

# ДИНАМИКА ВРАЩЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

**«Механическое  
движение»**

# ДВИЖЕНИЕ

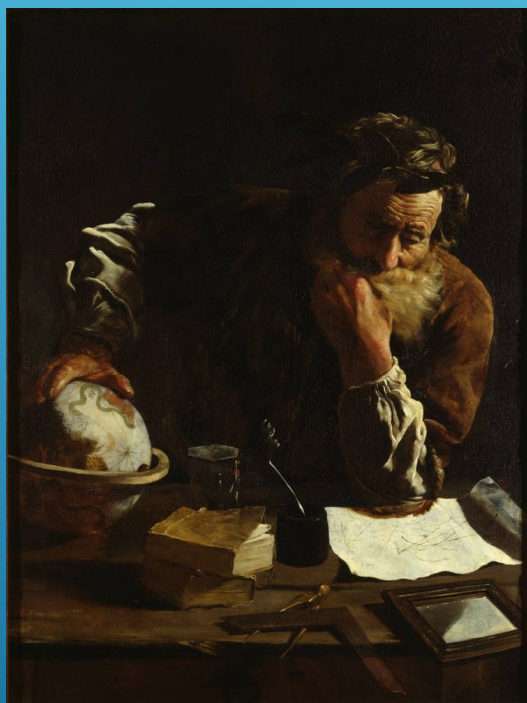
Движение – в широком смысле – это всякое изменение

Формы движения:

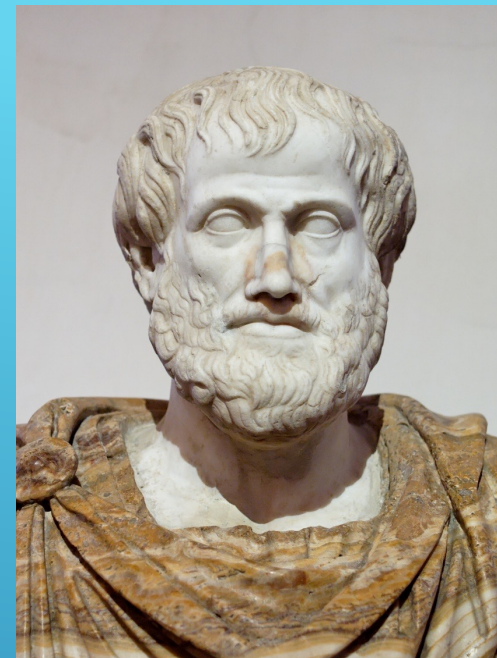
- физическая
- химическая
- биологическая
- социально-общественная
- географическая

- Механика – одна из самых древних наук. Первоначальные сведения из ее предметной области восходят к временам Аристотеля и Архимеда.

