

Бограчев Даниил  
Александрович

[dbograchev@hse.ru](mailto:dbograchev@hse.ru)

**+7-916-054-40-45**

# Оценки за курс физики

- Накопленная оценка в 2 и 3 модулях

$$H_2 = 0,2 * C_2 + 0,3 * Кл_2 + 0,5 * Лр_2$$

$$H_3 = 0,2 * C_3 + 0,3 * Кр_3 + 0,5 * Лр_3$$

- Оценка за экзамен

$$P_{23} = 0,7 * (H_2 + H_3) / 2 + 0,3 * Э_3.$$

# Порядок формирования оценок за лабораторные работы

$$O = 0.1 \times O_{\text{КОНСПЕКТ}} + 0.1 \times O_{\text{ВЫПОЛНЕНИЕ}} + 0.6 \times O_{\text{ТЕОРИЯ}} + 0.2 \times O_{\text{РЕЗУЛЬТАТ}}$$

Конспект должен быть подготовлен дома и показан преподавателю на занятии до выполнения лабораторной работы.

Работа может выполняться только в присутствии преподавателя в лаборатории. После выполнения необходимо получить подпись инженера о сдаче лабораторного имущества, и оценку преподавателя за выполнение работы.

Сдача теоретического материала по теме лабораторной работы происходит в устной форме на следующем занятии после выполнения лабораторной работы.

Расчет и обработка результатов измерений проводятся дома и представляются преподавателю на следующем занятии после выполнения работы.

Оценки по 10-балльной системе. 1, 2, 3 – неудовлетворительные оценки.

# Лекция 1

Что такое физика?

# Физические величины и их математическая размерность

- Скаляры
- Вектора
- Псевдовектора или аксиальные вектора
- Тензоры

# Физическая размерность

Время -                      Масса -                      Длина -  
[T]                              [M]                              [L]

Метрические системы

- Система Си (Si), [с], [м], [кг], [А], [К], [моль]
- Система СГС, [см], [г], [с]

Неметрические системы

- Система Планка, [h], [G], [k], [с]
- Атомная система (система Хартри)  
 $h=e=1$

# Основные и дополнительные единицы СИ

№	Наименование ФВ	Обозн.	Ед. измерения	Обозн. ед. измер.	Размерность
1	Длина	$l$	метр	м	L
2	Масса	$m$	килограмм	кг	M
3	Время	$t$	секунда	с	T
4	Сила электрического тока	$I$	ампер	A	I
5	Термодинамическая температура	$T$	кельвин	K	$\Theta$
6	Количество вещества	$n, \nu$	моль	моль	N
7	Сила света	$J$	кандела	кд	J
8*	Плоский угол	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \nu, \varphi$	радиан	рад	1
9*	Телесный угол	$\omega, \Omega$	стерадиан	ср	1

# Пи-теорема

Любая физическая зависимость  $a = F(a_1, a_2 \dots a_i, b_1, b_2 \dots b_k)$

где

$$a_1, a_2 \dots a_i$$

-размерные физические величины с независимыми размерностями

$$b_1, b_2 \dots b_k$$

-размерные физические величины с зависимыми размерностями.

Может быть выражена, как:

$$a = a_1^{\alpha_1} \times a_2^{\alpha_2} \times \dots \times a_i^{\alpha_i} f(\pi_1, \pi_2 \dots \pi_k)$$

где  $\pi_1 - \pi_k$  безразмерные переменные.



# Примеры и следствия

- 1) Масштабные преобразования тела. (изменения площади поверхности тела, изменение массы тела )
- 2) Площадь прямоугольного треугольника (теорема Пифагора)
- 3) Задачи с недостающими данными.

# Разделы механики

Кинематика - изучает движение тел, не рассматривая причин, которые это движение вызывают.

Динамика - изучает законы движения тел и причины, которые вызывают или изменяют это движение.

Статика - изучает равновесие системы тел. Если известны законы движения тел, то из них можно установить и законы

# Кинематика и ее модели

- **Движение** - изменение взаимного расположения в пространстве тел или их частей.
- **Материальная точка** — тело ненулевой массы, размерами которого в данной задаче можно пренебречь.
- **Абсолютно твердое тело** – такое тело, расстояние между точками которого остается постоянным.

