

[Study.physics.itmo.ru](https://study.physics.itmo.ru)

<https://study.physics.itmo.ru/course/view.php?id=36>

Лекционные курсы →

ФПИиКТ →

Курс физики К.К.Боярского →

Физика ФПИиКТ 1-й семестр

# Литература

**Боярский К.К., Смирнов А.В., Прищепенок О.Б.**  
**Механика ч.1. Кинематика, динамика**

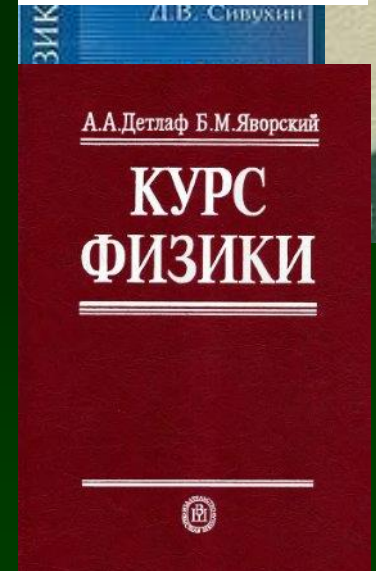
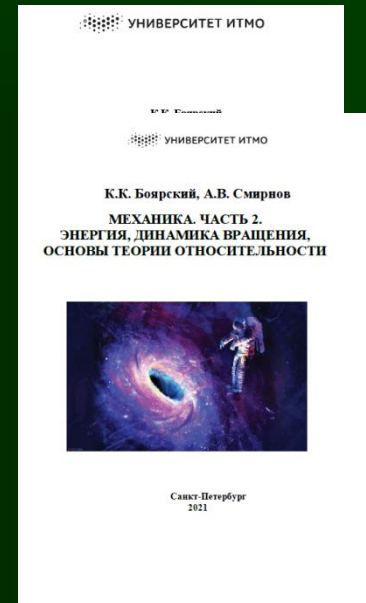
**Боярский К.К., Смирнов А.В**  
**Механика ч.2. Энергия, динамика вращения,**  
**Основы теории относительности**

**Иродов И.Е. Механика.**

**Савельев И.В.**  
**Курс (общей) физики.**  
**Механика. Молекулярная физика.**

**Сивухин Д.В. Общий курс физики.**  
**Механика.**

**Яворский Б.М. , Детлаф А.А.**  
**Курс общей физики.**



# Маленький математический ликбез

*«В каждой естественной науке заключено столько истины, сколько в ней математики»*

*И. Кант*

*«Математика - это язык, на котором говорят все точные науки»*

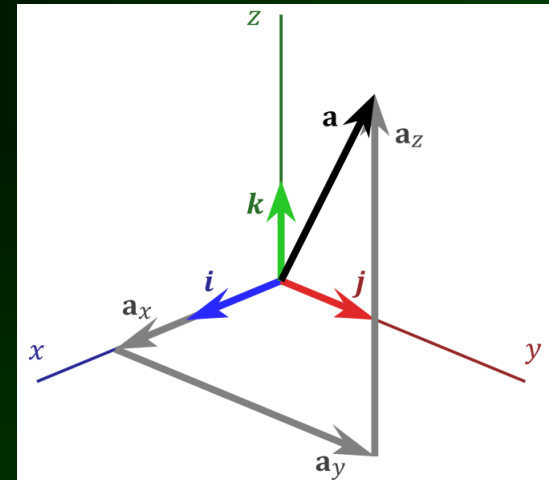
*Н. Лобачевский*



# Вектора

Если в пространстве задана система координат, то вектор однозначно задаётся набором своих проекций.

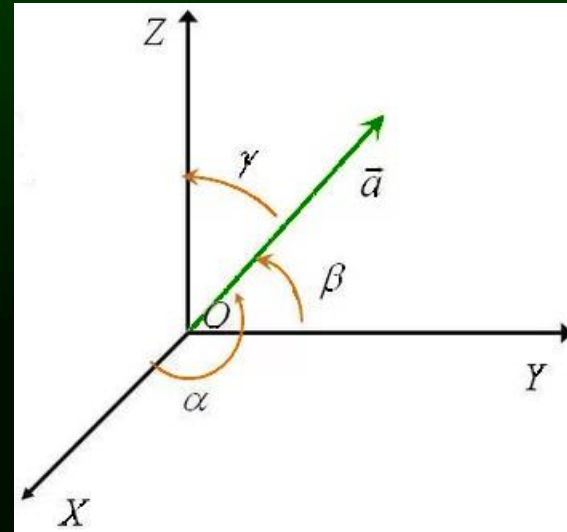
$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k} \quad \vec{a} \Rightarrow \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix}$$