# МЕХАНИКА



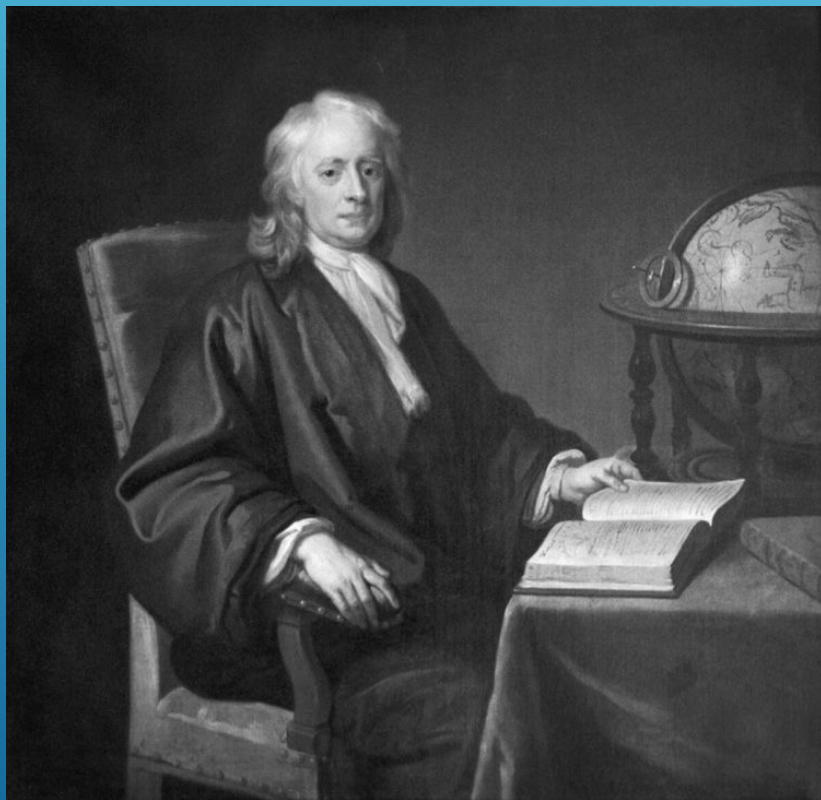
Архимед



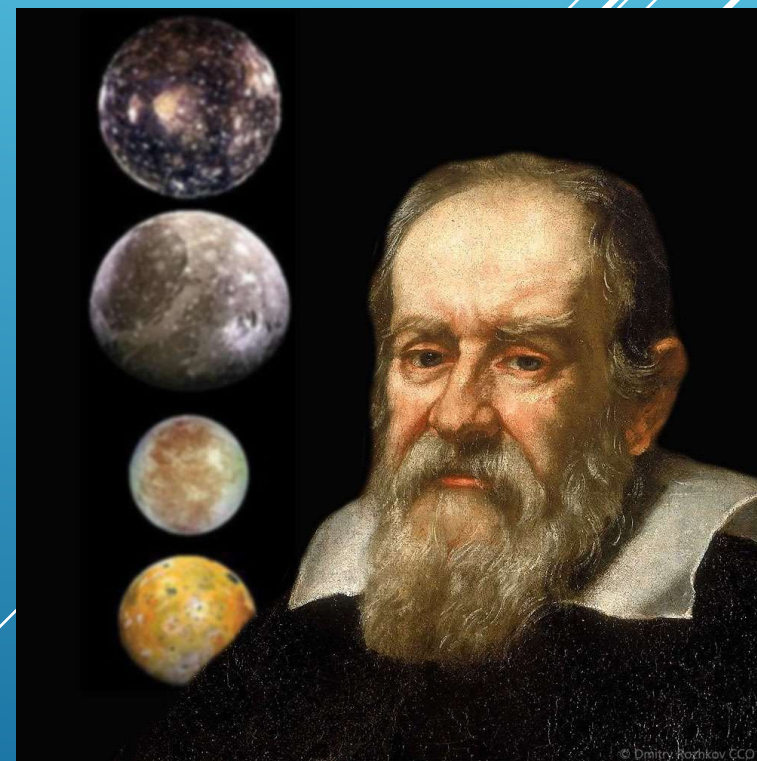
Аристотель

# МЕХАНИКА

Количественное изучение механики связано с работами Галилея и Ньютона



НЬЮТОН



Галилей

# Механика

Классическая

Релятивистская

Квантовая

изучает движение  
макроскопических тел

изучает движение  
тел со скоростями,  
близкой к скорости  
света

изучающую  
движению  
микрочастиц

# МЕХАНИКА

- ▶ материальная точка
- ▶ ньютоновское пространство
- ▶ евклидовое пространство
- ▶ ньютоновское время
- ▶ механическое движение

