

ІТМО

Введение в курс

Запись на курс

ИТМО

<https://study.physics.itmo.ru>



Лекционные
курсы



Лабораторный
практикум



Преподаватели
физики



Методические
пособия



Лекционные
демонстрации



Комиссии
ППА2

Избранные курсы



Теоретическая механика



Статистическая теория радиотехнических систем



Квантовая теория многих тел/Quantum many-body theory



Selected Analytical and Computational Methods in Optics and Photonics



Физика - I (ФФЛФТ 2024/25)

Первая часть курса физики для ФФЛФТ

- Лектор: М.Л. Коробков
- Преподаватели:
М.И.Колотников, К.И.Ленина, Н.С.Полынин, А.А.Серебрян

Запись на курсы

Искать для записи

Найти курсы

Курс с моделированием

ІТМО

Группа: ФИЗ Э 1.1

etcp7g

Группа: ФИЗ Э 1.3

gywwf2

Группа: ФИЗ Э 1.2

ibm6u7

Группа: ФИЗ Э 1.4

r5wkxy

Курс без моделирования

ІТМО

Группа: ФИЗ 1.1

q39hwi

Группа: ФИЗ 1.3

2up85g

Группа: ФИЗ 1.2

x7rd7p

Группа: ФИЗ 1.4

wqwvjz

Группа: ФИЗ 1.5

h88qtw

<i>Физический объект</i>	частица, тело (вещество); поле
<i>Физическое явление</i>	взаимодействие физических объектов, изменение их состояния
<i>Физическая величина</i>	характеристика физического объекта или явления
<i>Физический закон</i>	связь между физическими величинами
<i>Научный факт</i>	экспериментальный факт
<i>Элемент теории:</i>	гипотеза, постулат, теорема и т. п. → система знаний

Взаимодействие

ІТМО

Близкодействие

Частица-источник 1



Частица-переносчик



Частица-источник 2 (приёмник)

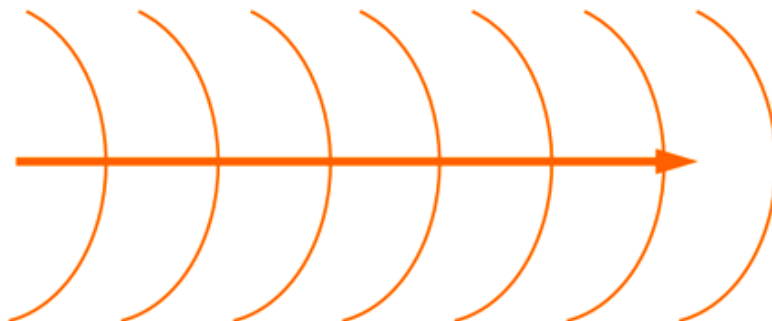


Дальнодействие

Тело-источник 1



Поле



Тело-источник 2



Взаимодействие

ИТМО

<i>Взаимодействие</i>	<i>Радиус действия</i>	<i>Относительная величина</i>	<i>Источники</i>	<i>Переносчик</i>
Гравитационное	∞	10^{-40}	все	гравитон
Электромагнитное	∞	$1/137$	лептоны, адроны	фотон
Слабое	10^{-18} м	10^{-14}	лептоны, адроны	W^{\pm}, Z^0 -бозоны
Сильное	10^{-15} м	1	адроны	глюон

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

СОСТАВЛЯЮЩИЕ МАТЕРИИ

КВАРКИ

u верхний	c очарованный	t истинный
d нижний	s странный	b прелестный

ЛЕПТОНЫ

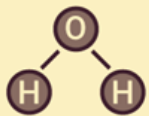
e электрон	μ мюон	τ тау
ν_e электронное нейтрино	ν_μ мюонное нейтрино	ν_τ тау нейтрино

ПЕРЕНОСЧИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

БОЗОНЫ

g глюон	z z бозон	? гравитон
γ фотон	w w бозон	H бозон Хиггса

Молекулы состоят из атомов



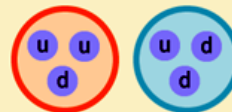
молекула воды

Атомы состоят из адронов и электронов



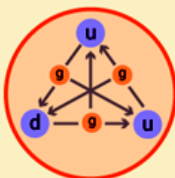
атом кислорода

Адроны состоят из кварков



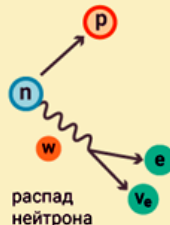
протон - p нейтрон - n

Сильное взаимодействие



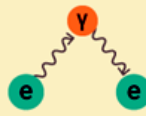
протон

Слабое взаимодействие



распад нейтрона

Электромагнитное взаимодействие



Гравитация

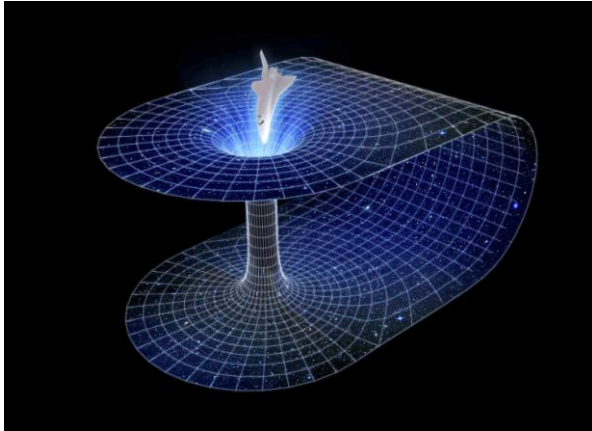


Частица обретает массу при взаимодействии с полем Хиггса



X – конденсат поля Хиггса

движение частиц



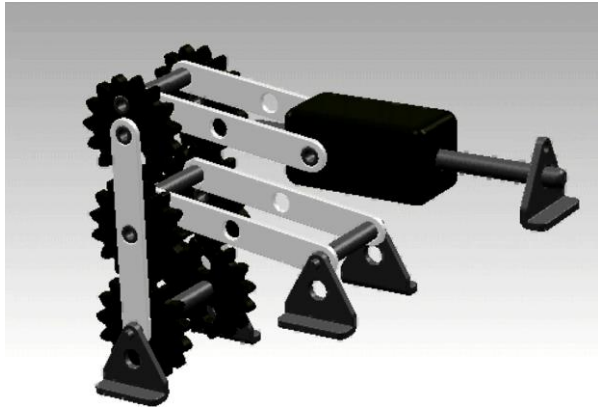
Пространство и *время* — формы существования материи

Механическое движение — изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени

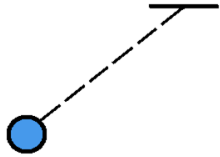


Механика — раздел физики, изучающий механическое движение.

Механическая система — система тел. Объединение тел в механическую систему — произвольно, выбор объясняется условием задачи.



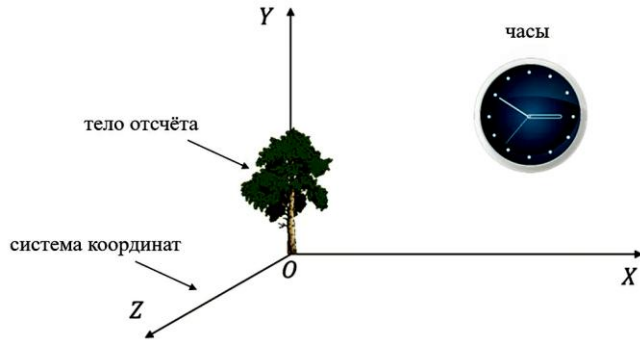
Замкнутая система — такая механическая система, что все тела, входящие в эту систему, не взаимодействуют с телами, не входящими в неё.



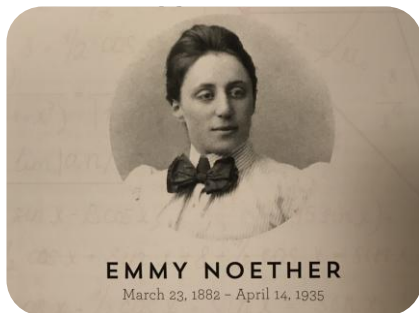
Материальная точка — идеализированный объект — тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с другими параметрами задачи, имеющими размерность длины (т. е. тело, не имеющее размеров).



