

# ТЕМА 1. Пространство, время, движение

ПРОСТРАНСТВО – порядок существования объектов

ВРЕМЯ - порядок смены явлений

- Метрические свойства: протяженность и длительность
- Топологические свойства: однородность, изотропность, непрерывность, размерность и связность.

- Топология - раздел математики, изучающий свойства объектов, не изменяющиеся при любых непрерывных преобразованиях фигур.

# Топологические свойства

- **Однородность** – нет выделенных точек пространства, т.е. параллельный перенос и поворот не изменяют вид законов природы.
- **Изотропность** – в пространстве нет выделенных направлений, и поворот на любой угол сохраняет неизменными законы природы.
- **Непрерывность** – между двумя различными точками пространства **всегда есть еще хотя бы одна.**
- **Размерность** – каждая точка пространства однозначно определяется набором трех действительных чисел – координат.
- **Связность** – нет двух (или более) «времен» и «пространств».

*Свойства Пространства и Времени  
выявляются при изучении физических  
процессов таких как механическое  
движение, электромагнитные  
явления и т.д.*

Физической теорией Пространства и  
Времени является  
*теория относительности*

## *Пространственные масштабы и размеры от Мегамира до мира микробиъектов (в метрах).*

- Радиус космологического горизонта или видимой нами Вселенной  $10^{26}$
- Диаметр нашей Галактики  $10^{21}$
- Расстояние от Земли до Солнца  $10^{11}$
- Диаметр Солнца  $10^9$
- Размер Человека  $10^0$
- Длина волны видимого света  $10^{-6} - 10^{-7}$
- Размер вирусов  $10^{-6} - 10^{-8}$
- Диаметр атома водорода  $10^{-10}$
- Диаметр атомного ядра  $10^{-15}$
- Минимальное расстояние, доступное сегодня нашим измерениям.  $10^{-18}$

# Измерение это определение неизвестной величины с помощью известной, установленной меры.

С 1889 по 1960 г в качестве единицы длины использовалась одна десятимиллионная часть расстояния, измеренного вдоль Парижского меридиана от Северного полюса до экватора, – метр (от греч. metron – мера)



Метр – единица длины, равная расстоянию, которое проходит свет в вакууме за время  $1/299\,792\,458$  с.

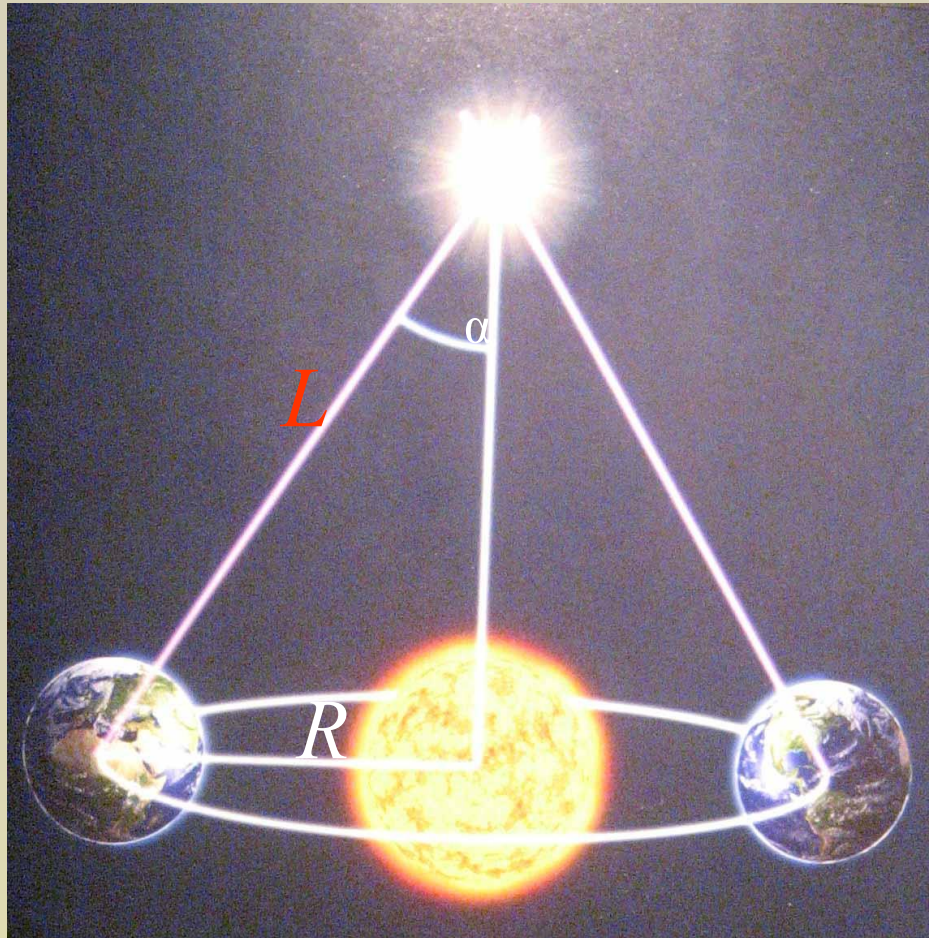
# Методы оценок размеров и расстояний

- **Стоячие электромагнитные волны оптического диапазона ( $10^0 - 10^{-7}$  м)**
- Метр – единица длины, равная расстоянию, которое проходит свет в вакууме за время 1/299 792 458 с.
- Оценка сечения рассеяния элементарных частиц (электронов, нейтронов и т.д.)
- (для объектов  $< 10^{-7}$  м)

- **Расстояние от Земли до Солнца в 1 а.е. (1 а.е.  $\approx 1,5 \cdot 10^8$  км); свет преодолевает это расстояние за 8,5 мин.**
- **Расстояния в мире звезд – в световых годах (1 св.год  $\approx 9,5 \cdot 10^{12}$  км) – методы триангуляции и радиолокации.**
- **Расстояния в мире Галактик (только для самосветящихся объектов) оцениваются по их сравнительной яркости.**
- **Для больших расстояний – эффект Доплера (зависимость частоты света от скорости излучающего объекта)**



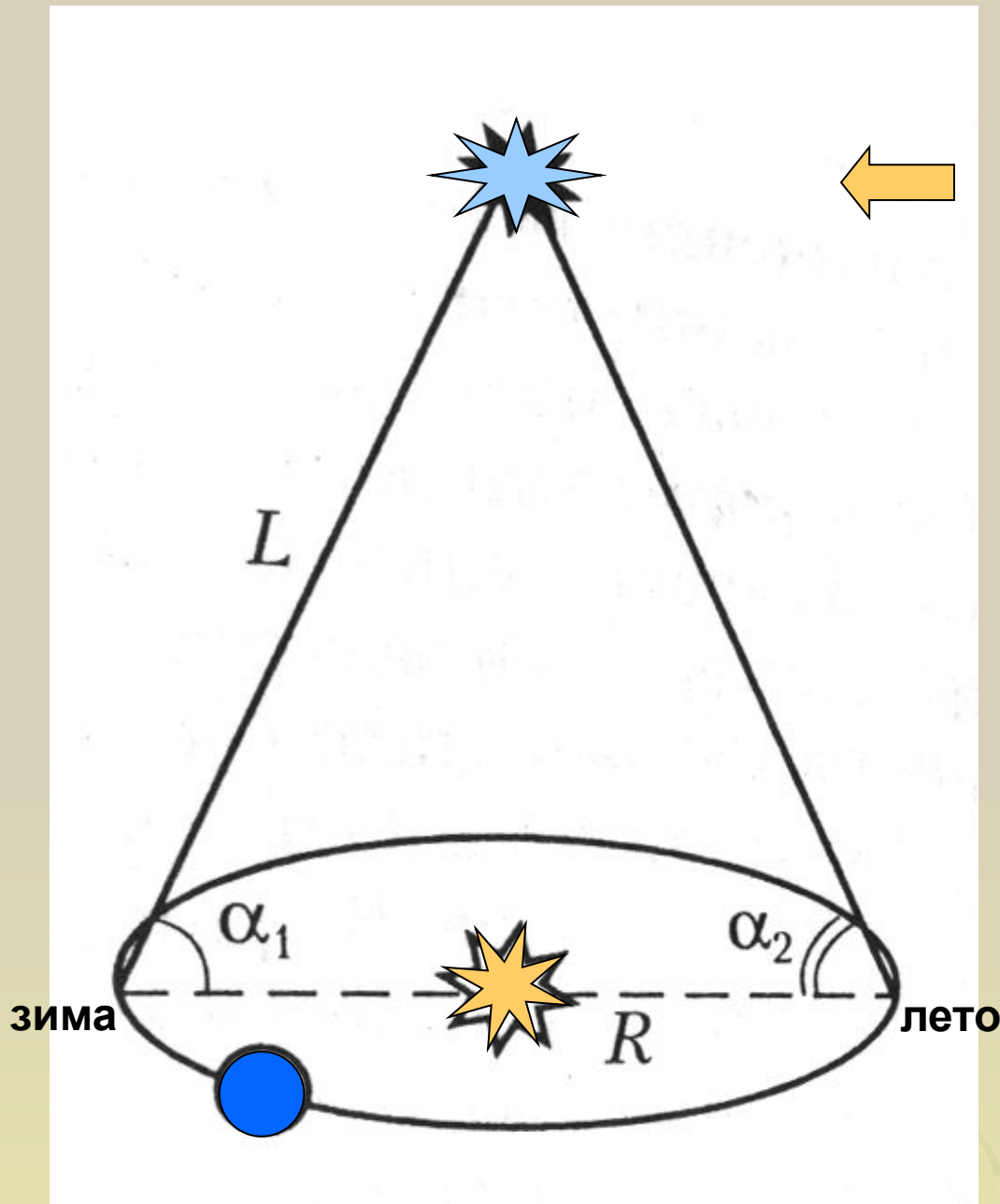
# Определение расстояний до близких звезд (годовой параллакс).



