

**Курс механики, молекулярной физики и термодинамики ( семестр 1).**

**Лекция 1: Физика как наука, и ее математический аппарат.  
Кинематика материальной точки.**

**МИРЭА – РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Лекцию подготовил доцент кафедры физики РТУ МИРЭА,  
кандидат физико-математических наук, м.н.с. физического  
факультета МГУ**

**Потапенков Кирилл Васильевич**

**E-mail: [potapenkoy@mirea.ru](mailto:potapenkoy@mirea.ru)**

# Пару организационных моментов

Курс физики в РТУ МИРЭА длится **3 семестра ( 1,5 ГОДА)**. ( на некоторых направлениях – 2 семестра, 1 год)

- 1) **Механика, молекулярная физика и термодинамика** ←-ВЫ находитесь тут
- 2) Электричество и магнетизм
- 3) Оптика, атомная и ядерная физика

Форма отчетности: зачет и экзамен

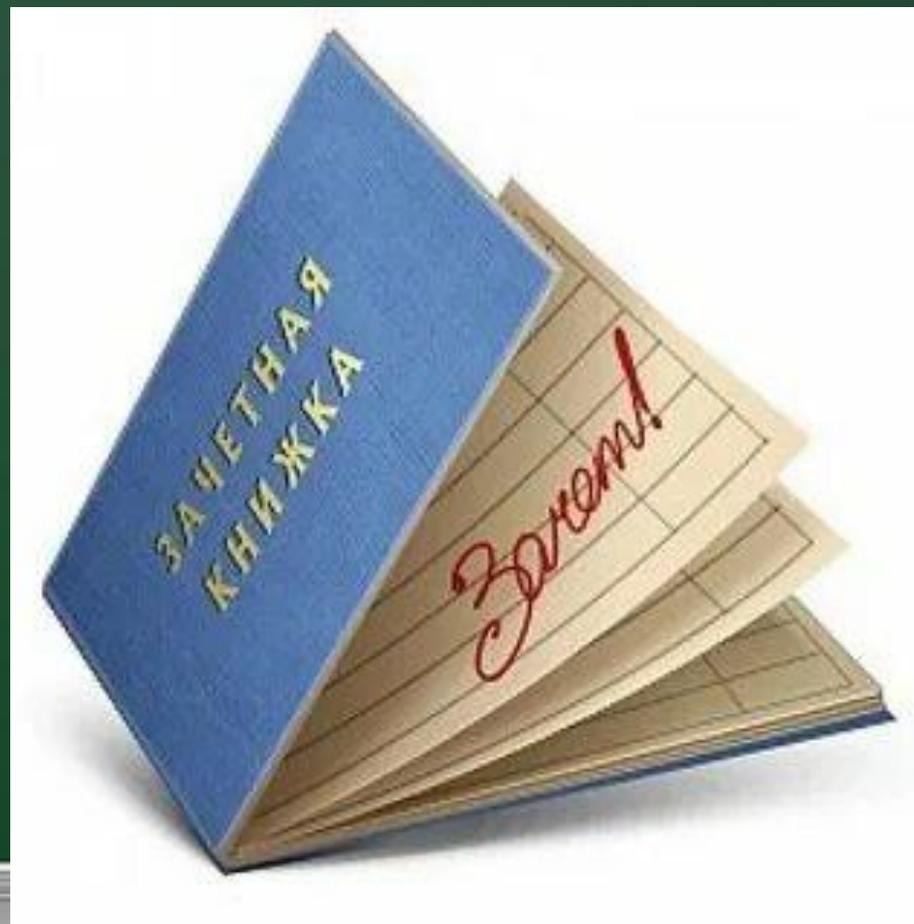
**Для получения зачета:**

- **4** лабораторных работы
- Или написание зачетного теста

**Для получения оценки на экзамене:**

- **10/10** – оценка «Отлично»
- **7/10-9/10** – оценка «Хорошо»
- **3/10-6/10** – оценка «Удовлетворительно»

Контрольные ( их две) дают **+1** балл к экзаменационному тесту каждая



# Что такое физика. Минутка мотивации

Физика - наука о наиболее общих законах природы, о материи, её структуре, движении и правилах преобразования.

Материя – то, что объективно существует

Зачем изучать физику?



1) Отнести себя к технарям!



3) Мир наполнен магией, если вы не знаете физики. Не дайте себя «надуть»!



2) Физика и математика – прекрасный спорт для интеллекта



4) А вдруг вы пойдете в gamedev?



5) А вдруг вы пойдете в робототехнику?

# Литература ( может пригодиться)

## Самое главное:

Учебник А.А.Задерновского в 3 томах.

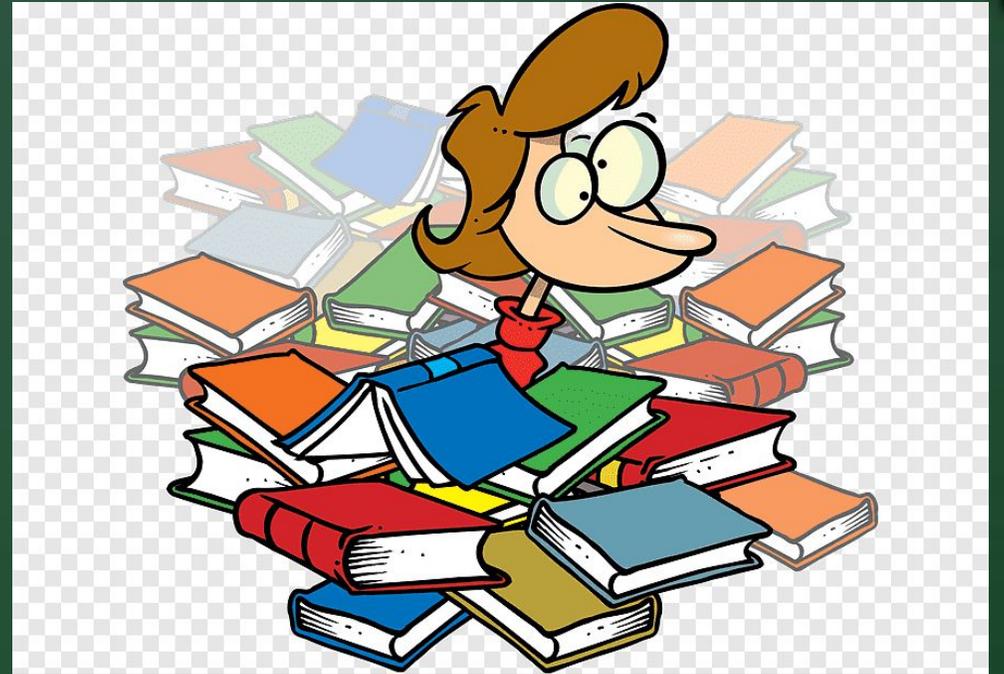
## Основная литература:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х томах. – СПб.: Издательство «Лань», 2018..
2. Трофимова Т.И. Курс физики. –М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 560 с.

## Дополнительная литература:

3. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. В 3-х томах. - М.: Физматлит, 2016.
4. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. В 5-и томах. - М.: Физматлит, 2017.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2016.

[https://disk.yandex.ru/d/\\_wFsi6R1PclZZQ](https://disk.yandex.ru/d/_wFsi6R1PclZZQ)



