

# Физика – фундаментальная наука о природе

Алексей Викторович  
Гуденко

07/02/2012

# Что такое физика

- Физика это естественная наука, изучающая фундаментальные, наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи и законы её движения.

# Физический закон

- Физический закон – это количественное соотношение между физическими величинами, которое устанавливается на основе обобщения опытных фактов и выражают объективные закономерности, существующие в природе.

# Что такое физика

**Физика – наука фундаментальная.**

**Физика – наука естественная.**

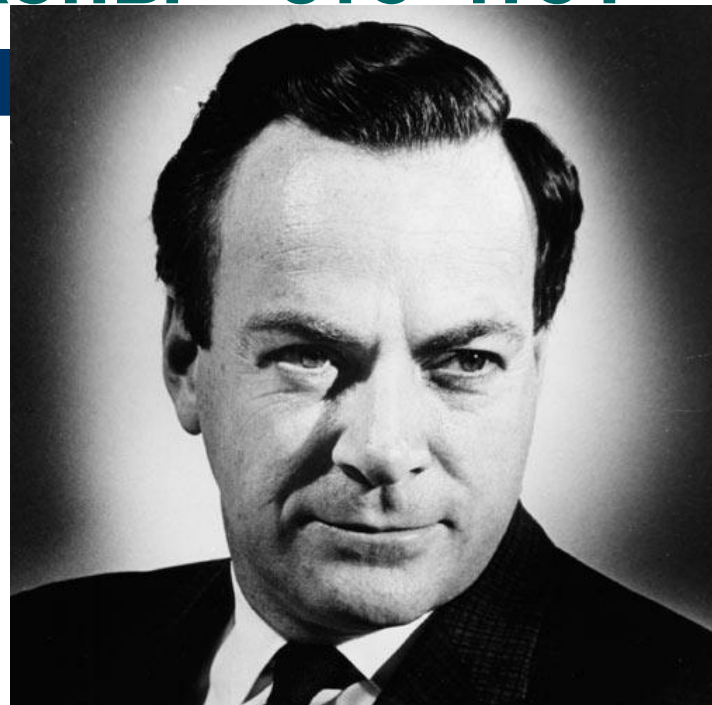
Это означает, что законы или принципы не могут быть доказаны логическим путём. Их доказательством является опыт.

# Фундаментальные законы – это что?

*«Называем мы их фундаментальными потому, что законы их действия фундаментально просты»*



Richard P. Feynman



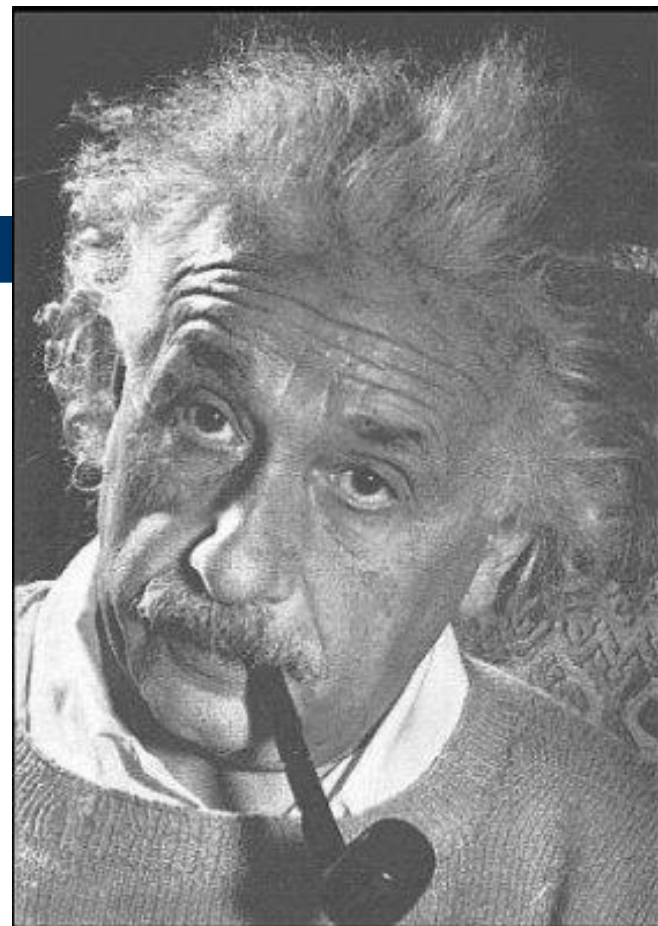
**Ричард Фейнман (Richard Feynman)**  
(1918 - 1988)