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ

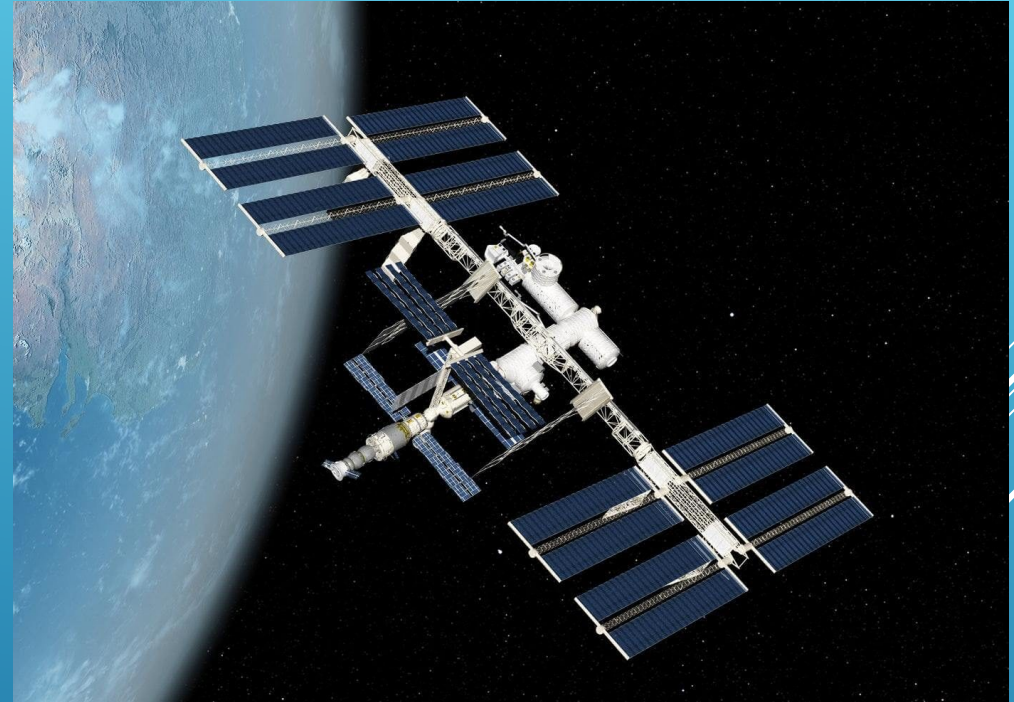




МКС –  
материальная  
точка?!!!

Когда такое  
возможно ?

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ



**Евклидово пространство** — **пространство**, свойства которого изучаются в **евклидовой** геометрии.

В евклидовой геометрии выполняются ряд аксиом:

Аксиомы сочетания

1. Через каждые две точки можно провести прямую и притом только одну.
2. На каждой прямой лежат по крайней мере две точки. При этом существуют хотя бы три точки, которые не лежат на одной прямой.
3. Через каждые три точки, не лежащие на одной прямой, можно провести плоскость и притом только одну.
4. На каждой плоскости есть по крайней мере три точки, а также существуют хотя бы четыре точки, не лежащие в одной плоскости.
5. Если две точки данной прямой лежат на данной плоскости, значит и сама прямая лежит на этой плоскости.
6. Две плоскости имеют общую точку, то, следовательно, они имеют и общую прямую.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ



## Аксиомы порядка

1. Если точка  $B$  лежит между  $A$  и  $C$ , то все три лежат на одной прямой.
2. Для любых точек  $A, B$  существует такая точка  $C$ , что  $B$  лежит между  $A$  и  $C$ .
3. Из трёх точек прямой только одна лежит между двумя другими.
4. Если прямая пересекает одну сторону треугольника, значит она пересекает при этом и другую его сторону или проходит через вершину (отрезок  $AB$  определяется как множество точек, лежащих между  $A$  и  $B$ ; аналогично определяются стороны треугольника).

# ЕВКЛИДОВА ПРОСТРАНСТВО

## Аксиомы движения

1. Движение ставит в соответствие точкам точки, прямым прямые, плоскостям плоскости, сохраняя принадлежность точек прямым и плоскостям.
2. Два последовательных движения вновь дают движение, и для всякого движения есть обратное.
3. Если даны точки  $A, A'$  и полуплоскости  $A, A'$ , ограниченные продолженными полупрямыми  $a, a'$ , которые исходят из точек  $A, A'$ , то существует единственное движение, переводящее  $A, a, A$  в  $A', a', A'$  (полупрямая и полуплоскость легко определяются на основе понятий сочетания и порядка).