# Кинематика и ее модели

- Поступательное движение тела — это такое движение, при котором любые отрезки между точками этого тела сохраняют параллельность.
- Вращательное движение — это движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой **осью вращения**. (при этом должно сохраняться расстояние между всеми точками, т.е. телом должно быть абсолютно твердым)

# Система отсчёта

- **Система отсчёта** — это совокупность тела отсчёта, связанной с ним системы координат и системы отсчёта времени.

# Основная задача механики

Состоит в нахождении закона движения – кинематического уравнения.

Закон движения – зависимость положения тела от времени в выбранной системе отсчета.

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

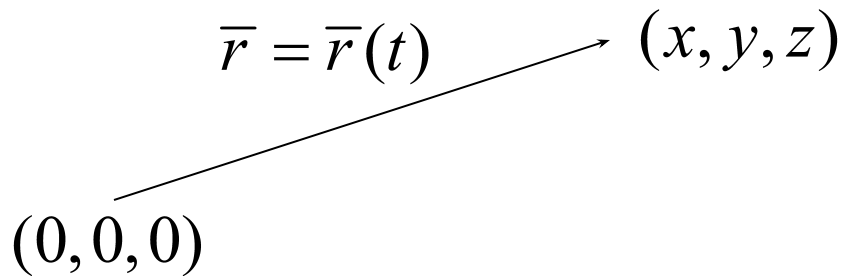
$$x = x(t),$$

$$y = y(t),$$

$$z = z(t).$$

**Радиус вектор** - вектор, соединяющий начало координат и материальную точку

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



**Траектория** – кривая, вдоль которой движется материальная точка.

**Числом степеней свободы называется** число независимых координат, полностью определяющих положение системы в пространстве

# Число степеней свободы

1. Материальная точка 3

2. Абсолютное  
твердое тело 6

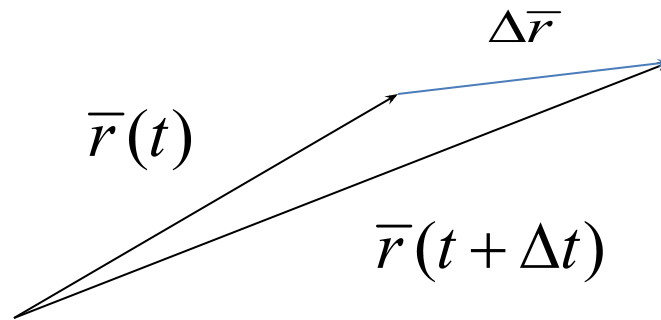
3. Шайба на льду 3

4. Две материальные точки  
связанные невесомым  
жестким стержнем

5



# Скорость



$$\langle \bar{\mathbf{v}} \rangle = \frac{\Delta \bar{\mathbf{r}}}{\Delta t} \quad \text{- средняя скорость за отрезок } \Delta t \text{ времени}$$

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

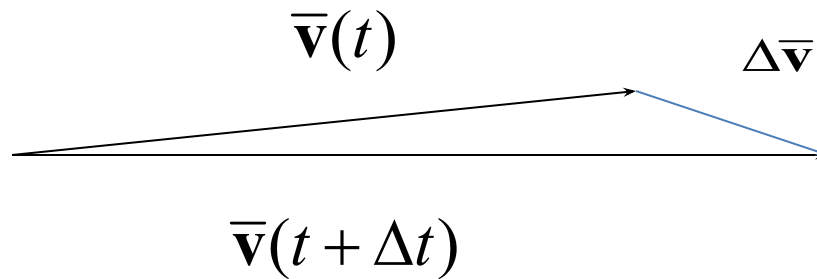
Мгновенная скорость есть производная радиус вектора

$$v = |\bar{\mathbf{v}}| \quad \text{- модуль скорости}$$

$$s = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{t_1}^{t_2} |\langle \bar{\mathbf{v}} \rangle| \Delta t = \int_{t_1}^{t_2} v dt$$