выдающийся американский учёный. Один из создателей квантовой электродинамики. В 1943—1945 годах входил в число разработчиков атомной бомбы в Лос-Аламосе. Лауреат Нобелевской премии по физике 1965 г.

# Познаваем ли мир?

*«Самое непостижимое в этом мире — это то, что он постижим».*

*A. Einstein.*



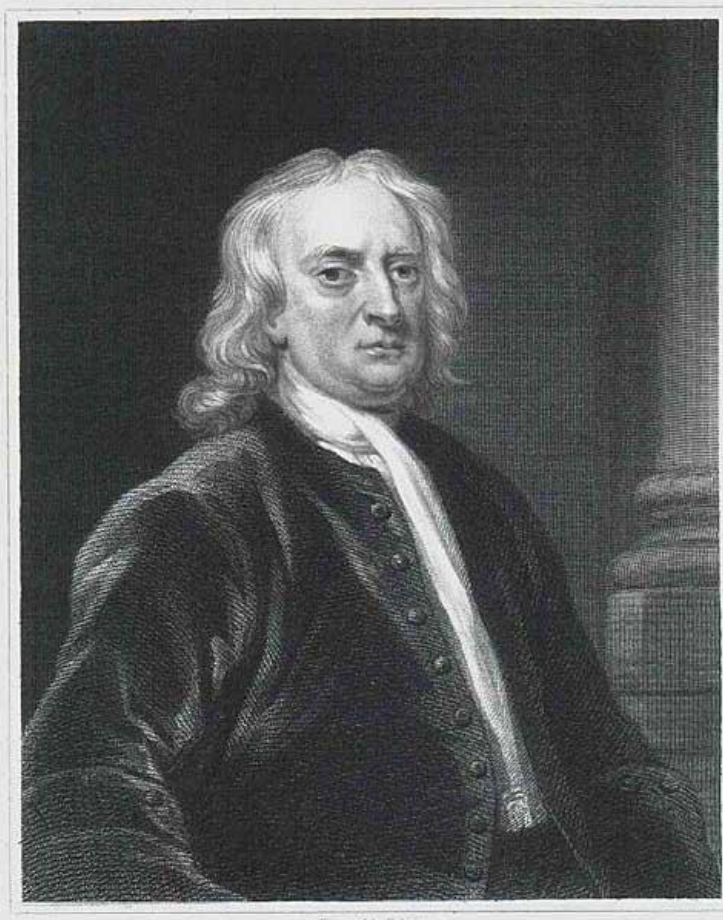
**Альбэ́рт Эйнште́йн** (*Albert Einstein*)  
(1879 -1955)

физик-теоретик, один из основателей современной теоретической физики, лауреат Нобелевской премии по физике 1921 года.

# Исаак Ньютон

- *«Что такое время, пространство, место и движение, я не объясняю, так как это известно всем»*

*Is. Newton*



**Сэр Исаак Ньютон** (*Sir Isaac Newton*)  
(1643 —1727)

английский физик, математик и астроном,  
основатель классической механики.

Автор фундаментального труда  
«Математические начала натуральной  
философии»,  
в котором он изложил закон  
всемирного тяготения  
и три закона механики, ставшие основой  
классической механики.

# Пространство, время. Принцип относительности

## Время

- одномерно
- однородно: физические законы не зависят от времени ⇨ Форма физических законов не изменяется по отношению к сдвигу во времени (симметрия по отношению к сдвигу во времени)

## Пространство

- Трёхмерно
- Однородно: физические законы не зависят от положения ⇨ Форма физических законов не изменяется по отношению к параллельному переносу (симметрия по отношению к параллельному сдвигу в пространстве) ⇨ закон сохранения импульса
- Изотропно: физические законы не зависят от ориентации ⇨ Форма физических законов не изменяется по отношению к поворотам (симметрия по отношению к поворотам) ⇨ закон сохранения момента импульса

## Принцип относительности

- Все законы природы имеют одинаковый вид во всех инерциальных системах отчёта



# Единицы и размерности физических величин

Международная система единиц СИ: основные механические единицы: метр (м); килограмм (кг); секунда (с).