Зима

Измерение расстояния  $L$  до звезды методом триангуляции; в качестве известной стороны треугольника используется радиус орбиты Земли.

Лето



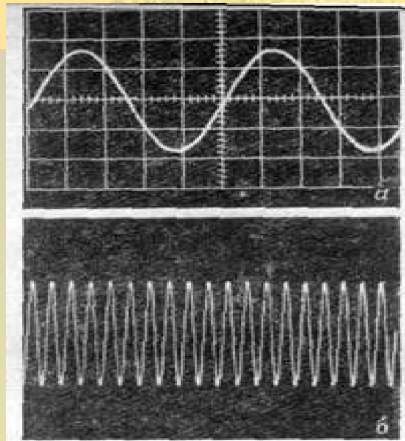
Измерение  
расстояния  $L$  до  
Звезды методом  
триангуляции;  
в качестве  
известной стороны  
треугольника  
используется  
диаметр орбиты  
Земли.

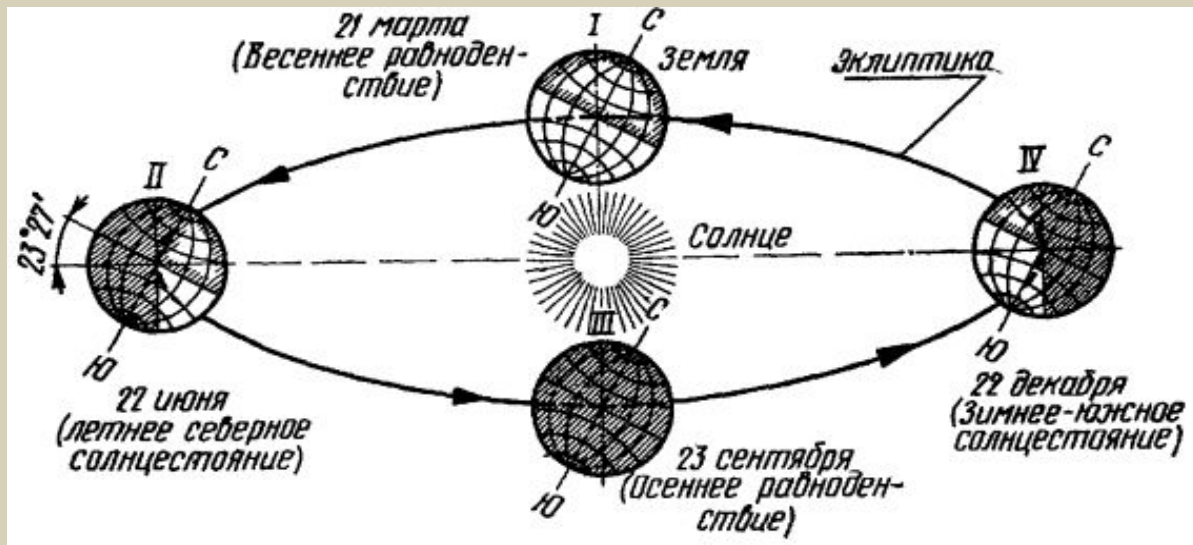
# ВРЕМЯ

- для измерения нужен  
периодический процесс



# Измерение времени

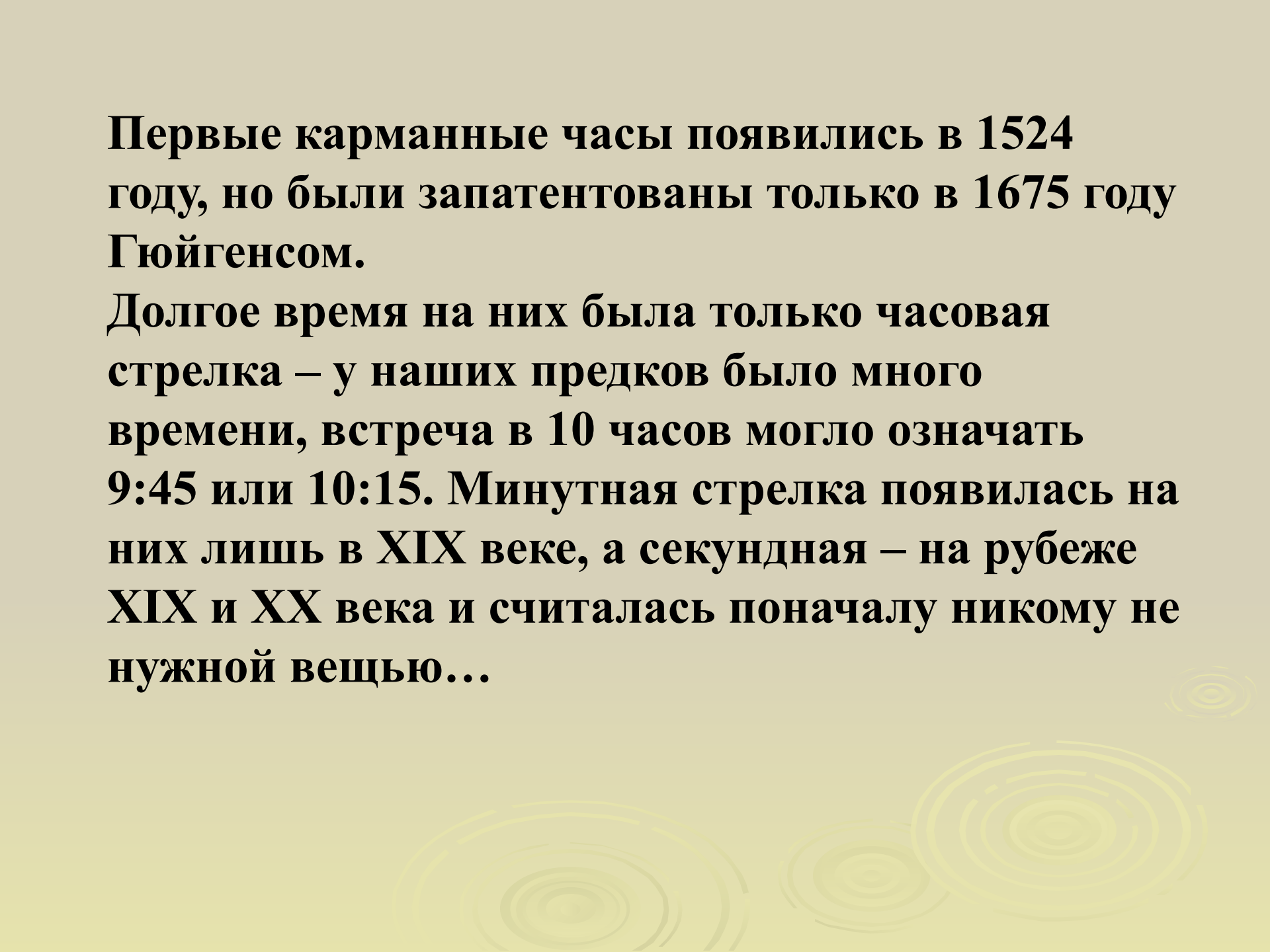




- Тропический год — промежуток времени между двумя последовательными прохождениями центра Солнца через точку весеннего равноденствия.
- $T = 365,24220$  суток.
- Солнечные сутки - время полного оборота Земли вокруг оси относительно Солнца; промежуток времени между двумя последовательными верхними или нижними кульминациями Солнца.

