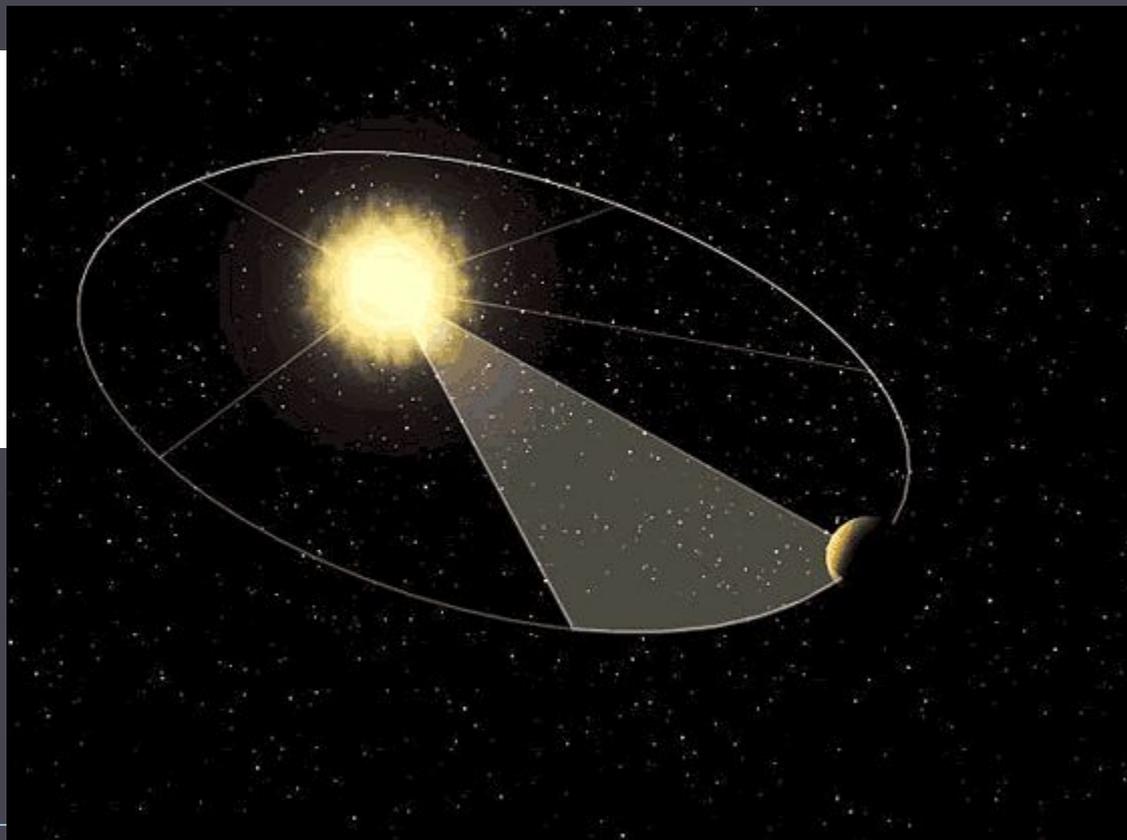
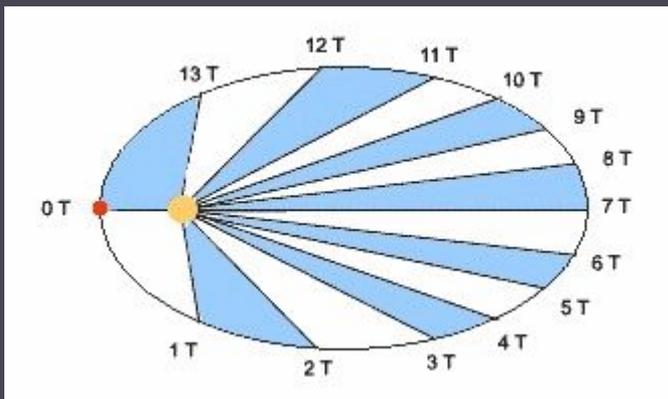


Первый закон Кеплера:

Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.



● Галилео Галилей

● Одновременно с Кеплером на другом конце Европы, в Италии, трудился Галилео Галилей, оказавший двойную поддержку гелиоцентрической теории. Во-первых, с помощью изобретённого им ТЕЛЕСКОПА Галилей сделал ряд открытий, либо косвенно подтверждавших теорию Коперника, либо выбивавших почву из-под ног его противников — сторонников Аристотеля:

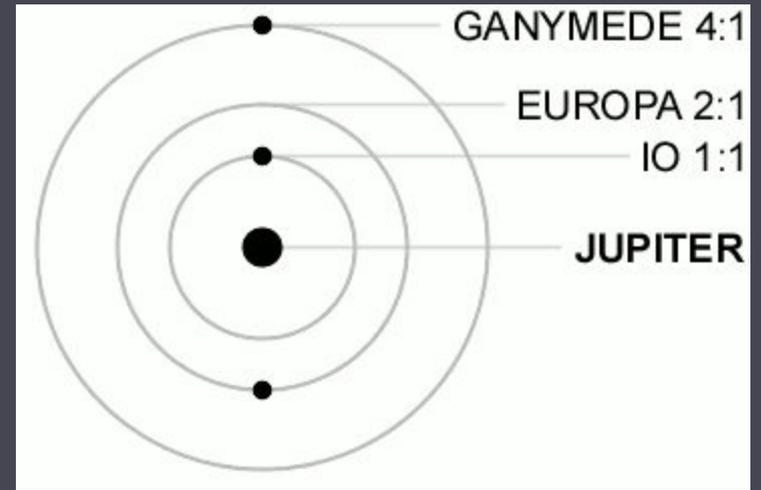
● Поверхность Луны не гладкая, как подобало небесному телу в учении Аристотеля, а имеет горы и впадины, как Земля. Кроме того, Галилей объяснил ПЕПЕЛЬНЫЙ СВЕТ ЛУНЫ отражением солнечного света Землёй. Благодаря этому Земля стала телом, во всех отношениях подобным Луне. Устранялось противоречие между земным и небесным, постулировавшееся у Аристотеля.

● Четыре спутника Юпитера (получивших впоследствии название галилеевых). Тем самым он опроверг утверждение, что Земля не может обращаться вокруг Солнца, поскольку вокруг неё самой обращается Луна (такой тезис часто выдвигали противники Коперника): Юпитер заведомо должен был вращаться либо вокруг Земли (как у Птолемея и Аристотеля), либо вокруг Солнца (как у Аристарха и Коперника).