# ЕВКЛИДОВО ПРОСТРАНСТВО

## Аксиома непрерывности

1. Как гласит аксиома Архимеда, всякий отрезок можно перекрыть любым отрезком, откладывая на первом его достаточное количество раз (откладывание отрезка осуществляется движением).
2. Согласно аксиоме Кантора: если дана последовательность отрезков, вложенных один в другой, то все они имеют хотя бы одну общую точку.

Аксиома параллельности Евклида: через точку  $A$  вне прямой  $a$  в плоскости, проходящей через  $A$  и  $a$ , можно провести лишь одну прямую, не пересекающую  $a$ .

# ЕВКЛИДОВО ПРОСТРАНСТВО

*Ньютоновское время - «само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно, и иначе называется длительностью»*

*/Ньютон, 1989, с. 30/.*

*Ньютоновское пространство – трехмерное евклидовое пространство, которое составляет как бы вместилища самого себя и всего существующего*

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ



**Механическим движением** тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени

Механическое движение обладает двумя фундаментальными свойствами:  
абсолютностью и относительностью

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ



Мы рассматриваем механическое движение относительно системы координат.



# ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ

**Серова Елена Олеговна**, космонавт № 119/540 (р.22.04.1976). Выпускница МАИ 2001 года. Лётчик-космонавт РФ (2016). Герой РФ (2016). Совершила 1 полёт в космос: 26.09.2014–12.03.2015. Отработала в космосе 167 сут 05 час 49 мин.

Механическое движение абсолютно: если есть движение двух тел друг относительно друга, то мы не сможем подобрать такую систему координат, чтобы тела были одновременно в покое.

# АБСОЛЮТНОСТЬ

Several thin, parallel white lines of varying lengths and slopes are positioned in the bottom right corner of the slide, creating a modern, abstract graphic element.

# Физическая величина

ФИЗИЧЕСКИЕ  
ВЕЛИЧИНЫ:  
КАКИЕ ОНИ  
БЫВАЮТ?

```
graph TD; A[Физическая величина] --> B[Скаляры]; A --> C[Векторы];
```

The diagram illustrates the classification of physical quantities. At the top, the text 'Физическая величина' (Physical quantity) is centered. Two arrows point downwards from this text to the words 'Скаляры' (Scalars) on the left and 'Векторы' (Vectors) on the right. In the center, between the arrows, is the text 'ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ: КАКИЕ ОНИ БЫВАЮТ?' (Physical quantities: what are they?). On the right side, there are several white diagonal lines of varying lengths and thicknesses.

Скаляры

Векторы



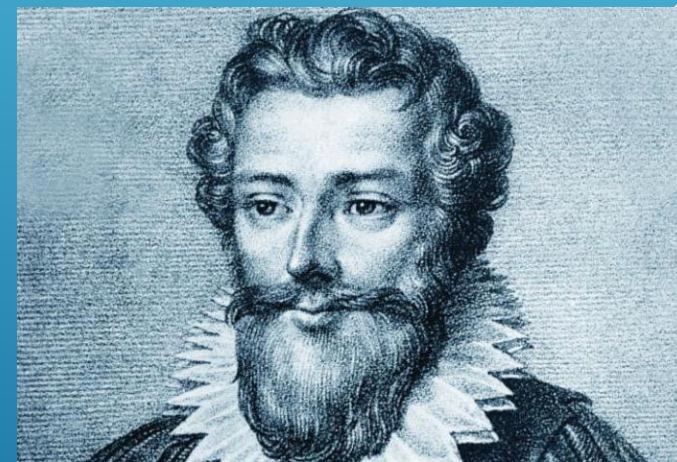
# СКАЛЯРЫ

*Скалярами* (скалярными величинами) называются величины, характеризующиеся только числовым значением

Современный  
термин  
«скалярная  
величина»  
придумал  
Уильям  
Роуэн  
Гамильтон



Франсуа Виет  
рассматривал  
величины, не  
имеющие  
геометрического  
смысла. Так слово  
«скаляр» впервые  
вошло в математику