# Математический аппарат физики

**Физическая величина:** все то, для чего можно ввести эталон/образец( единицу измерения), и измерять численно.

ЦП	Частота ...	Системная плата	Чипсет	Память	CL-RCD-RP-R...
21431	2x Core i5-650 HT	3200 МГц Supermicro C7SIM-Q	Q57 Int.	Dual DDR3-1333	9-9-9-24 CR1
21226	4x Xeon X3430	2400 МГц Supermicro X8SIL-F	i3420	Dual DDR3-1333	9-9-9-24 CR1
20130	4x A10-5800K	3800 МГц Asus F2A55-M	A55 Int.	Dual DDR3-1866	9-10-9-27 CR2
19490	4x A10-7850K	3700 МГц Gigabyte GA-F2A88XM-D...	A88X Int.	Dual DDR3-2133	9-11-10-31 CR2
19484	4x A12-9800	3800 МГц Gigabyte GA-AB350M-Ga...	B350 Int.	Dual DDR4-2400	14-16-16-31 C...
19232	4x Xeon 5140	2333 МГц Intel S5000VSA	i5000V	Dual DDR2-667FB	5-5-5-15
18844	4x Celeron J4105	1500 МГц ASRock J4105-ITX	GeminiLakeD I...	Dual DDR4-2400	17-17-17-39
18011	4x Celeron J1900	2000 МГц Gigabyte GA-J1900N-D3V	BayTrailD Int.	Dual DDR3-1333	9-9-9-24 CR1
16868	4x Celeron J3455	1500 МГц ASRock J3455B-ITX	ApolloLakeD Int.	Dual DDR3-1866	11-11-11-32 C...
16100	4x Phenom X4 9500	2200 МГц Asus M3A	AMD770	Ganged Dual DDR...	5-5-5-18 CR2
15584	4x Celeron N3150	1600 МГц ASRock N3150B-ITX	Braswell Int.	Dual DDR3-1600	11-11-11-28 C...
14761	4x Athlon 5350	2050 МГц ASRock AM1B-ITX	Yangtze Int.	DDR3-1600 SDRAM	11-11-11-28 C...
12584	4x Opteron 2210 HE	1800 МГц Tyan Thunder h2000M	BCM5785	Quad DDR2-600R	5-5-5-15 CR1
12147	2x Core 2 Extreme X6...	2933 МГц Abit AB9	P965	Dual DDR2-800	5-5-5-18 CR2
11234	2x Athlon64 X2 Black...	3200 МГц MSI K9N SLI Platinum	nForce570SLI	Dual DDR2-800	4-4-4-11 CR1
10151	<b>2x Core 2 Duo T9300</b>	<b>2500 МГц Fujitsu Siemens Esprimo ...</b>	<b>GM965 Int.</b>	<b>Dual DDR2-667</b>	<b>5-5-5-15</b>
8547	2x Atom D525 HT	1800 МГц Gigabyte GA-D525TUD	NM10 Int.	DDR3-800 SDRAM	6-6-6-15 CR2
7464	2x Pentium EE 955 HT	3466 МГц Intel D955XBK	i955X	Dual DDR2-667	4-4-4-11
7287	2x Xeon HT	3400 МГц Intel SE7320SP2	iE7320	Dual DDR333R	2.5-3-3-7
5916	2x Atom D2500	1866 МГц Intel D2500CC	NM10 Int.	DDR3-1066 SDRAM	7-7-7-20 CR2
5444	Nano X2 L4350	1600 МГц VIA EPIA-M900	VX900H Int.	DDR3-1066 SDRAM	7-7-7-20 CR2
5165	2x E-350	1600 МГц ASRock E350M1	A50M Int.	DDR3-1066 SDRAM	8-8-8-20 CR1

Поле	Значение
Тип ЦП	Mobile DualCore Intel Core 2 Duo T9300 (Penryn)
Платформа / стейпинг ЦП	Socket 479 / C0
Частота ЦП	2493.7 MHz (исходно: 2500 MHz)
Множитель ЦП	12.5x
CPU FSB	199.5 MHz (исходно: 200 MHz)
Шина памяти	332.5 MHz
Соотношение DRAM:FSB	10:6
Чипсет системной платы	Intel Crestline-GM GM965



«миленькость» котят – это не физическая величина – ее нельзя измерить численно

Производительность процессора – физическая величина

# Векторные и скалярные физические величины

## Скалярные физические величины

- Масса, плотность, объем, коэффициент преломления, диэлектрическая проницаемость, теплоемкость, теплопроводность и др.
- Не имеют направления. Нельзя сказать «Масса в 5 килограмм направлена на юго-запад»



- Если вы строите физическую модель – то вам достаточно одной численной переменной, чтобы задать скалярную физическую величину.
- Компьютерная игра – это тоже своего рода физическая модель ☺

## Векторные физические величины

- Сила, скорость, ускорение, перемещение, напряженность электрического поля, вектор Умова-Пойнтинга, и др.
- Имеют направление.



- Описываются векторами – направленными отрезками. Вообще говоря, вектор, это 2-3 числа. Кроме того, работать с векторами можно только по особым математическим правилам

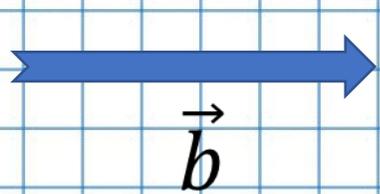
# Векторные физические величины

Модуль вектора – его длина.

«найти скорость» в задаче = найти длину вектора скорости



$\vec{a}$



$\vec{b}$

$\vec{a} \neq \vec{b}$   
 $\vec{a} \parallel \vec{b}$

$\vec{a}$



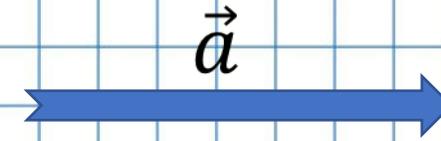
$\vec{d}$



Векторы равны тогда и только тогда, когда совпадают и по модулю и по направлению

$$\vec{a} = \vec{d}$$

Две базовые операции, которые можно совершать над математическими объектами класса вектор – умножение на число и сложение



$\vec{a}$



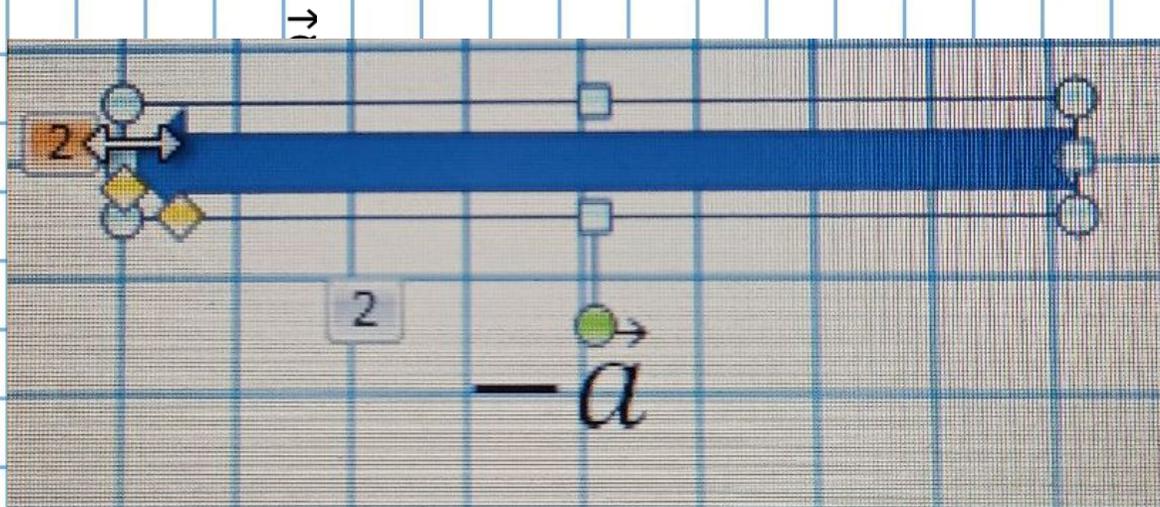
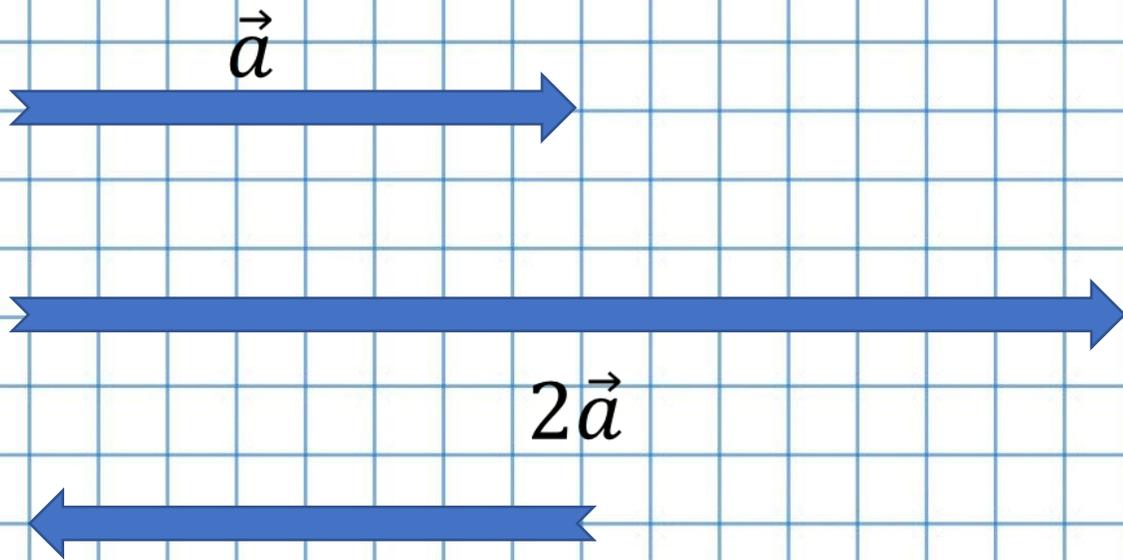
$\vec{c}$