● Смена фаз Венеры, указывавшая, что Венера обращается вокруг Солнца.



- Четыре спутника Юпитера (получивших впоследствии название галилеевых).
- Тем самым он опроверг утверждение, что Земля не может обращаться вокруг Солнца, поскольку вокруг неё самой обращается Луна (такой тезис часто выдвигали противники Коперника):
- Юпитер заведомо должен был вращаться либо вокруг Земли (как у Птолемея и Аристотеля), либо вокруг Солнца (как у Аристарха и Коперника).



Галилеевы спутники Юпитера

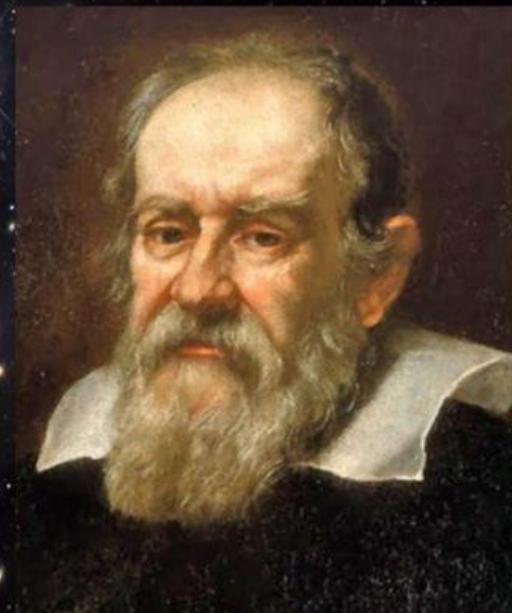
Спутник	a (км)	e	i (град)	T (сут)	D (км)	Ио-Европа-Ганимед тройной резонанс 1:2:4 $n_1 - 3n_2 + 2n_3 = 0$
Ио	421800	0.0041	0.040	1.769	3642	Соотношение Лапласа Вековое ускорение Ио
Европа	671100	0.0093	0.470	3.551	3130	
Ганимед	1 070400	0.0016	0.195	7.155	5268	
Каллисто	1 882800	0.0074	0.281	16.69	4806	

MyShared

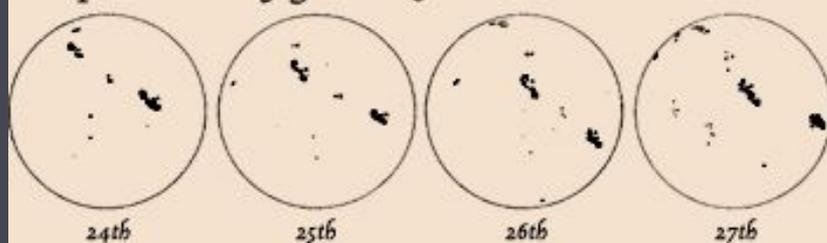


Телескоп Галилея

Галилео Галилей



Sunspots drawn by Galileo, June 1612



- Одним из первых Галилей открыл [солнечные пятна](#). Наблюдения над пятнами привели Галилея к выводу о вращении Солнца вокруг своей оси. Само существование пятен и их постоянная изменчивость опровергали тезис Аристотеля о «совершенстве» небес.
- Галилей показал, что видимые размеры планет в различных конфигурациях (например, в противостоянии и соединении с Солнцем) меняются в таком соотношении, как это следует из теории Коперника.

- Галилей установил, что Млечный Путь состоит из большого количества звёзд, неразличимых невооружённым взглядом.
- Это открытие совершенно не умещалось в космологию Аристотеля, но вполне было совместимо с теорией Коперника, из которой следовала огромная удалённость звёзд.



- Галилей установил, что Млечный Путь состоит из большого количества звёзд, неразличимых невооружённым взглядом. Это открытие совершенно не уместилось в космологию Аристотеля, но вполне было совместимо с теорией Коперника, из которой следовала огромная удалённость звёзд.
 - Одним из первых Галилей открыл солнечные пятна. Наблюдения над пятнами привели Галилея к выводу о вращении Солнца вокруг своей оси. Само существование пятен и их постоянная изменчивость опровергали тезис Аристотеля о «совершенстве» небес.
 - Галилей показал, что видимые размеры планет в различных конфигурациях (например, в противостоянии и соединении с Солнцем) меняются в таком соотношении, как это следует из теории Коперника.
 - Наоборот, при наблюдении звёзд в телескоп их видимые размеры не меняются. Этот вывод опровергал один из основных доводов Тихо Браге, заключающийся в огромных размерах звёзд, которые следуют из ненаблюдаемости их годовых параллаксов. Галилей заключил, что при наблюдении звёзд в телескоп их видимый размер не меняется, следовательно, оценка Браге угловых размеров звёзд сильно преувеличена.
 - Вторым направлением деятельности Галилея было установление новых законов динамики. Им были сделаны важные шаги в установлении принципов инерции
-
- ▶ Вторым направлением деятельности Галилея было установление новых законов динамики. Им были сделаны важные шаги в установлении

Исаак Ньютон

- Дальнейшее развитие небесной механики связано с именем [Дж. А. Борелли](#). По его мнению, от Солнца исходят три силы: одна продвигает планету по орбите, другая притягивает планету к Солнцу, третья (центробежная), наоборот, отталкивает планету. Эллиптическая орбита планеты является результатом противоборства двух последних [\[45\]\[49\]](#).
- В 1666 г. [Роберт Гук](#) высказал предположение, что для объяснения движения планет достаточно одной только силы притяжения к Солнцу, просто нужно предполагать, что планетная орбита является результатом сочетания (суперпозиции) падения на Солнце (благодаря силе притяжения) и движения по инерции (по касательной к траектории планеты). По его мнению, эта суперпозиция движений и обуславливает эллиптическую форму траектории планеты вокруг Солнца [\[50\]](#).
- Именно Гук впервые поставил задачу о выводе законов Кеплера, исходя из принципа инерции и предположения о существовании направленной к Солнцу силы. Близкие взгляды, но в достаточно неопределённой форме, высказывал и [Кристофер Рен](#) [\[51\]](#). Гук и Рен догадывались, что сила тяготения убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до Солнца.
- Но честь вывода законов Кеплера из [закона всемирного тяготения](#) Но честь вывода законов Кеплера из закона всемирного тяготения принадлежит [Исааку Ньютону](#) Но честь вывода законов Кеплера из закона всемирного тяготения принадлежит Исааку Ньютону («[Математические начала натуральной философии](#)», 1687 г.)
- Закон всемирного тяготения, окончательно сформулированный Ньютоном, позволил дать единообразное объяснение земной тяжести, движению Луны вокруг Земли и планет вокруг Солнца. В частности, были объяснены [приливы](#) Закон всемирного тяготения, окончательно сформулированный Ньютоном, позволил дать единообразное

