

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.*

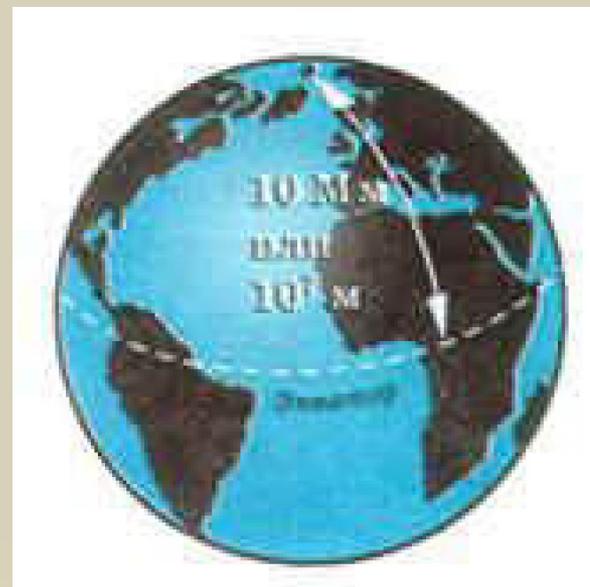
Физической теорией Пространства и
Времени является
теория относительности

Пространственные масштабы и размеры от Мегамира до мира микробиологических объектов (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)



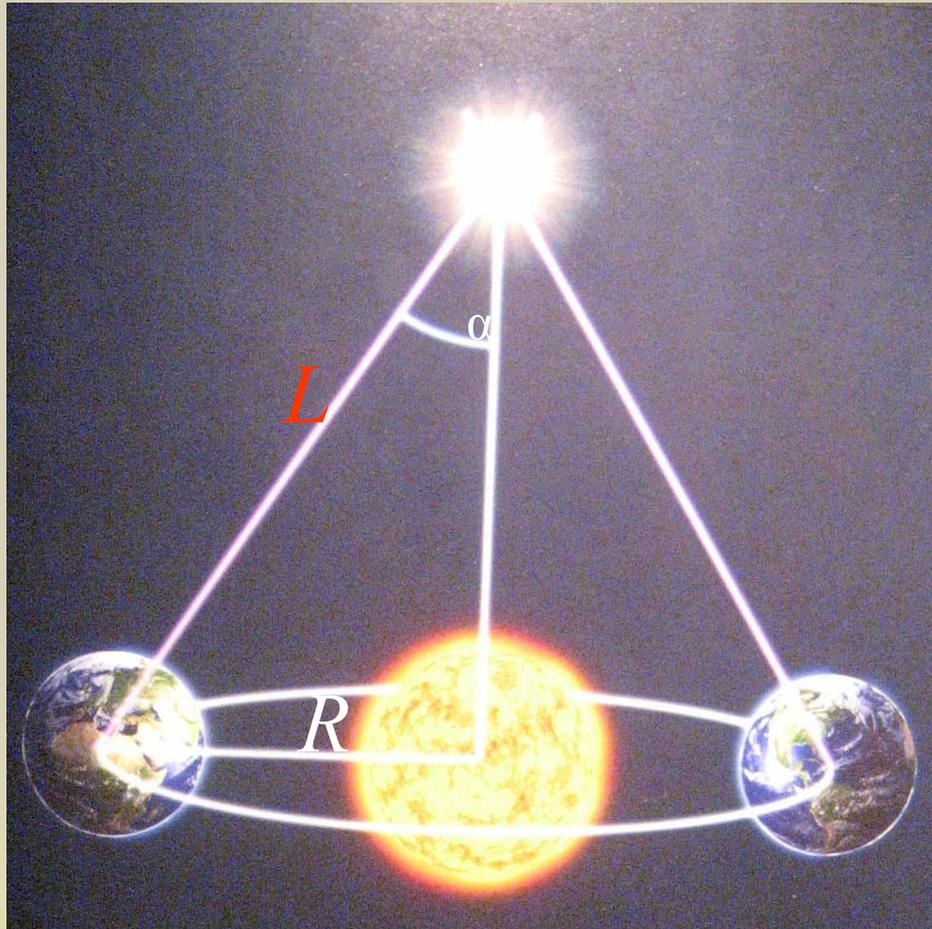
Метр – единица длины, равная расстоянию, которое проходит свет в вакууме за время $1/299\,792\,458$ с.

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)**

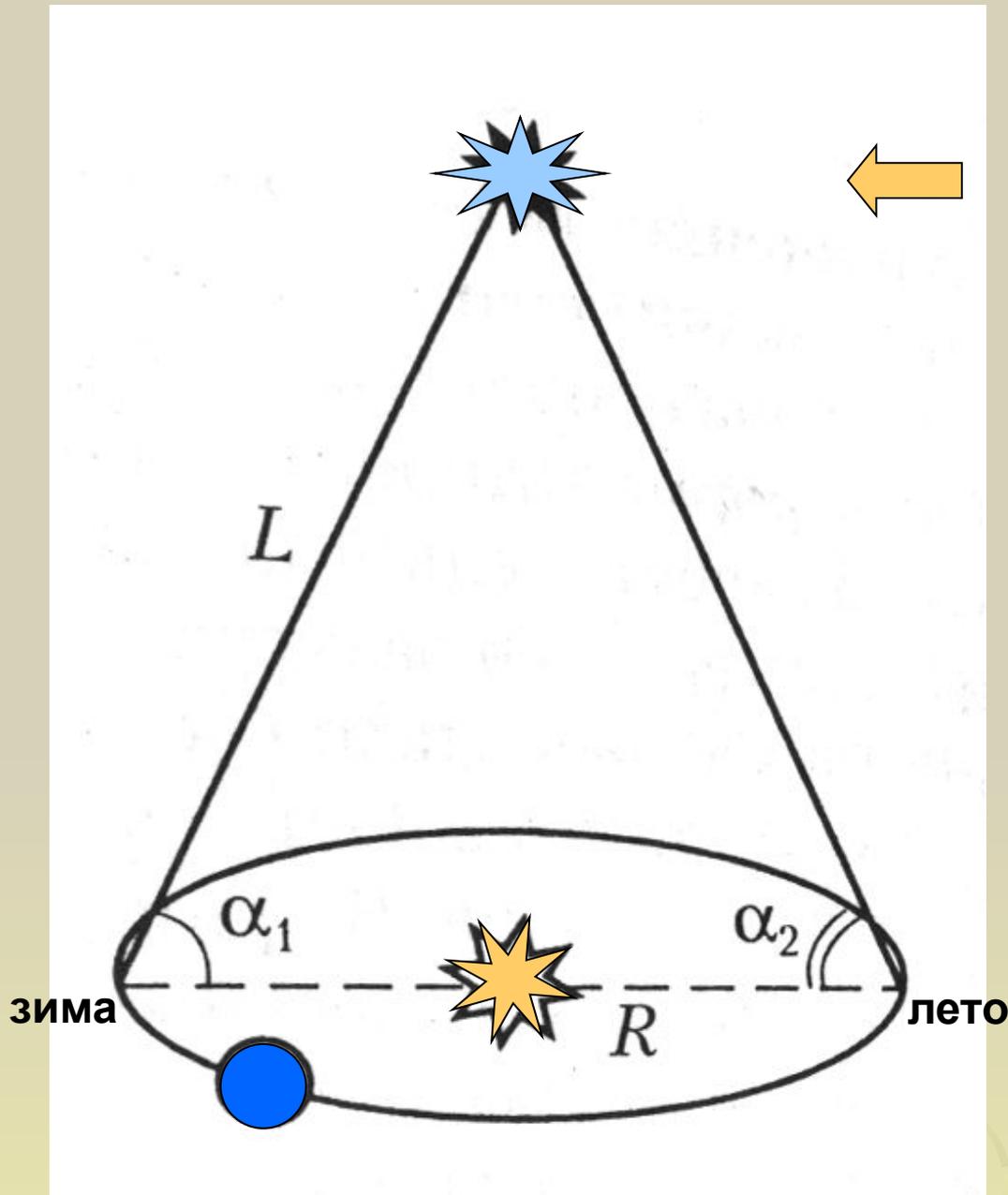
Определение расстояний до близких звезд (годовой параллакс).