$\vec{a} \neq \vec{c}$   
 $|\vec{a}| = |\vec{c}|$

Скорость 2 м/с на восток и на юго-запад, это две большие разницы

# Ключевые операции над векторами

## Умножение вектора на число

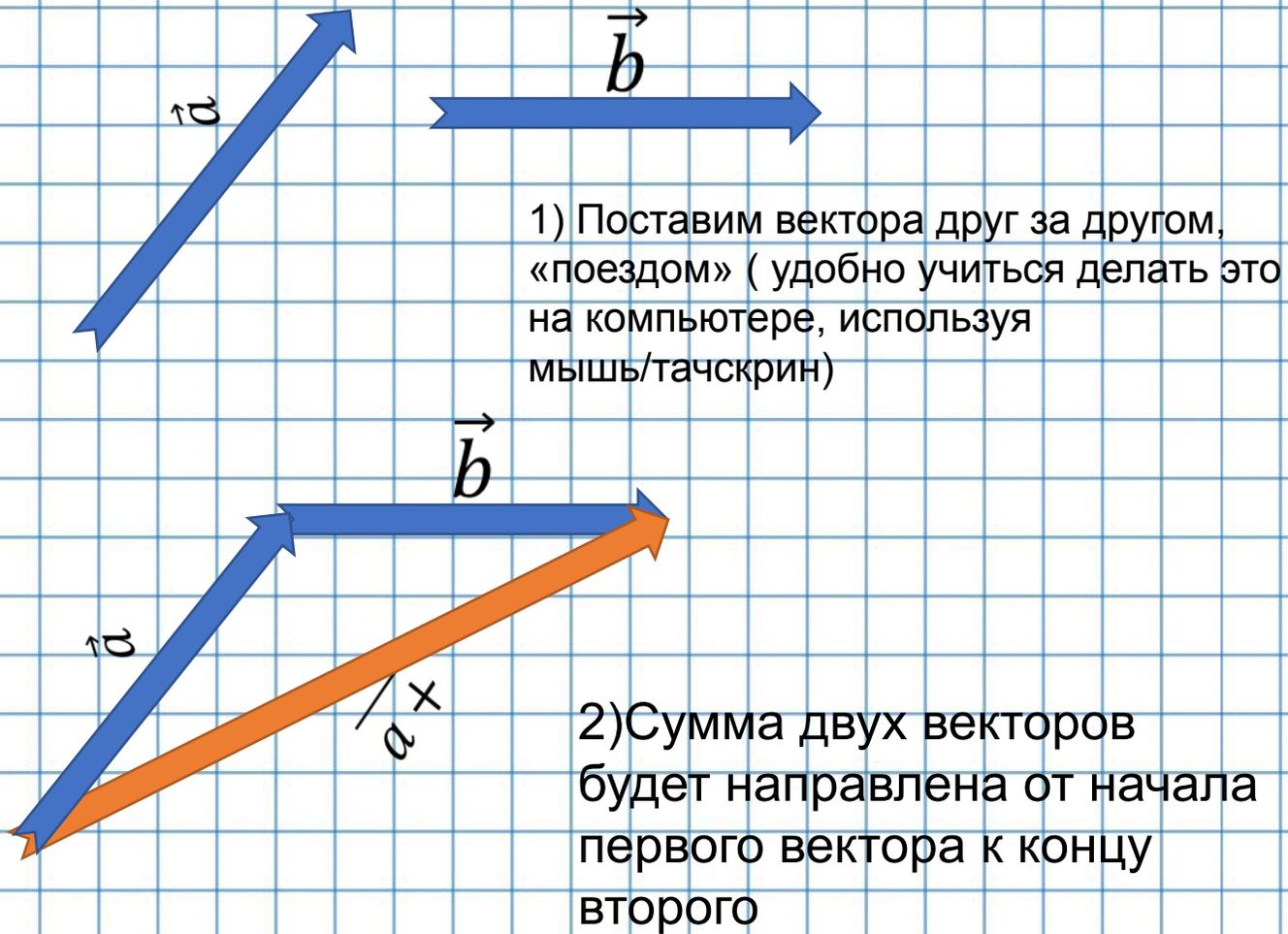


Операция умножения вектора на число изменяет его модуль, но векторы всегда остаются коллинеарными ( можно сказать «лежащими на параллельных прямых»)

Вывод: если у нас есть координатная ось, и единичный вектор, направленный вдоль этой оси, то любой вектор, направленный вдоль этой координатной оси может быть представлен как результат умножения вектора на число  $\lambda$ . изменение длины отрезка в графическом редакторе – это тоже операция умножения вектора на число

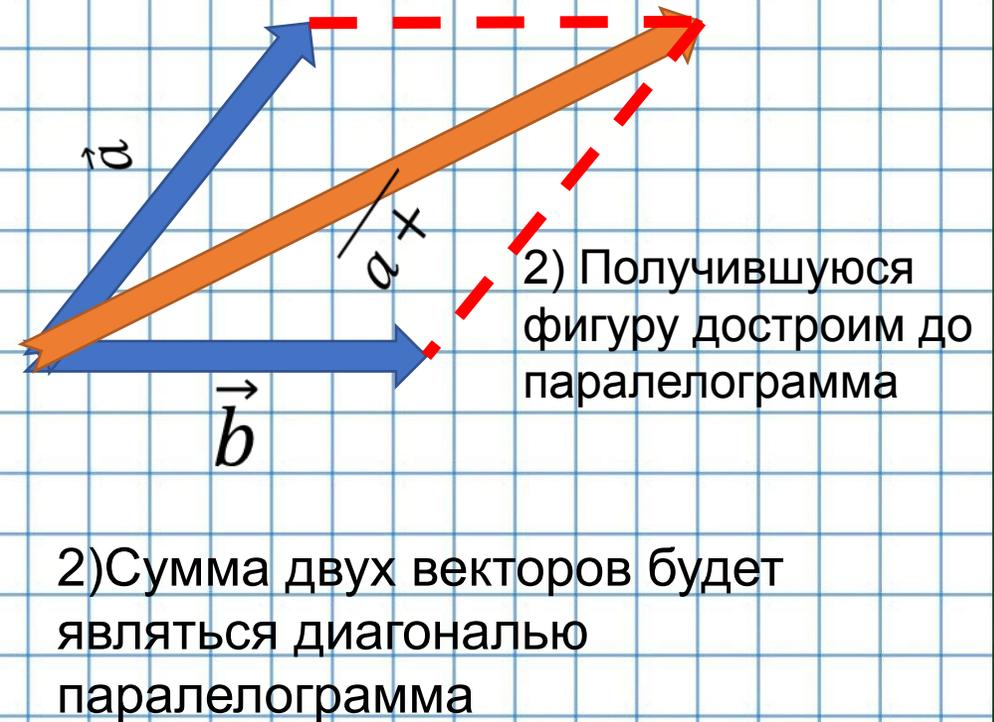
# Ключевые операции над векторами

## Два метода сложения векторов



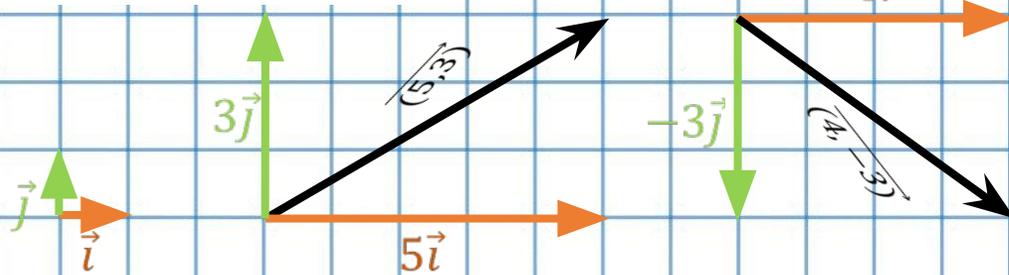
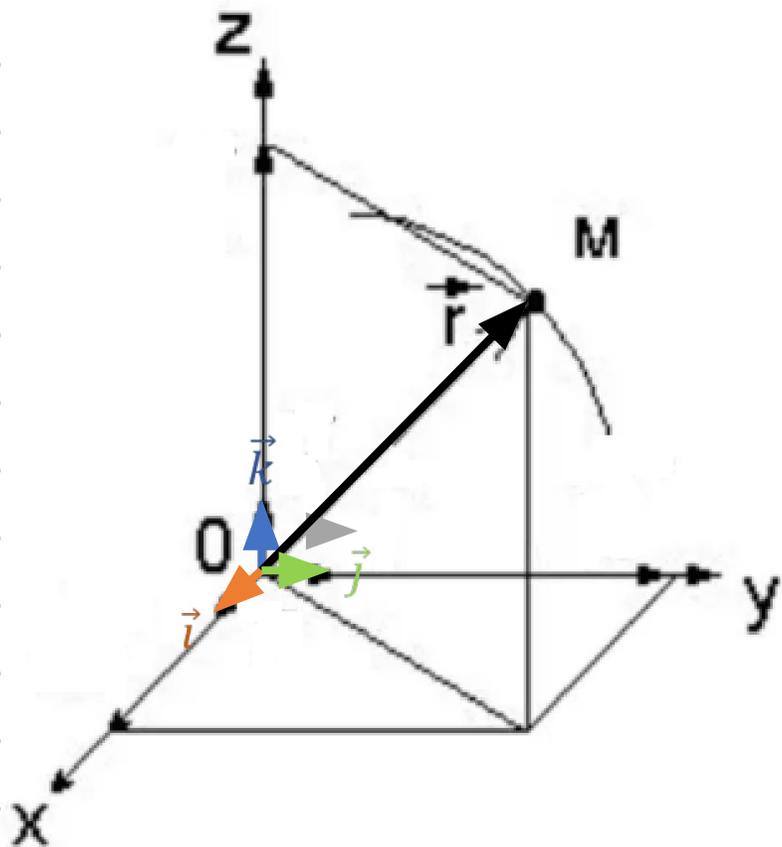
Метод треугольника