Исаак Ньютон / Isaac

Newton

Портрет кисти [Кнеллера](#) Портрет кисти Кнеллера (1689) Портрет кисти Кнеллера (1689) Дата рождения: 25 декабря 1642 (4 января) Портрет кисти Кнеллера (1689) Дата рождения: 25 декабря 1642 (4 января [1643](#))

Место рождения: Вулсторп, [Линкольншир](#) Место рождения: Вулсторп, Линкольншир, [Королевство Англия](#)

Дата смерти: 20 марта 1727

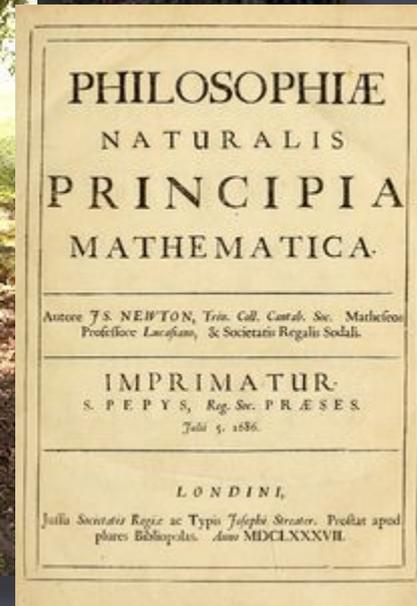
([31 марта](#) (31 марта [1727](#))) (84 года)

Место смерти: [Кенсингтон](#) Место смерти: Кенсингтон, [Мидлсекс](#),

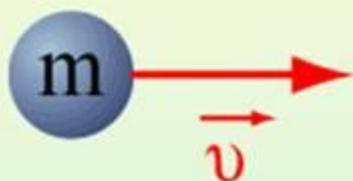
[Англия](#) Англия, [Королевство Великобритания](#)

Страна: [Королевство Англия](#) [Королевство Великобритания](#)

Научная сфера: физика Научная



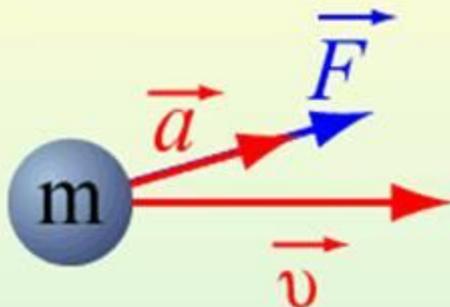
Законы Ньютона



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

I закон

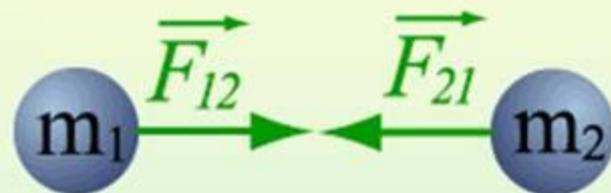
Существуют такие системы отсчета, в которых всякое тело будет сохранять состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения до тех пор, пока действие других тел не заставит его изменить это состояние.