Франсуа Виет

# ВЕКТОР

*Векторами* (векторными величинами) называются величины, характеризуемые числовым значением и направлением в пространстве. Термин вектор так же предложил Гамельтон

*Линейным векторным пространством* называется множество элементов любой природы, в котором определены операции сложения и умножения на числа, удовлетворяющие следующим условиям

Сложение коммутативно

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$$

Сложение ассоциативно

$$(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c})$$

Умножение на скаляр дистрибутивно

$$\lambda(\vec{a} + \vec{b}) = \lambda \cdot \vec{a} + \lambda \cdot \vec{b}$$

Умножение на скаляр ассоциативно

$$\lambda(\mu\vec{a}) = (\lambda\mu) \cdot \vec{a}$$

Умножение на скаляр дистрибутивно относительно сложения скаляра

$$(\lambda + \mu)\vec{a} = \lambda\vec{a} + \mu\vec{a}$$

Для любого элемента линейного пространства  $\vec{a}$  существует элемент  $-\vec{a}$  этого же пространства и для них справедливо

$$\vec{a} + (-\vec{a}) = 0$$

Существует такой элемент линейного пространства  $\vec{0}$ , что для любого элемента  $\vec{a}$  этого же пространства справедливо

$$\vec{a} + \vec{0} = \vec{a}$$

Умножение на скаляр 1 не изменяет любой вектор, т.е.

$$1 \cdot \vec{a} = \vec{a}$$



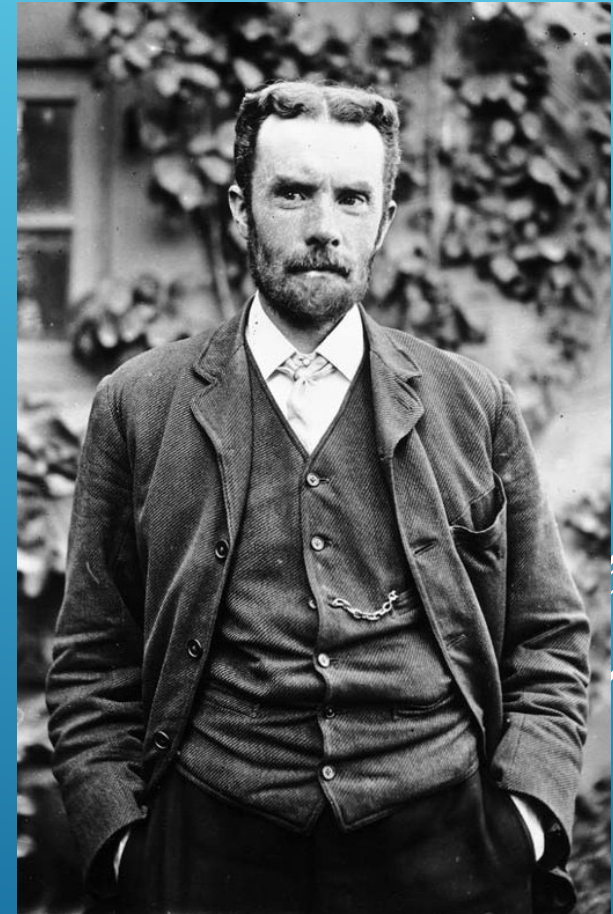
Если  $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$  – единичные векторы, направленные вдоль осей  $Ox, Oy, Oz$  прямоугольной декартовой системы координат, то любой вектор  $\mathbf{a}$  может быть представлен в виде

$$\mathbf{a} = a_x \cdot \mathbf{i} + a_y \cdot \mathbf{j} + a_z \cdot \mathbf{k},$$

где  $a_x, a_y, a_z$  – числа, называемые декартовыми координатами вектора  $\mathbf{a}$ ,

$\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$  – единичные векторы, называемые ортами. (термин орт ввел в обиход Оливер Хевисайд как сокращение слова «ориентация»).

## ВЕКТОРА



Хевисайд

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