- Секунда – это промежуток времени, в течение которого совершается 9 192 631 770 колебаний электромагнитного излучения, соответствующее переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 в отсутствие внешних полей (атомные часы).
- Метр – это длина пути, проходимая светом в вакууме за  $1/299792458$  долю секунды.
- Килограмм – масса платино-иридиевого тела в Международном бюро мер и весов в Севре (близ Парижа).

# Галилео Галилей – первый физик, основатель научного метода

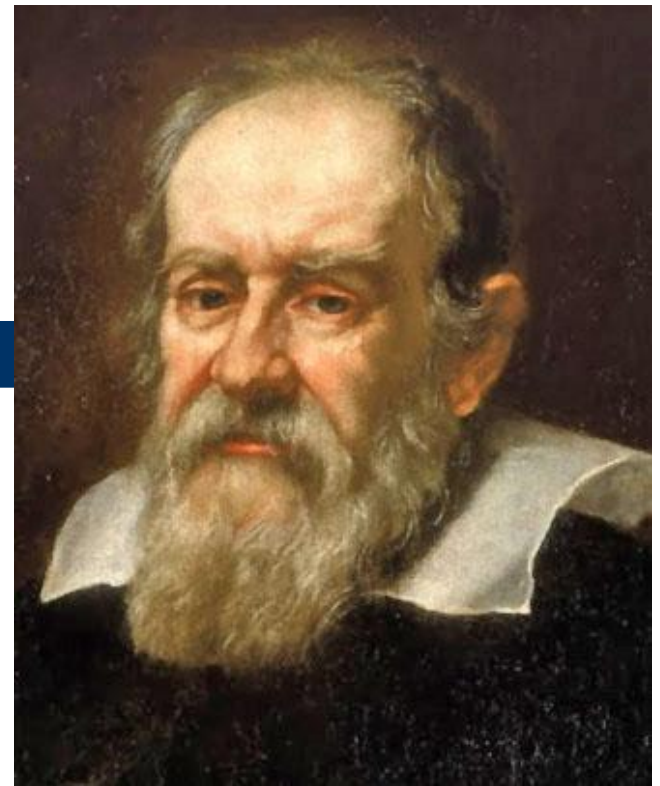
**Принцип относительности:** *«Дайте движение кораблю, и притом с какой угодно скоростью; тогда (если только движение его будет равномерным, а не колеблющимся туда и сюда) вы не заметите ни малейшей разницы»*

**Закон инерции:** *«...если бы все сопротивления были уничтожены, то его (тела) движение было бы вечно равномерным, если бы плоскость простиралась в бесконечность» («неустребимо запечатлённое движение»).*



**Законы свободного падения:** *скорость нарастает пропорционально времени, а путь — пропорционально квадрату времени.*

**Научный метод** – наблюдение, размышление и опыт



**ГАЛИЛЕЙ, ГАЛИЛЕО** (Galilei, Galileo)  
(1564–1642)

итальянский физик,  
механик и астроном.

Основоположник экспериментально-  
математического

метода исследования природы

*В 1992 папа Иоанн Павел II объявил решение суда инквизиции ошибочным и реабилитировал Галилея.*

# Научный метод по Ломоносову

- *«Из наблюдений устанавливать теорию, через теорию исправлять наблюдения, есть лучший всех способ к изысканию правды»*
- *«Мысленные рассуждения произведены бывают из надёжных и много раз повторённых опытов»*



**Михаил Васильевич Ломоносов**  
(1711–1765)

Великий русский учёный, зачинатель науки в России; экспериментально доказал закон сохранения массы, открыл атмосферу на Венере, создал основы русского научного языка.

# Физическая модель

Модель – это идеальный объект, отражающий **существенные** для данного явления свойства.