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

II закон

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

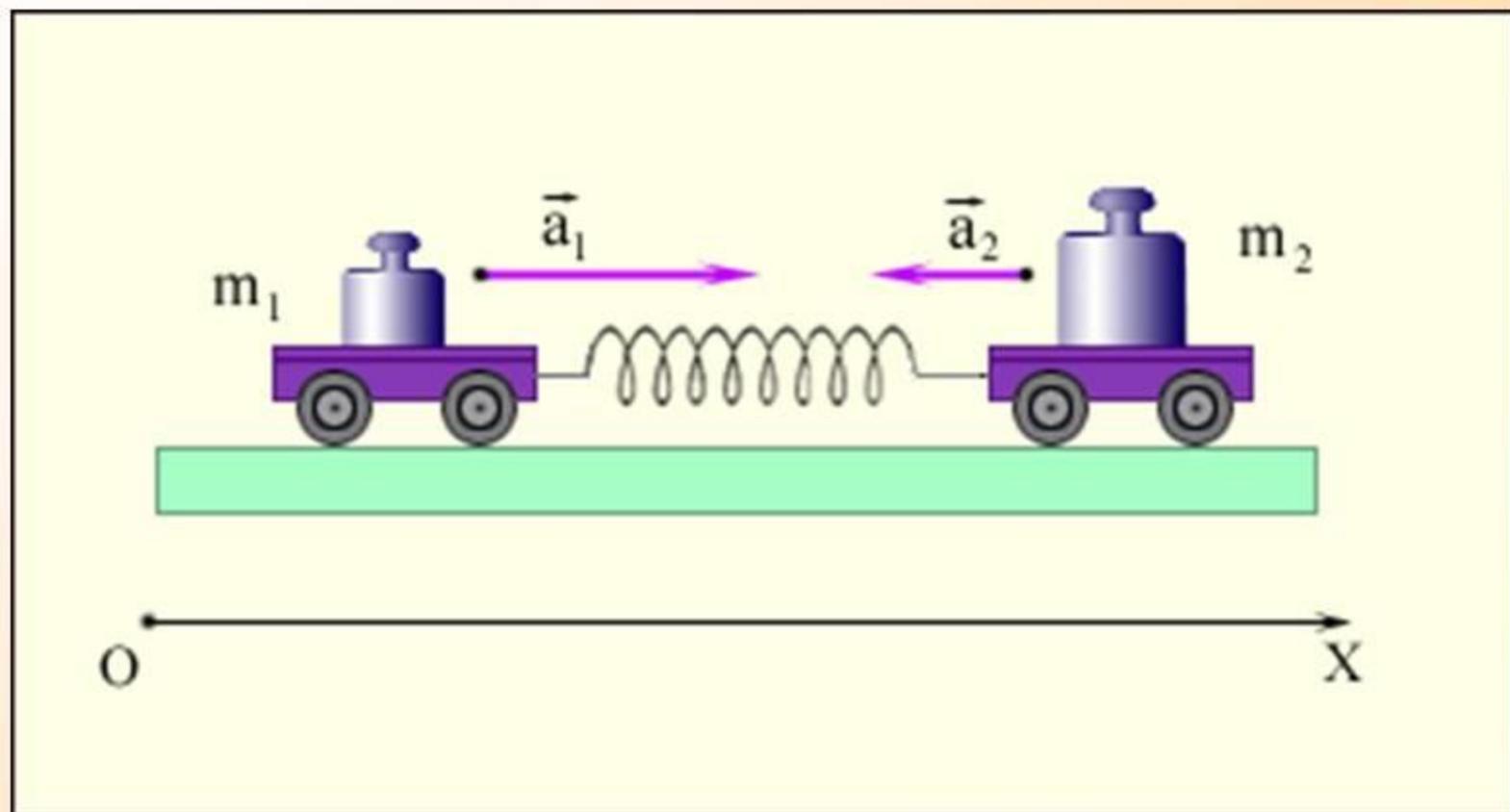


$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

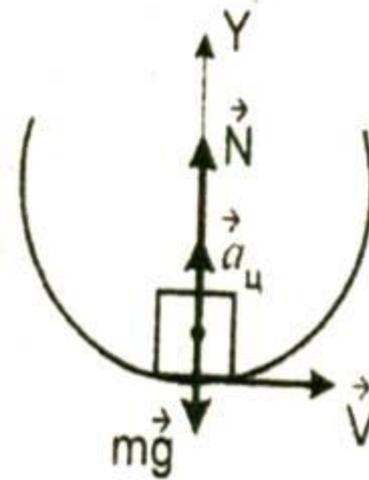
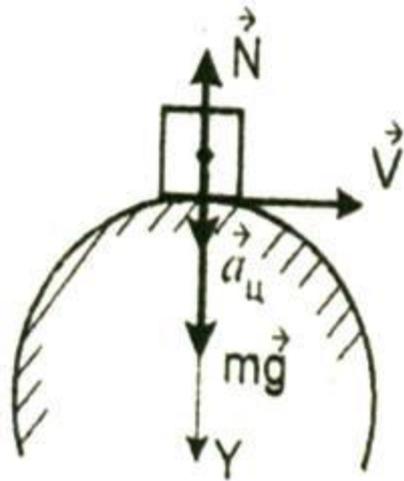
III закон