Абсолютно твёрдое тело (твёрдое тело) — идеализированный объект — тело, расстояние между любыми двумя точками которого не изменяется с течением времени (т. е. недеформируемое тело).

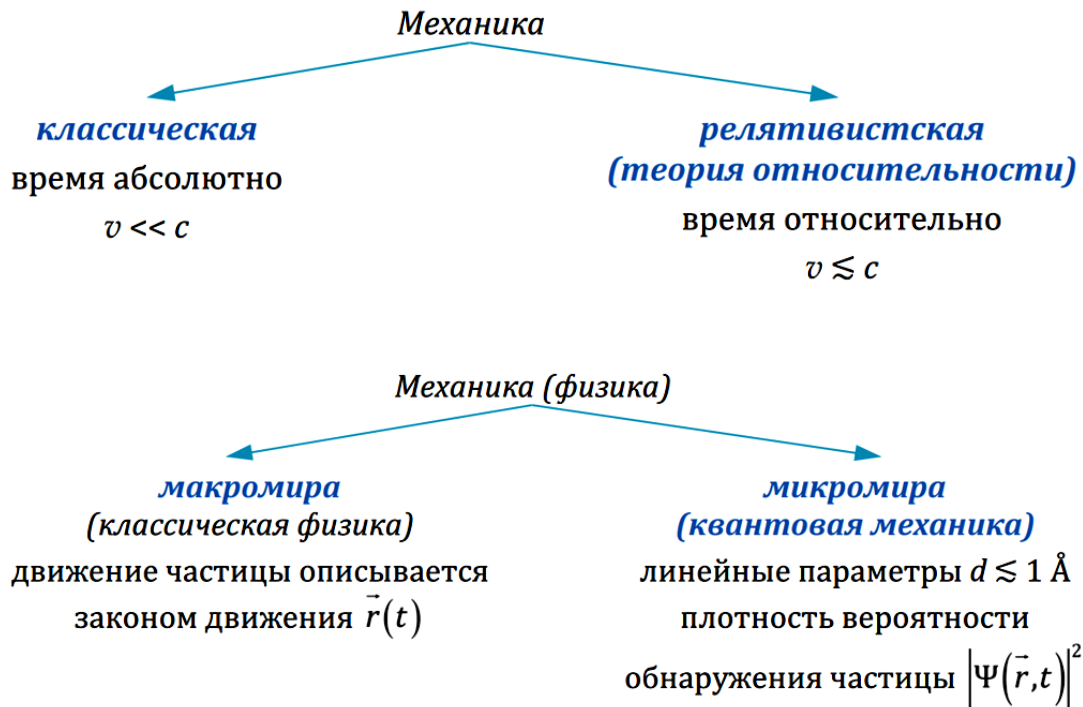
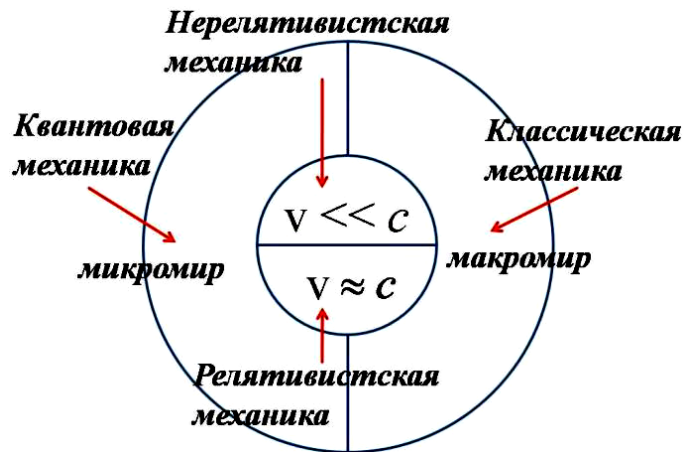