Зима

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

Лето



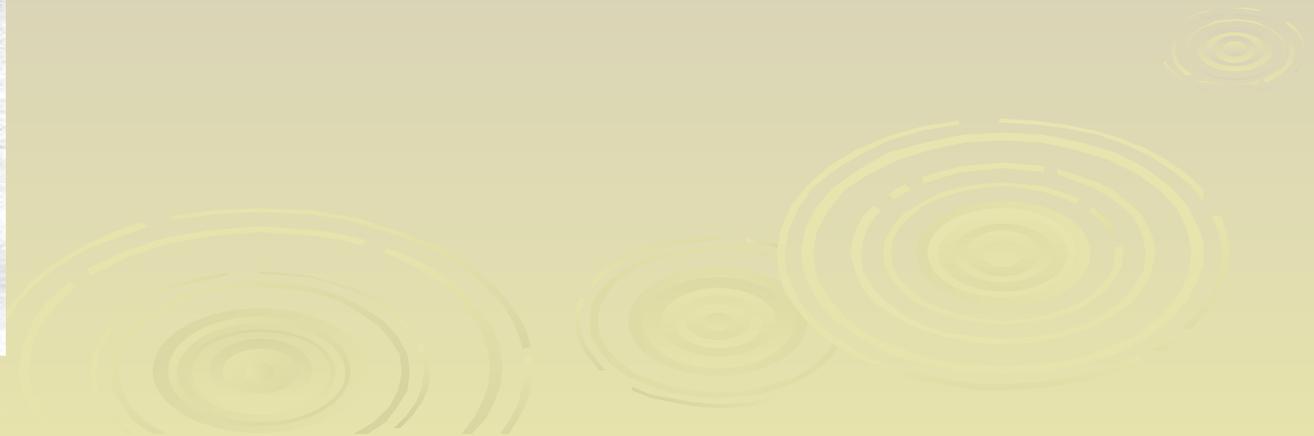
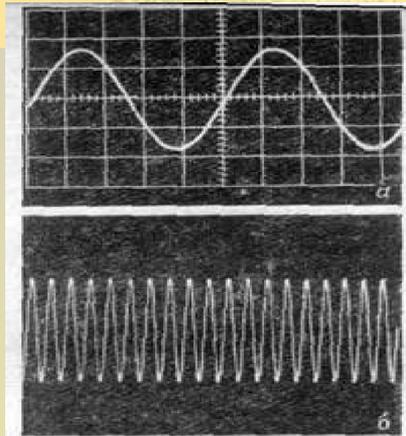
Измерение
расстояния L до
Звезды методом
триангуляции;
в качестве
известной стороны
треугольника
используется
диаметр орбиты
Земли.

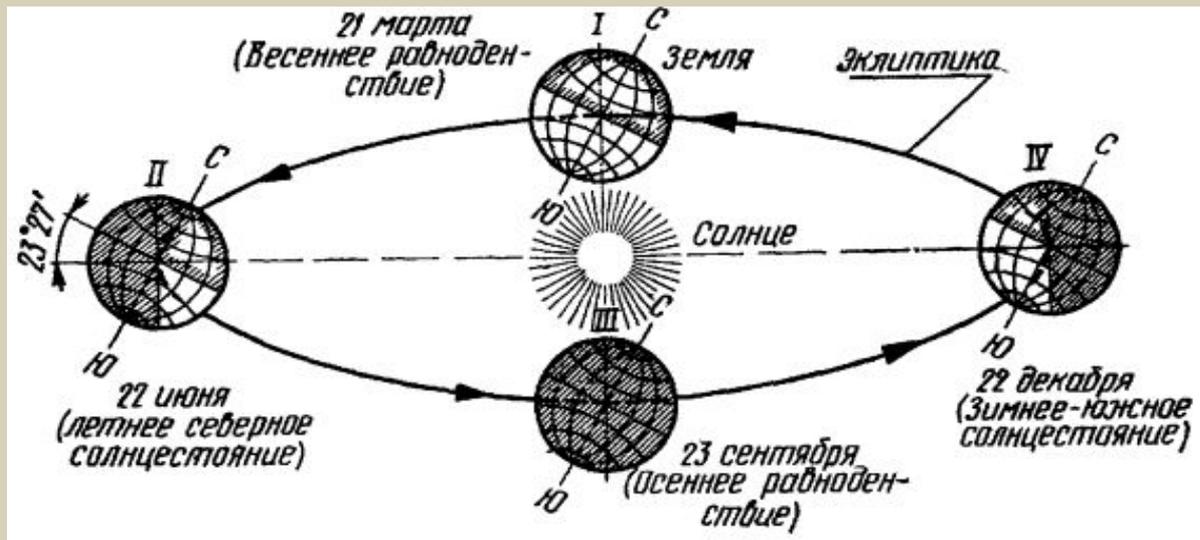
ВРЕМЯ

- 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...