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

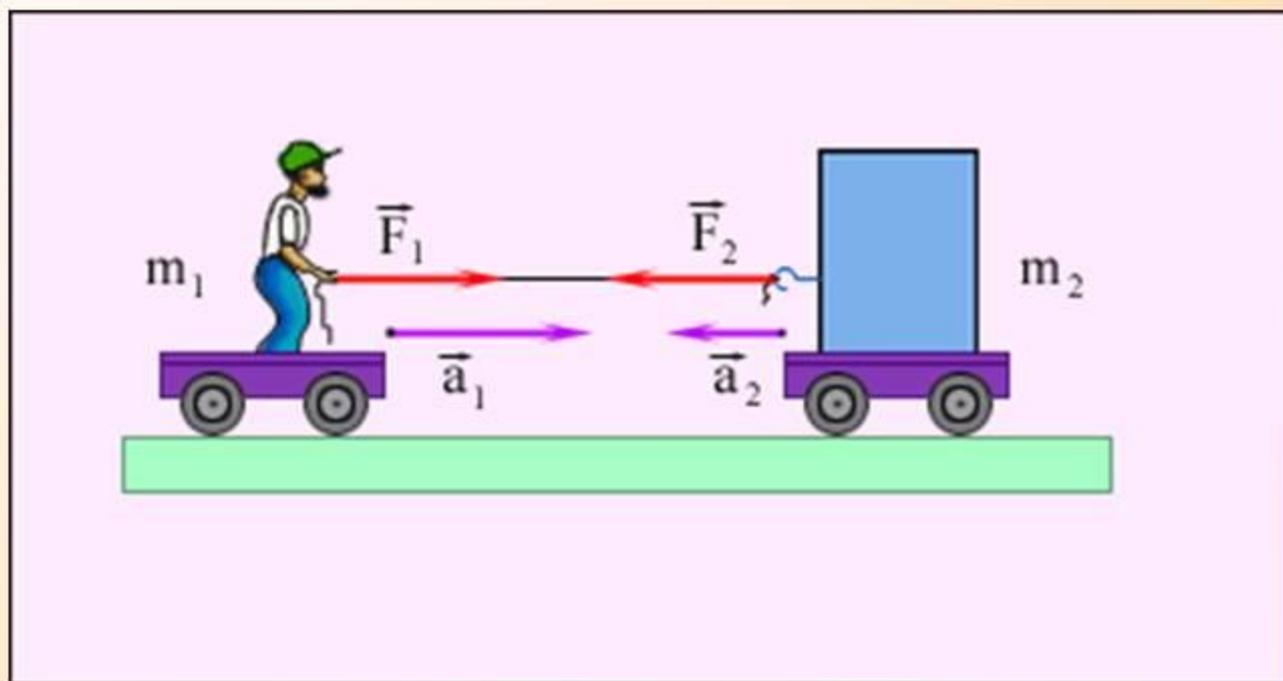
Второй закон Ньютона



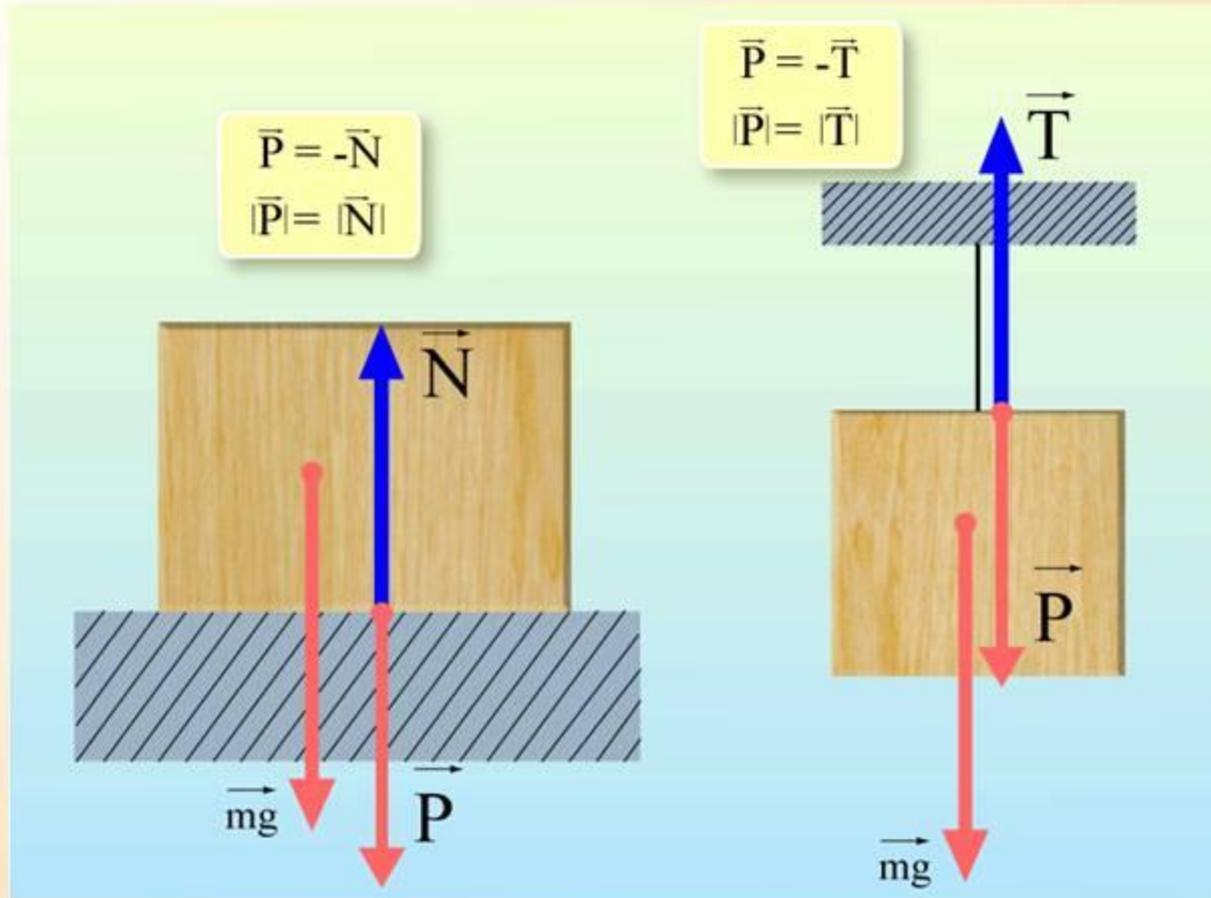
Вес тела, движущегося с ускорением по окружности