Длина (модуль) вектора

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

**Радиус-вектор:** вектор,  
проведенный из начала  
координат в данную точку.  
Его проекции  $x, y, z$

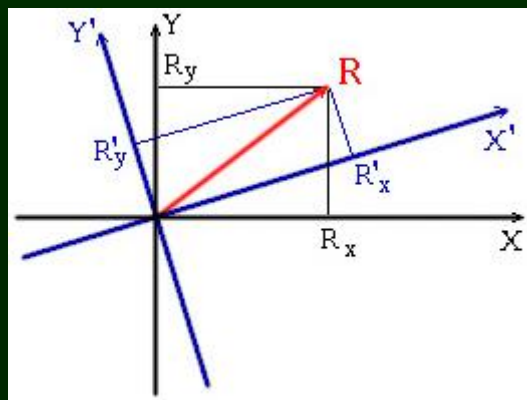


Направляющие косинусы

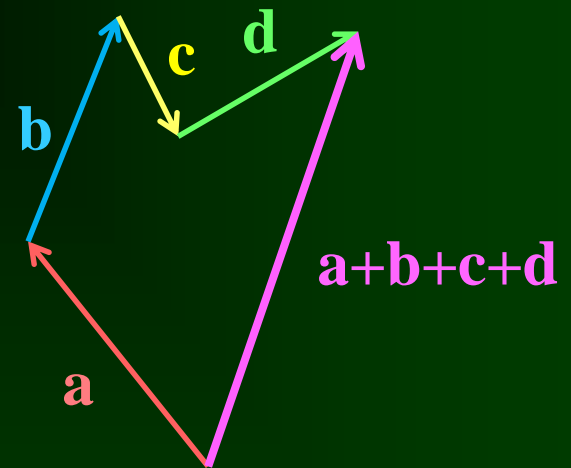
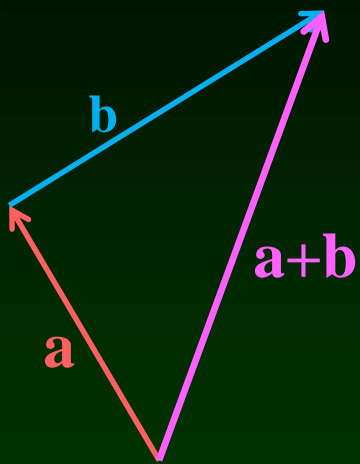
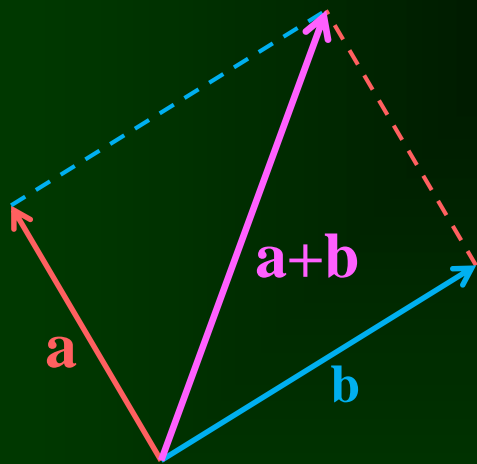
$$\cos \alpha = \frac{x}{|\vec{a}|} \quad \cos \beta = \frac{y}{|\vec{a}|} \quad \cos \gamma = \frac{z}{|\vec{a}|}$$

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

# Проекции вектора зависят от выбора системы координат

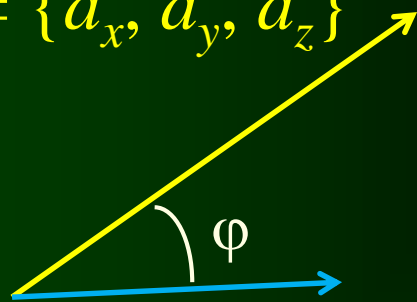


# Сложение векторов



# Скалярное произведение векторов

$$\vec{a} = \{a_x, a_y, a_z\}$$



$$\vec{a} \cdot \vec{b} \equiv (\vec{a}, \vec{b}) = \vec{b} \cdot \vec{a} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

$$\vec{b} = \{b_x, b_y, b_z\}$$

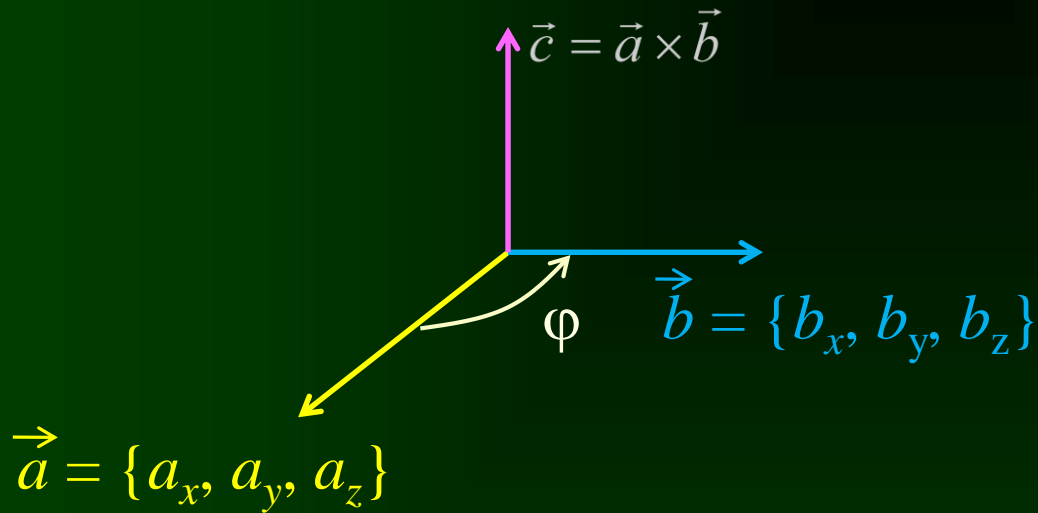
$$\cos \varphi = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} = \frac{a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \sqrt{b_x^2 + b_y^2 + b_z^2}}$$