**Первые карманные часы появились в 1524 году, но были запатентованы только в 1675 году Гюйгенсом.**

**Долгое время на них была только часовая стрелка – у наших предков было много времени, встреча в 10 часов могло означать 9:45 или 10:15. Минутная стрелка появилась на них лишь в XIX веке, а секундная – на рубеже XIX и XX века и считалась поначалу никому не нужной вещью...**



# Временные масштабы во Вселенной.

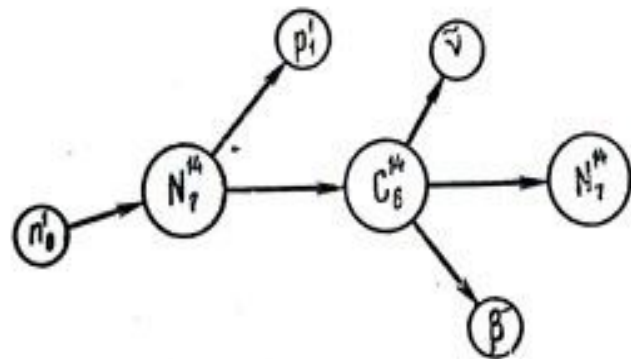
- **Возраст Вселенной  $10^{18}$  с  $\approx$  13,7 млрд. лет**
- **Возраст Земли  $10^{17}$  с  $\approx$  4,5 млрд.лет**
- **Существование жизни на Земле  $7,5 \cdot 10^{16}$  с  $\approx$  3 млрд.лет**
- **Время существования человечества  $10^{14}$  с  $\approx$  3,5 млн. лет**
- **Время появления первобытного человека  $5 \cdot 10^{13}$  с  $\approx$  3,2млн. лет**
- **Средняя продолжительность жизни человека  $2 \cdot 10^9$  с  $\approx$  65 лет**
- **Год  $3,15 \cdot 10^7$  с**
- **Сутки  $8,64 \cdot 10^4$  с**
- **Период колебаний звуковой волны  $10^{-3}$  с**
- **Период колебания радиоволны  $10^{-6}$ с**
- **Период колебания молекул  $10^{-12}$  с**
- **Период колебания атома  $10^{-12}$  с**
- **Период колебания ядра  $10^{-21}$  с**

# Методы оценки временных интервалов

- **Движение электронов в атоме цезия – атомные часы**
- **Колебания кристаллической решетки – кварцевые часы**
- **Колебания маятника**
- **Биение человеческого сердца**
- **Суточное вращение Земли**
- **Времена, сравнимые с возрастом Земли, – по радиоактивному распаду углерода**
- **Возраст Солнечной Системы – по полураспаду урана**
- **Возраст Вселенной – оценка с помощью микроволнового анизотропного зонда**



# Метод радиоактивного распада углерода $^{14}\text{C}$



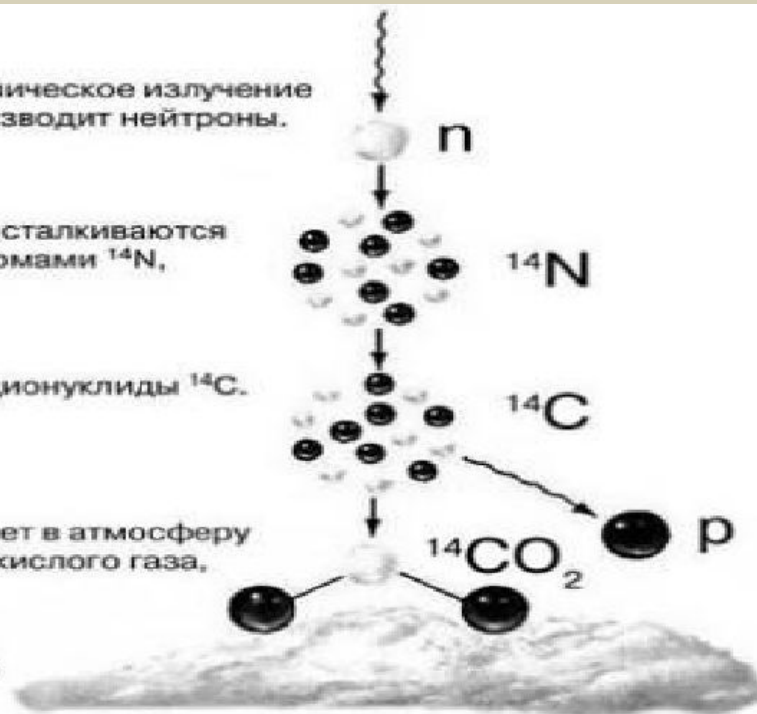
Космическое излучение производит нейтроны.

Они сталкиваются с атомами  $^{14}\text{N}$ ,

образуя радионуклиды  $^{14}\text{C}$ .

$^{14}\text{C}$  поступает в атмосферу в виде углекислого газа,

и там поддерживается почти постоянная концентрация  $^{14}\text{C}$ .



$^{14}\text{C}$  проникает в океан и на сушу, накапливается в тканях растений и животных и, вступая в химические реакции, образует карбонатные соединения (раковины и минералы).



Умершие организмы не накапливают  $^{14}\text{C}$ . Содержащийся в них  $^{14}\text{C}$  подвергается радиоактивному распаду и вновь превращается в  $^{14}\text{N}$ .



Измерение концентрации  $^{14}\text{C}$  в образце и сравнение с его исходным содержанием позволяет вычислить возраст.

# Основные этапы развития естествознания

1. **Естествознание древнего и средневекового мира (от античных философов до середины XVI века)**
2. **Классический период развития естествознания (от экспериментальных работ итал. уч. Галилея до конца XIX века)**
3. **Современное естествознание (с начала XX века и до наших дней)**

# 1 этап

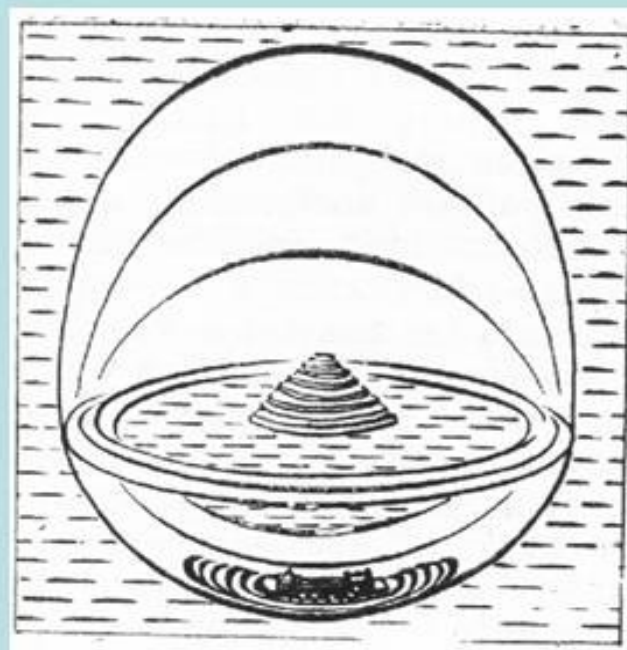
**Основная характеристика – носил  
мировоззренческий характер.**

# Древняя Индия

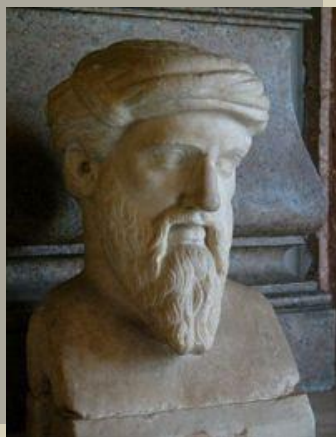


Древнеиндийская система мироустройства

# Древний Вавилон



# Античные философы – геоцентрическая система Мира



**Пифагор**  
580 – 500 г.г.  
до н.э.



**Демокрит**  
460 – 370 г.г.  
до н.э.



**Аристотель**  
384 – 322 г.г.  
до н.э.



**Архимед**  
287 - 212 г.г.

до н.э.