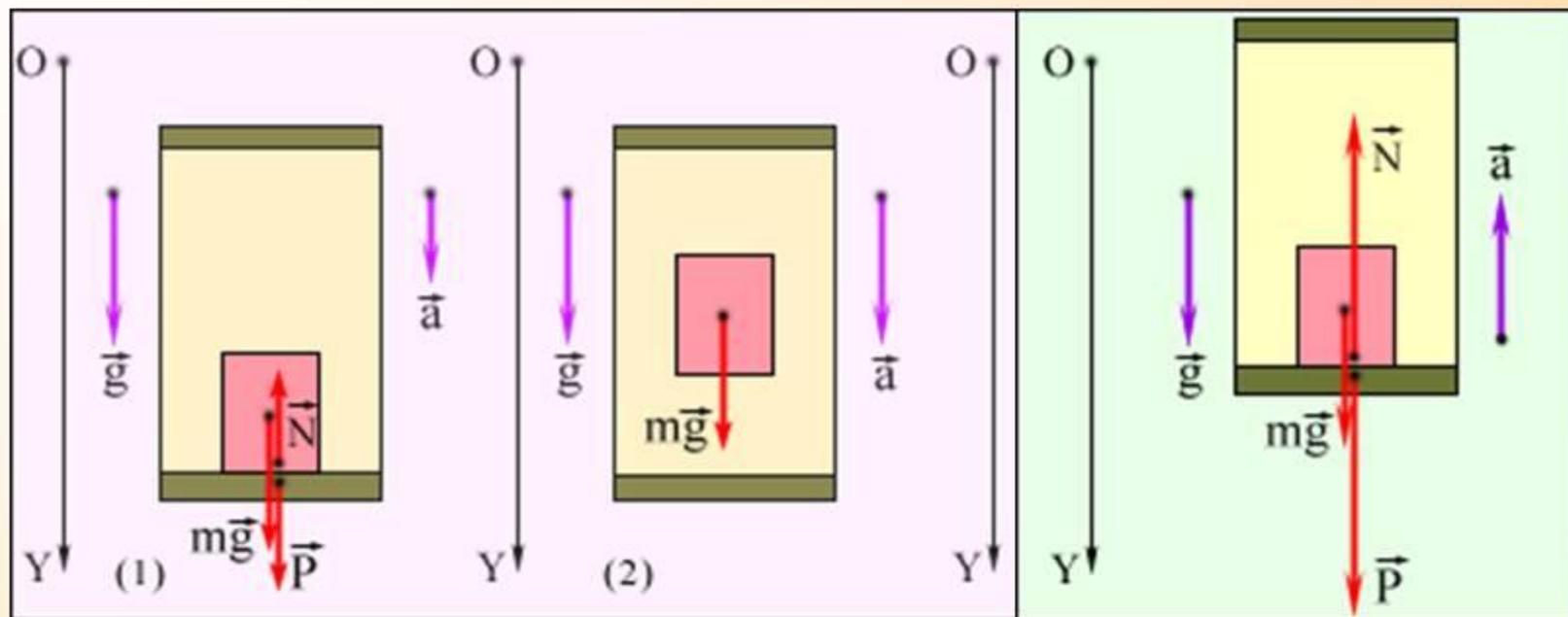
Третий закон Ньютона



Вес тела

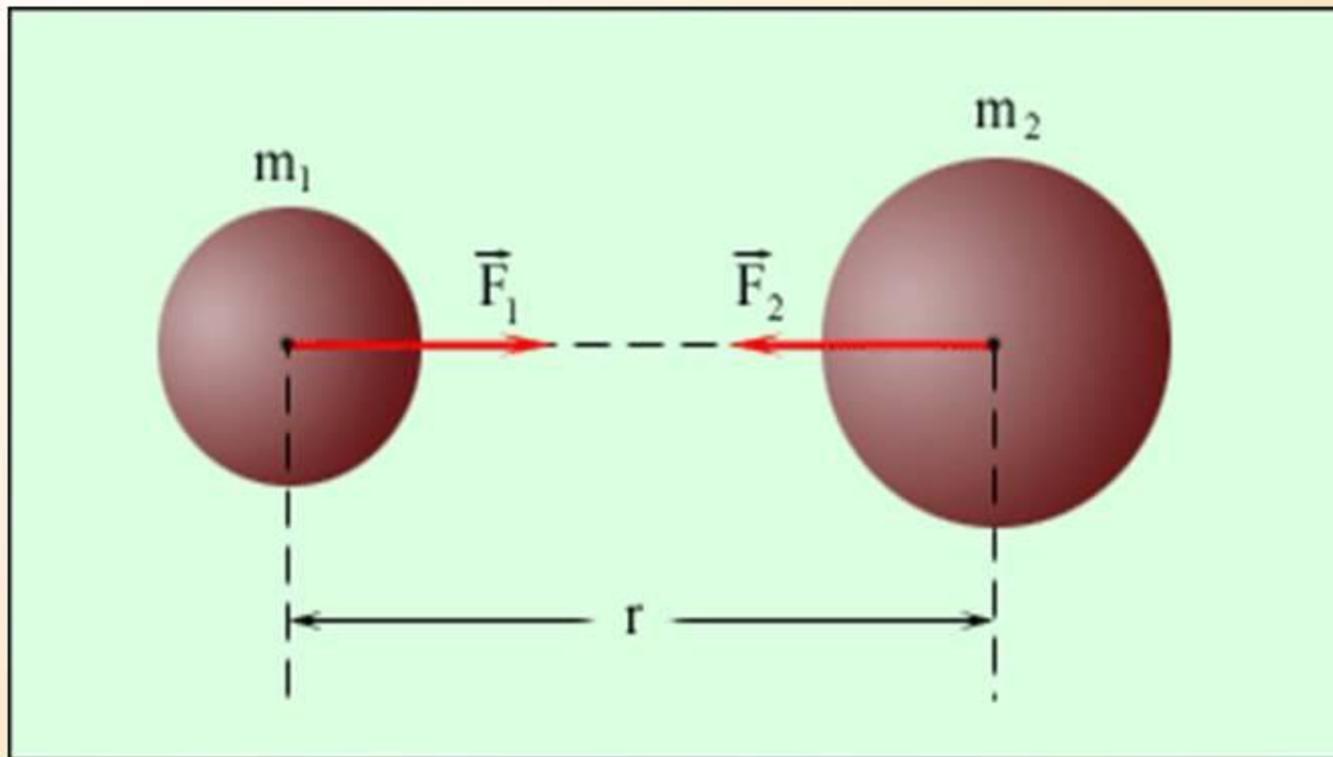


Вес тела, движущегося с ускорением





Сила всемирного тяготения



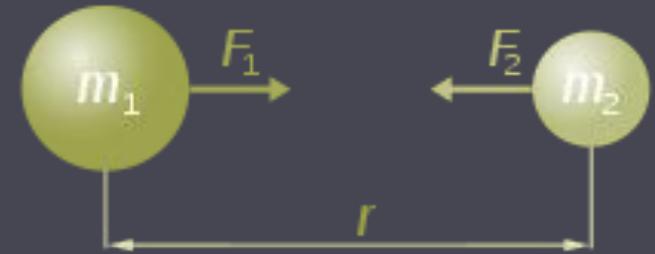
- Никто до Ньютона не сумел ясно и математически доказательно связать закон тяготения (силу, обратно пропорциональную квадрату расстояния) и законы движения планет (законы Кеплера).

- Более того, именно Ньютон первым догадался, что гравитация действует между двумя любыми телами во Вселенной;

- движением падающего яблока и вращением Луны вокруг Земли управляет одна и та же сила.

- Наконец, Ньютон не просто опубликовал предполагаемую формулу закона всемирного тяготения Наконец, Ньютон не просто опубликовал предполагаемую формулу закона всемирного тяготения, но фактически предложил целостную математическую модель:

- закон тяготения;
- закон движения (второй закон Ньютона);
- система методов для математического исследования (математический анализ).



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

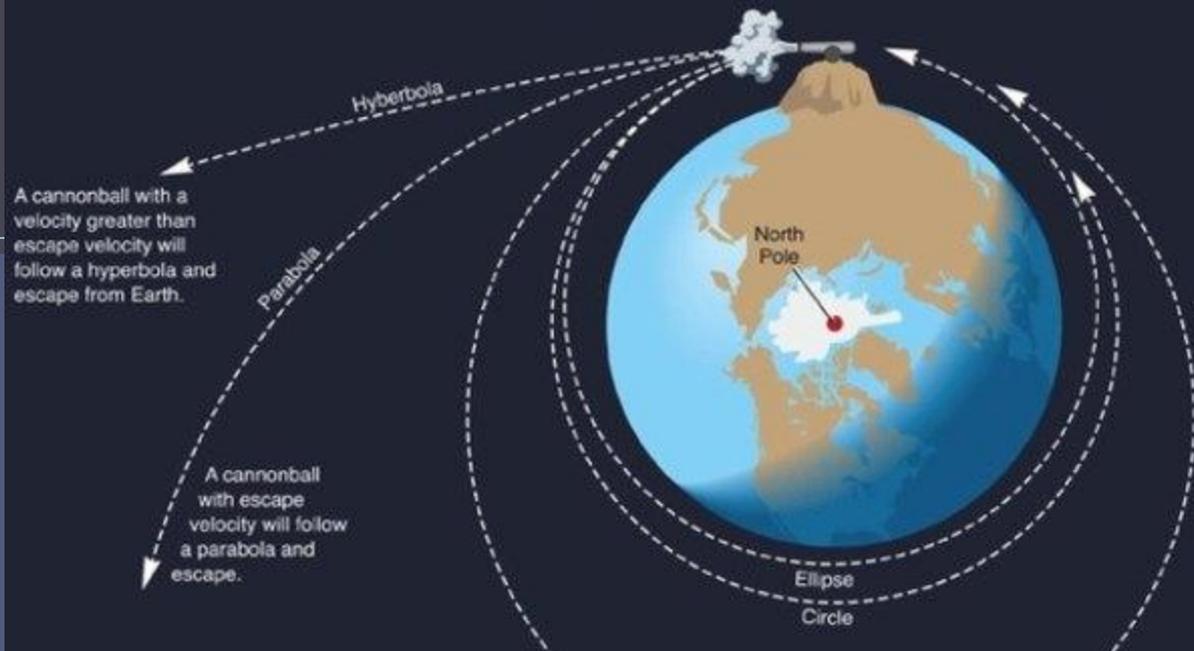
В совокупности эта триада достаточна для полного исследования самых сложных движений небесных тел, тем самым создавая основы небесной механики.