- Длина пути

# Ускорение



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

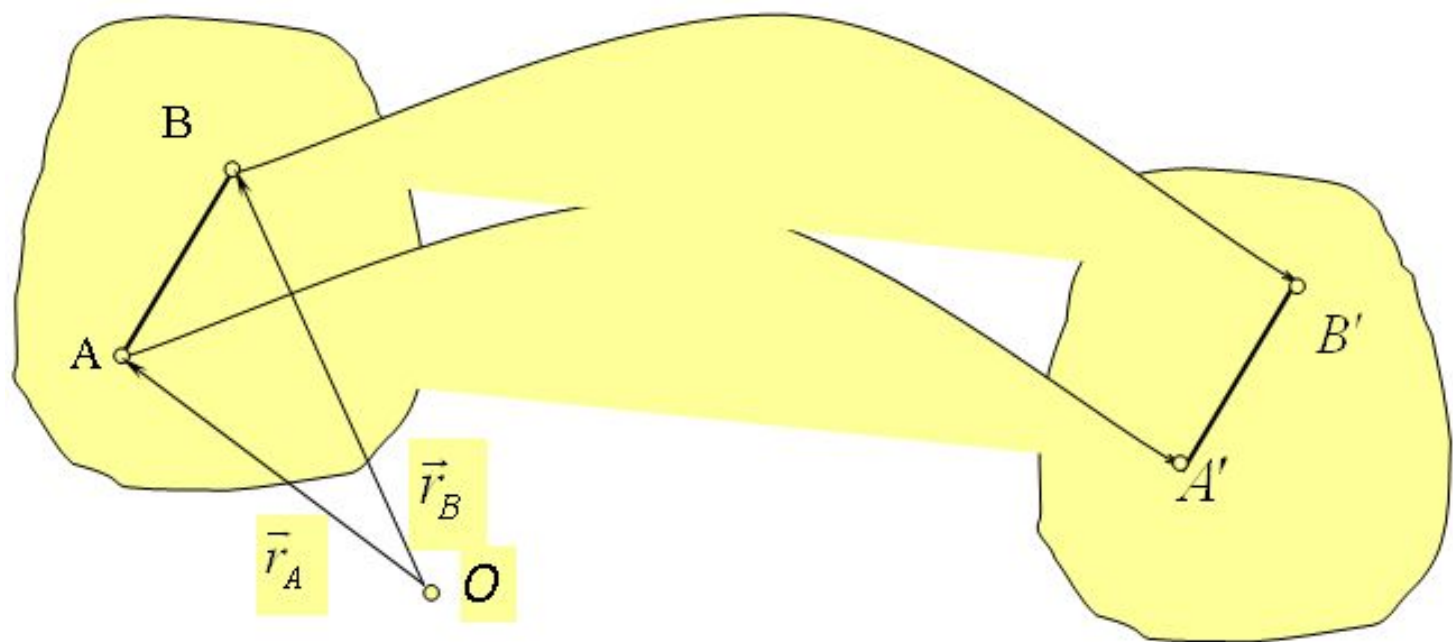
- среднее ускорение за отрезок  
времени

$\Delta t$

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

Мгновенная скорость есть производная  
радиус вектора

**Теорема. При поступательном движении твердого тела скорости и ускорения точек тела одинаковы.**



**Теорема. При поступательном движении твердого тела скорости и ускорения точек тела одинаковы.**

Доказательство. В любой момент движения выполняется равенство:

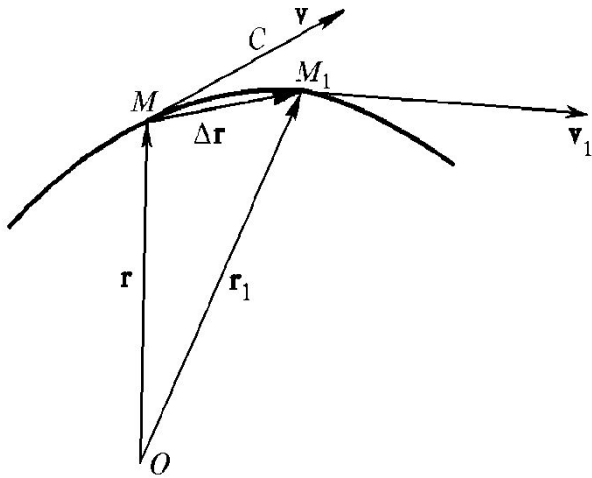
$$\overset{\boxtimes}{r}_B(t) = \overset{\boxtimes}{r}_A(t) + \overrightarrow{AB} \quad \overrightarrow{AB} = \text{const}$$