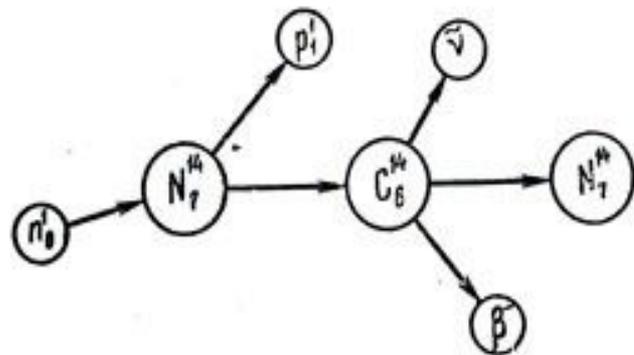
Временные масштабы во Вселенной.

- **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}C



Космическое излучение производит нейтроны.

Они сталкиваются с атомами ^{14}N ,

образуя радионуклиды ^{14}C .

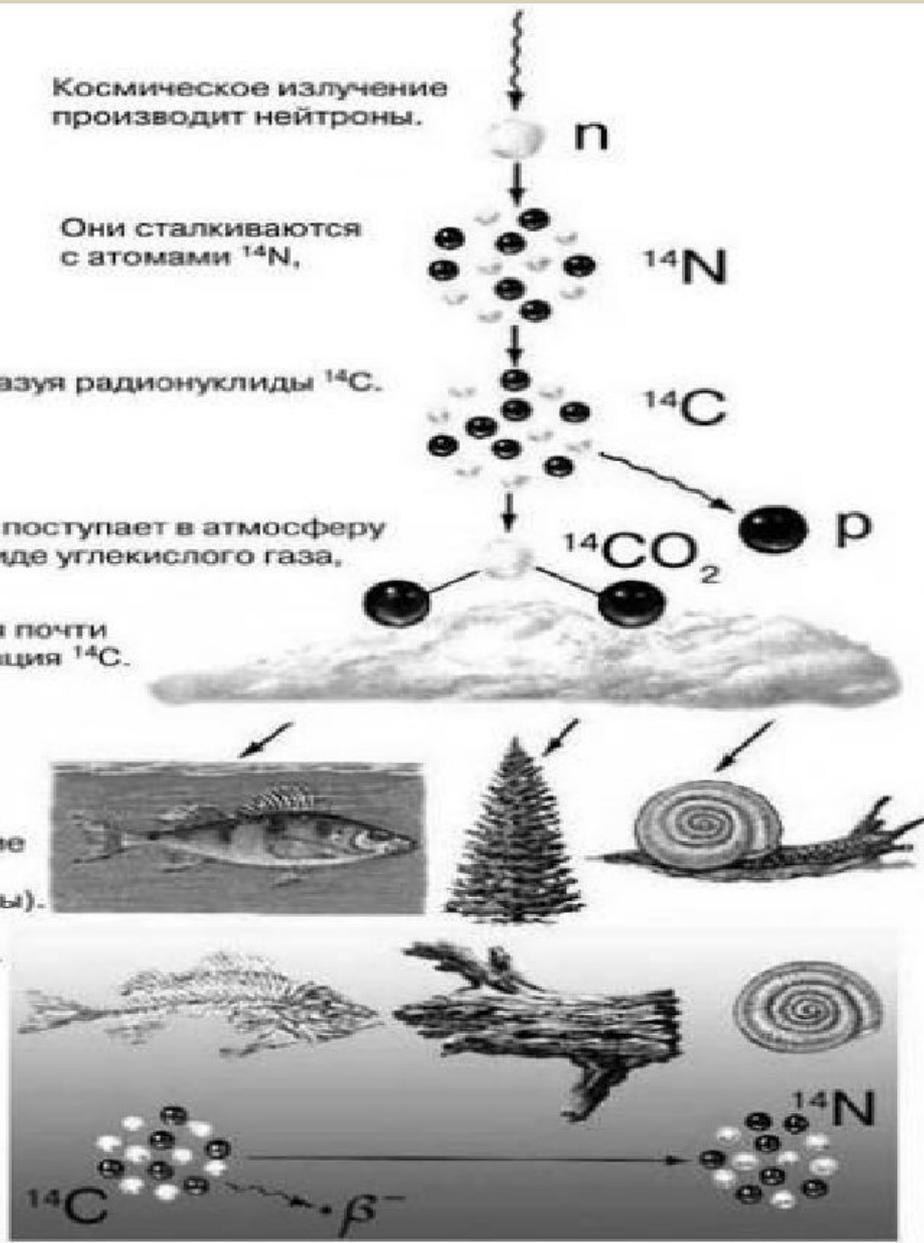
^{14}C поступает в атмосферу в виде углекислого газа,

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

^{14}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}C . Содержащийся в них ^{14}C подвергается радиоактивному распаду и вновь превращается в ^{14}N .

Измерение концентрации ^{14}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

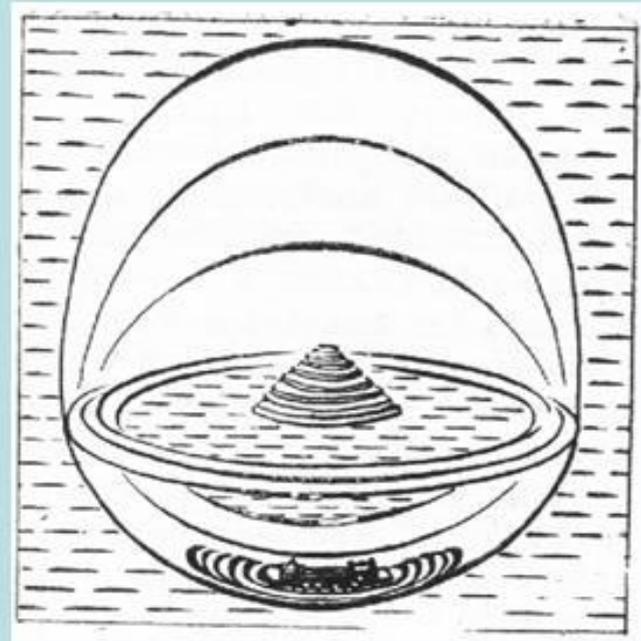
**Основная характеристика – носил
мировоззренческий характер.**

Древняя Индия

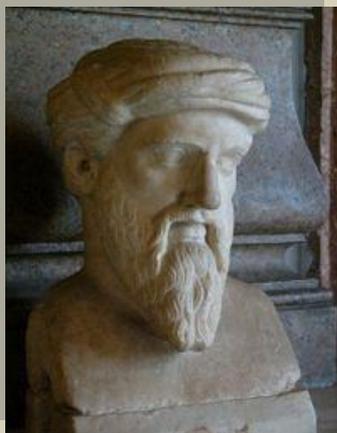


Древнеиндийская система мироустройства

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.