Скалярное произведение не зависит  
от выбора системы координат

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 0 \Leftrightarrow \vec{a} \perp \vec{b}$$



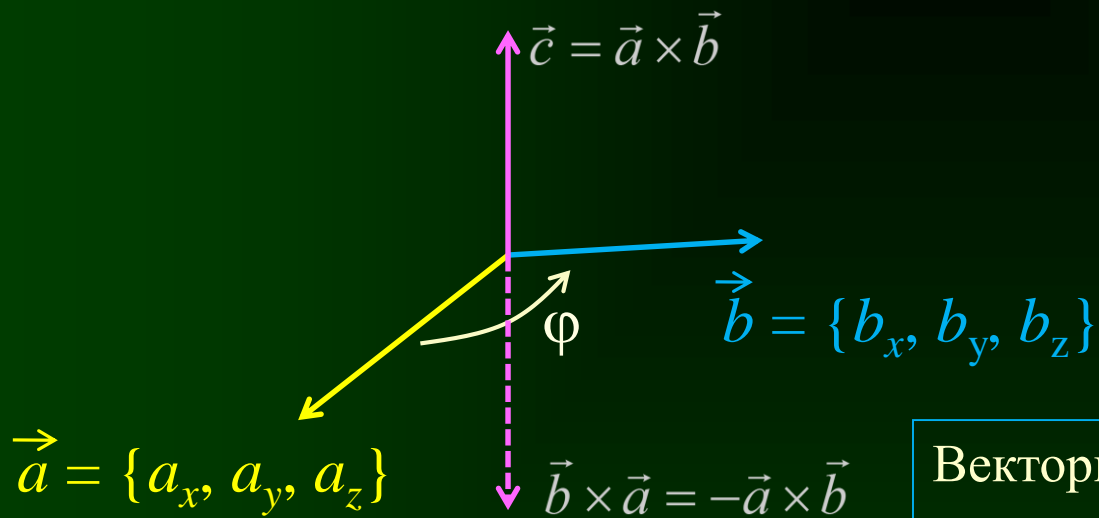
# Векторное произведение векторов



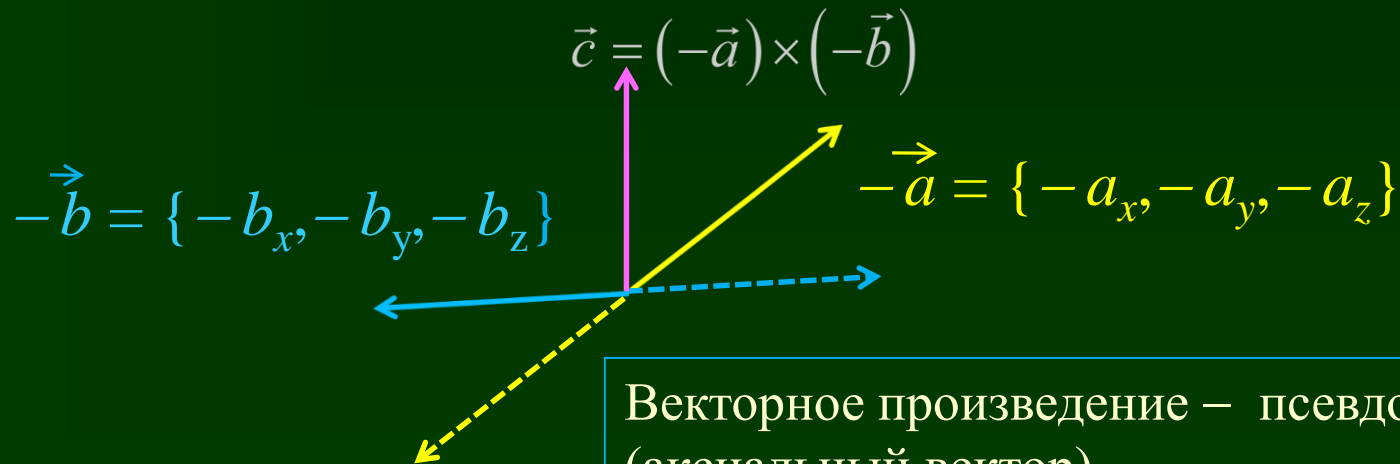
$$|\vec{a} \times \vec{b}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin \varphi \quad \vec{c} \perp \vec{a}; \vec{c} \perp \vec{b}$$

$$[\vec{a}, \vec{b}] \equiv \vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} = (a_y b_z - a_z b_y) \vec{i} + (a_z b_x - a_x b_z) \vec{j} + (a_x b_y - a_y b_x) \vec{k}$$

# Свойства векторного произведения



Векторное произведение  
антикоммутативно



Векторное произведение – псевдовектор  
(аксиальный вектор)