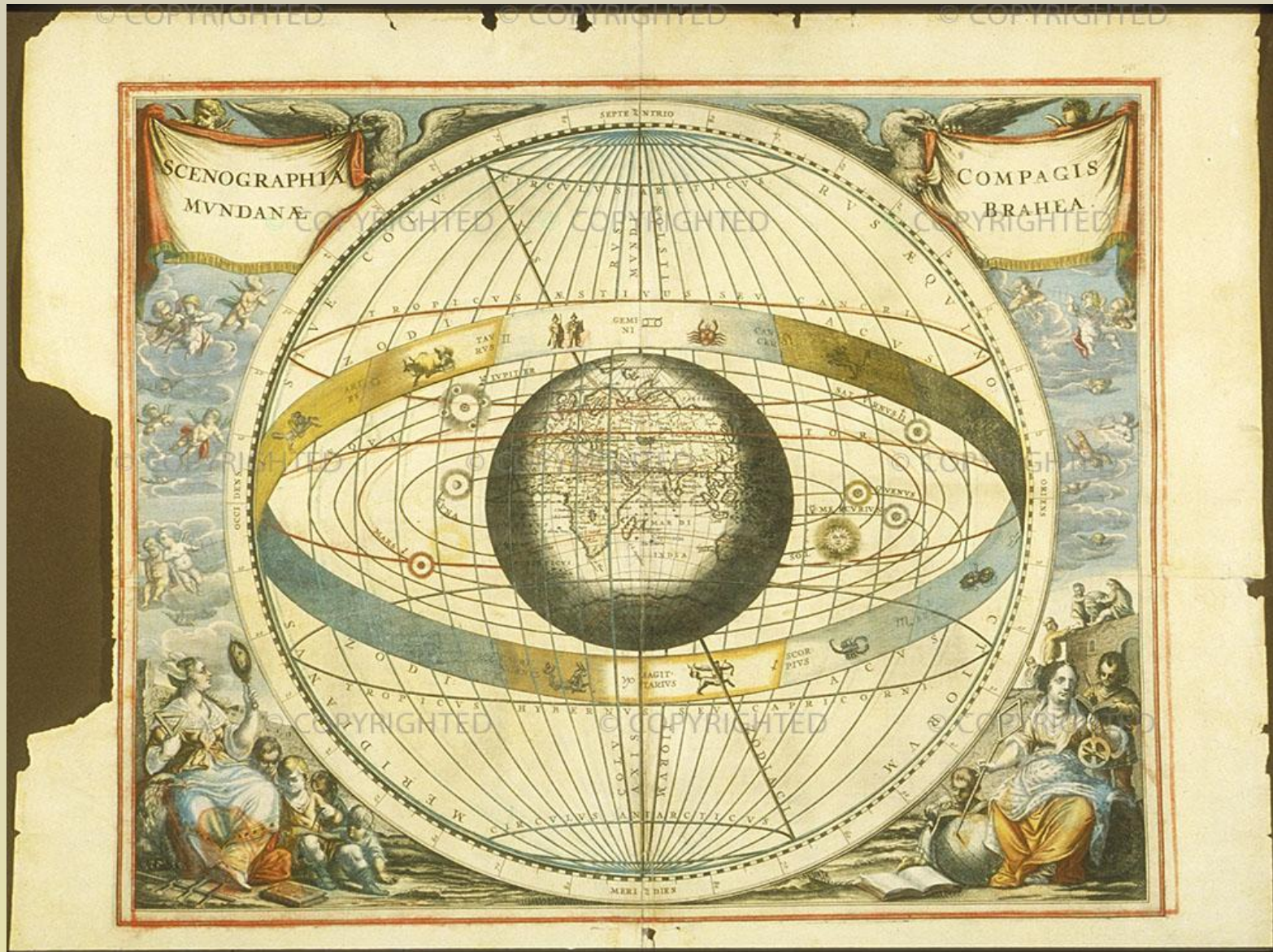


**Клавдий Птолемей**  
90 – 168 г.г. н.э.

# Аристотель

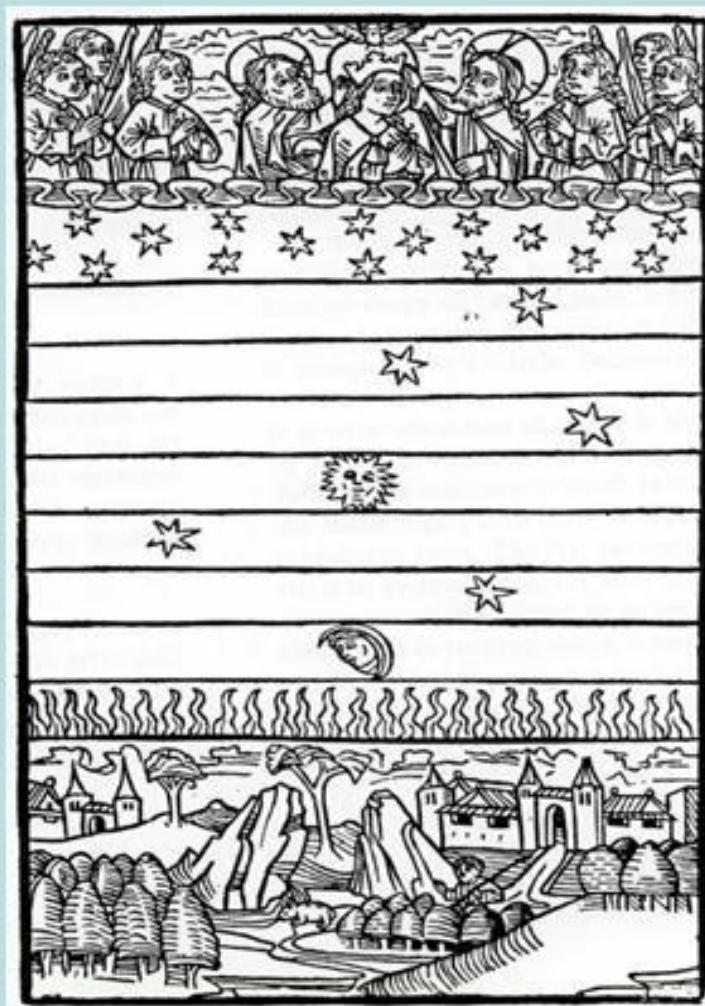


# Геоцентрическая система Мира (Птолемей)





# 14 век



# Начало 16 века



# Коперник



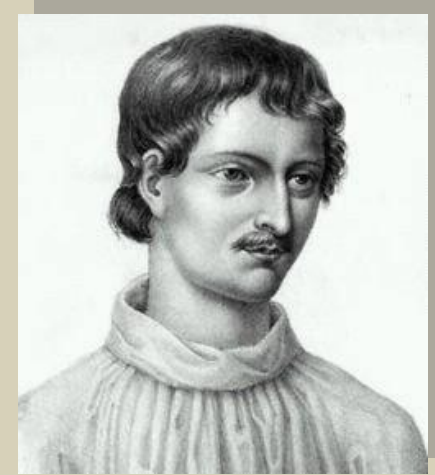
# Борцы за гелиоцентрическую систему



Николай Коперник  
1473 - 1543 г.г.



Леонардо да Винчи  
1452 - 1519 г.г.



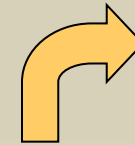
Джордано Бруно  
1548 - 1600 г.г.



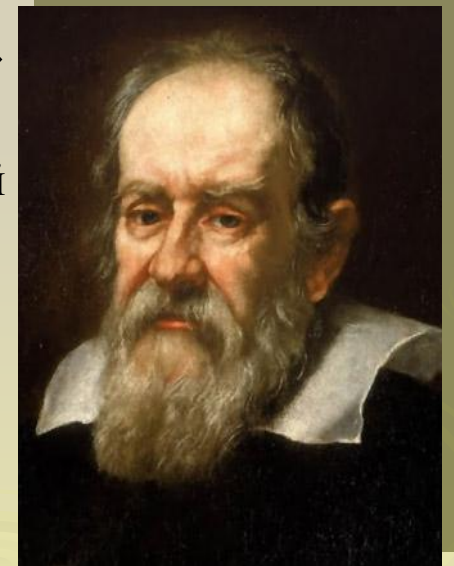
Иоганн Кеплер  
1571 - 1630 г.г.