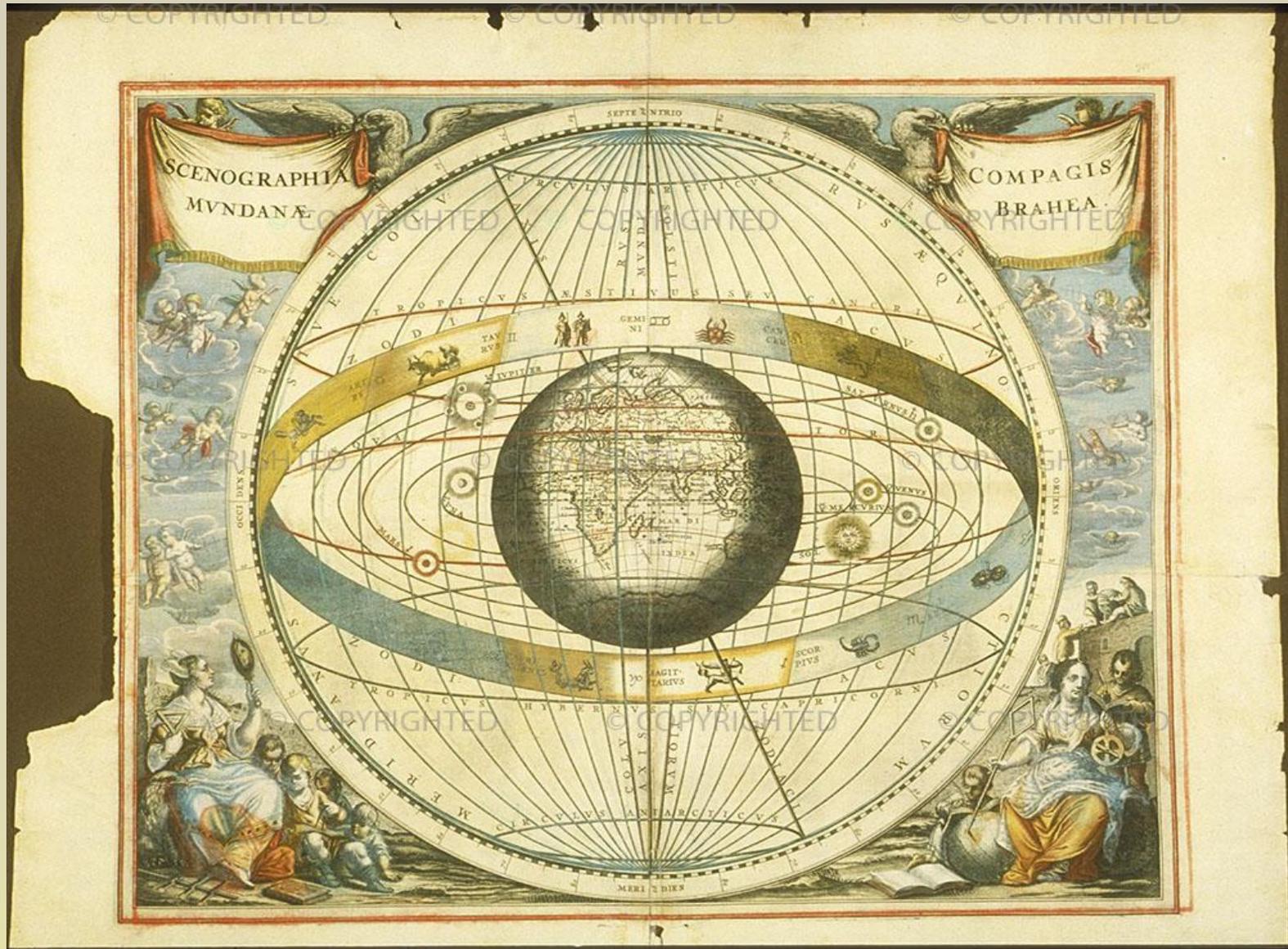


Клавдий Птолемей
90 – 168 г.г. н.э.

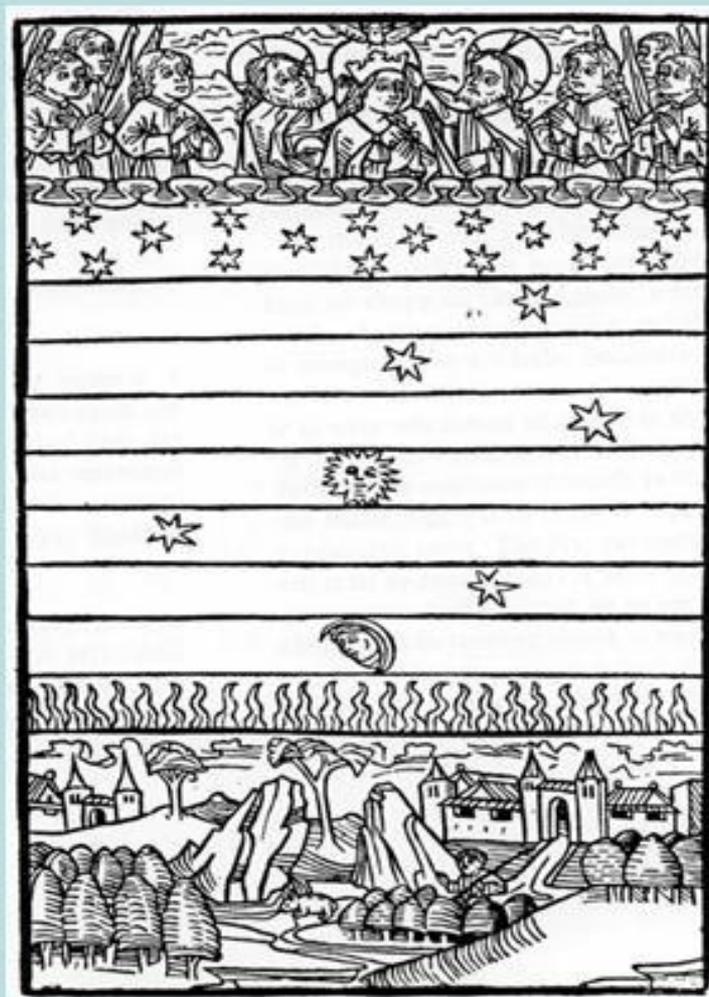
Аристотель



Геоцентрическая система Мира (Птолемей)