# Произведение трех векторов

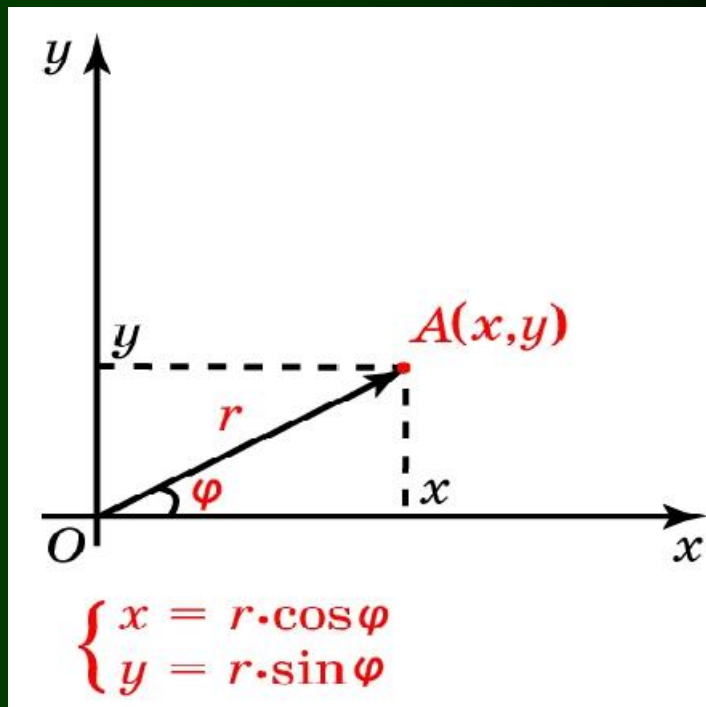
Смешанное произведение

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{c} \cdot (\vec{a} \times \vec{b}) = (\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} = \dots = -\vec{a} \cdot (\vec{c} \times \vec{b}) = \dots$$

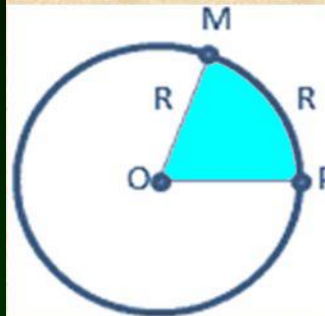
Двойное векторное произведение

$$\vec{a} \times (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b} (\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c} (\vec{a} \cdot \vec{b})$$

# Полярные координаты на плоскости



Центральный угол, опирающийся на дугу, длина которой равна радиусу окружности, называется углом в 1 радиан.



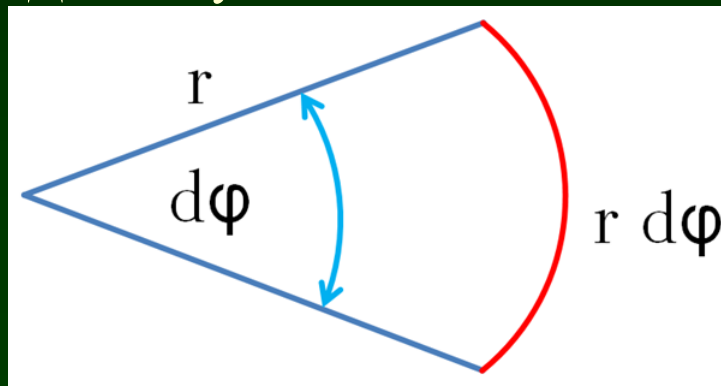
- Градусная мера угла в 1 радиан равна:

$$1 \text{ рад} = \left( \frac{180}{\pi} \right)^\circ$$

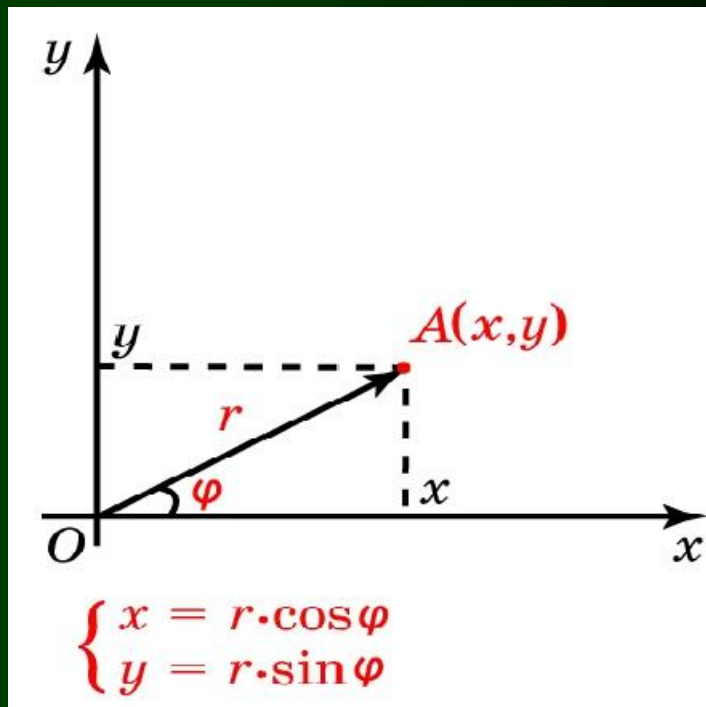
$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ рад}$$