На вопрос, что существенно, а что нет может ответить только опыт.

Примеры моделей: материальная точка, абсолютно твёрдое тело, идеальная жидкость, идеальный газ.

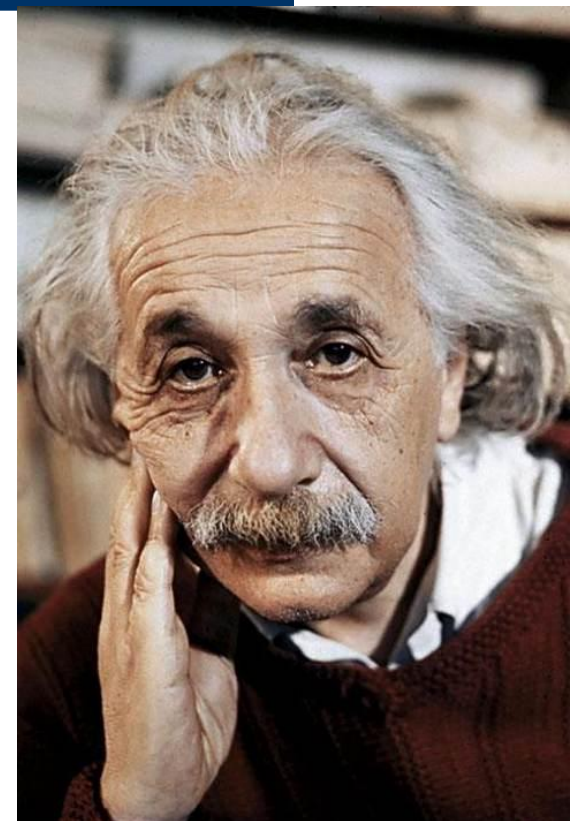
# Научный метод

- Основной метод исследования в физике является опыт, эксперимент, т.е. наблюдение исследуемого явления в точно контролируемых условиях, позволяющих следить за ходом явления и воссоздать его каждый раз при повторении этих условий.

# Принципы научного метода по Эйнштейну

*«Высшим долгом физиков является поиск тех общих элементарных законов, из которых путём чистой дедукции можно получить картину мира. К этим законам ведёт не логический путь, а только основанная на проникновении в суть опыта интуиция»*

*A. Einstein.*



# Задача про айсберг

- Известно, что в течение своей жизни айсберги несколько раз переворачиваются, ложась набок.
- Модельный «айсберг» с размерами  $10 \times 10 \times 8 \text{ см}^3$  в ванной с температурой воды  $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  перевернулся через полчаса.
  - Каковы размеры «айсберга» непосредственно перед опрокидыванием?
  - Через какое время опрокинется реальный айсберг с размерами  $500 \times 500 \times 400 \text{ м}^3$  в океане при температуре  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Каковы размеры перевернувшегося айсберга?

# Причина переворота айсберга

- *Из-за таяния поперечные размеры айсберга уменьшаются вдвое быстрее, чем вертикальные.*
- *Если толщина растаявшего льда  $x$ , то к моменту переворота:*

$$(a_0 - 2x) = (c_0 - x) \Leftrightarrow x = 2 \text{ см} \Leftrightarrow$$

*Размеры перевернувшегося модельного  
«айсберга»  $6x \times 6x \times 6 \text{ см}^3$*



# Реальный айсберг

- *Реальный айсберг с размерами 500x500x400 м<sup>3</sup> к моменту переворота будет иметь размеры 300x300x300 м<sup>3</sup>.*

*Толщина растаявшего льда  $X = 100$  м.*

- *Переворот произойдёт через время:*

$$\tau = \tau_0(X/x) (t_0/t) \approx 1 \text{ год и } 2 \text{ месяца.}$$

# Закон всемирного тяготения $F = GmM/r^2$ . Падение ньютонова яблока и Луны.

- Жёлоб Галилея: закон нечётных чисел
- Свободное падение вблизи Земли:  
 $H = 4,9$  м за секунду;  $R = 6380$  км;  
 $r = 384000$  км  $\approx 60,2R \Rightarrow h = H/60,2^2 \approx 1,352$  мм
- Что на самом деле?  
Рассчитаем «падение» Луны:  
 $T = 27,3$  суток;  
скорость Луны  $v = 2\pi r/T \approx 1,02$  км/с;  
за секунду Луна падает на  
 $h_r = (vt)^2/2r \approx 1,355$  мм  $\Rightarrow$   
 $h_r \approx h_r$