14 век



Начало 16 века



Коперник



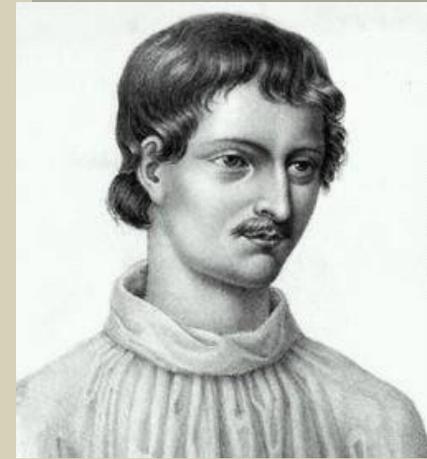
Борцы за гелиоцентрическую систему



Николай Коперник
1473 - 1543 г.г.



Леонардо да Винчи
1452 - 1519 г.г.



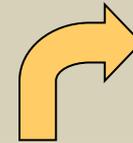
Джордано Бруно
1548 - 1600 г.г.



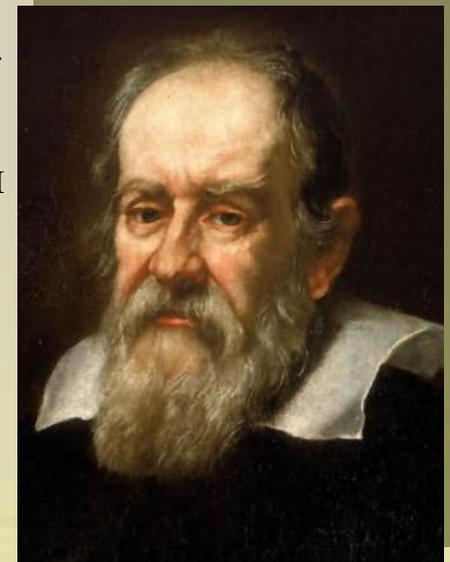
Иоганн Кеплер
1571 - 1630 г.г.



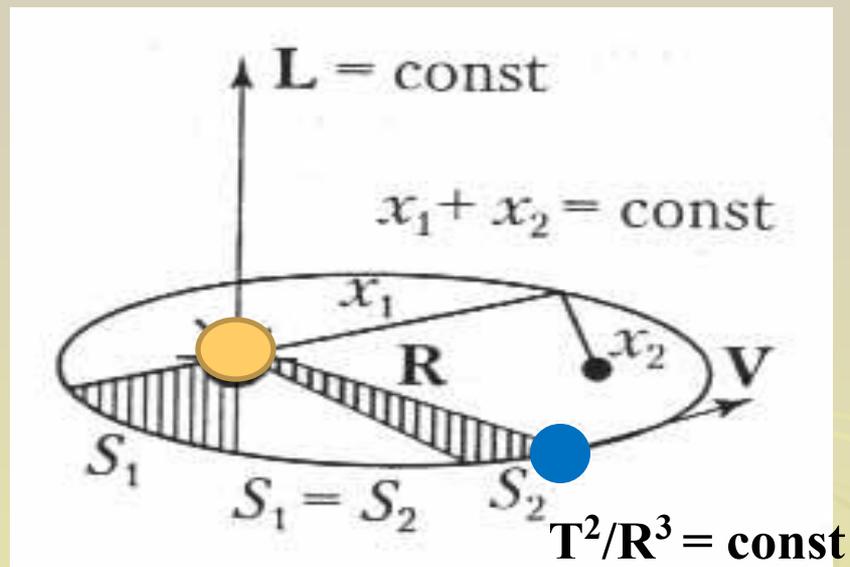
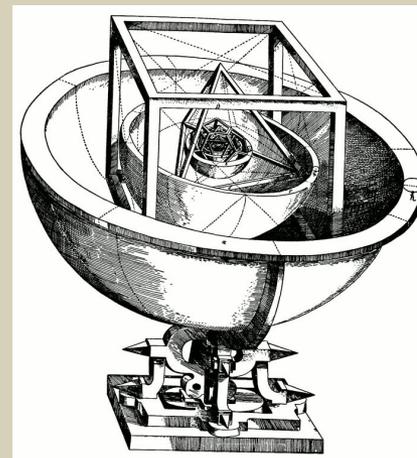
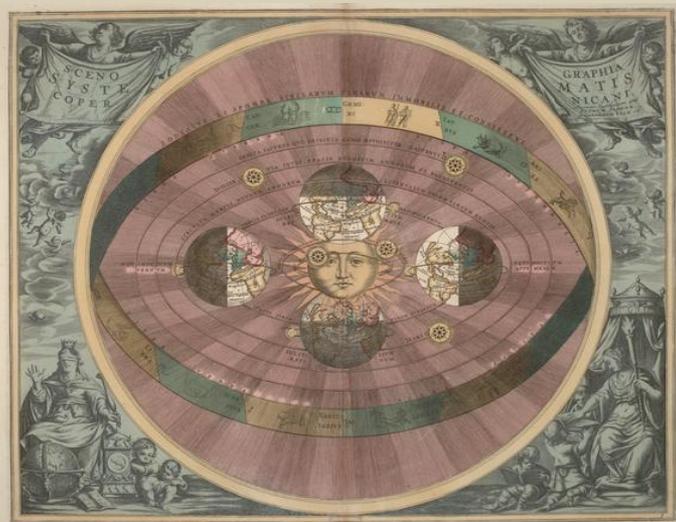
Тихо Браге
1546 - 1601 г.г.



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.