Таким образом, только с трудов Ньютона начинается наука динамика, в том числе в применении к движению небесных тел. До создания теории относительности и квантовой механики никаких принципиальных поправок к указанной модели не понадобилось, хотя математический аппарат оказалось необходимым значительно развить.

Пушечное ядро Ньютона.

В этом мысленном эксперименте, нужно представить себе пушку, находящуюся на очень высокой горе, которая выстреливает свое ядро под углом 90 градусов к Земле.

Диаграмма показывает несколько возможных траекторий полета пушечного ядра, в зависимости от того, как быстро оно будет лететь в момент запуска.

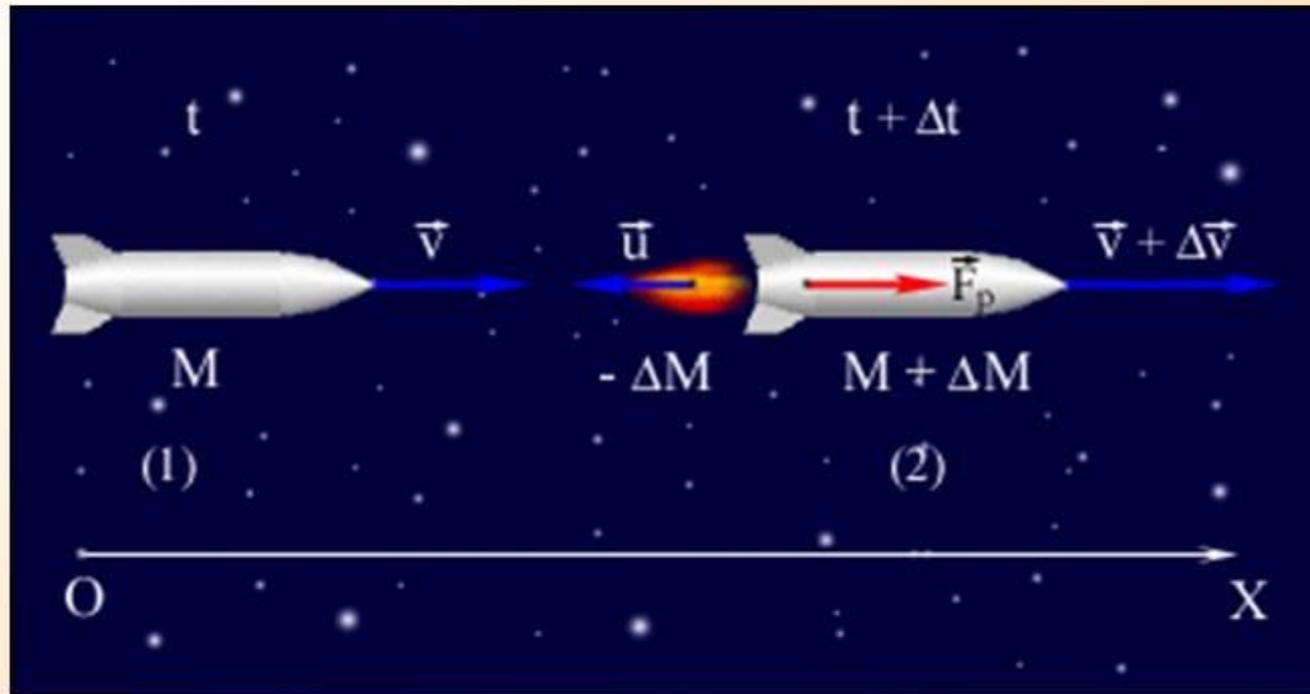


Если оно будет двигаться слишком медленно, то, в конце концов, упадет вниз на Землю.

Если же оно будет очень быстрым, оно может освободиться от гравитации Земли и направиться в космос. Если оно достигнет средней скорости, то будет двигаться по орбите Земли.

Этот эксперимент сыграл большую роль в изучении гравитации, заложив основу для создания спутников и космических полетов.

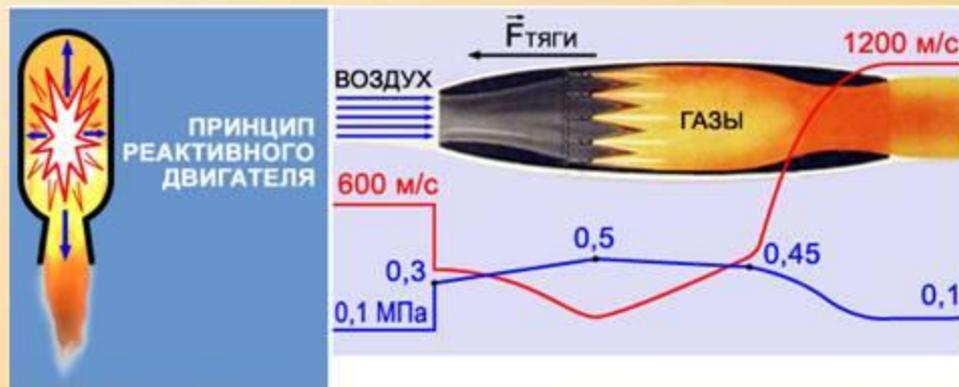
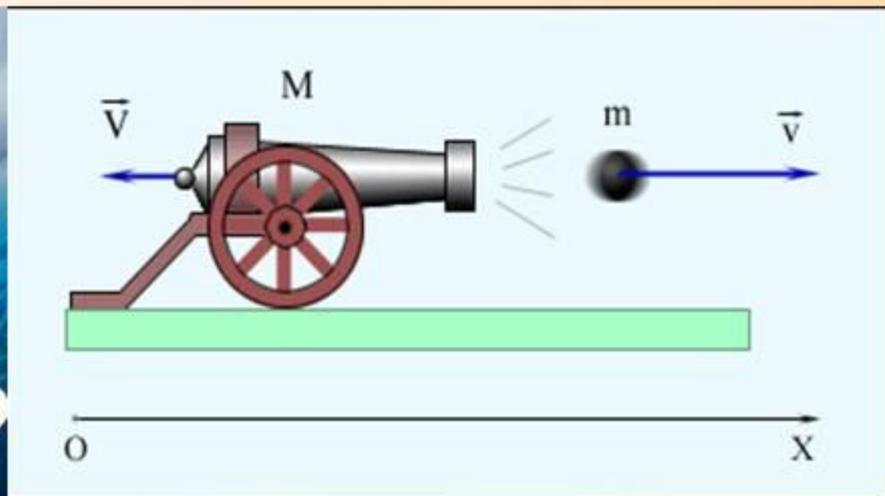
Космические полеты. Формула Циолковского