1) Или же разместим вектора, так, чтобы они начинались из одной точки



Метод параллелограмма

# Разложение вектора по координатам



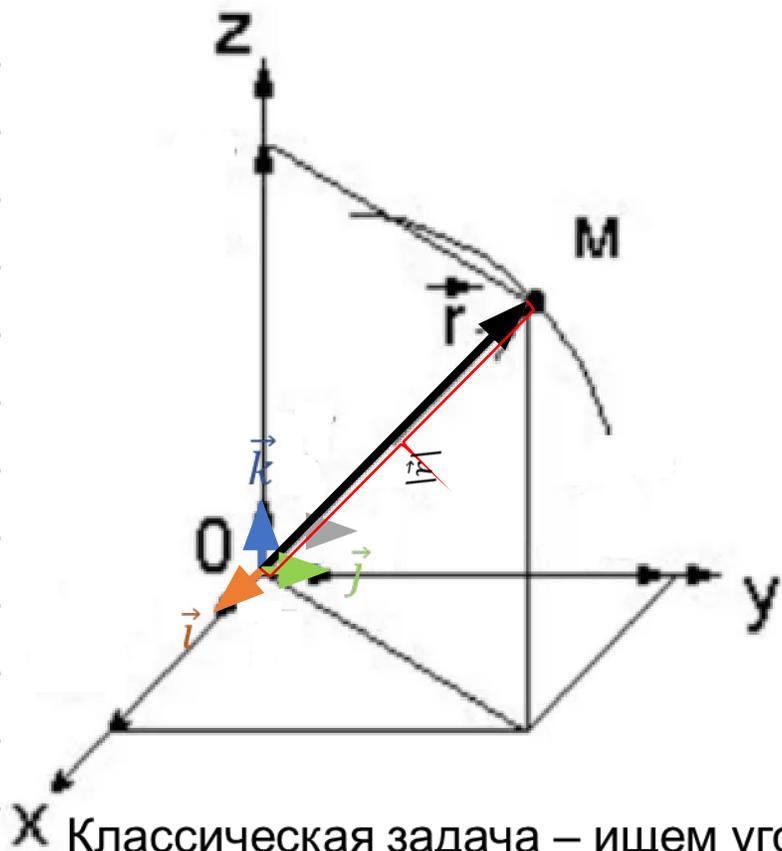
Если на плоскости определена декартова система координат, то любой паре действительных чисел соответствует единственный вектор. Если в пространстве определена декартова система координат, то любой тройке действительных чисел соответствует единственный вектор. **Орты** – единичные векторы, направленные вдоль осей декартовой системы координат  $x$ ,  $y$  и  $z$  соответственно, как правило, обозначаются буквами  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  (см рисунок).

Пример – пара чисел  $(5; 3)$

Пример – пара чисел  $(4; -3)$

**Радиус – вектор** ( в физике) – вектор, соединяющий начало координат и текущее положение тела( точки). Его координаты – координаты тела

# Операции с использованием координат



Классическая задача – ищем угол между векторами  $\vec{a}(3; 4; 0)$  и  $\vec{b}(4; 4; 2)$

Ответ:  $\cos(\alpha) = \frac{14}{15}$

1) Разложив вектор по координатам, можно легко рассчитать его модуль, используя теорему Пифагора. Пусть вектор  $\vec{a}$  имеет координаты  $a_x$ ,  $a_y$  и  $a_z$ , тогда модуль вектора может быть найден

по следующей формуле:  $|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

2) Пусть определены два вектора,  $\vec{a}$  с координатами  $a_x$ ,  $a_y$  и  $a_z$  и  $\vec{b}$  с координатами  $b_x$ ,  $b_y$  и  $b_z$ , тогда их сумма будет иметь координаты  $(a_x + b_x; a_y + b_y; a_z + b_z)$  – это следует из группировки подобных слагаемых.

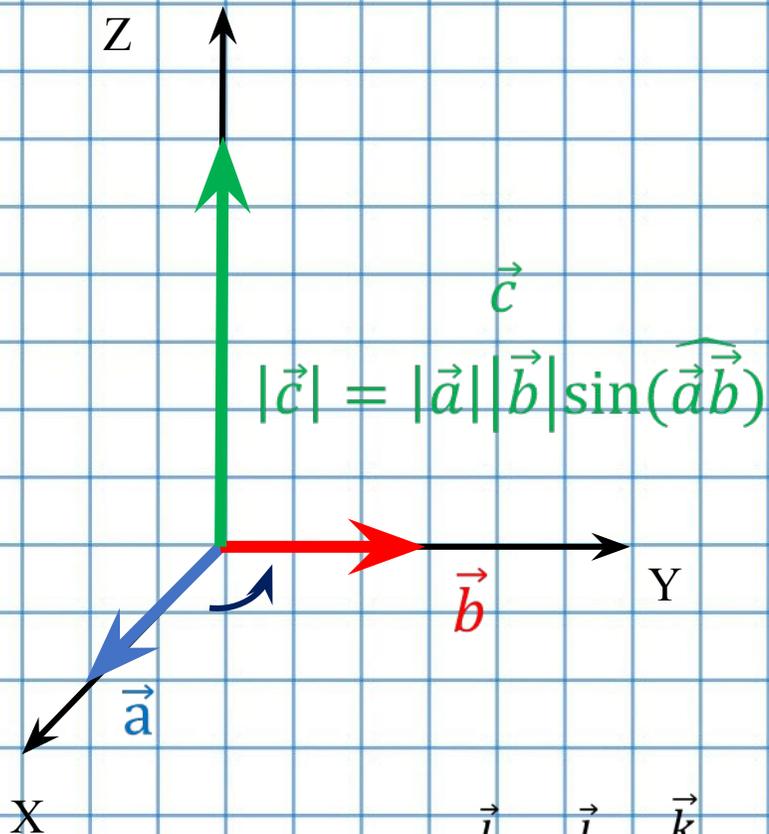
3) Пусть вектор  $\vec{a}$  имеет координаты  $a_x$ ,  $a_y$  и  $a_z$ , а  $c$  – вещественное число, тогда вектор  $c\vec{a}$  будет иметь координаты  $(ca_x; ca_y; ca_z)$  Это следует из элементарной школьной алгебры – группировки слагаемых

Определена операция **скалярного произведения двух векторов**, она может быть вычислена двояко

1) Через координаты:  $(\vec{a}\vec{b}) = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$

2) Через углы:  $(\vec{a}\vec{b}) = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos(\alpha)$ , где  $\alpha$  – угол между векторами. ( операция вычисления с.п. может быть использована для его нахождения). Обратите внимание, с.п. является **числом**

# Векторное произведение $\vec{a} \times \vec{b}$

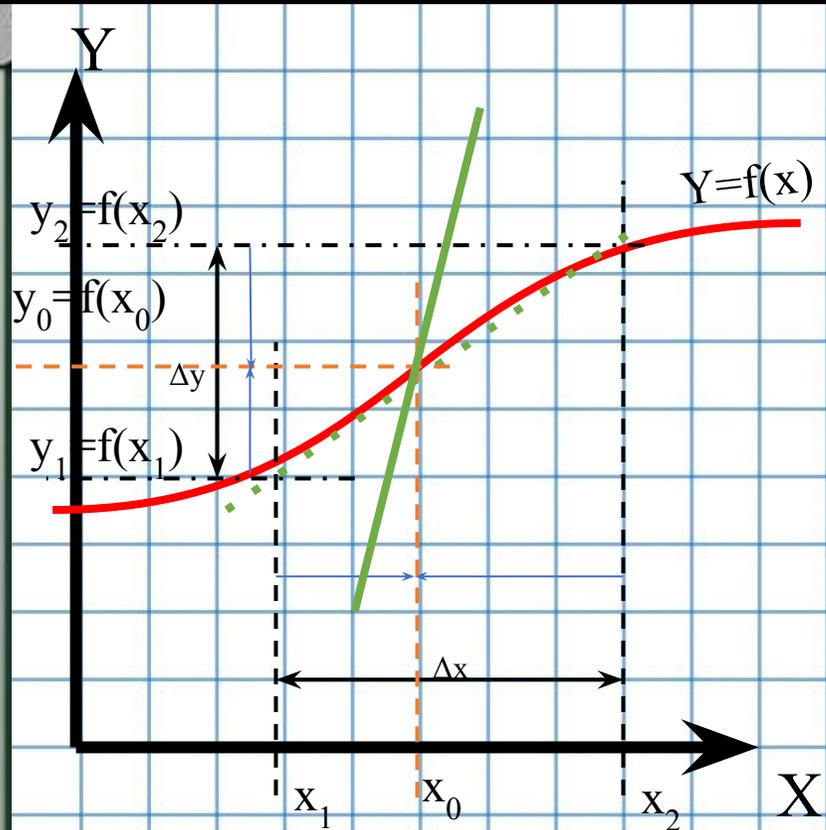


$$\vec{a} \times \vec{b} = \det \begin{pmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{pmatrix}$$