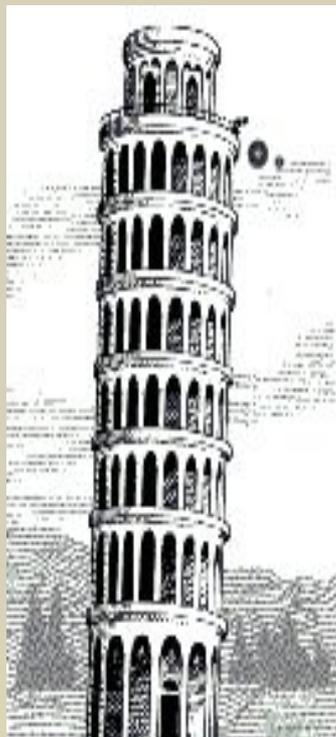
Лапласовский детерминизм: *будущее полностью определено настоящим. (конец 18-го века)*

2 этап

Классический период – основой познания является опыт, эксперимент

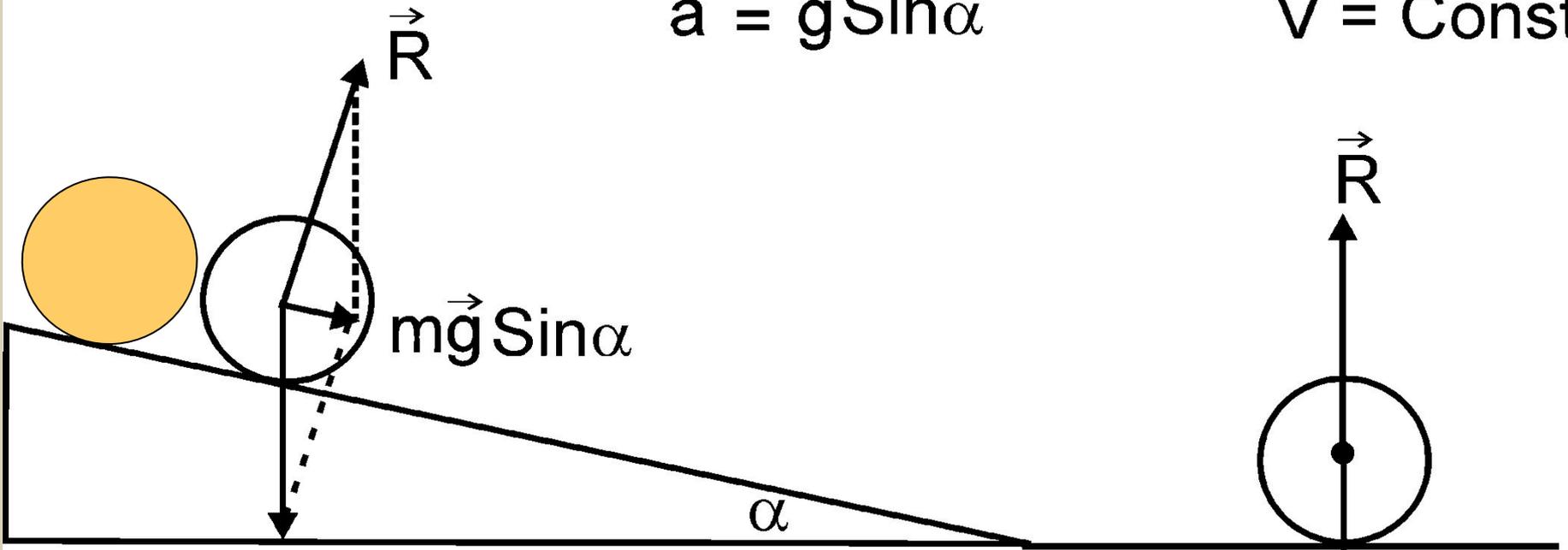
Галилео Галилей, итал.ученый
1564 - 1633 г.г