$$v = u \ln \left(\frac{M_0}{M} \right)$$

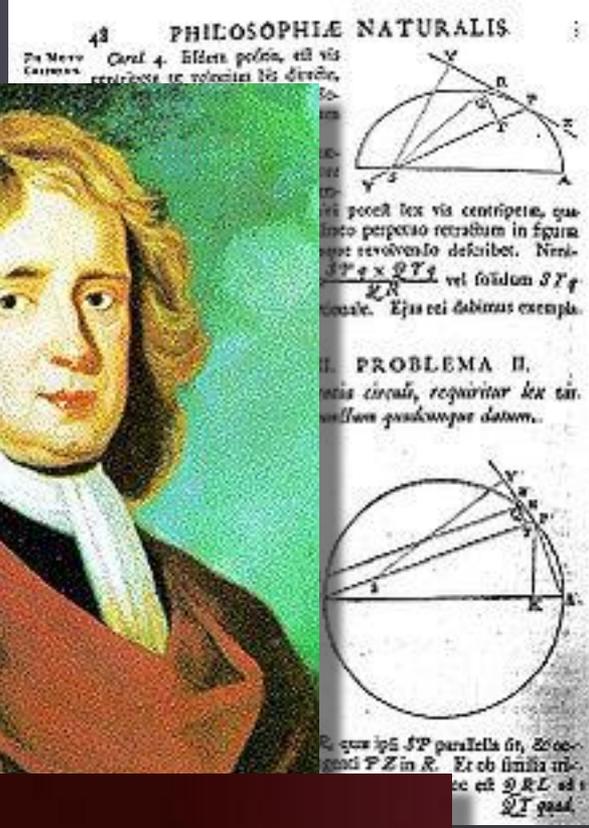
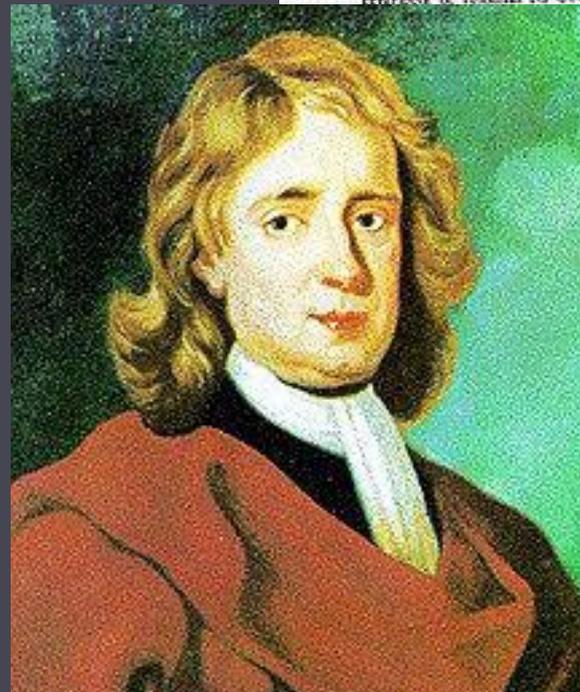
[Назад](#)

Реактивное движение



[Назад](#)

- С работами Ньютона связана новая эпоха в физике и математике.
- Он завершил начатое ГАЛИЛИЕМ создание теоретической физики, основанной, с одной стороны, на опытных данных, а с другой — на количественно-математическом описании природы.
- В математике появляются мощные аналитические методы.
- В физике основным методом исследования природы становится построение адекватных математических моделей природных процессов и интенсивное исследование этих моделей с систематическим привлечением всей мощи нового математического аппарата.
- Последующие века доказали исключительную плодотворность такого подхода.



МЕХАНИСТИЧЕСКАЯ КАРТИНА

- СФОРМИРОВАЛАСЬ НА ОСНОВЕ:
- механики Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.),
- гелиоцентрической системы Н. Коперника (1473-1543 гг.),
- экспериментального естествознания Г.Галилея (1564-1642 гг.),
- законов небесной механики И. Кеплера (1571-1630 гг.),
- механики И.Ньютона (1643-1727 гг.).

ПРОСТРАНСТВО - трехмерно, постоянно и не зависит от материи;

ВРЕМЯ - не зависит ни от пространства, ни от материи; пространство и время никак не связаны с движением тел, они имеют абсолютный характер.

В рамках механистической картины мира сложилась дискретная (корпускулярная) модель реальности

МАТЕРИЯ понималась как вещественная субстанция, состоящая из атомов или корпускул. Атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, имеют массу и вес.

ДВИЖЕНИЕ - простое механическое перемещение. Тела двигаются равномерно и прямолинейно, а отклонение от этого движения - результат действия внешних сил (инерция). Мерой инерции является масса. Универсальным свойством тел является сила тяготения, которая является дальнодействующей. Принцип дальнодействия - взаимодействие между телами происходит мгновенно на любом расстоянии, так как действия могут передаваться в пустом пространстве с какой угодно скоростью.

Выводы МКМ

- ▣ Любые события предопределяются законами механики. (все события предсказуемы, случайность исключена).
- ▣ Присутствие человека в мире ничего не меняет. (если человек даже исчезнет с лица Земли – мир продолжит существовать как ни в чем не бывало).

▣