Дифференцируя это равенство по времени дважды, установим равенство скоростей и ускорений:

$$\frac{d\overset{\boxtimes}{r}_A}{dt} = \frac{d\overset{\boxtimes}{r}_B}{dt} \quad \frac{d^2\overset{\boxtimes}{r}_A}{dt^2} = \frac{d^2\overset{\boxtimes}{r}_B}{dt^2}$$

# Ускорение при криволинейном

## ДВИЖЕНИИ



Скорость:  $\bar{v} = v * \bar{\tau}$

$\bar{\tau}$  - единичный касательный вектор

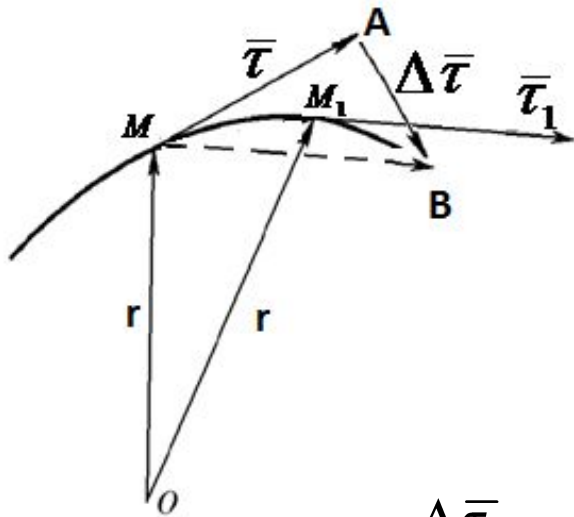
$v$  - модуль скорости

Ускорение :  $\bar{a} = \bar{a}_n + \bar{a}_\tau$

$\bar{a}_n$  - нормальная компонента

$\bar{a}_\tau$  - тангенциальная компонента

# Производная единичного касательного вектора



$\bar{\tau}(t)$  - единичный касательный вектор

$$\Delta \bar{\tau} = \bar{\tau}(t + \Delta t) - \bar{\tau}(t) = \bar{\tau}_1 - \bar{\tau}$$

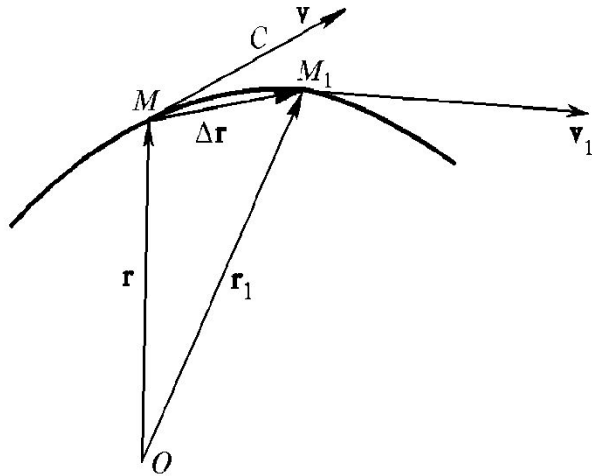
$$MM_1 \approx \Delta S = v \Delta t \quad - \text{длина дуги}$$

$$\frac{\Delta \bar{\tau}}{1} = \frac{MM_1}{r} \quad - \text{из подобия треугольников}$$

$$\frac{\Delta \bar{\tau}}{1} \approx \frac{\Delta S}{r} = \frac{v \Delta t}{r} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta \bar{\tau}}{\Delta t} \approx \frac{v}{r} \quad \rightarrow \quad \frac{d\bar{\tau}}{dt} = \bar{n} \frac{v}{r}$$

# Ускорение при криволинейном

## ДВИЖЕНИИ



Скорость:  $\bar{\mathbf{v}} = v * \bar{\tau}$

$\bar{\tau}$  - единичный касательный вектор

$v$  - модуль скорости

$$\frac{d\bar{\tau}}{dt} = \bar{n} \frac{v}{r}$$

$\bar{n}$  - единичный нормальный вектор

Ускорение :

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{d\bar{\mathbf{v}}}{dt} = \frac{d(v * \bar{\tau})}{dt} = \frac{dv}{dt} \bar{\tau} + v \frac{d\bar{\tau}}{dt}$$

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{d(v * \bar{\tau})}{dt} = \frac{dv}{dt} \bar{\tau} + \frac{v^2}{r} \bar{n}$$