Опыты Галилея



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

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



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

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

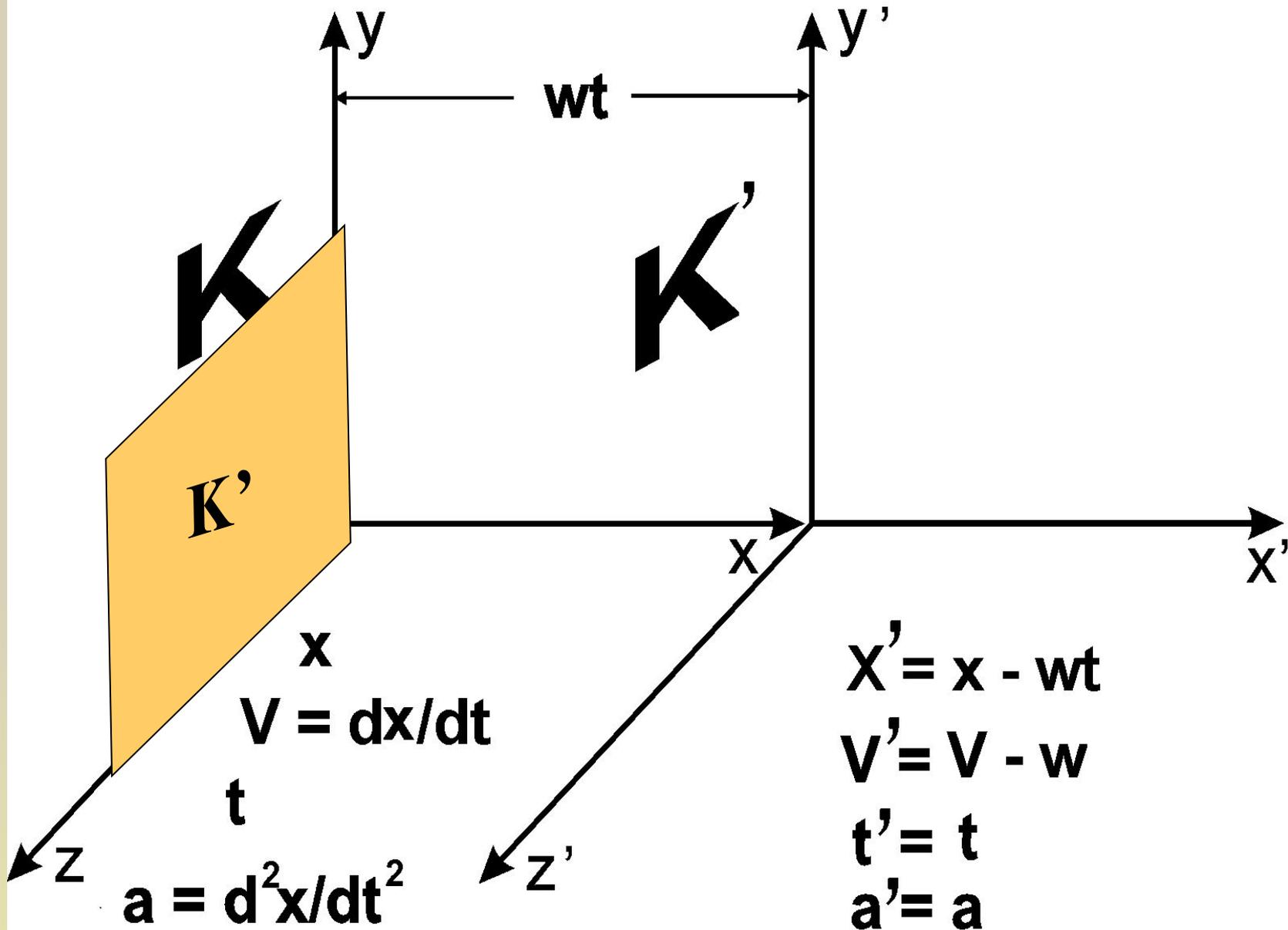
Принцип относительности Галилея

**«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.***

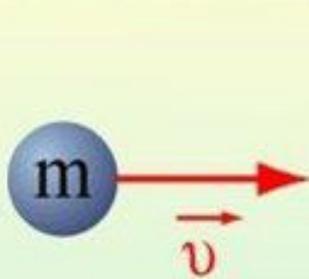
ВСЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА
РАВНОПРАВНЫ (ОДИНАКОВЫ), В ЧАСТНОСТИ ,
ТАК НАЗЫВАЕМЫЙ «ПОКОЙ» И ДВИЖЕНИЕ С
ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ - ОДНО И ТОЖЕ.

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.**

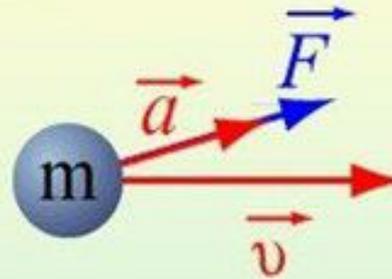
Законы Ньютона



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

I закон

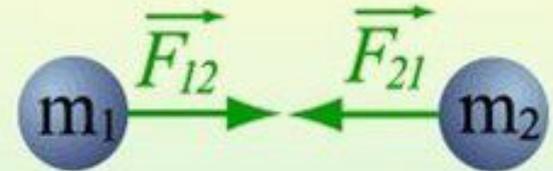
Существуют такие системы отсчета, в которых всякое тело будет сохранять состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения до тех пор, пока действие других тел не заставит его изменить это состояние.



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

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

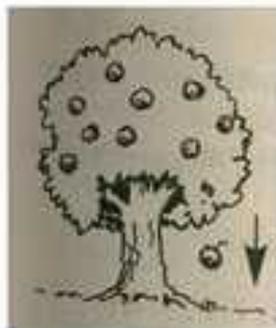
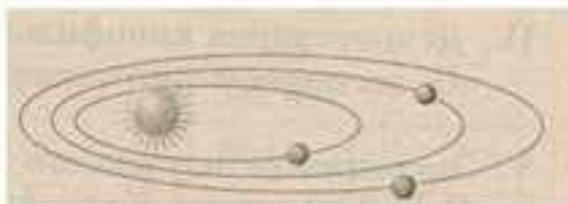
$$g = G \frac{M_{\text{Земли}}}{r_{\text{Земли}}^2}$$

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

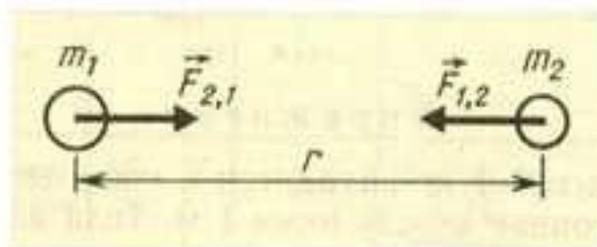
Закон всемирного тяготения

Факты:

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



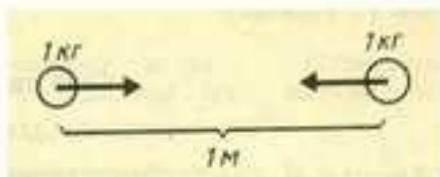
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



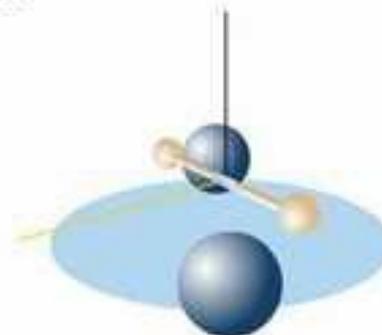
Пределы применимости

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)



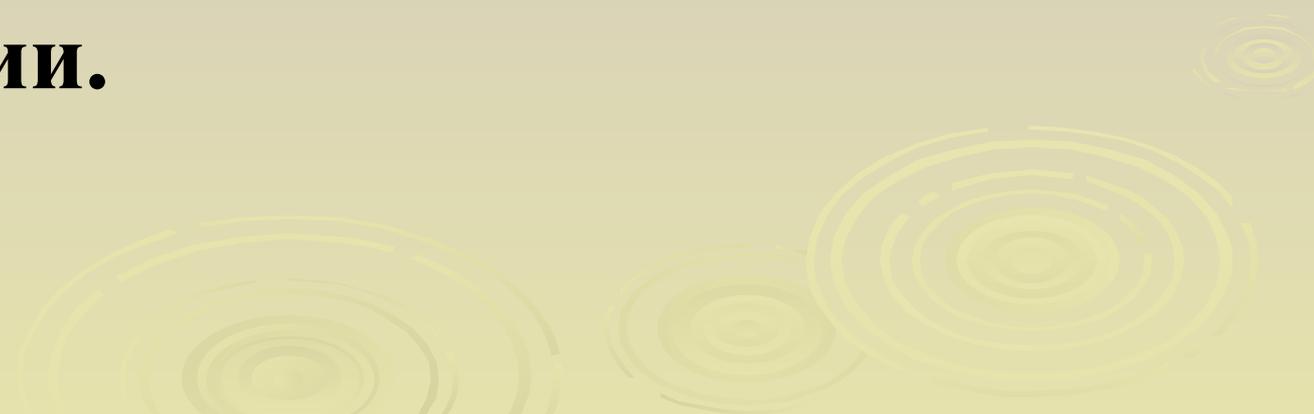
Принцип эквивалентности гравитационной и инерционной масс

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.