$\pi = 3,14$ , то  $1 \text{ рад} = 57,3^\circ$

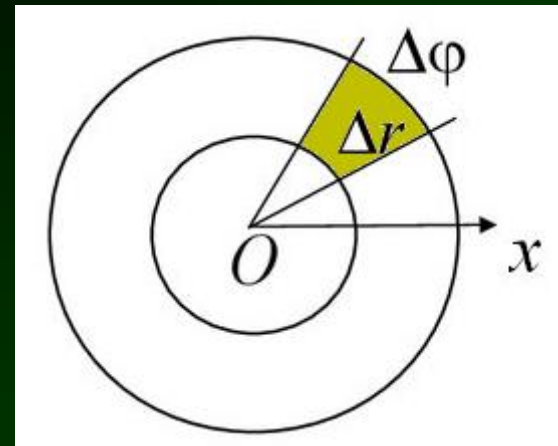
Длина дуги



# Полярные координаты на плоскости

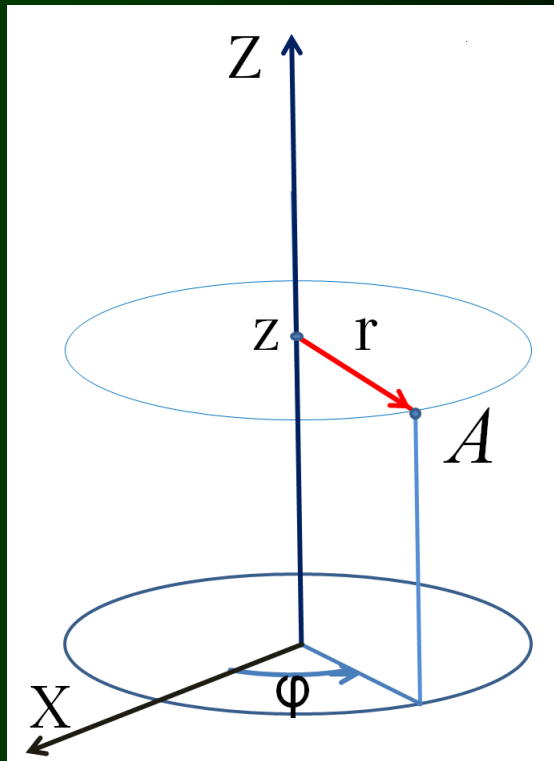


Элемент площади



$$d\sigma = r dr d\varphi$$

# Цилиндрическая система координат

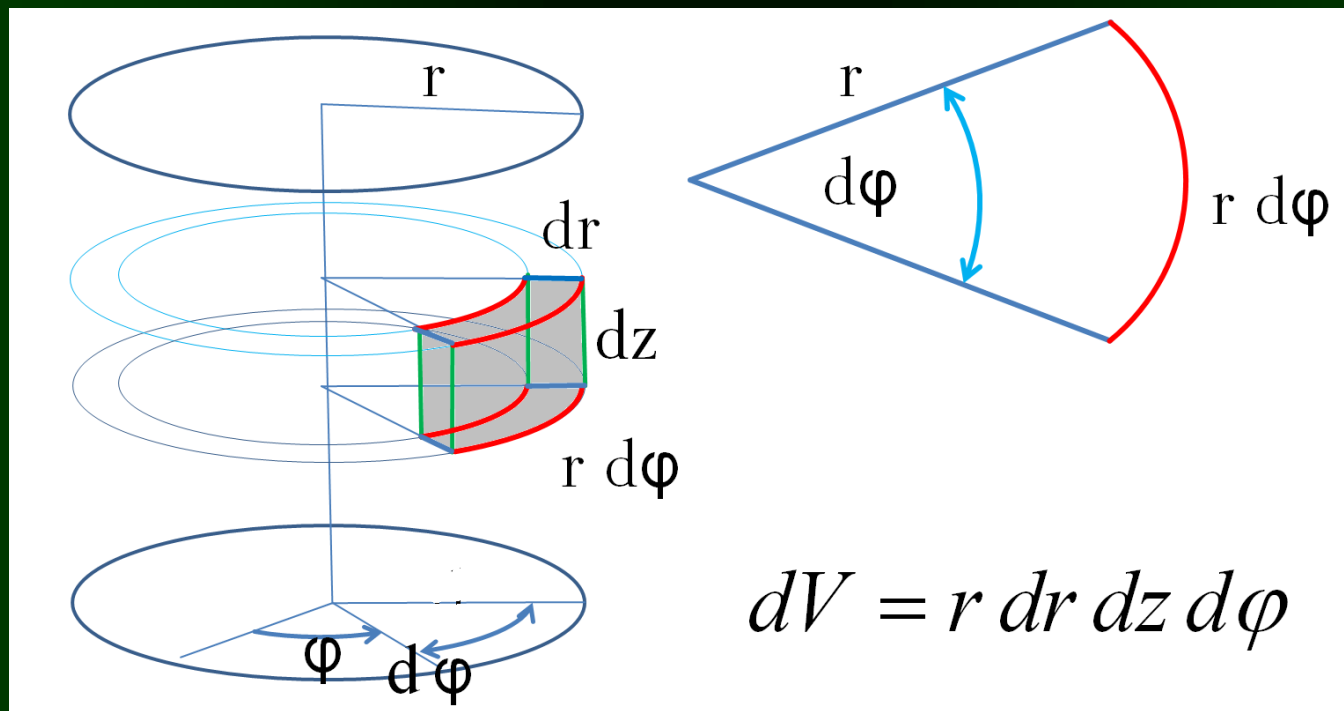