Система отсчёта — совокупность абсолютно твёрдого тела — *тела отсчёта*, — по отношению к которому рассматривается движение других тел, и *часов*, измеряющих время. На теле отсчёта выбирают точку — *начало отсчёта*; с телом отсчёта можно связать систему координат



наличие интегралов движения (т. е. не изменяющихся во времени величин) обусловлено симметрией пространства-времени

<i>Однородность пространства</i>	<i>Изотропность пространства</i>	<i>Однородность времени</i>
Ход событий в любой замкнутой системе не зависит от её параллельного переноса в пространстве.	Ход событий в любой замкнутой системе не зависит от поворота этой системы на любой угол.	Ход событий в любой замкнутой системе не зависит от того, на каком промежутке времени эти события развиваются.
⇓	⇓	⇓
<u>ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА</u>	<u>ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА</u>	Закон сохранения энергии



ІТМО

Лекція 1

Кинематика

Описание движения

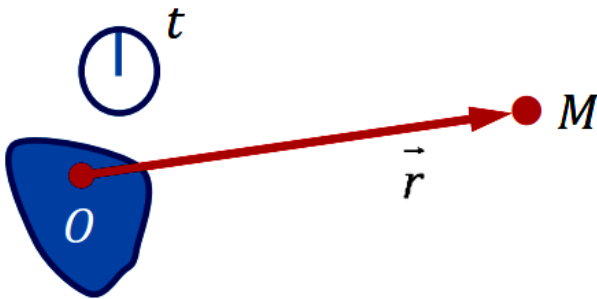


Кинематика — раздел механики, изучающий механическое движение без рассмотрения его причин

Радиус-вектор материальной точки — вектор, соединяющий начало отсчёта и материальную точку

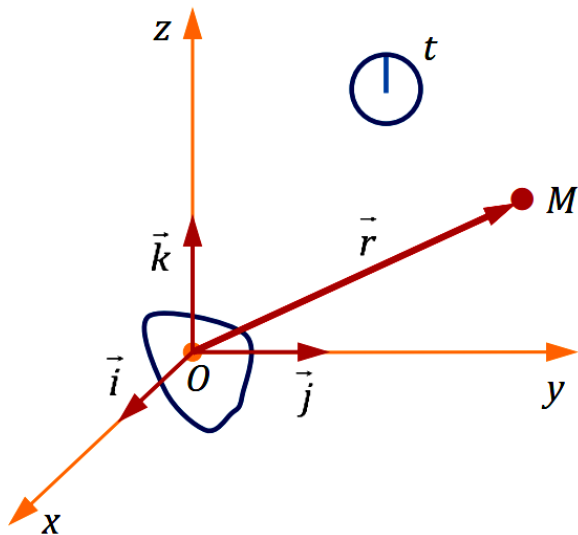
$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

$|\vec{r}| = r$ — модуль (абсолютная величина, длина) радиуса-вектора



Описание движения

Декартова система координат



$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

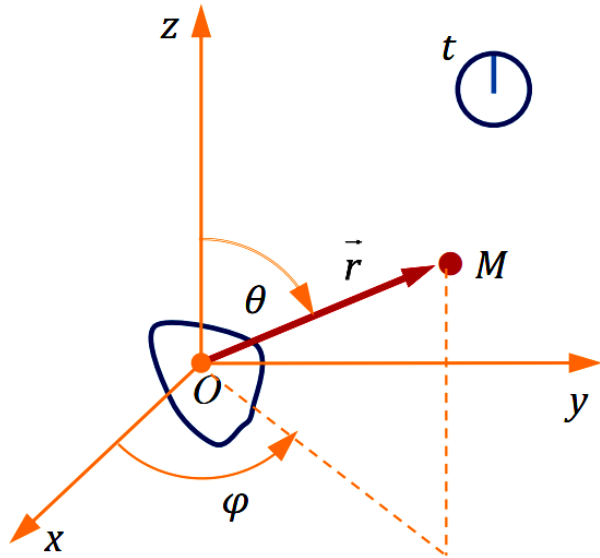
кинематический закон движения
материальной точки в координатной форме