Вычисление в.п. через координаты

- 1) На вход операции векторно произведения получается два вектора. На выходе получается вектор. Вектор, являющийся векторным произведением двух данных векторов (например  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$ ), определяется так:
- 2) Его модуль вычисляется по следующей формуле:  $|\vec{a}||\vec{b}|\sin(\widehat{a\vec{b}})$   
Вопрос: существует ли векторный квадрат вектора? Какие два вектора нельзя перемножить векторно?
- 3) Вектор, являющийся векторным произведением перпендикулярен плоскости, в которой лежат векторы-сомножители. Но у нас все еще стоит выбор, в каком из двух направлений должно быть направлено векторное произведение? Выберем направление кратчайшего поворота от первого сомножителя ко второму  
Поворачиваем буравчик (отвертку, штопор) по этому направлению, и векторное произведение будет направлено туда, куда будет закручиваться винт (двигаться штопор) – это правило буравчика  
При перестановке сомножителей, векторное произведение изменит свое направление.

# Производная функции



Пример: вычислим производные функций  $y=3$ ,  $y=2x+5$ ,  $y=3x^2+2x+6$   
Ответ:  $y'=0$ ;  $y'=2$ ;  $y'=6x+2$

Функция - **однозначная** зависимость одной переменной от другой. Однозначная – т.е. одному значению аргумента (*передаваемому в функцию*) соответствует только одно *возвращаемое* значение функции. Особенность физики – функции имеют **размерности**

Каверзный вопрос:  $x^2+y^2=4$  – функция или нет?

Зададим две точки –  $x_1, x_2$ . Отрезок  $\Delta x = x_2 - x_1$  имеет смысл малого изменения функции – **приращение аргумента**

Автоматически, мы получили и два значения функции:  $y_1=f(x_1)$  и  $y_2=f(x_2)$ . Отрезок  $\Delta y = y_2 - y_1$  имеет смысл малого изменения значений самой функции, он называется **приращение функции**.

$\Delta x$  и  $\Delta y$  образовали прямоугольный треугольник

Вопрос: какой смысл будет иметь дробь  $\Delta y / \Delta x$ , если функция – это координата, а аргумент функции – это время?

Пусть мы рассматриваем точки  $x_1$  и  $x_2$  все ближе и ближе к некой, лежащей между ними точке  $x_0$ , так что приращение аргумента начнет превращаться в точку.

Тогда приращение функции тоже начнет сходиться в точку.

При этом зеленая линия превратится в касательную к графику  $f(x)$  в точке  $x_0$ :

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f(x)}{\Delta x}$$

Это – операция взятия производной. Она получает функцию из функции. Ее смысл:

- Скорость изменения исходной функции  $f(x)$
- Производная  $f'(x)$  позволяет вычислить тангенс угла наклона касательной к графику исходной функции  $f(x)$  в данной точке  $x_0$
- Если производная в некой точке равна нулю, то касательная параллельна оси абсцисс – искомая функция имеет минимум или максимум в данной точке

# Свойства производных, таблица производных

(по В.Ф. Бутузову - МАВЗ)

Пусть  $y=f(x)$  и  $y=g(x)$  – две дифференцируемые функции (их производная существует),  $c$  – действительное число.

Справедливы следующие свойства:

1)  $\frac{dcf(x)}{dx} = c \frac{df(x)}{dx} = cf'(x)$  – вынесение вещественного множителя за операцию производной

2)  $\frac{d}{dx}(f(x) + g(x)) = \frac{df(x)}{dx} + \frac{dg(x)}{dx} = f'(x) + g'(x)$  – производная суммы равна сумме производных

3)  $\frac{d}{dx}(f(x) - g(x)) = \frac{df(x)}{dx} - \frac{dg(x)}{dx} = f'(x) - g'(x)$  – производная разности равна разности производных

4)  $\frac{d}{dx}(f(x) * g(x)) = f'(x) * g(x) + g'(x) * f(x)$  – производная произведения

5)  $\frac{d}{dx}\left(\frac{f(x)}{g(x)}\right) = \frac{f'(x)g(x) - g'(x)f(x)}{g^2(x)}$  – производная частного

6)  $f(g(x)) = f'(g(x)) * g'(x)$  – производная сложной функции

Пример:  $(2x + 6)^2 = 2 * (2x + 6) * 2 = 8x + 24$

Таблица производных:

1)  $\frac{d}{dx} x^\alpha = \alpha x^{\alpha-1}$ , где  $\alpha$  – вещественное число

2)  $\frac{d}{dx}(\sin(x)) = \cos(x)$

3)  $\frac{d}{dx}(\cos(x)) = -\sin(x)$

4)  $\frac{d}{dx} \log_a x = \frac{1}{x \ln(a)}$ , в частности  $\frac{d}{dx} \ln x = \frac{1}{x}$

5)  $\frac{d}{dx} a^x = a^x \ln(a)$ , в частности  $\frac{d}{dx} e^x = e^x$

6)  $\frac{d}{dx} \operatorname{tg}(x) = \frac{1}{\cos^2(x)}$  (Какая область определения?)

7)  $\frac{d}{dx} \operatorname{ctg}(x) = -\frac{1}{\sin^2(x)}$  (область определения?)

8)  $\frac{d}{dx} \arcsin(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$  (область определения?)

9)  $\frac{d}{dx} \arccos(x) = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$  (область определения?)

10)  $\frac{d}{dx} \operatorname{arctg}(x) = \frac{1}{1+x^2}$

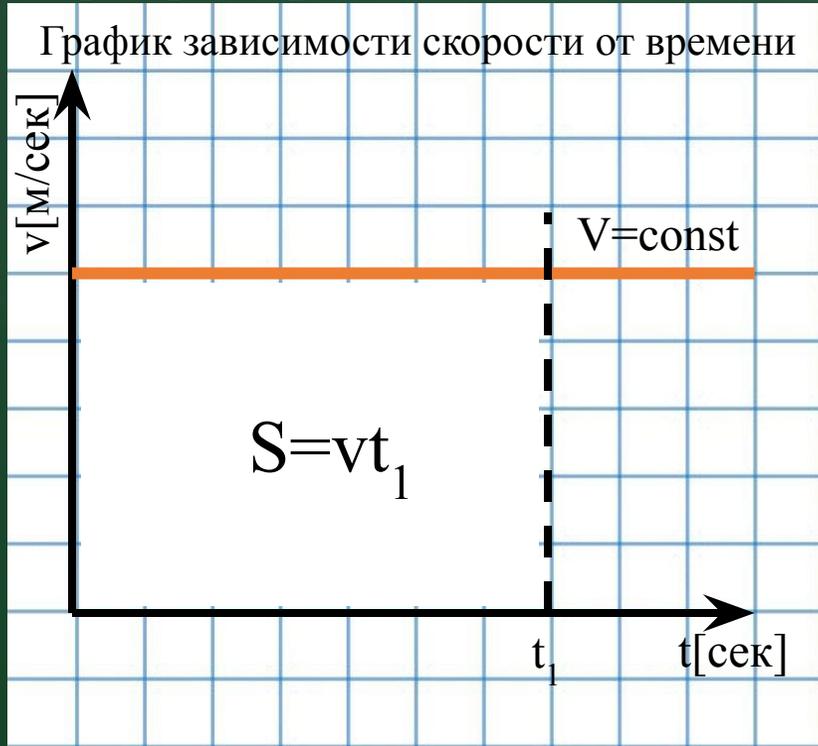
11)  $\frac{d}{dx} \operatorname{arcctg}(x) = -\frac{1}{1+x^2}$

Выделенные красным производные должен знать каждый студент, изучающий физику (остальные приготятся на матане)