$$x = r \cos \varphi$$

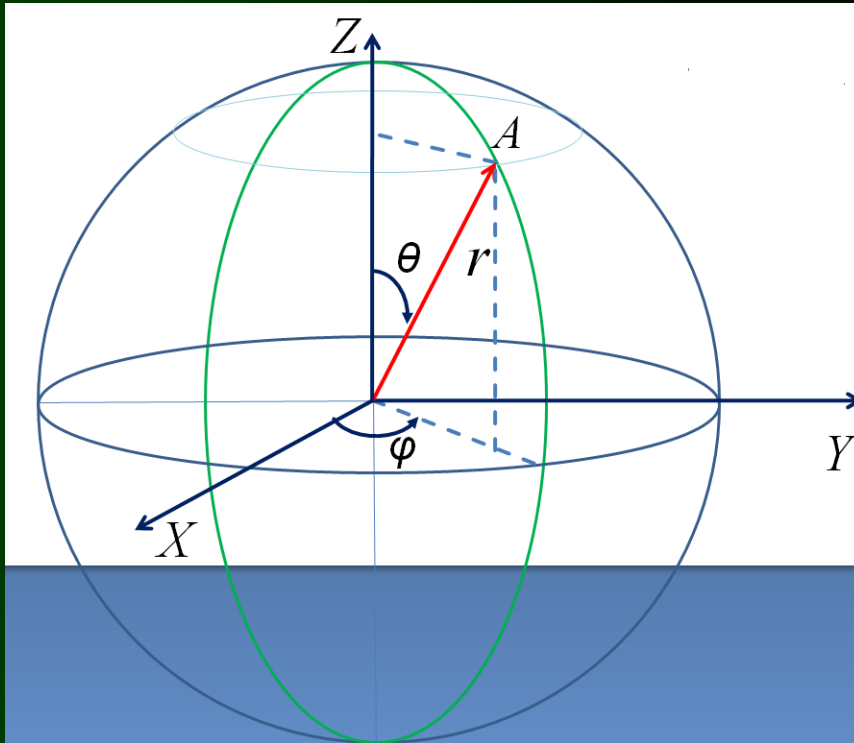
$$y = r \sin \varphi$$

$$z = z$$

# Элемент объема в цилиндрических координатах



# Сферическая система координат



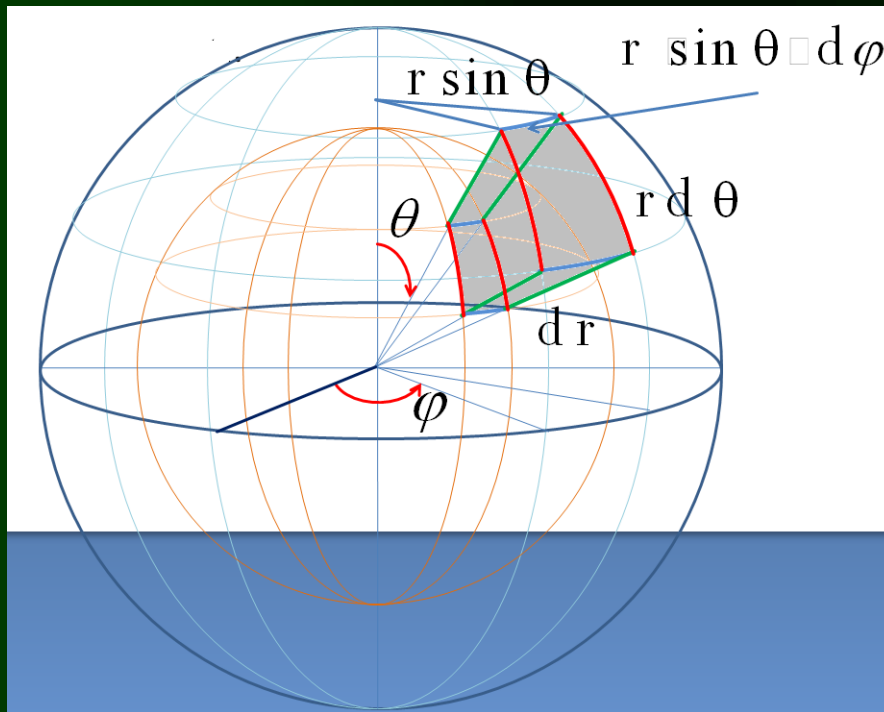
$$x = r \sin \theta \cos \varphi$$

$$y = r \sin \theta \sin \varphi$$

$$z = r \cos \theta$$