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ – модуль (абсолютная величина, длина) радиуса-вектора

Описание движения

Сферическая система координат



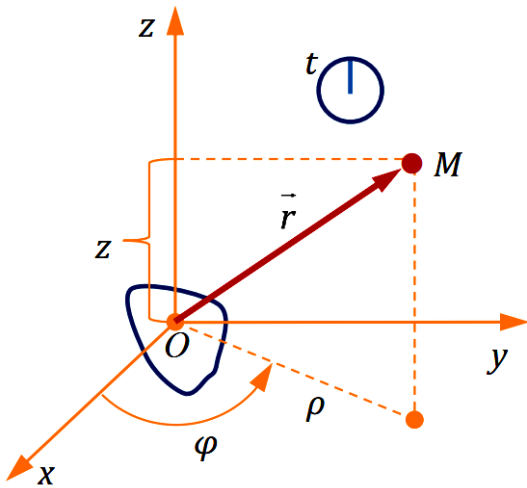
$$\begin{cases} r = r(t) \\ \varphi = \varphi(t) \\ \theta = \theta(t) \end{cases}$$

φ – азимутальный угол, θ – полярный угол

$$\begin{cases} x = r \sin \theta \cos \varphi \\ y = r \sin \theta \sin \varphi \\ z = r \cos \theta \end{cases}$$

Описание движения

Цилиндрическая система координат



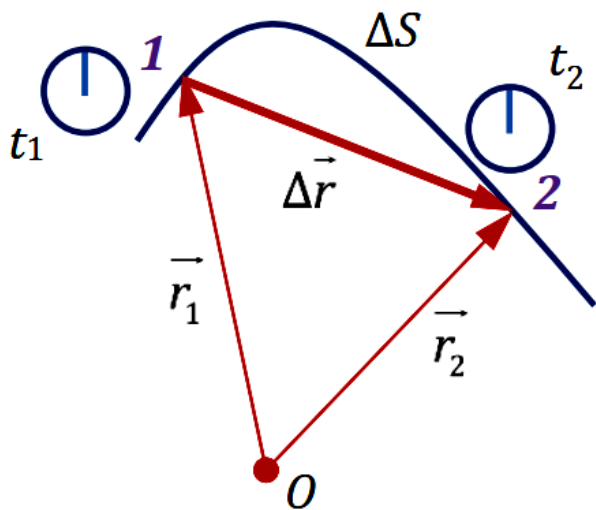
$$\begin{cases} \rho = \rho(t) \\ \varphi = \varphi(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = \rho \cos \varphi \\ y = \rho \sin \varphi \\ z = z \end{cases}$$

Частный случай: полярная система координат

$$z = 0, \theta = \frac{\pi}{2}$$

Путь и перемещение



Траектория материальной точки — кривая, описываемая точкой при её движении

Перемещение (смещение) — приращение радиус-вектора

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

Путь ΔS — длина участка траектории

$$\Delta r \neq \Delta S!$$

Скорость



Скорость – векторная величина, характеризующая быстроту движения

Средняя скорость

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

Мгновенная скорость

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



Средняя путевая скорость

$$v_{\text{путь}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Скорость

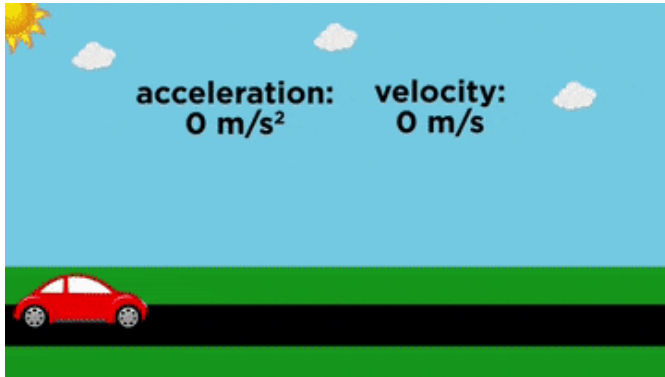
$$\vec{v} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}$$



$$\begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \\ v_z = \frac{dz}{dt} \end{cases}, \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}, \quad v \neq \frac{dr}{dt}$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v} dt$$