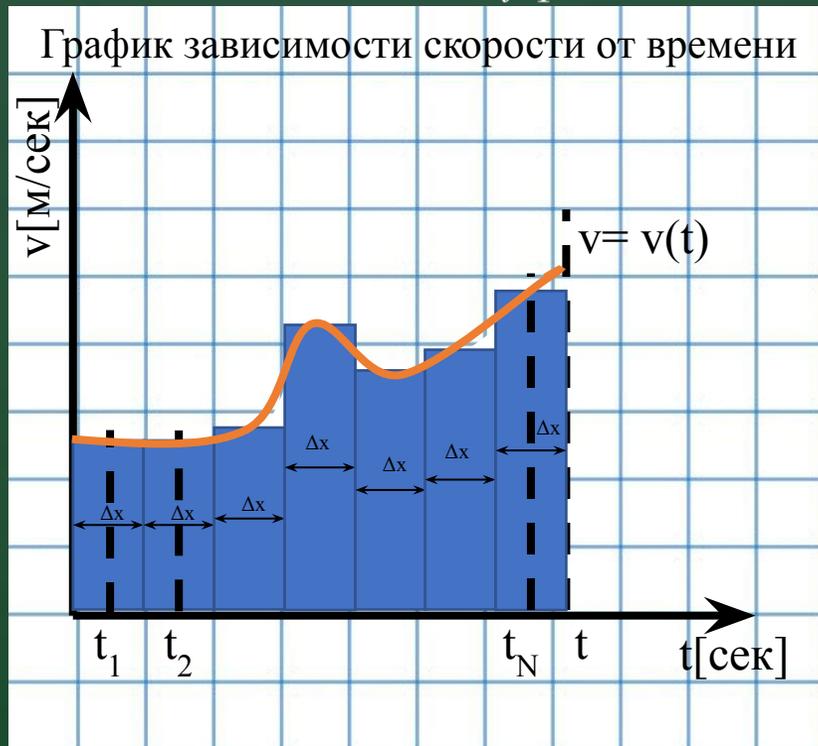
# Площадь под графиком – это страшное слово «интеграл»

Ключевой вопрос, когда вы сдаете график, выполняя лабораторную работу – «А что по осям?»

$$S \approx \sum_{i=1}^N v(t_i) \Delta t$$



Как вычислить путь, проейденный телом к моменту времени  $t_1$ ?  
 $S = vt_1$  ( но площадь оказалась равна площади фигуры под графиком)



Будет ли площадь заштрихованной фигуры равна пройденному к моменту времени  $t_1$ ?  
Да, будет, но как ее вычислить?

Точный или приближенный ли это метод вычисления площади под графиком?  
Как повысить его точность?  
Устремим  $\Delta x$  к нулю

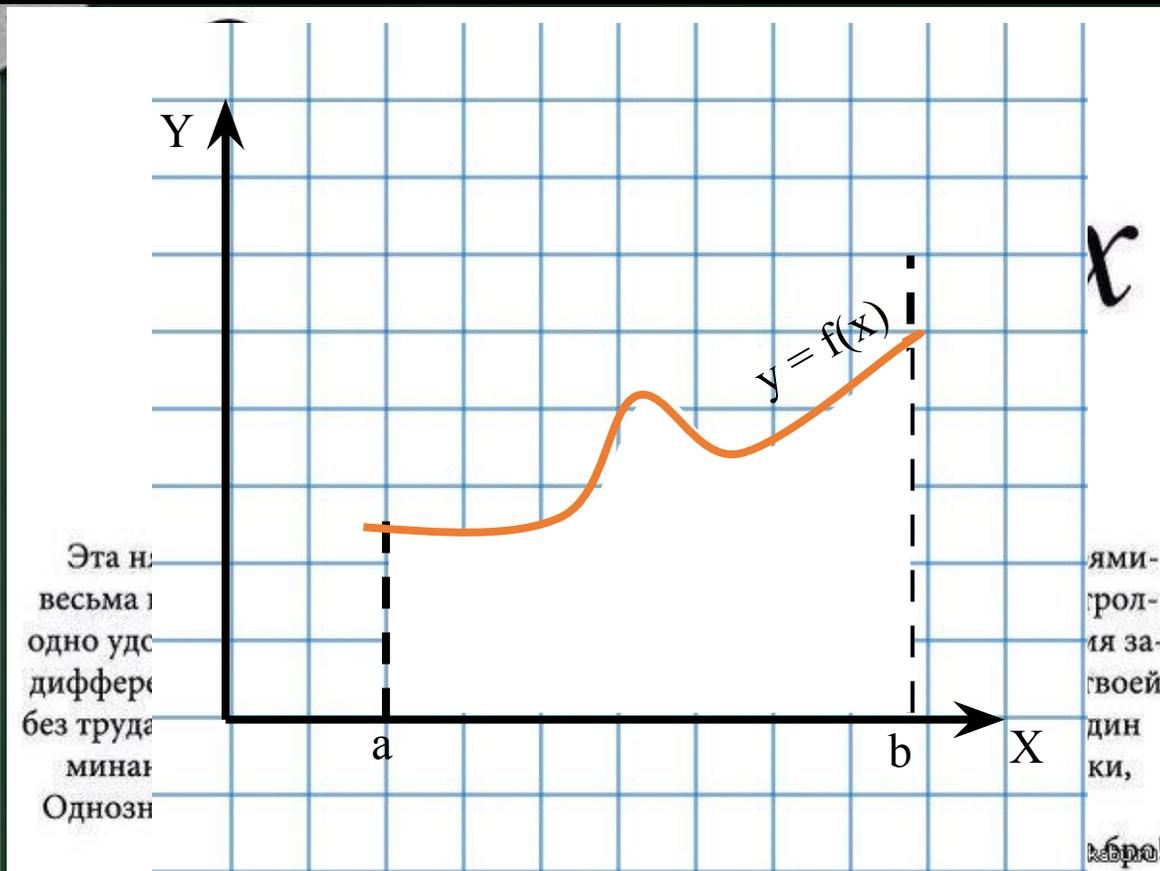
$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{i=1}^N v(t_i) \Delta x$$

Это обозначается так:

$$S = \int_0^t v(t) dx$$

(Определенный интеграл)

# Интеграл, определенный и неопределенный



Эти свойства годятся как для определенного, так и для неопределенного интеграла

- 1)  $\int cf(x)dx = c \int f(x)dx$  - вынесение константы за интеграл
- 2)  $\int (f(x) + g(x))dx = \int f(x)dx + \int g(x)dx$  - сумма интегралов
- 3)  $\int (f(x) - g(x))dx = \int f(x)dx - \int g(x)dx$  - разность интегралов

Первообразная – такая функция, производная которой равна данной функции. Так, для функции  $f'(x)$  первообразной является  $f(x)$ . Единственная ли у функции первообразная? Почему?

Неопределенный интеграл – множество всех первообразных функции. Таблица неопределенных интегралов:

- 1)  $\int x^\alpha dx = \frac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1} + c$ , где  $\alpha$  – вещественное число,  $\alpha \neq -1$
- 2)  $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + c$
- 3)  $\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + c$ , при условии что  $a > 0$ ;  $a \neq 1$ , в частности  $\int e^x dx = e^x + c$
- 4)  $\int \sin(x)dx = -\cos(x) + c$
- 5)  $\int \cos(x)dx = \sin(x) + c$
- 6)  $\int \frac{dx}{\cos^2(x)} = \operatorname{tg}(x) + c$
- 7)  $\int \frac{dx}{\sin^2(x)} = -\operatorname{ctg}(x) + c$

Определенный интеграл может быть вычислен по формуле Ньютона-Лейбница:

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$$

# Механика как раздел физики. Система отсчета.

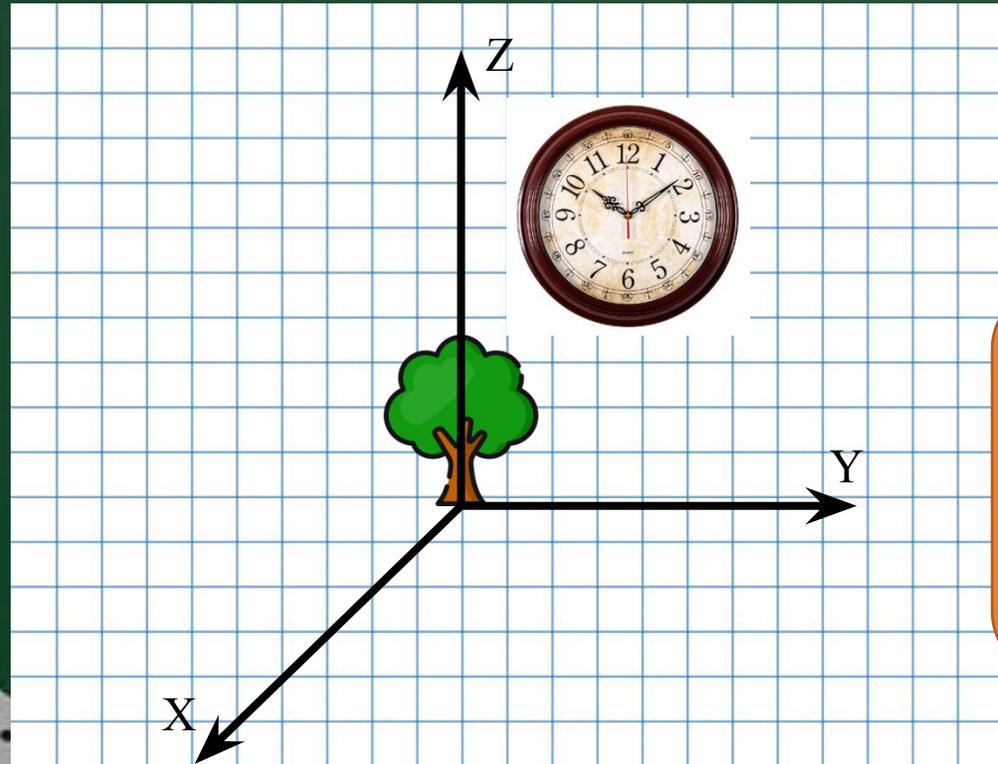
## Разделы механики

**Механика** – раздел физики, исследующий механическое движение. **Механическое движение** – изменение взаимного положения тел в пространстве с течением времени

Для решения задач механики обязательна система отсчета, включающая в себя

- 1) Тело отсчета
- 2) Координатные оси
- 3) Прибор для измерения времени

Предполагается, что время течет одинаково во всех точках пространства (В разделе «релятивизм» все несколько иначе)



Механика – раздел физики об изменении положения тел друг относительно друга с течением времени

Кинематика – раздел механики, изучающий движение тел без объяснения причин, вызвавших это движение

Динамика – раздел механики, занимающийся причинами, вызвавшими движение

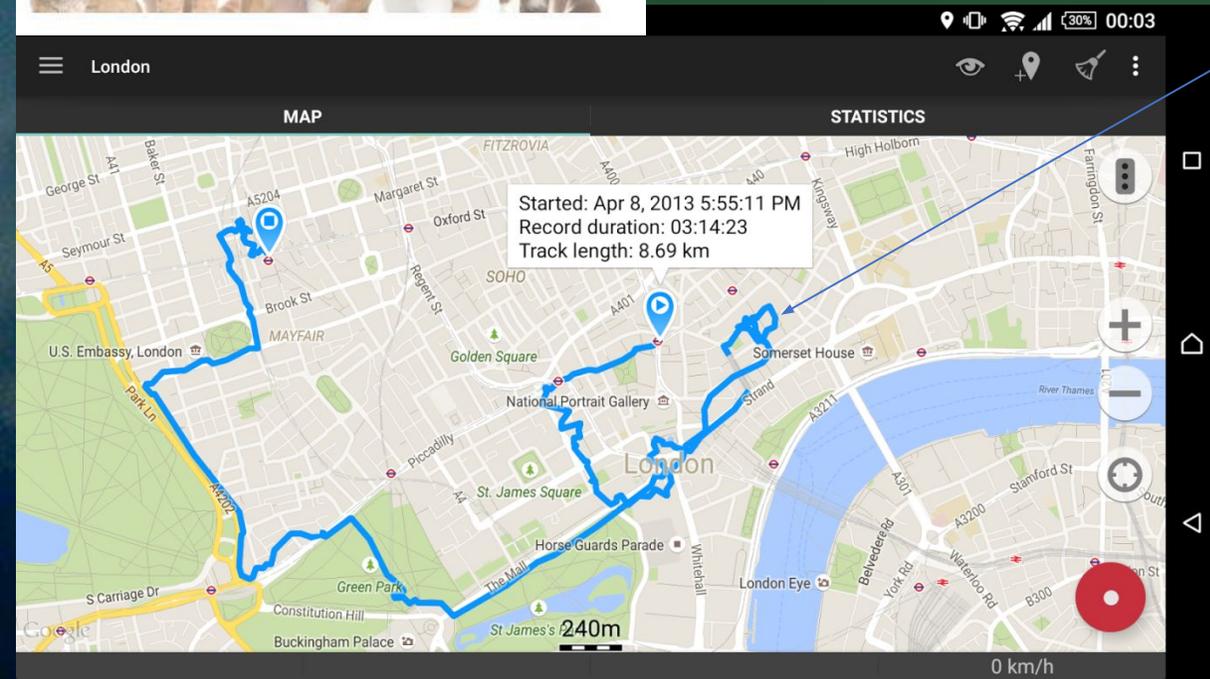
Статика – раздел механики, исследующий условия равновесия тел

# Кинематика – раздел механики, изучающий движение тел без объяснения причин, вызвавших это движение



**Материальная точка** – тело, размерами которого в условиях задачи можно пренебречь. Например, если мы ищем питомца в городе – можно считать его точкой, а вот если выбираем ему лежанку – размер имеет значение. Такая же ситуация с автомобилями.

**Абсолютно твердое тело.** Если вы в компьютерной игре наехали танком на скамейку, а танк при этом остановился и заглох, то разработчики игры выбрали именно эту модель. Абсолютно твердое тело – тело, расстояния между любыми точками которого не изменяется ни при каких обстоятельствах



**Траектория** – линия, вдоль которой движется тело/линия, описываемая движущимся телом.

**Координаты** – числа, задающие положение тела в пространстве/ на плоскости. Это касается разработки любого приложения с графическим интерфейсом.

**Перемещение** – векторная физическая величина, вектор, соединяющий начальное и конечное положение точки.

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

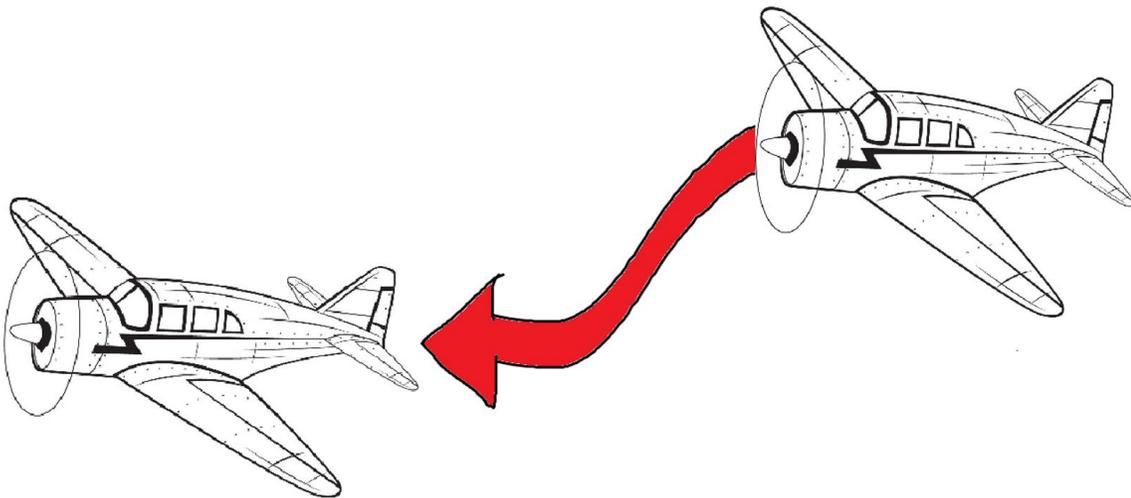
**Путь** – расстояние, пройденное вдоль траектории. Если вспомнить историю с клубком Ариадны, то это по сути, длина размотанной нити. Скаляр.

# Виды движения

**Движение** – изменение положения тел друг относительно друга с течением времени.

**Поступательное движение** – такое движение при котором любая выбранная линия тела остается параллельна сама себе

**Вращательное движение** – траектории точек тела есть концентрические окружности с центрами в некой точке, называемой центром вращения



# Путь и перемещение – принципиальная разница



# Немного о скоростях

**Средняя скорость** – векторная физическая величина, отношение перемещения к промежутку времени, за который было совершено это перемещение. Единица измерения СИ – метр/секунду

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

**Среднепутевая скорость** – скалярная физическая величина, равная отношению пути, к промежутку времени за который этот путь был пройден.

$$\langle v_{\text{ср.пт.}} \rangle = \frac{S}{\Delta t}$$

**Мгновенная скорость** – векторная физическая величина. Всегда касательна к траектории. Может быть определена

- 1) Как средняя скорость при стремлении промежутка времени к нулю
- 2) Как производная радиус-вектора по времени (производная вектор-функции тоже определена)

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

Модуль мгновенной скорости равен производной пути по времени

Основная задача кинематики – получение **уравнения движения**, некой функции, позволяющей однозначно знать положение тела в пространстве в данный момент времени.

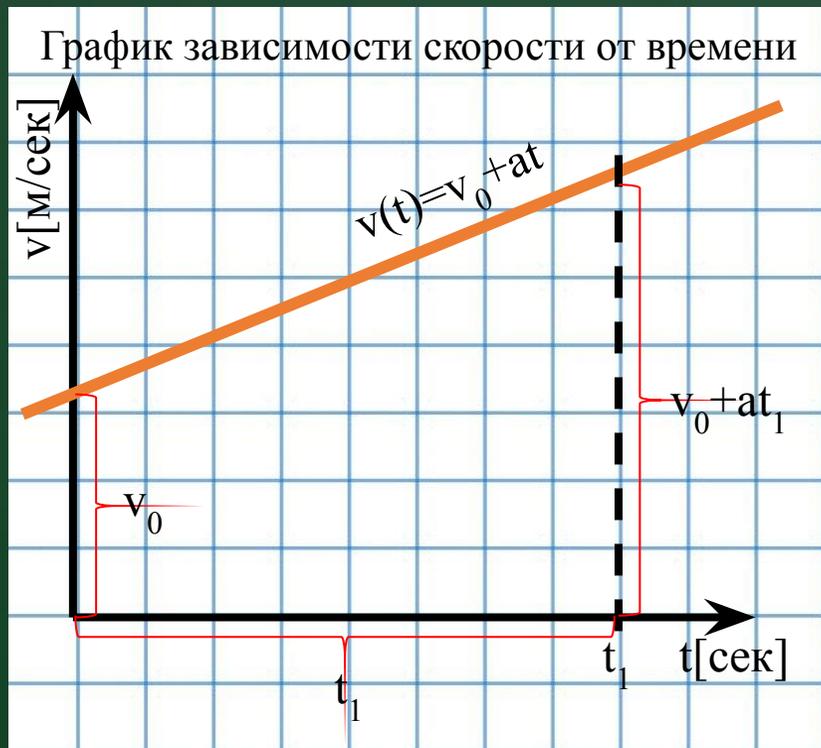


# Равноускоренное прямолинейное движение.

**Ускорение** – векторная физическая величина. Можно определить как "Скорость изменения скорости", хотя корректнее будет – «первая производная скорости по времени» или «вторая производная радиус-вектора по времени»/ Рассмотрим «хороший» случай одномерного движения с постоянным ускорением, когда векторную величину можно заменить скалярной ( проекцией, подробнее – на семинаре)

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \rightarrow v(t) = \int a dt = at + c$$

Константа  $c$  имеет размерность скорости (складывать можно только скорости одинаковой размерности) и смысл скорости в начальный момент времени. Каков график скорости от времени?



Можем ли мы вычислить путь к некому моменту времени  $t_1$  ?

Метод 1 – трапеция.

$$S = \frac{1}{2} h(a + b) = \frac{1}{2} t_1 (2v_0 + at_1) = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$$

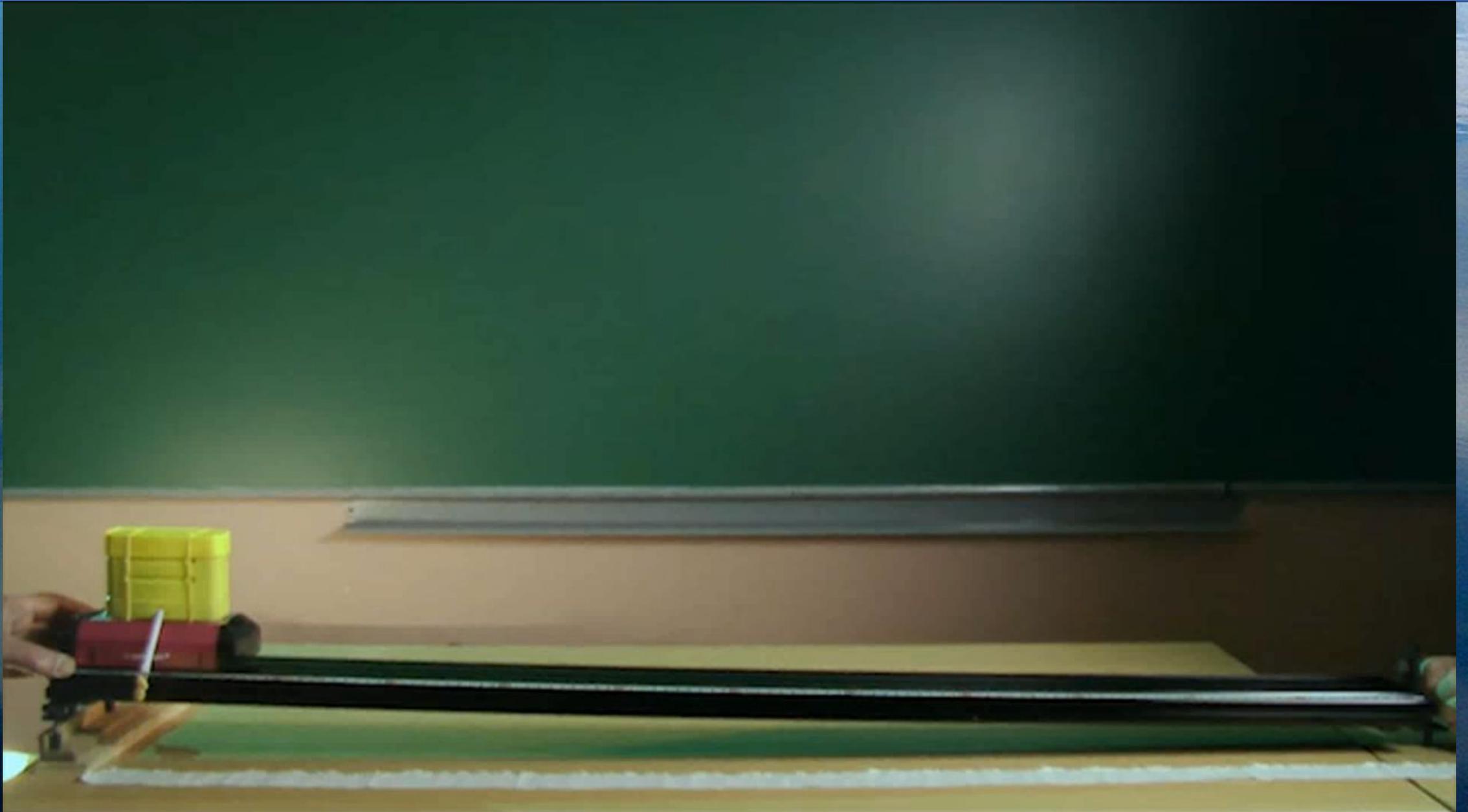
Метод 2 – интеграл скорости

$$|\vec{v}| = \frac{dS}{dt} \rightarrow S = \int_0^{t_1} v dt = \int_0^{t_1} (v_0 + at_1) dt = \int_0^{t_1} v_0 dt + \int_0^{t_1} at_1 dt =$$
$$= v_0 t \Big|_0^{t_1} + \frac{at_1^2}{2} \Big|_0^{t_1} = v_0(t_1 - 0) + \frac{a}{2} (t_1^2 - 0^2) = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$$

Если представить путь  $S = x(t) - x_0$  полученная нами формула станет уравнением равнопеременного прямолинейного движения

$$x(t) = x_0 + v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$$

Классический опыт на выведенную нами формулу■



# Основные итоги лекции

- 1. Физика** - наука о наиболее общих законах природы, о материи, её структуре, движении и правилах преобразования. Материя – то, что объективно существует
2. То, что можно измерить числом – физические величины. Физические величины могут быть **векторными и скалярными**
- 3. Кинематика** – раздел физики, изучающий движение, без изучения причин, вызвавших его. Целью кинематики является получение **уравнения движения** – функции, позволяющей знать положение тела в любой интересующий нас момент времени.
- 4. Скорость** – векторная физическая величина, производная радиус-вектора по времени.  $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$  Ее модуль равен производной пути по времени.  $|\vec{v}| = \frac{dS}{dt}$
- 5. Ускорение** – скорость изменения скорости/производная скорости по времени.
6. При прямолинейном равноускоренном движении путь определяется формулой  $S = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$ , а уравнение движения примет вид  $x(t) = x_0 + v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$

Благодарю

за внимание!

МИРЭА – РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Особые благодарности А.А. Задерновскому и Е.С.Шахурину за предоставленные материалы, использованные в моих лекциях

Вопросы и пожелания направлять на электронную почту  
[potapenkov@mirea.ru](mailto:potapenkov@mirea.ru)

Мои лекции доступны онлайн:

<https://disk.yandex.ru/d/g9UKp0Wjrils4A>