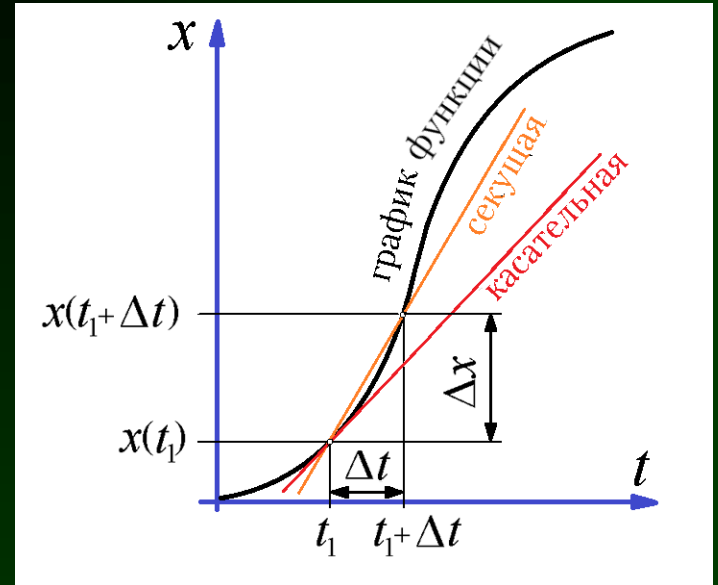
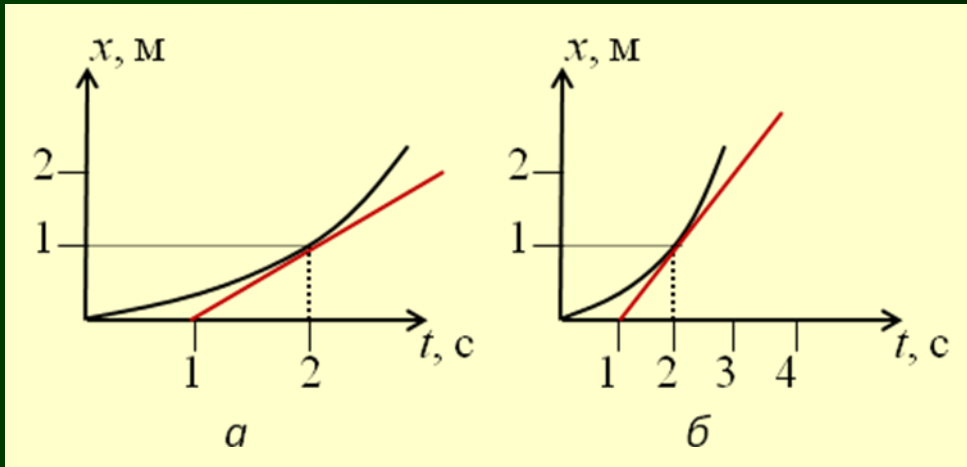
# Элемент объема в сферических координатах



$$dV = r^2 \sin \theta dr d\theta d\varphi$$

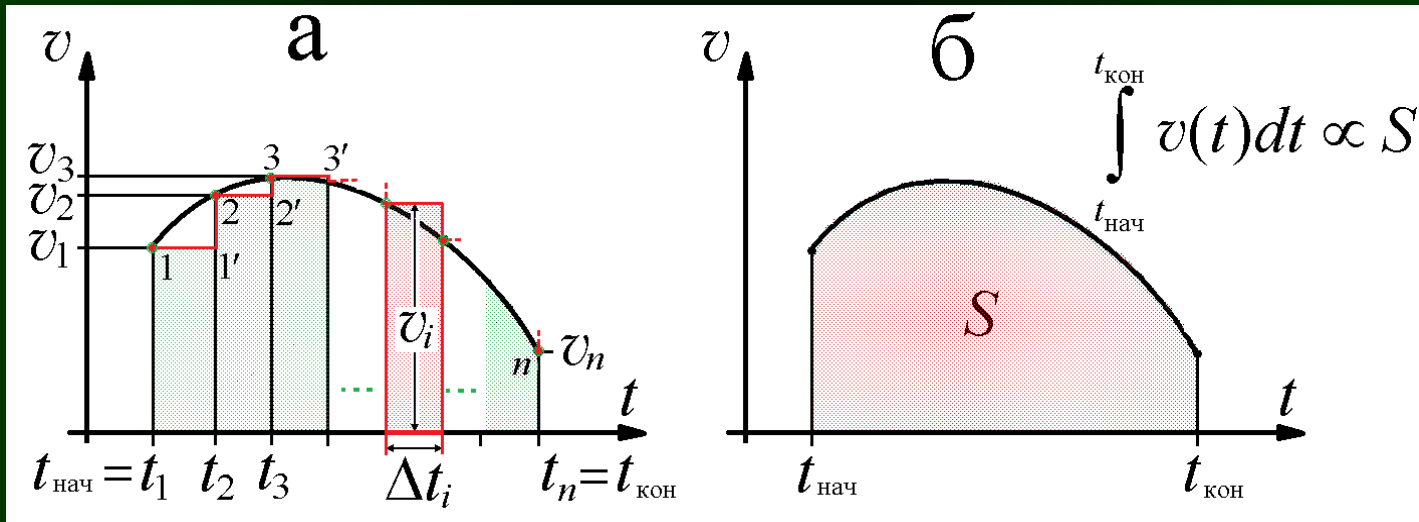
# Производная

$$v_x(t_1) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t_1 + \Delta t) - x(t_1)}{\Delta t}$$