Ускорение



Ускорение — векторная величина, характеризующая скорость изменения скорости материальной точки

Среднее ускорение

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

Мгновенное ускорение

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

Ускорение

ИТМО

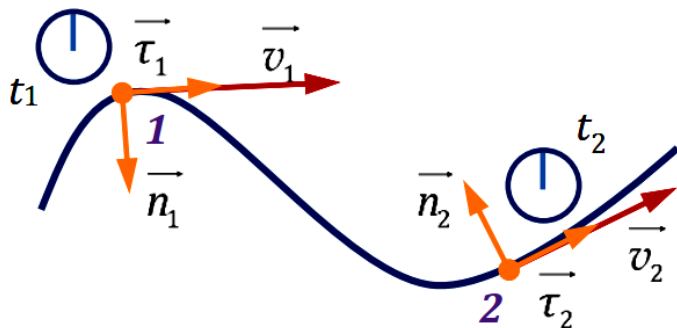


$$\vec{a} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \vec{k} = \frac{d^2x}{dt^2} \vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \vec{k}$$

$$\begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \\ a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} \end{cases}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \int_0^t \vec{a} dt, \quad \vec{r} = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v} dt = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \int_0^t dt \int_0^t \vec{a} dt$$

Криволинейное движение



Естественный способ описания движения

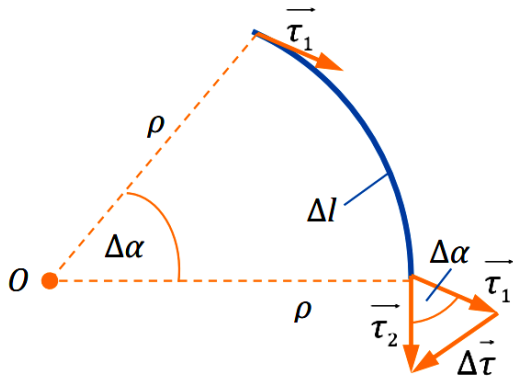
$$\vec{v} = v_{\tau} \vec{\tau} + 0 \cdot \vec{n} = v \vec{\tau}$$

$$\vec{a} = a_{\tau} \vec{\tau} + a_n \vec{n}$$

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

Криволинейное движение

ρ — радиус кривизны траектории



$$\Delta l = \rho \Delta \alpha; \Delta \vec{\tau} = \vec{\tau}_2 - \vec{\tau}_1; \Delta \tau = \tau \Delta \alpha$$

$$\Rightarrow \Delta \tau = \frac{\Delta l}{\rho}, \Delta \vec{\tau} = \frac{\Delta l}{\rho} \vec{n}$$

$$d\vec{\tau} = \frac{dl}{\rho} \vec{n}, \quad \frac{d\vec{\tau}}{dt} = \frac{1}{\rho} \frac{dl}{dt} \vec{n} = \frac{v}{\rho} \vec{n}$$

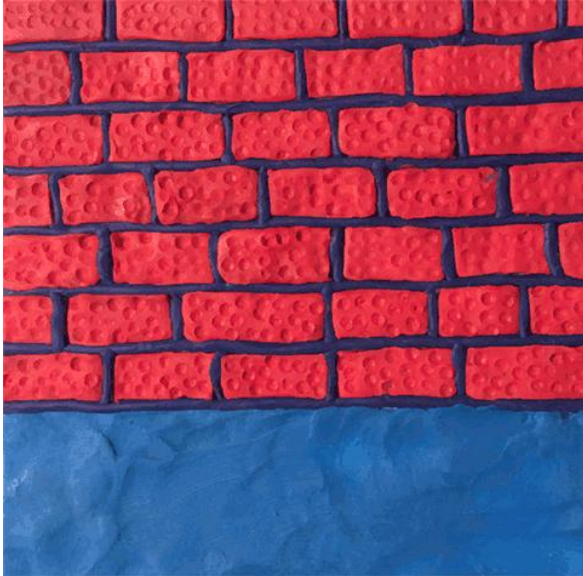
$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + \frac{v^2}{\rho} \vec{n}; \quad a_\tau = \frac{dv}{dt}, \quad a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

a_τ — тангенциальное (касательное) ускорение,
 a_n — нормальное (центростремительное) ускорение

$$\vec{a} = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

Кинематика твердого тела

ІТМО



Поступательное движение — движение, при котором любая прямая, соединяющая две точки движущегося тела, перемещается параллельно самой себе.