# С какой скоростью падают дождевые капли.

- Если предположить вязкий закон сопротивления для дождевой капли радиусом 1мм, то её установившаяся скорость  $v \sim 100$  м/с ( $\eta \sim 20$  мкПа с,  $F_c = 6\pi\eta r v$  – формула Стокса)
- Турбулентный закон сопротивления  $F \sim 1/4\rho S v^2$  даёт разумную оценку скорости  $v \sim 8$  м/с.
- Критерий – число Рейнольдса  $Re = \rho a v / \eta$
- В общем случае  $F = \mu N + \beta V + \alpha V^2$

# Воздушный шарик

- Эксперимент: Сила тяги  $F = m^* g$ ;  $m^* = 230$  мг; периметр  $C = 60$  см.  $v = h/t = 1,8\text{м}/6\text{с} = 30$  см/с. Сопротивление по Стоксу:  $F = 6\pi R\eta v \Rightarrow v = F/6\pi \eta R = 60$  м/с в 200! раз превосходит экспериментальное значение (По таблице  $\eta = 2 \cdot 10^{-5}$  Па с)  $\Rightarrow$  модель не годная.
- Турбулентный закон сопротивления:  $F = 1/4\rho v^2 S \Rightarrow v \approx 28$  см/с  $\Rightarrow$  похоже на правду.

# Магнитное торможение

- Сила магнитного торможения, возникающая при движении проводника в магнитном поле или магнита вблизи проводника аналогична силе вязкого трения  $F = \beta V$ .

# Задача про магнитное торможение.

- Сила сухого трения скольжения  $F = F_{\max} = \mu N$  практически не зависит от относительной скорости соприкасающихся тел
- Сила вязкого трения  $F_{\eta} = \beta V$  возникает при движении тела в жидкости или газе при малых скоростях
- При больших скоростях сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости  $F = \alpha V^2$

# Падение проволочной перемычки в магнитном поле. Оценка скорости.

- Закон магнитного сопротивления  
 $F_c = (B^2 l^2 / R) v = \beta V$
- поле  $B \sim 0,3$  Тл;
- Удельное сопротивление  $\rho_q \sim 2 \cdot 10^{-8}$  Ом м;
- Плотность  $\rho_m \sim 8$  г/см<sup>3</sup>
- Расчётная формула  
 $v = \rho_q \rho_m g / B^2 \sim 1,5$  см/с

# Эксперимент

- Угол наклона  
 $\sin\alpha = 20/30$   
скорость магнитика  $v_1 = 20/4,1 = 4,88$  см/с Угол  
наклона  
 $\sin\alpha = 15/30$   
скорость магнитика  $v_1 = 20/7,2 = 2,78$  см/с
- Коэффициент трения  $\mu = 0,17$  (по таблице  $\mu = 0,18-0,19$ )



# Петр Леонидович Капица – основатель Физтеха

- *На дне стакана, стоящего на весах, сидит муха. В какой момент весы начнут чувствовать, что муха улетела?*
- *Какие движения должен совершать человек, чтобы вращать обруч?*
- *С какой скоростью должен бежать по воде человек, чтобы не тонуть?*
- *Почему жидкий азот ( $-195^{\circ}\text{C}$ ) можно лить на руку, не боясь «ожога»?*
- *Какого цвета будет казаться красная жидкость, если сосуд с ней поместить в сосуд с синей жидкостью?*



**Петр Леонидович Капица**  
(1894–1984)

Выдающийся российский физик, академик. Открыл сверхтекучесть жидкого гелия. Основатель Физтеха, системы Физтеха.

Лауреат Нобелевской премии по физике 1978 года

# О бесконечности

- *«Есть две бесконечные вещи — Вселенная и человеческая глупость. Впрочем, насчёт Вселенной я не уверен».*

*A. Einstein.*