Угловой коэффициент  $\neq$  тангенс угла наклона

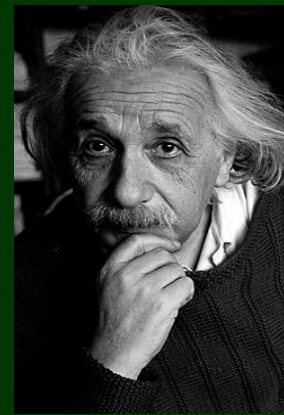
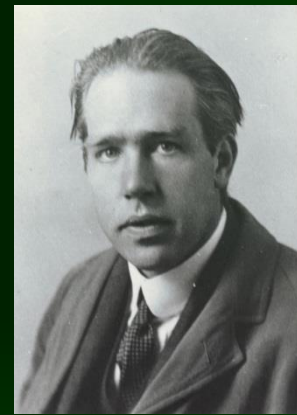
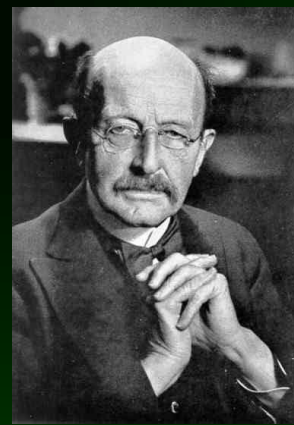
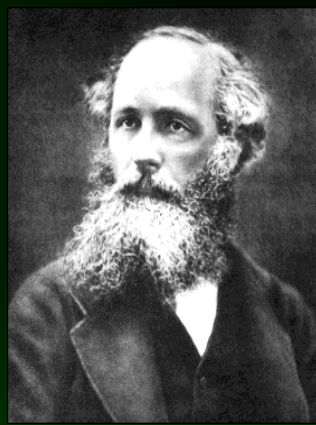
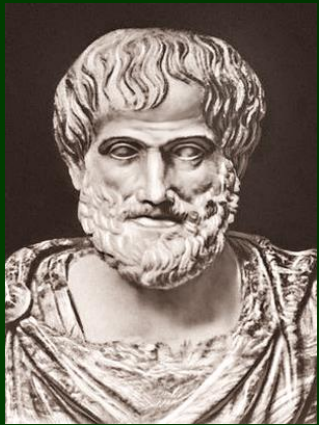
# Интеграл



*«Все науки можно разделить на физику и  
коллекционирование марок»*

*Э. Резерфорд*

**Физика** — раздел естествознания, изучающий свойства и формы движения материи.



Натурфилософия

Механическая картина мира

Электромагнитная картина мира

Квантово-механическая картина мира

- ✓ **сила**
- ✓ **скорость**
- ✓ **перемещение**
- ✓ **ускорение**



- ✓ **длина**
- ✓ **время**
- ✓ **объём**
- ✓ **площадь**
- ✓ **масса**

**Вéктор** (лат. *vector*, – «несущий») – математический объект, характеризующийся величиной и направлением, может дополнительно характеризоваться **точкой приложения**.

**Скаля́р** (лат. *scalaris* – ступенчатый) – величина, полностью определяемая в любой координатной системе одним числом, которое не меняется при изменении системы координат.

# Единицы измерения

## **Международная система единиц, СИ**

le Système International d'Unités, Франция, XVIII в.

Длина – метр (м; m)

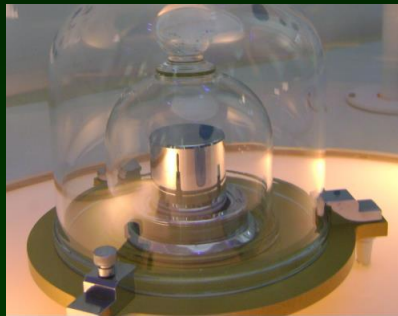
Масса – килограмм (кг; kg)

Время – секунда (с; s)

Средство измерений, предназначенное для воспроизведения единицы измерения, ее хранения и передачи ее размера другим средствам измерений называется **эталон** единицы физической величины.

# Эталон массы

1889 г. Килограмм: масса 1 дм<sup>3</sup> чистой воды при температуре 0°C



Эталон килограмма

# Измерение времени

XX в. до н. э. Сутки = 24 часа

XVI в. н. э. Маятниковые часы с секундной стрелкой

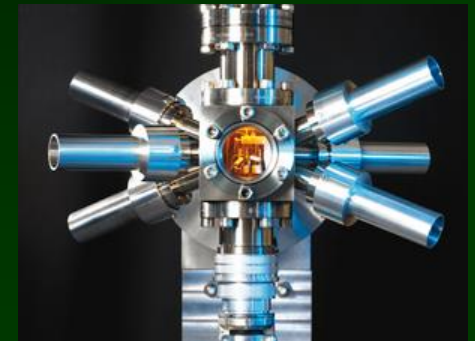
1940-е  $1 \text{ с} = 1/86400$  средних суток

1960 г.  $1 \text{ с} = 1/31\,556\,925,9747$  года (1900-го)

1967 г.

$1 \text{ с} = 9\,192\,631\,770$  периодов излучения  
на переходе между двумя сверхтонкими  
уровнями основного состояния атома  $^{133}\text{Cs}$ .  
(На уровне моря, при 0 K)

Точность  $10^{-15}$  (одна секунда за 30 миллионов лет)



Эталон времени



# Измерение длины

1790 г.	Метр – длина маятника с полупериодом 1 с (на широте $45^\circ$ )
1795 г.	Метр – одна сорокамиллионная часть Парижского меридиана
1960 г.	Метр – 1 650 763,73 длин волн оранжевой линии $^{86}\text{Kr}$ (в вакууме)
1983 г.	Метр – длина пути, проходимого светом в вакууме за $(1/299\,792\,458)$ секунды