Вращение вокруг неподвижной оси (вращательное движение) — движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, лежащим в параллельных плоскостях, таким, что центры этих окружностей лежат на одной прямой, называемой **осью вращения**.

Плоское движение — движение, при котором все точки тела движутся в параллельных плоскостях.

Кинематика твердого тела

ІТМО



Плоское движение = поступательное движение + вращательное движение

Сферическое движение (вращение вокруг неподвижной точки) — движение, при котором все точки тела движутся по сферам, центры которых находятся в одной точке, называемой *центром вращения*.

Другие случаи – *сложное движение*

Векторы

*полярные
(истинные)*

имеют точку приложения

$$\vec{r}, \vec{v}, \vec{F}, \vec{p}$$

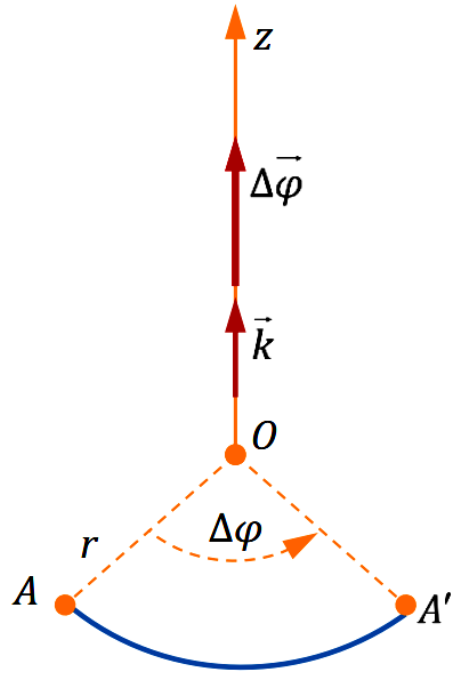
*аксиальные
(псевдовекторы)*

не имеют точки приложения

$$\Delta\vec{\varphi}, \vec{\omega}, \vec{M}, \vec{L}$$

(Здесь \vec{F} — сила, \vec{p} — импульс, \vec{M} — момент силы, \vec{L} — момент импульса.)

Угловое перемещение



вектор углового перемещения $\Delta\vec{\varphi} \parallel \vec{k}$

Направление $\Delta\vec{\varphi}$ выбирается по правилу правого винта.

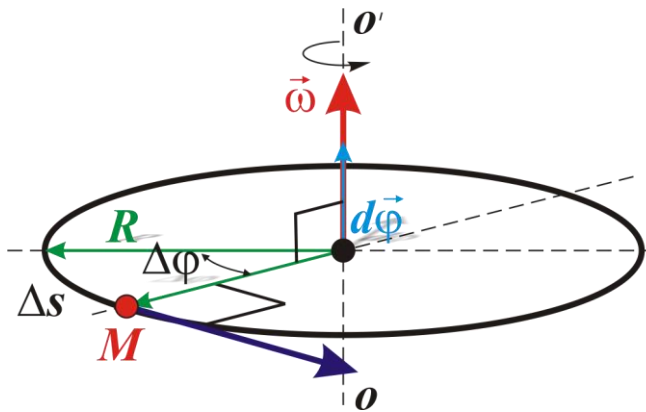
$$\Delta\varphi_z = \Delta\varphi_z \vec{k}$$

закон вращательного движения твёрдого тела

$$\varphi_z = \varphi_z(t)$$

$[\varphi] = \text{рад}$ (радиан — безразмерная величина)

Кинематика твердого тела



Угловая скорость – векторная величина, характеризующая быстроту и направление вращения

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

Угловое ускорение – векторная величина, характеризующая быстроту и направление изменения угловой скорости