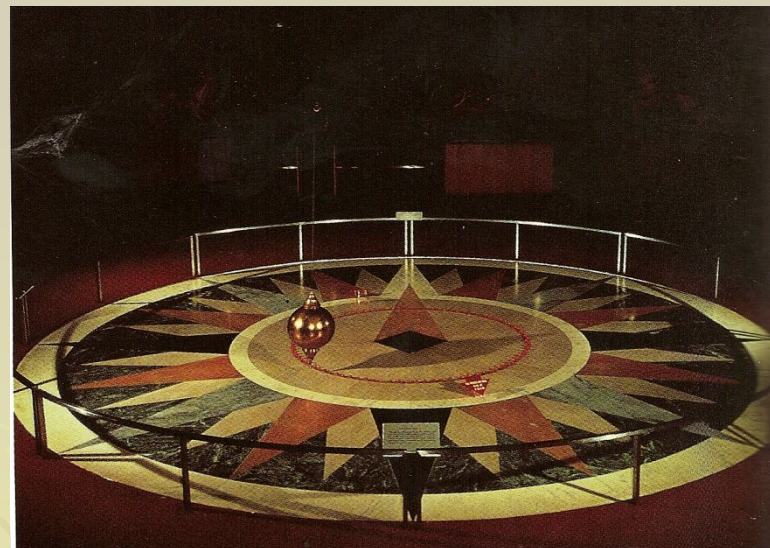
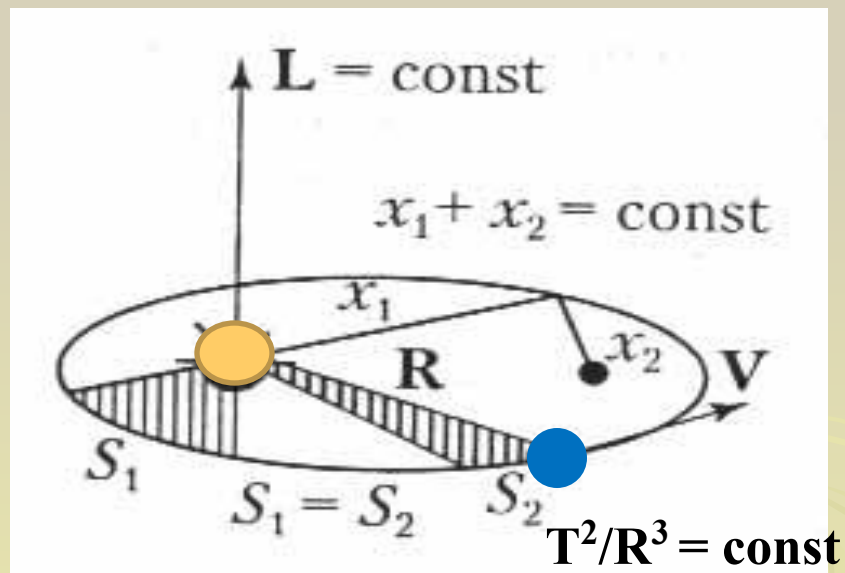
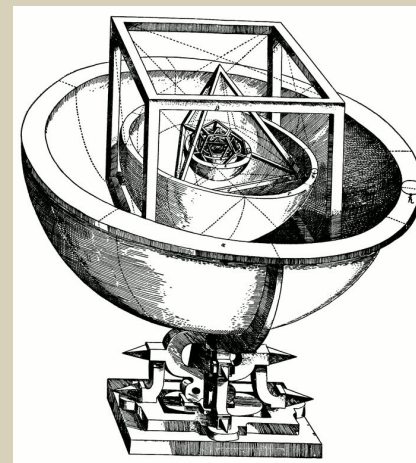
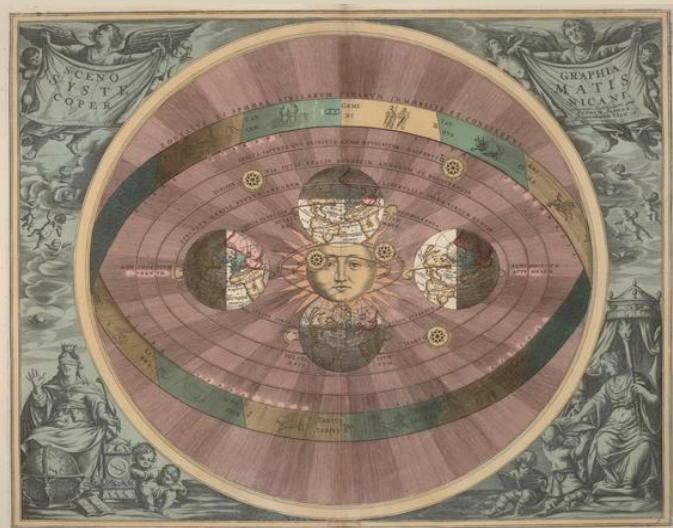
Тихо Браге  
1546 - 1601 г.г.



Галилео Галилей  
1564 - 1633 г.г.



# Достижения гелиоцентрической системы



# Эксперимент Фуко в Исаакиевском Соборе Спб



Механическое движение – это простейшая форма движения

- Под механическим движением понимают изменение положения тел относительно друг друга за время наблюдения.
- Характер движения зависит от того, относительно какого тела оно рассматривается.

- В древнегреч. натурфилософии проблема механического движения и взгляды на природу в целом сводились к исследованию причин.
- Различные причины сопоставлялись с многообразием видов механ.движений:
  - планеты - движимы Перводвигателем
  - тяжелые тела падают к центру Мира, кот. нах-ся в центре Земли
  - и др. примеры.



Взгляды на проблему механического движения были **строго детерминированы** (т. е. причинно обусловлены).

Все, происходящее в мире, имеет свою причину и приводит к определенному результату.

Детерминизм не оставляет место Случаю.

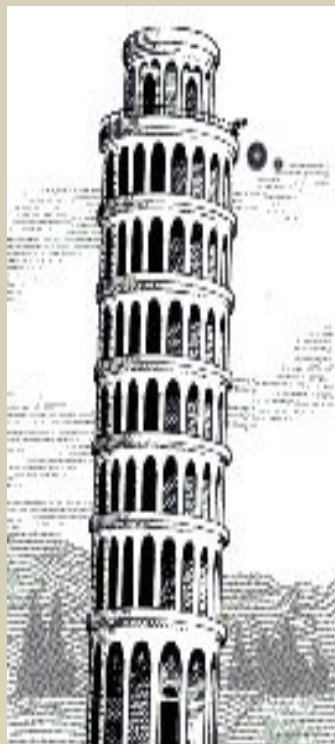
Лапласовский детерминизм: *будущее полностью определено настоящим. (конец 18-го века)*

## 2 этап

*Классический период – основой познания является опыт, эксперимент*

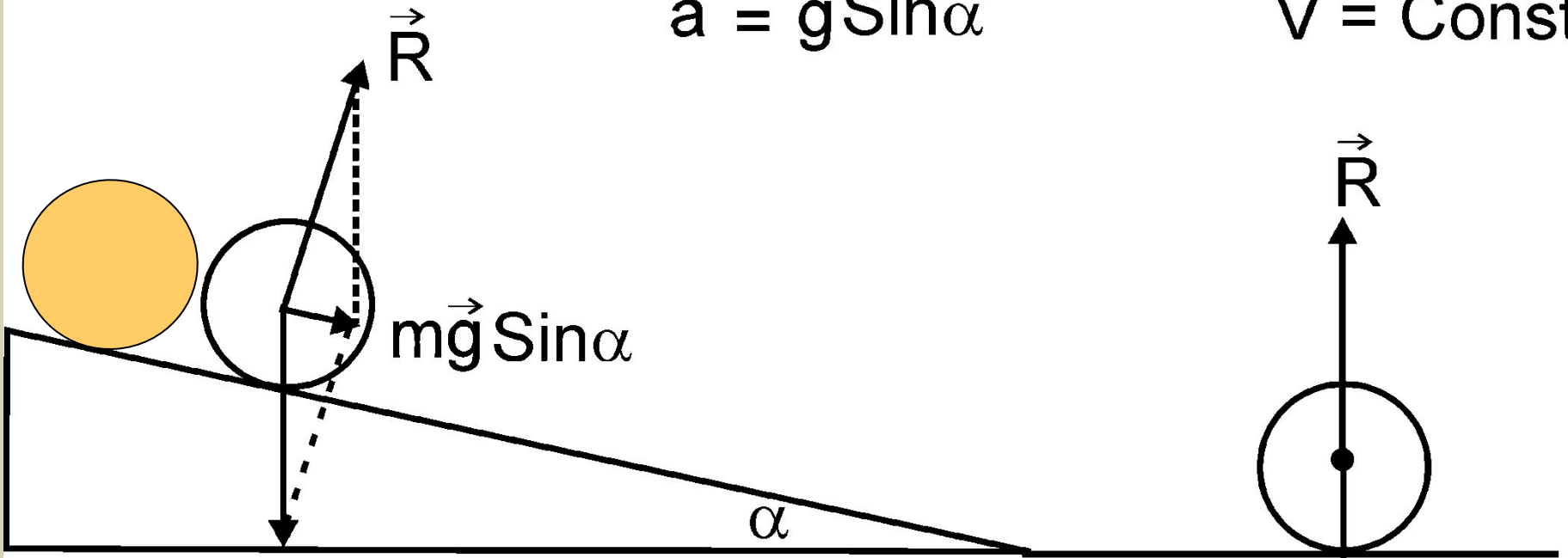
Галилео Галилей, итал.ученый  
1564 - 1633 г.г

# Опыты Галилея



$$\vec{a} = \vec{g} \sin \alpha$$

$$\vec{V} = \text{Const}$$

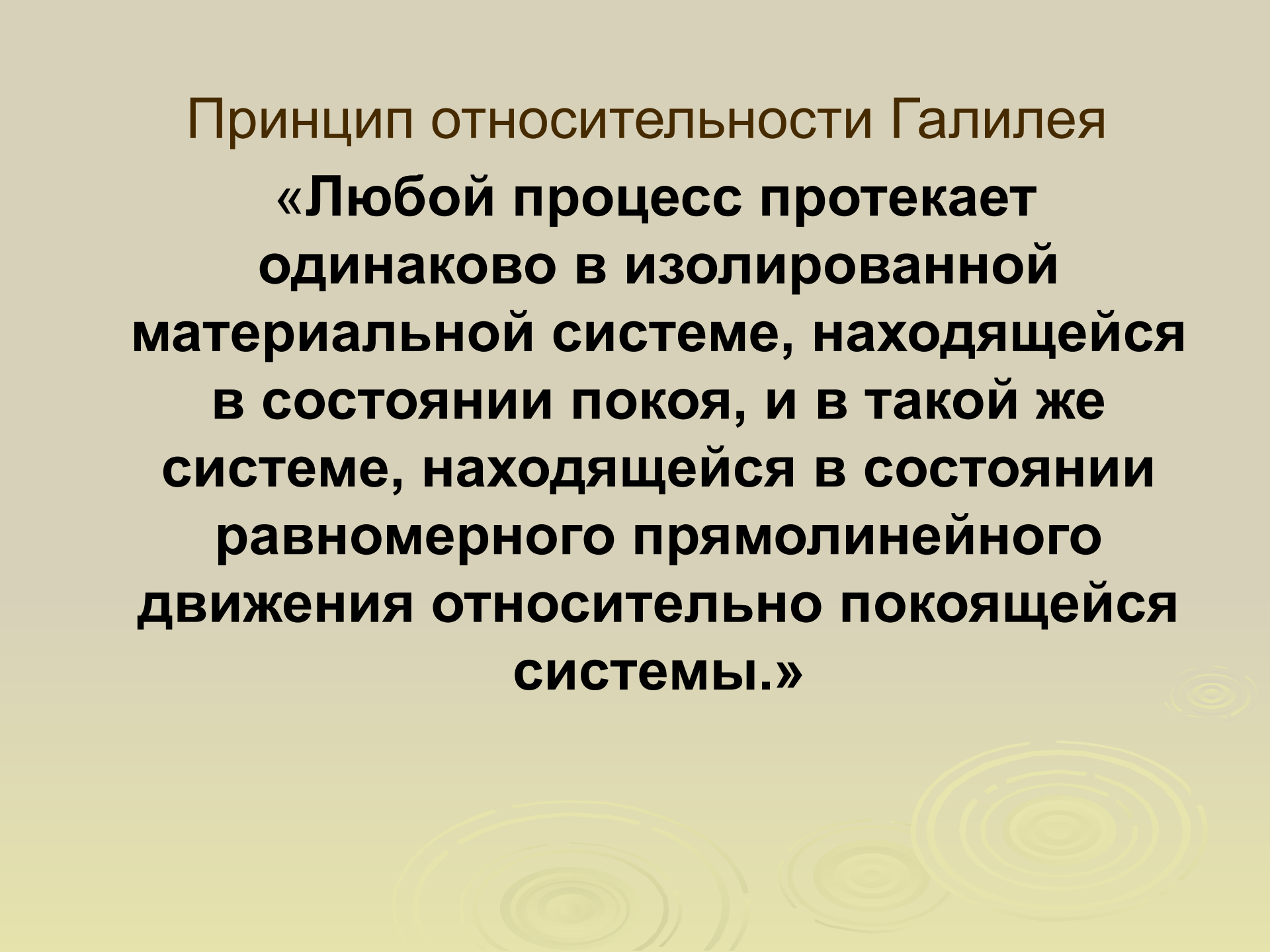


$$X(t) = \frac{at^2}{2}$$

$$X(t) = X_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Принцип относительности Галилея

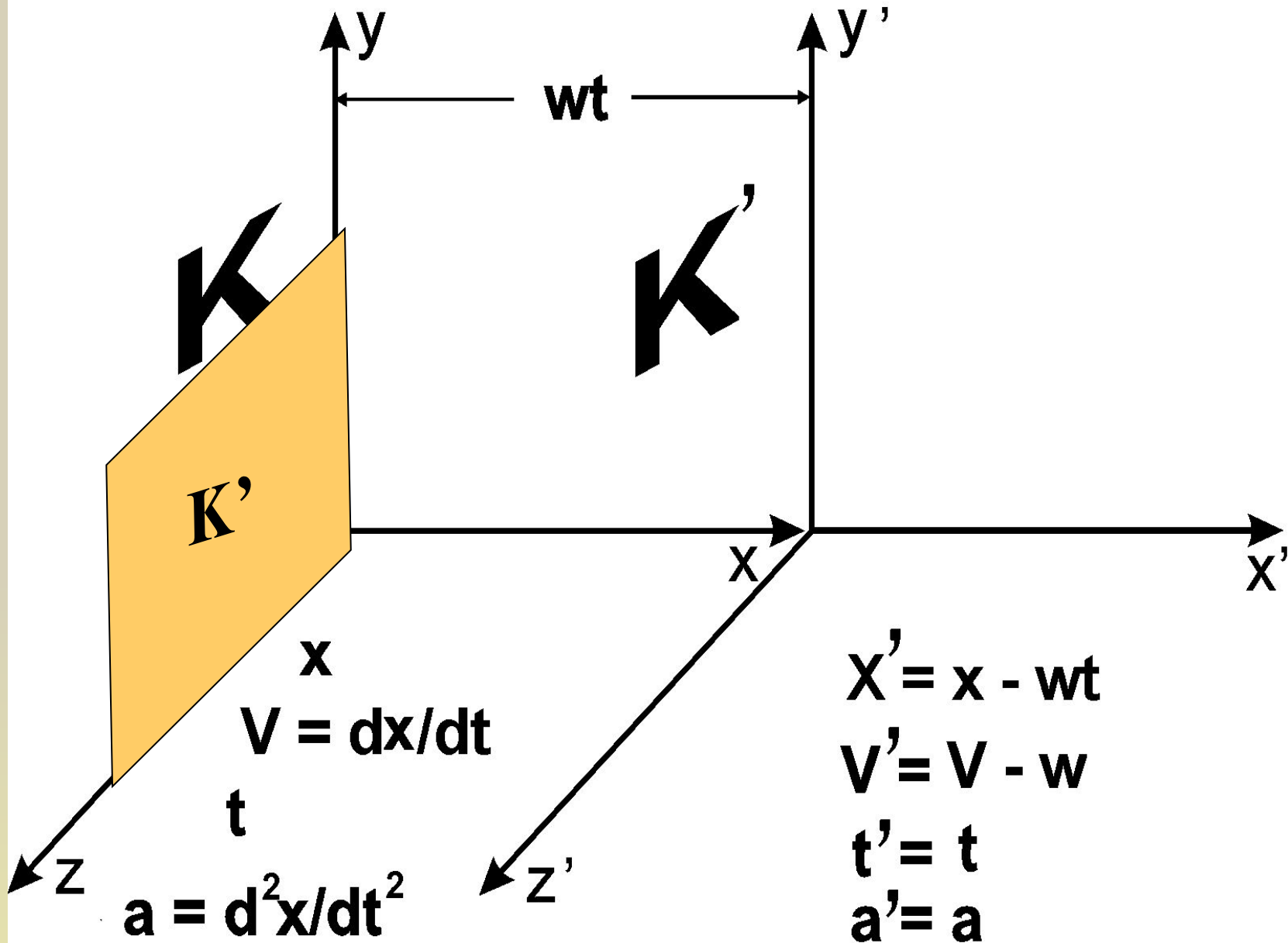
**«Любой процесс протекает  
одинаково в изолированной  
материальной системе, находящейся  
в состоянии покоя, и в такой же  
системе, находящейся в состоянии  
равномерного прямолинейного  
движения относительно покоящейся  
системы.»**



***Системы отсчета , движущиеся  
равномерно и прямолинейно  
относительно друг друга, называются  
инерциальными.***

ВСЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА  
РАВНОПРАВНЫ (ОДИНАКОВЫ), В ЧАСТНОСТИ ,  
ТАК НАЗЫВАЕМЫЙ «ПОКОЙ» И ДВИЖЕНИЕ С  
ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ - ОДНО И ТОЖЕ.