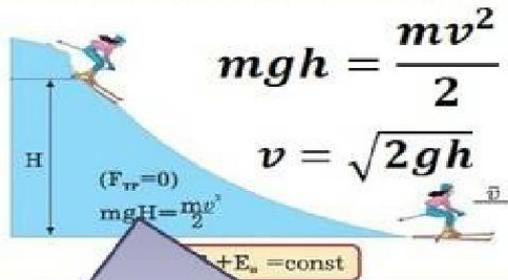
Элементы симметрии

Закон сохранения энергии

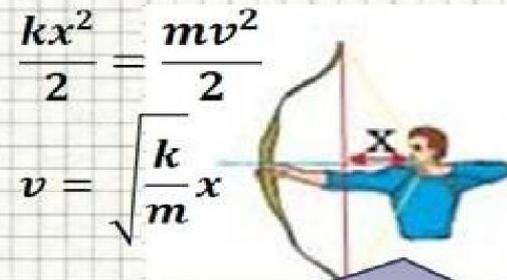
$$T + W = \frac{mV^2}{2} + mgh = const$$

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

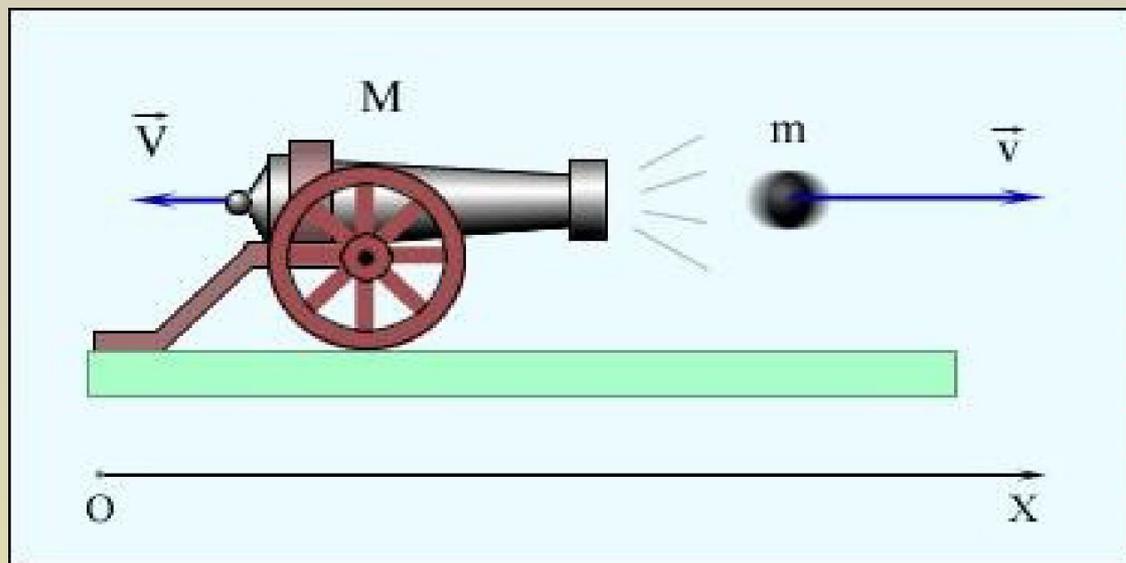


Закон сохранения энергии утверждает, что энергия никуда не исчезает и не возникает "из ничего"; она только переходит от одного тела к другому или превращается из одного вида в другой.



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

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



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

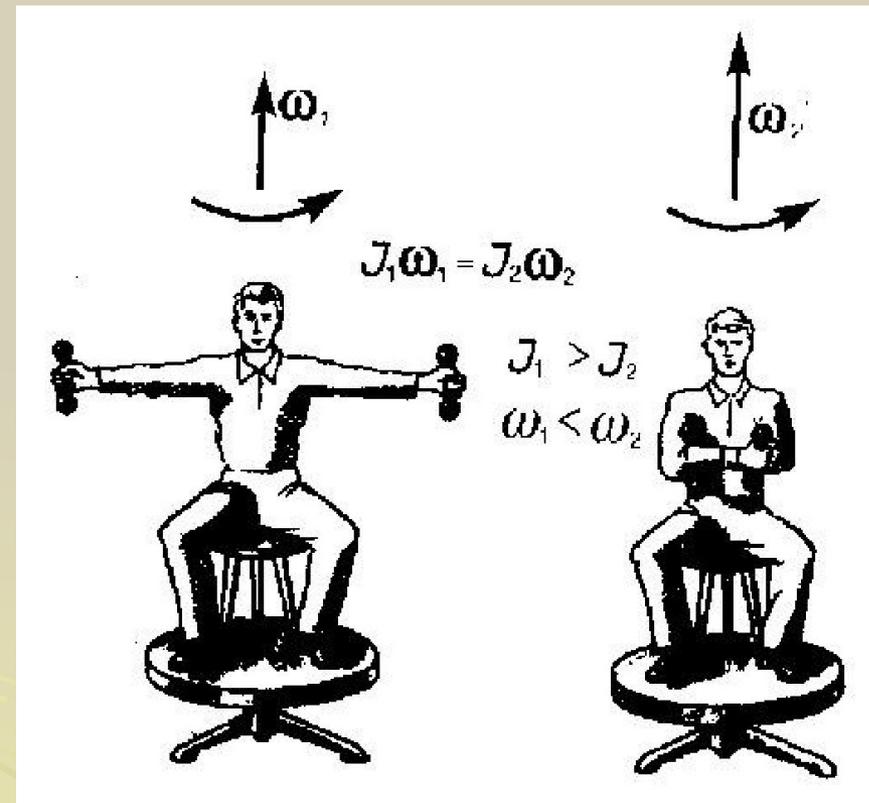
Закон сохранения момента импульса для вращательного движения связан с **изотропностью Пространства**, т.е его одинаковость во всех направлениях, и является следствием симметрии относительно поворотов в пространстве

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

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.