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2\vec{\varphi}}{dt^2}$$

При вращении вокруг неподвижной оси $\Delta\vec{\varphi} \parallel \vec{\omega} \parallel \vec{\varepsilon} \parallel \vec{k}$

Кинематика твердого тела

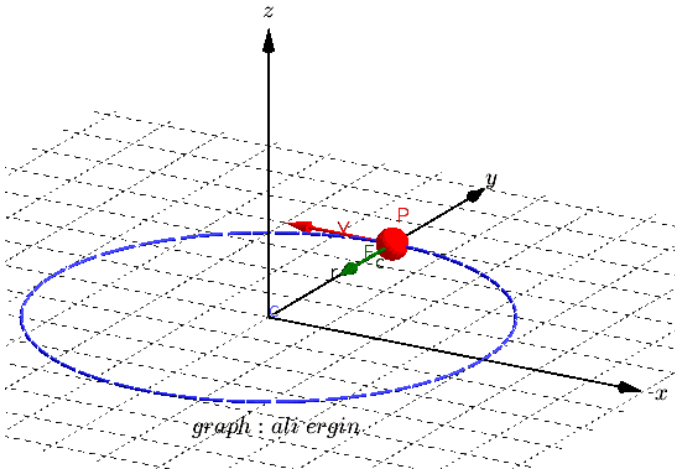
Частота вращения — скалярная положительная величина, характеризующая быстроту вращения, равная числу оборотов тела вокруг оси вращения за единичный промежуток времени

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$$

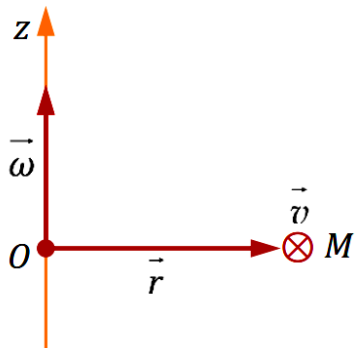
Период вращения — скалярная положительная величина, характеризующая быстроту вращения, равная времени, за которое вращающееся тело совершает один полный оборот вокруг оси вращения

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}$$

Период вводится только при равномерном вращении, т. е. при вращении с постоянной угловой скоростью



Кинематика твердого тела



$$\Delta S = r\Delta\varphi, v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{r\Delta\varphi}{\Delta t} = \langle \omega \rangle r$$

$$v = \omega r, \quad \vec{v} = [\vec{\omega} \cdot \vec{r}], \quad v = \omega r \sin(\widehat{\vec{\omega}, \vec{r}})$$

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega r)}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} + \omega \frac{dr}{dt} = \varepsilon r$$

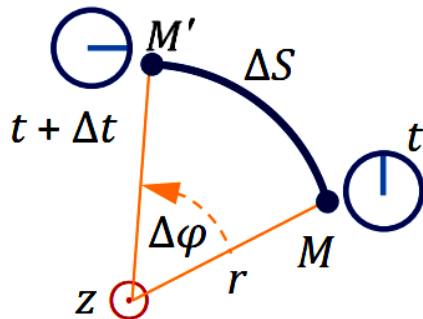
$$a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r$$

$$\vec{a} = [\vec{\varepsilon} \cdot \vec{r}] + [\vec{\omega} \cdot \vec{v}] = [\vec{\varepsilon} \cdot \vec{r}] + [\vec{\omega}[\vec{\omega} \cdot \vec{r}]]$$

Для сложного движения твёрдого тела

$$\vec{v} = \vec{v}_c + [\vec{\omega}(\vec{r} - \vec{r}_c)]$$

\vec{r}_c, \vec{v}_c – радиус-вектор и скорость центра масс





**ХВАТИТ. НАДОЕЛО. ДОСТАТОЧНО.
БОЛЬШЕ НЕ БУДУ ПЕРЕД СНОМ ЧИТАТЬ
СЛОВАРЬ СИНОНИМОВ.**

FISHKI NET



**Спасибо
за внимание!**

ITMO *re than a*
UNIVERSITY

nnkhvastunov@itmo.ru