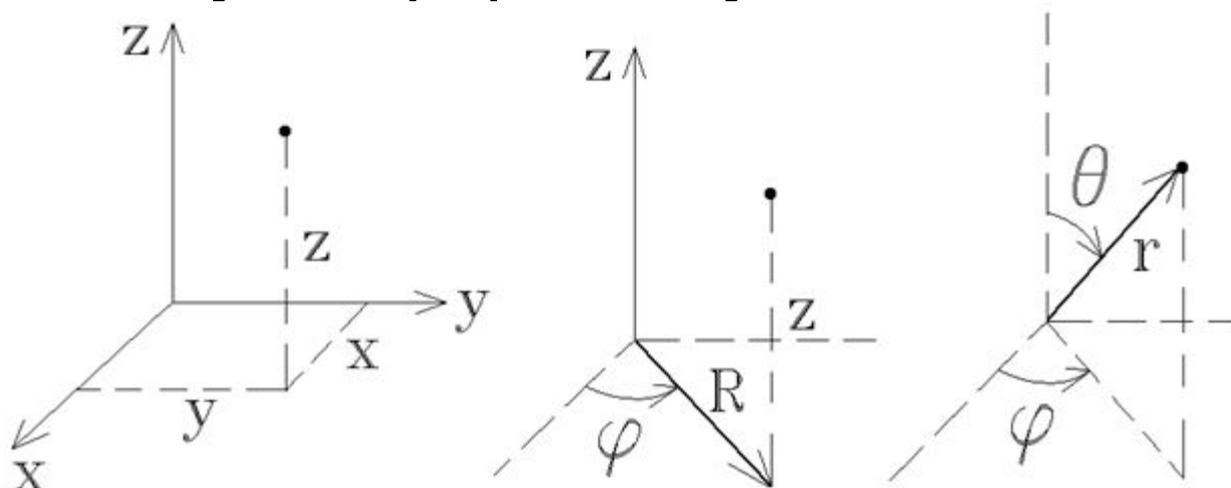
Динамика изучает движение материальных тел под действием приложенных к ним сил. В основе динамики лежат законы механики Ньютона, из которых получаются все уравнения и теоремы, необходимые для решения задач динамики.

Статика изучает условия равновесия материальных тел под действием сил. Если известны законы движения тел, то из них можно установить и законы равновесия.

Кинематика. Основные понятия и величины

Пространство является бесконечным, однородным и изотропным. Время является однородным и течет только в одном направлении.

Положение частицы (тела) в пространстве определяется, по отношению к какому-либо другому телу, называемому телом отсчета, с которым связывают некоторую систему координат: декартову, цилиндрическую, сферическую:

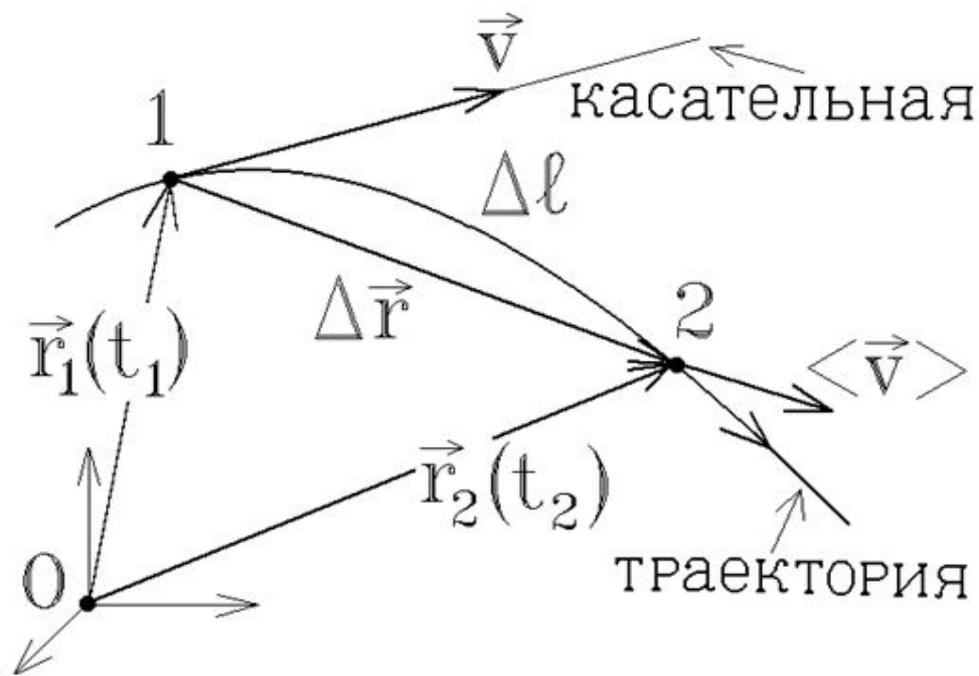


Перемещение, скорость, ускорение

Векторный способ описания движения.

Положение частицы задается её радиус-вектором \vec{r} . Геометрическое место концов радиус-вектора представляет кривую, называемую траекторией.

Зависимость радиус-вектора частицы от времени $\vec{r} = \vec{r}(t)$ называется кинематическим законом движения. С геометрической точки зрения – это уравнение траектории.



Изменение радиус-вектора \vec{r} за время Δt называется перемещением:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$$

Перемещение (вектор!) совпадает по величине с хордой,

точки 1 в точку 2. Длина дуги траектории Δl между этими точками называется путем.

Для бесконечно малого временного интервала dt соответствующее бесконечно малое (элементарное) перемещение $d\vec{r}$ направлено по касательной к траектории в точке 1. Модуль элементарного перемещения равен элементарному пути: $|d\vec{r}| = dl$.

Скоростью частицы называется векторная величина, определяемая равенством

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

это производная от \vec{r} по времени.

Из определения следует, что скорость направлена по касательной к траектории. Величина

$$v = |\vec{v}| = \left| \frac{d\vec{r}}{dt} \right| = \frac{dl}{dt},$$

скалярный путь, пройденный вдоль траектории.

Иногда используется понятие средней скорости:

это векторная величина, равная отношению перемещения ко времени, т.е.

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

Производная скорости частицы по времени, т.е. вектор

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

называется ускорением частицы.

Прямая задача кинематики: зная кинематический закон движения, можно простым дифференцированием по времени найти скорость и ускорение в любой момент времени.

Обратная задача кинематики: зная ускорение частицы, а также начальные условия, можно найти траекторию движения частицы:

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \int_0^t \vec{a} dt \quad \text{и} \quad \vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v} dt .$$

2) Координатный способ описания движения.

Если с телом отсчета жестко связать какую-нибудь координатную систему (например, декартову), то положение частицы в любой момент времени определяется тремя ее координатами

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$$

Принцип независимости движений: произвольное движение частицы можно рассматривать как сумму независимых движений по координатным осям x, y, z

3) Естественный способ описания движения.

Тангенциальное и нормальное ускорения.

Этот способ обычно используется, если известна траектория движения точки. При этом начало отсчета (точка O) выбирается на траектории, выбирается также положительное направление движения вдоль траектории, а положение частицы описывается криволинейной координатой, представляющей не что иное, как длину дуги кривой линии, отсчитанной вдоль траектории от начальной точки O , т.е. путь.

В этом случае $l = l(t)$ кинематический закон

движения и

$$l = \int_0^t v dt .$$

Свяжем с траекторией естественную систему координат, состоящую из двух взаимно перпендикулярных осей: касательной (единичный вектор $\vec{\tau}$, направленный вдоль вектора скорости частицы) и нормали (единичный вектор \vec{n} , направленный к центру кривизны траектории). Очевидно, что

$$\boxed{\vec{v} = v \cdot \vec{\tau} .}$$

Чтобы найти ускорение частицы, продифференцируем последнюю формулу по времени:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} (v \vec{\tau}) = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + v \frac{d\vec{\tau}}{dt} .$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(v \vec{\tau}) = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + v \frac{d\vec{\tau}}{dt}.$$

Первое слагаемое направлено по касательной к траектории и называется тангенциальным (касательным) ускорением:

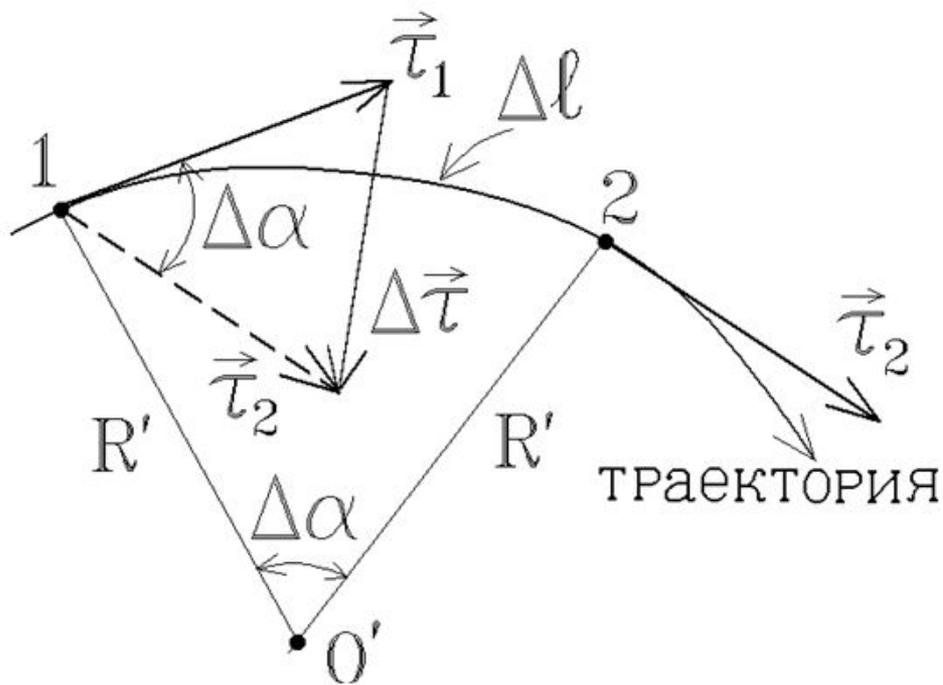
$$\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}.$$

Его модуль равен

производной от величины скорости по времени, поэтому тангенциальное ускорение характеризует изменение скорости по величине.

Преобразуем второе слагаемое:

$$v \frac{d\vec{\tau}}{dt} = v \frac{d\vec{\tau}}{dl} \cdot \frac{dl}{dt} = v^2 \frac{d\vec{\tau}}{dl} = v^2 \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\tau}}{\Delta l}.$$



Используя рисунок, вычислим $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\tau}}{\Delta l}$.

Для этого перенесём вектор $\vec{\tau}_2$ в точку 1, изобразим вектор $\Delta \vec{\tau}$ и проведём нормали к траектории в точках 1 и

2, которые пересекаются в некоторой точке O' .

Тогда, как видно из рисунка $|\Delta \vec{\tau}| \approx |\vec{\tau}| \cdot \Delta \alpha = \Delta \alpha$ и

$\Delta l \approx R' \Delta \alpha$, откуда: $\frac{|\Delta \vec{\tau}|}{\Delta l} \approx \frac{1}{R'}$. В пределе при $\Delta t \rightarrow 0$

точка O'

некоторой точке O , а величина $R' \rightarrow R$, поэтому

Поэтому, окончательно: $\left| \frac{d\vec{\tau}}{dl} \right| = \frac{1}{R}$

Точка O называется центром кривизны, а величина R – радиусом кривизны траектории. Геометрически он равен радиусу окружности, вписанной в кривую траектории.

Итак: $\frac{d\vec{\tau}}{dl} = \frac{\vec{n}}{R}$ $v^2 \frac{d\vec{\tau}}{dl} = \frac{v^2}{R} \vec{n}$ второе из этих выражений характеризует

изменение скорости по направлению и называется нормальным ускорением и определяется

выражением:

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n}.$$

Движение абсолютно твердого тела

Любое движение твердого тела можно свести к поступательному движению и вращению относительно некоторой оси.