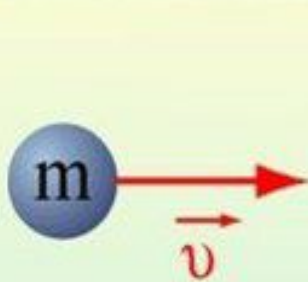
# W - скорость $K'$ относительно $K$



- **Все инерциальные системы равноправны (одинаковы), в частности, т.н. «покой» и движение с постоянной скоростью – есть одно и то же.**
- **Никакими физическими опытами нельзя установить с какой постоянной скоростью движется тело, с которым мы связали инерциальную систему отсчета.**



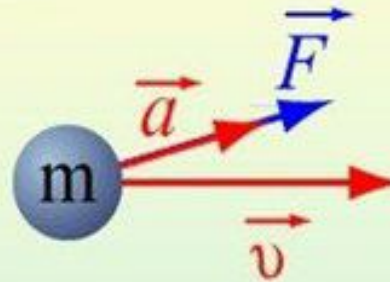
# Законы Ньютона



$$\vec{v} = \text{const}, \text{ при } \vec{F} = 0$$

## I закон

Существуют такие системы отсчета, в которых всякое тело будет сохранять состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения до тех пор, пока действие других тел не заставит его изменить это состояние.



$$\vec{F} = m\vec{a}$$

## II закон

Под действием силы тело приобретает такое ускорение, что его произведение на массу тела равно действующей силе.



$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

## III закон

Силы, с которыми взаимодействующие тела действуют друг на друга, равны по модулю и направлены по одной прямой в противоположные



← НЬЮТОН Исаак , 1643 – 1727 г.г.

$F = ma$  Второй Закон Ньютона

$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  Закон Всемирного тяготения

$$F = G \frac{M_{\text{Земли}} m}{r_{\text{Земли}}^2}$$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$   
- гравитационная постоянная

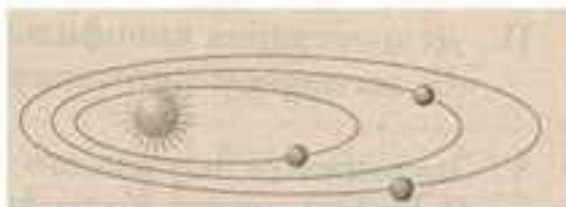
$$g = G \frac{M_{\text{Земли}}}{r_{\text{Земли}}^2}$$

$g = 9,819 \text{ м/с}^2$  -  
- ускорение свободного  
падения

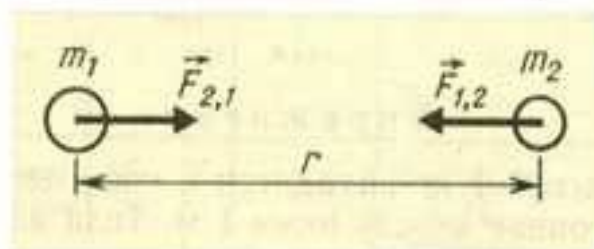
# Закон всемирного тяготения

## Факты:

- 1) Приливы и отливы
- 2) Падение тел на Землю
- 3) Движение Земли вокруг Солнца
- 4) Движение Луны вокруг Земли



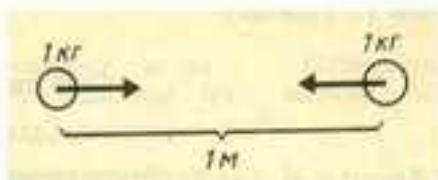
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



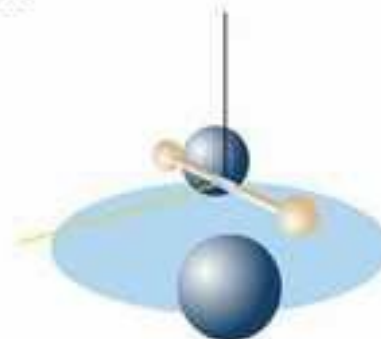
## Пределы применимости

1. Материальные точки
2. Шары
3. Шар большого радиуса и тело

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$  – Гравитационная постоянная



Экспериментально определил английский физик Г. Кавендиш (1798)



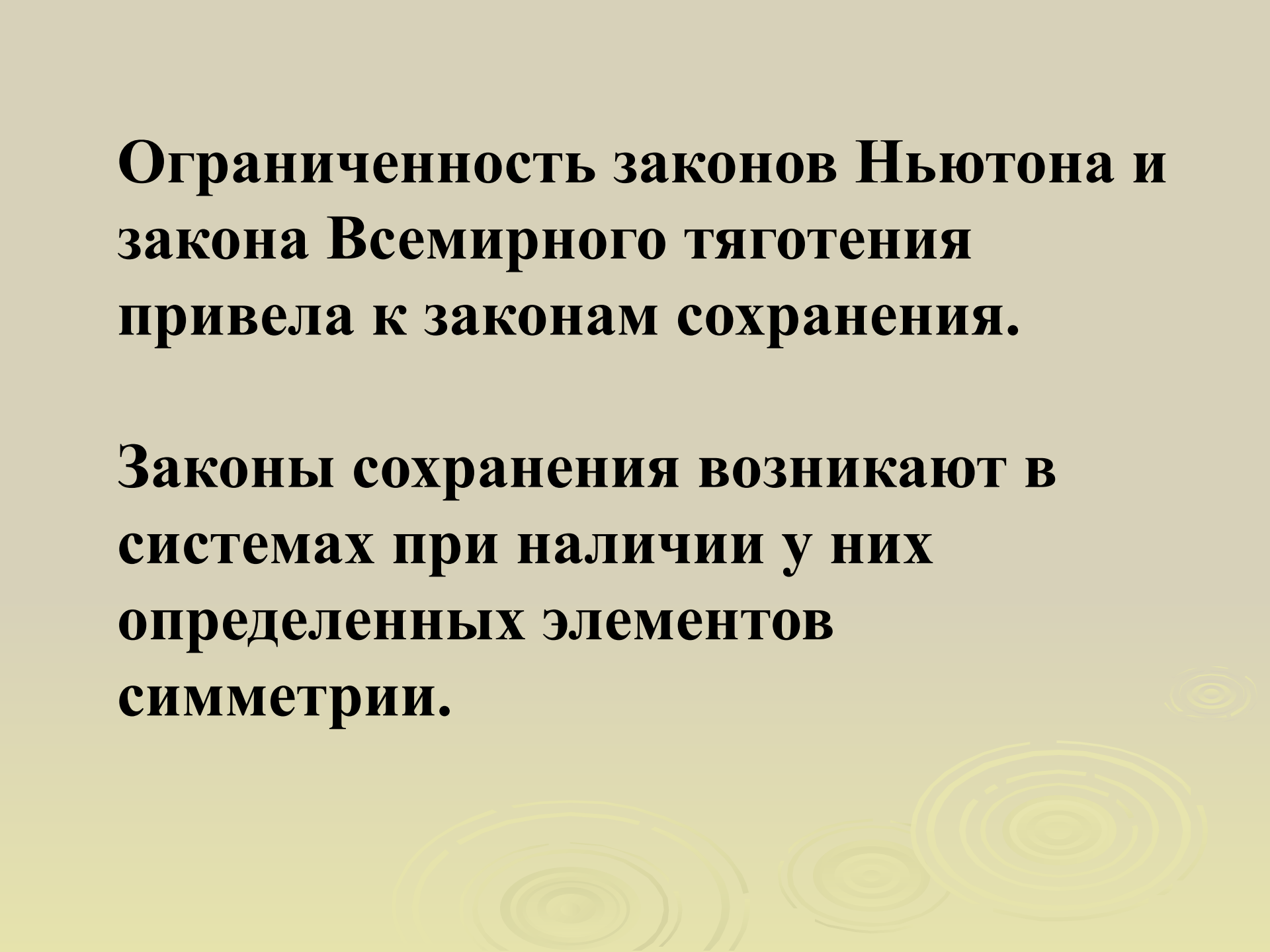
# Принцип эквивалентности гравитационной и инерционной масс

*Инерционная масса*

~~Гравитационная масса~~  
 $M_{\text{Земли}}$   $m$   
 $r_{\text{Земли}}$

**Ограниченность законов Ньютона и закона Всемирного тяготения привела к законам сохранения.**

**Законы сохранения возникают в системах при наличии у них определенных элементов симметрии.**



**Глобальные законы сохранения связаны с существованием таких преобразований, которые оставляют неизменными любую систему.**

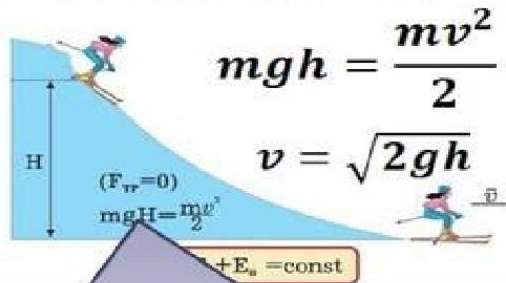
**Элементы симметрии**

# Закон сохранения энергии

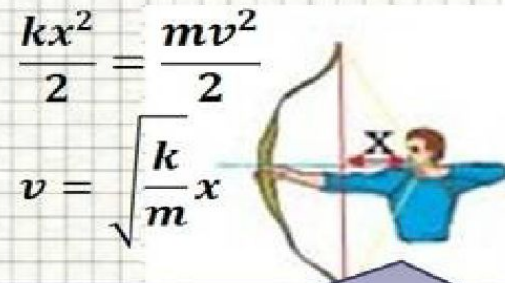
$$T + W = \frac{mV^2}{2} + mgh = const$$

где  $T$  - кинетическая энергия, а  $W$  - потенциальная энергия

## Примеры применения закона сохранения энергии



*Потенциальная энергия тела, поднятого над землей переходит в кинетическую*



*Потенциальная энергия деформированного тела переходит в кинетическую*

- **Закон сохранения энергии** (для консервативных) систем отражает такое свойство **Времени** как его **однородность** и является следствием симметрии сдвига во **Времени**.
- *(Консервативные системы – это системы, в которых можно пренебречь любыми другими взаимодействиями, кроме механических.)*



# Закон сохранения энергии

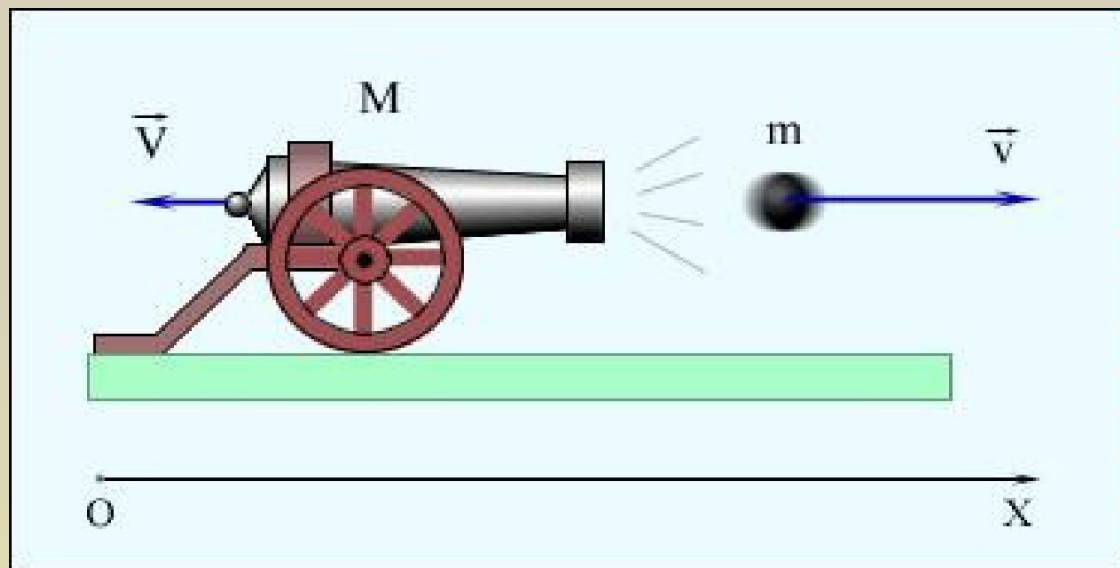


**Закон сохранения энергии** утверждает, что энергия никуда не исчезает и не возникает "из ничего"; она только переходит от одного тела к другому или превращается из одного вида в другой.



**Закон сохранения импульса связан с однородностью Пространства и является следствием симметрии относительно параллельного переноса в пространстве**

$$\square \vec{P} = m\vec{V}$$



$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

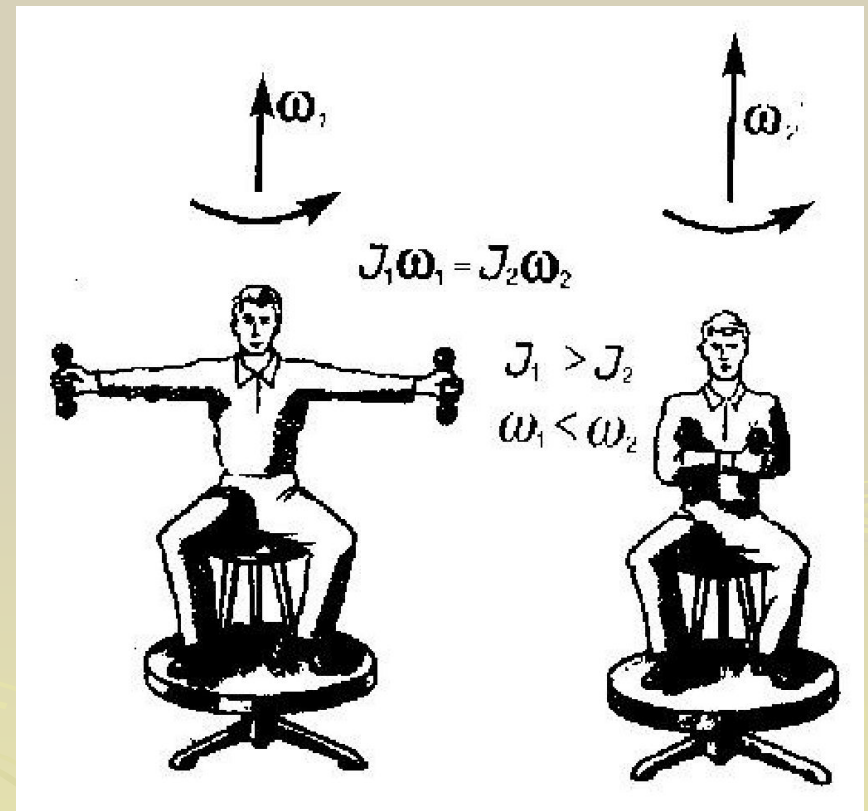
**Закон сохранения момента импульса** для вращательного движения связан с **изотропностью Пространства**, т.е его одинаковость во всех направлениях, и является следствием симметрии относительно поворотов в пространстве

$$\vec{L} = J\vec{\omega},$$

где  $\vec{L}$  – момент импульса,

$J$  – момент инерции,

$\vec{\omega}$  – угловая скорость



Со времени Ньютона и до появления теории относительности (1905 г.) Время и Пространство мыслились

**во-первых**, как независимые одно от другого понятия,

**во-вторых**, как некие идеальные «математические», абстрактные и не зависящие от физических объектов и процессов «вместилища» тел и событий.

**Считалось**, что Пространство и Время **абсолютны**, т.е. не зависят от наличия материальных тел или протекающих процессов и наблюдателей.