Поступательным движением называется такое движение, при котором все точки тела движутся по одинаковым траекториям, или, иначе говоря, любая прямая, связанная с телом, перемещается параллельно самой себе.

При вращении вокруг закрепленной оси все точки движутся по соосным окружностям.

За время dt происходит поворот тела на угол $d\varphi$

Поэтому вместо линейных характеристик вводятся угловые характеристики: поворот тела на бесконечно малый угол $d\varphi$ характеризуется вектором угла поворота $d\vec{\varphi}$, направленным по оси вращения по правилу правого винта.

Быстрота изменения угла поворота характеризуется вектором угловой скорости

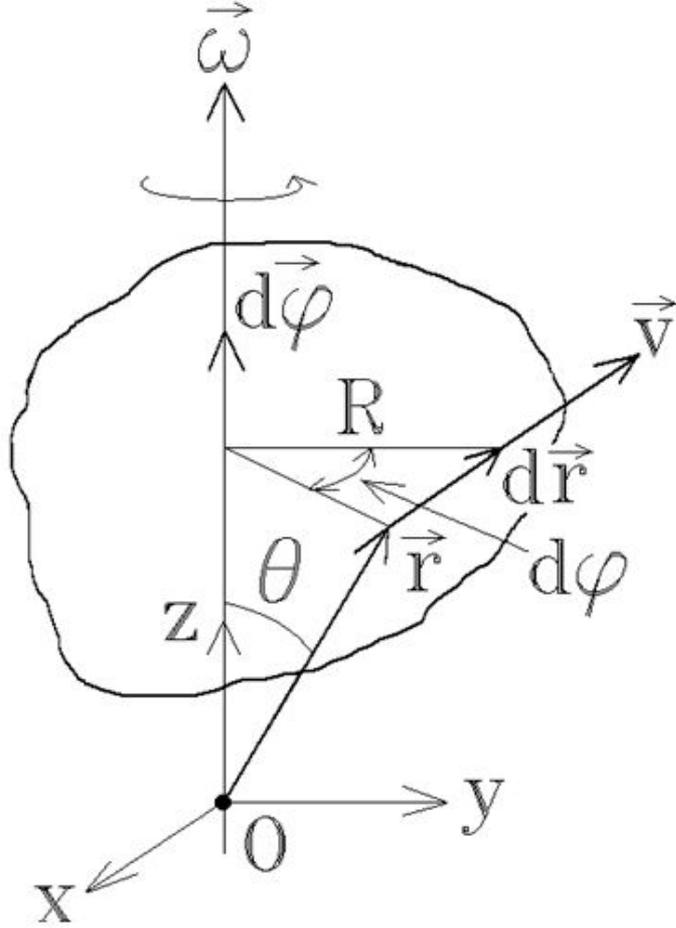
$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt},$$

Направленным также, как и вектор $d\vec{\varphi}$, т.е. по оси вращения по правилу правого винта.

Вектор углового ускорения совпадает по направлению с вектором угловой скорости при ускоренном вращении и противоположен ему при замедленном вращении.

Связь линейных и угловых кинематических величин

Рассмотрим произвольную точку в твердом теле, которое вращается вокруг закрепленной оси.



между век-
 Как след \vec{v} ует $\vec{\omega}$
 а элементар-
 я точки будет

$$|d\vec{r}| = R d\varphi = r \sin \theta d\varphi$$

$$d\vec{r} = [d\vec{\varphi}, \vec{r}]$$

$$d\vec{r} = [d\vec{\varphi}, \vec{r}]$$

Разделив формулу почленно на dt , получим:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \left[\frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \vec{r} \right] \quad \text{или} \quad \vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{r}]$$

Отсюда вытекает, что величины линейной и угловой скоростей связаны соотношением:

$v = |\vec{v}| = \omega r \sin \theta = \omega R$ где R расстояние от выделенной точки до оси вращения.

Разделив полученное выражение на dt и приведя подобные члены, найдем закон преобразования ускорений:

Последнее слагаемое в формуле направлено по радиусу к оси вращения и поэтому называется центростремительным или осеостремительным ускорением:

