

Вселенная Стивена Хокинга

Лекция 3: «Теория Всего»

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\text{StandardModel}} = & -\frac{1}{2}\partial_\nu g_\mu^a \partial_\nu g_\mu^a - g_s f^{abc} \partial_\nu g_\nu^a g_\mu^b g_\mu^c - \frac{1}{4}g_s^2 f^{abc} f^{ade} g_\mu^b g_\nu^c g_\mu^d g_\nu^e + \\ & \frac{1}{2}ig^2(g_\mu^a \gamma^\mu g_\mu^a)g_\mu^a + G^a \partial^2 G^a + g_s f^{abc} \partial_\mu G^a G^b g_\mu^c - \partial_\nu W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\ M^2 W_\mu^+ W_\mu^- & - \frac{1}{2}\partial_\nu Z_\mu^0 \partial_\nu Z_\mu^0 - \frac{1}{2c_w} M^2 Z_\mu^0 Z_\mu^0 - \frac{1}{2}\partial_\mu A_\nu \partial_\mu A_\nu - \frac{1}{2}\partial_\mu H \partial_\mu H - \\ \frac{1}{2}m_h^2 H^2 & - \partial_\mu \phi^+ \partial_\mu \phi^- - M^2 \phi^+ \phi^- - \frac{1}{2}\partial_\nu \phi^0 \partial_\nu \phi^0 - \frac{1}{2c_w} M \phi^0 \phi^0 - \beta_h \left[\frac{2M^2}{g^2} + \right. \\ & \left. \frac{2M}{g} H + \frac{1}{2}(H^2 + \phi^0 \phi^0 + 2\phi^+ \phi^-) \right] + \frac{2M^4}{g^2} \alpha_h - igc_w [\partial_\nu Z_\mu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - \\ & W_\nu^+ W_\mu^-) - Z_\mu^0 (W_\mu^+ \partial_\nu W_\nu^- - W_\nu^- \partial_\mu W_\mu^+) + Z_\mu^0 (W_\nu^+ \partial_\mu W_\mu^- - \\ & W_\nu^- \partial_\mu W_\mu^+)] - ig s_w [\partial_\nu A_\mu (W_\mu^+ W_\nu^- - W_\nu^+ W_\mu^-) - A_\nu (W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\ & W_\nu^- \partial_\mu W_\mu^+) + A_\mu (W_\nu^+ \partial_\nu W_\mu^- - W_\nu^- \partial_\mu W_\mu^+)] - \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\nu^- W_\nu^+ W_\mu^- + \\ & \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\nu^- W_\mu^+ W_\nu^- + g^2 c_w^2 (Z_\mu^0 W_\nu^+ Z_\nu^0 W_\mu^- - Z_\mu^0 Z_\nu^0 W_\nu^+ W_\mu^-) + \\ & g^2 s_w^2 (A_\mu W_\nu^+ A_\nu W_\mu^- - A_\mu A_\nu W_\nu^+ W_\mu^-) + g^2 s_w c_w [A_\mu Z_\nu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - \\ & W_\nu^+ W_\mu^-) - 2A_\mu Z_\mu^0 W_\nu^+ W_\nu^-] - g\alpha [H^3 + H\phi^0 \phi^0 + 2H\phi^+ \phi^-] - \\ \frac{1}{8}g^2 \alpha_h [H^4 + (\phi^0)^4 + 4(\phi^+ \phi^-)^2 + 4(\phi^0)^2 \phi^+ \phi^- + 4H^2 \phi^+ \phi^- + 2(\phi^0)^2 H^2] - \\ g M W_\mu^+ W_\mu^- H & - \frac{1}{2}g \frac{M}{c_w} Z_\mu^0 Z_\mu^0 H - \frac{1}{2}ig [W_\mu^+ (\phi^0 \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^0) - \\ W_\mu^- (\phi^0 \partial_\mu \phi^+ - \phi^+ \partial_\mu \phi^0)] & + \frac{1}{2}g [W_\mu^+ (H \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu H) - W_\mu^- (H \partial_\mu \phi^+ - \\ \phi^+ \partial_\mu H)] & + \frac{1}{2}g \frac{1}{c_w} [Z_\mu^0 (H \partial_\mu \phi^0 - \phi^0 \partial_\mu H) - ig \frac{2c_w}{c_w} M Z_\mu^0 (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \\ & ig s_w M A_\mu (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - ig \frac{1-2c_w^2}{2c_w} Z_\mu^0 (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) + \\ & ig s_w A_\mu (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) - \frac{1}{4}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- [H^2 + (\phi^0)^2 + 2\phi^+ \phi^-] - \\ \frac{1}{4}g^2 \frac{1}{c_w} Z_\mu^0 Z_\mu^0 [H^2 + (\phi^0)^2 + 2(2s_w^2 - 1)^2 \phi^+ \phi^-] & - \frac{1}{2}g^2 \frac{s_w^2}{c_w} Z_\mu^0 \phi^0 (W_\mu^+ \phi^- + \\ W_\mu^- \phi^+) & - \frac{1}{2}ig^2 \frac{s_w^2}{c_w} Z_\mu^0 H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}g^2 s_w A_\mu \phi^0 (W_\mu^+ \phi^- + \\ W_\mu^- \phi^+) & + \frac{1}{2}ig^2 s_w A_\mu H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - g^2 \frac{2c_w}{c_w} (2c_w^2 - 1) Z_\mu^0 A_\mu \phi^+ \phi^- - \\ & g^1 s_w^2 A_\mu A_\nu \phi^+ \phi^- - e^\lambda (\gamma \partial + m_\lambda^2) e^\lambda - \bar{\nu}^\lambda \gamma \partial \nu^\lambda - \bar{u}_j^\lambda (\gamma \partial + m_u^2) u_j^\lambda - \\ & \bar{d}_j^\lambda (\gamma \partial + m_d^2) d_j^\lambda + ig s_w A_\mu [-(\bar{e}^\lambda \gamma^\mu e^\lambda) + \frac{2}{3}(\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu u_j^\lambda) - \frac{1}{3}(\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu d_j^\lambda)] + \\ & \frac{ig}{4c_w} Z_\mu^0 [(\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (4s_w^2 - 1 - \gamma^5) e^\lambda) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (\frac{4}{3}s_w^2 - \\ 1 - \gamma^5) u_j^\lambda) & + (\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu (1 - \frac{8}{3}s_w^2 - \gamma^5) d_j^\lambda)] + \frac{ig}{2\sqrt{2}} W_\mu^+ [(\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) e^\lambda) + \\ (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) C_{\lambda k} d_j^k) & + \frac{ig}{2\sqrt{2}} W_\mu^- [(\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{d}_j^k C_{\lambda k}^1 \gamma^\mu (1 + \\ \gamma^5) u_j^\lambda) & + \frac{ig}{2\sqrt{2}} M [-\phi^+ (\bar{\nu}^\lambda (1 - \gamma^5) e^\lambda) + \phi^- (\bar{e}^\lambda (1 + \gamma^5) \nu^\lambda)] - \\ \frac{g}{2} \frac{m_\lambda^2}{M} [H (\bar{e}^\lambda e^\lambda) + i\phi^0 (\bar{e}^\lambda \gamma^5 e^\lambda)] & + \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^+ [-m_u^2 (\bar{u}_j^k C_{\lambda k} (1 - \gamma^5) d_j^k) + \\ m_u^2 (\bar{u}_j^k C_{\lambda k} (1 + \gamma^5) d_j^k) & + \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^- [m_d^2 (\bar{d}_j^k C_{\lambda k}^1 (1 + \gamma^5) u_j^k) - m_u^2 (\bar{d}_j^k C_{\lambda k}^1 (1 - \\ \gamma^5) u_j^k) & - \frac{g}{2} \frac{m_\lambda^2}{M} H (\bar{u}_j^k u_j^k) - \frac{g}{2} \frac{m_d^2}{M} H (\bar{d}_j^k d_j^k) + \frac{ig}{2} \frac{m_u^2}{M} \phi^0 (\bar{u}_j^k \gamma^5 u_j^k) - \\ \frac{ig}{2} \frac{m_d^2}{M} \phi^0 (\bar{d}_j^k \gamma^5 d_j^k) & + \bar{X}^+ (\partial^2 - M^2) X^+ + \bar{X}^- (\partial^2 - M^2) X^- + \bar{X}^0 (\partial^2 - \\ \frac{M^2}{c_w^2}) X^0 & + \bar{Y} \partial^2 Y + igc_w W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{X}^0 X^- - \partial_\nu \bar{X}^+ X^0) + ig s_w W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{Y} X^- - \\ \partial_\mu \bar{X}^+ Y) & + igc_w W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- X^0 - \partial_\mu \bar{X}^0 X^+) + ig s_w W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- Y - \\ \partial_\mu \bar{Y} X^+) & + igc_w Z_\mu^0 (\partial_\mu \bar{X}^+ X^- - \partial_\mu \bar{X}^- X^+) + ig s_w A_\mu (\partial_\mu \bar{X}^+ X^- - \\ \partial_\mu \bar{X}^- X^+) & - \frac{1}{2}g M [\bar{X}^+ X^+ H + \bar{X}^- X^- H + \frac{1}{c_w} \bar{X}^0 X^0 H] + \\ \frac{1-2c_w^2}{2c_w} ig M [\bar{X}^+ X^0 \phi^+ - \bar{X}^- X^0 \phi^-] & + \frac{1}{2c_w} ig M [\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-] + \\ ig M s_w [\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-] & + \frac{1}{2}ig M [\bar{X}^+ X^+ \phi^0 - \bar{X}^- X^- \phi^0]. \end{aligned}$$

«Мы еще много не знаем о Вселенной, много не понимаем, но уже достигнутый нами прогресс должен воодушевить нас и придать уверенности в том, что полное понимание - в границах возможного. Думаю, мы не обречены вечно бродить на ощупь в темноте. Совершив рывок к созданию полной теории Вселенной, мы станем её истинными хозяевами. Я надеюсь, что Вселенная подчиняется какому-то порядку, который мы сейчас можем постигнуть лишь отчасти, а полностью - не в таком уж далеком будущем. Возможно, эта надежда лишь мираж, но, несомненно, лучше стремиться к полному пониманию, чем отчаяться, усомнившись в человеческом разуме.»

Стивен Хокинг



В 2006 году Хокинг разводится с Элайн Мейсон и возобновляет дружеские отношения с Джейн, своими детьми и внуками.

27 апреля 2006 года Хокинг совершает полет на самолете с «нулевой гравитацией». В конце года он заявляет о своей мечте о полете в космос.

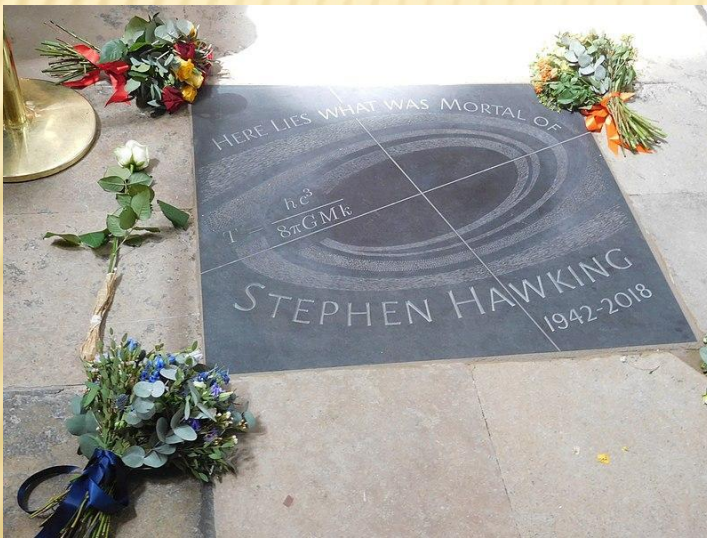


В 2014 году Хокинг принял «Ice Bucket challenge», направленный на поддержку людей, больных БАС.



Хокинг умер 14 марта 2018 года в возрасте 76 лет. Он родился через 300 лет после смерти Галилея и умер через 139 лет после рождения Эйнштейна.

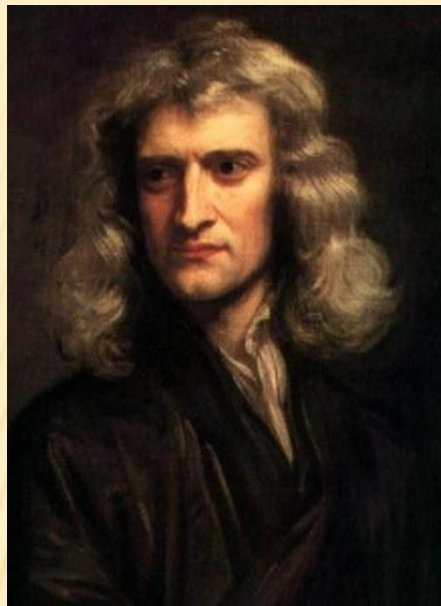
Хокинг был похоронен в Вестминстерском аббатстве рядом с Ньютоном и Дарвином.



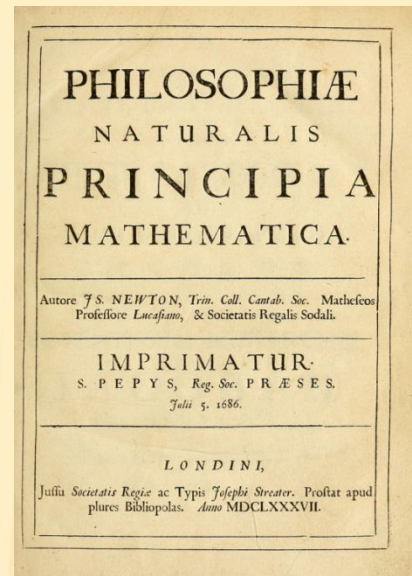
Могила С.Хокинга



Памятная медаль в честь С. Хокинга



Исаак Ньютон



«Математические начала натуральной философии» 1687.

• Закон всемирного тяготения

• Законы механики

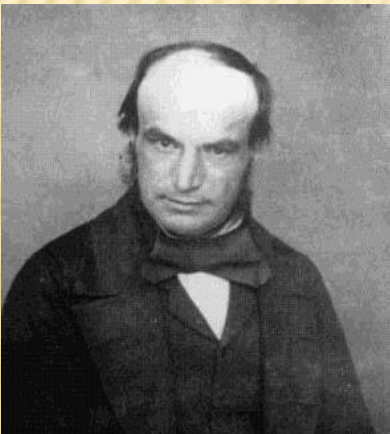
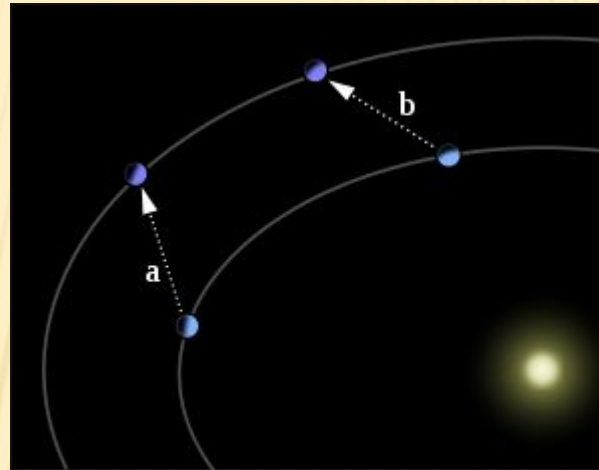
• Основы дифференциального и интегрального исчисления

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

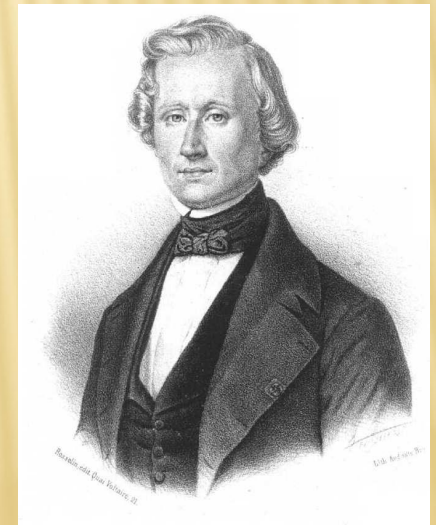
Небесная механика

Открытие Нептуна 1846г.

Нептун был открыт «на кончике пера» благодаря учету возмущений (т.е. отклонений от расчетного положения) движения Урана.



Джон.К.Адамс

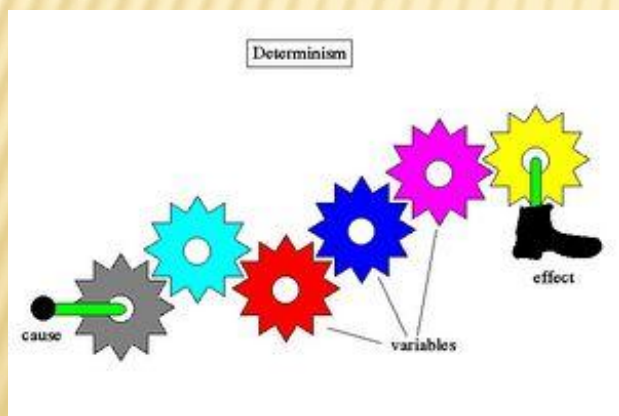


Урбен Леверье

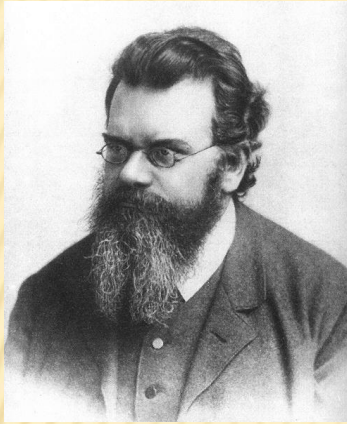
Детерминизм. «Демон Лапласа».



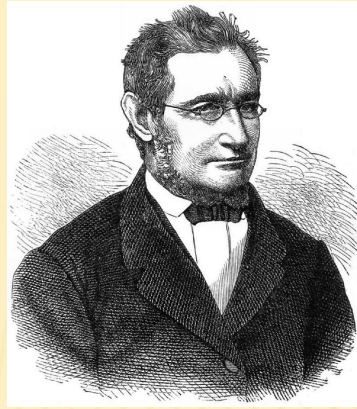
Мы можем рассматривать настоящее состояние Вселенной как следствие его прошлого и причину его будущего. Разум, которому в каждый определённый момент времени были бы известны все силы, приводящие природу в движение, и положение всех тел, из которых она состоит, будь он также достаточно обширен, чтобы подвергнуть эти данные анализу, смог бы объять единым законом движение величайших тел Вселенной и мельчайшего атома; для такого разума ничего не было бы неясного и будущее существовало бы в его глазах точно так же, как прошлое.



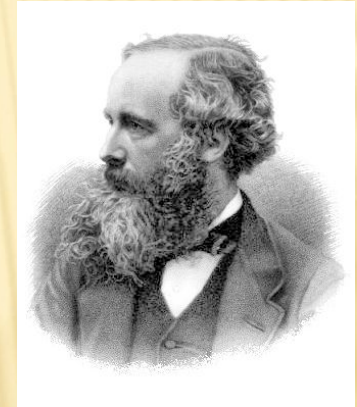
Термодинамика. Молекулярно-Кинетическая теория.



Л. Больцман



Ю.Р.Майер



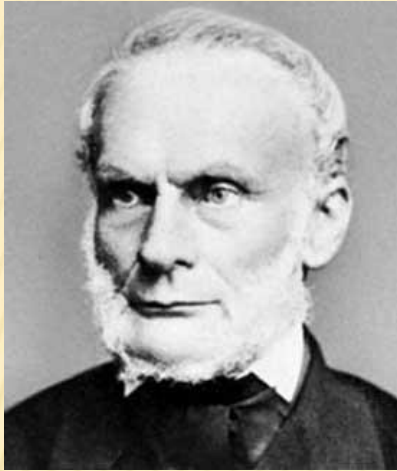
Дж.К. Максвелл

- Тела состоят из мельчайших частиц – атомов и молекул.
- Молекулы находятся не непрерывном хаотическом движении.



Закон сохранения энергии: энергия ниоткуда не возникает и никуда не исчезает, она переходит из одного вида в другой.

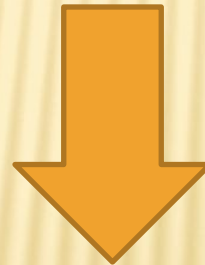
Второй закон термодинамики. Энтропия.



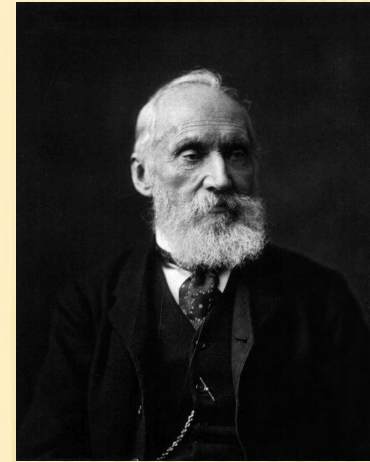
Р. Клаузиус

Клаузиус: «Теплота не может самопроизвольно переходить от более холодного тела к более горячему»

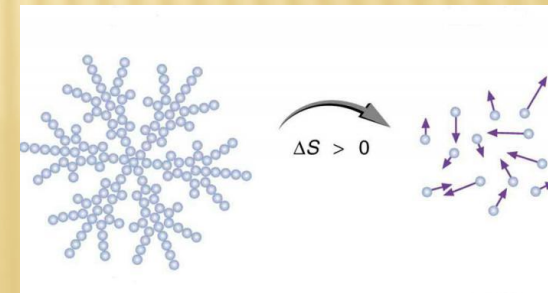
Энтропия – мера беспорядка системы.



Энтропия изолированной системы не убывает.



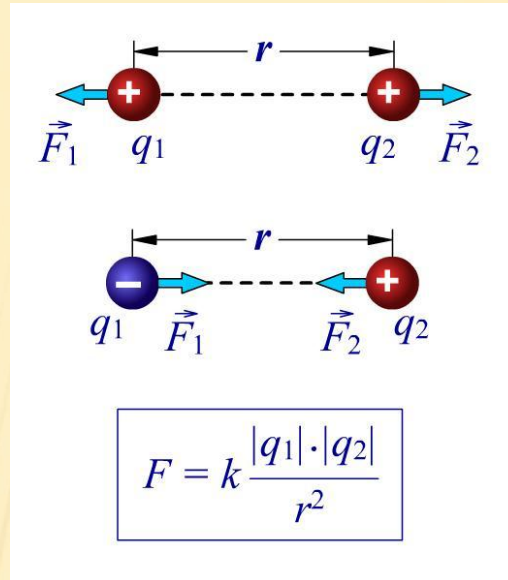
У. Томпсон



Электродинамика



Г.Кавендиш



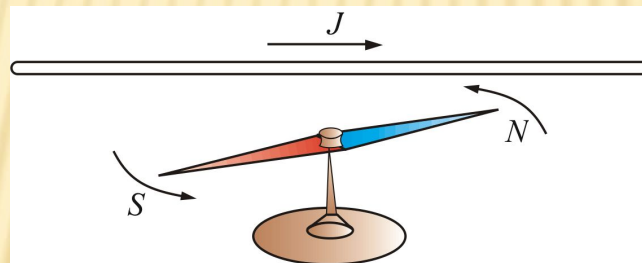
Закон Кулона, 1785г.



Ш.Кулон



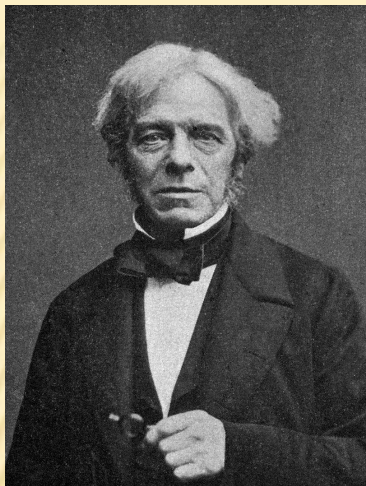
Х.К. Эрстед



Опыт Эрстеда, 1820.

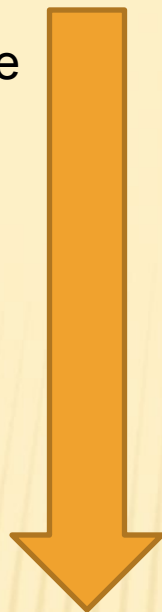


А.М. Ампер

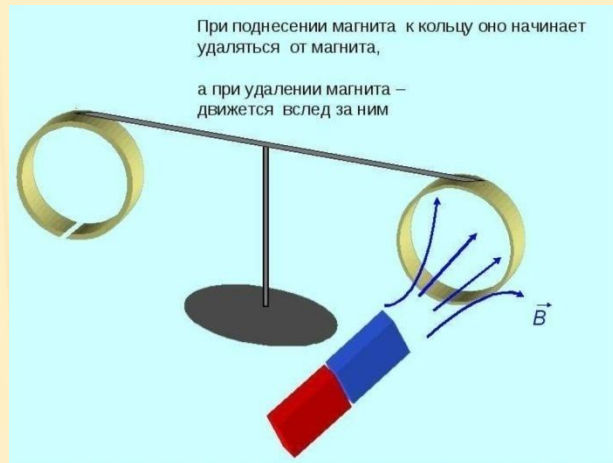


Майкл Фарадей

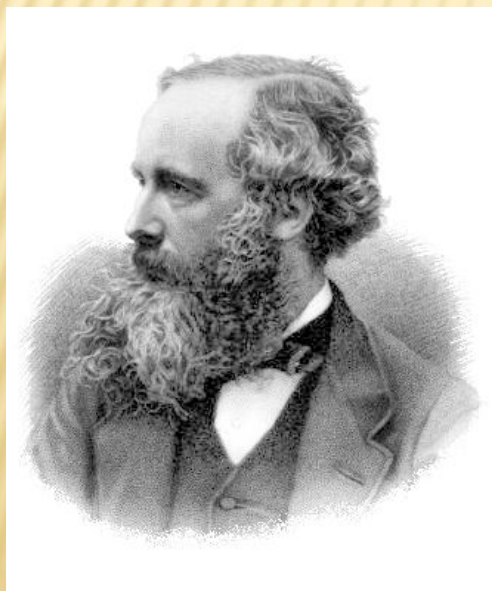
Электрическое
и магнитное
поле могут
переходить
друг в друга



Силовые
линии
реальны!
(Полевая
концепция,
близкодейс
твие).



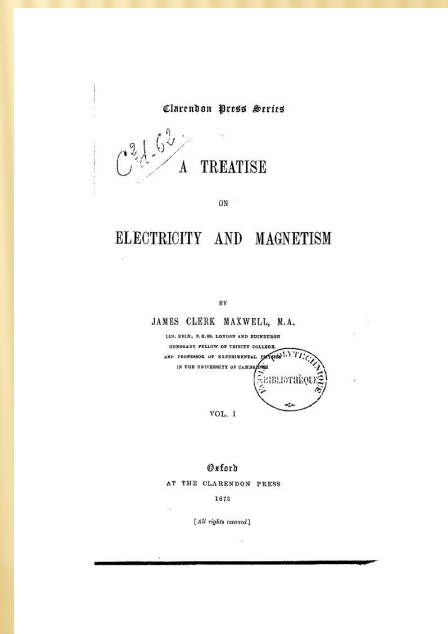
Явление электромагнитной
индукции 1831г.



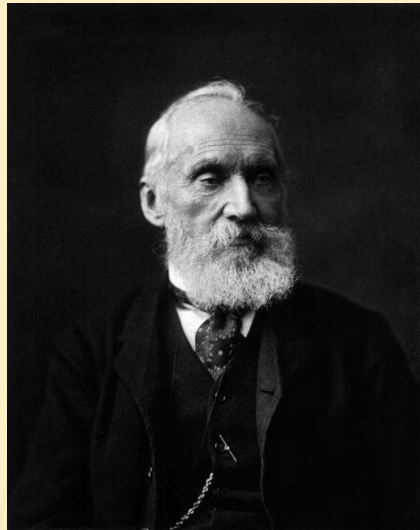
Дж. К. Максвелл

Электромагнитные волны

Открыты Г. Герцем в
1877 году.



Трактат об электричестве и
магнетизме» 1873 г.



У. Томпсон (Лорд
Кельвин)

«Тучи XIX века над динамической теорией света и теплоты»

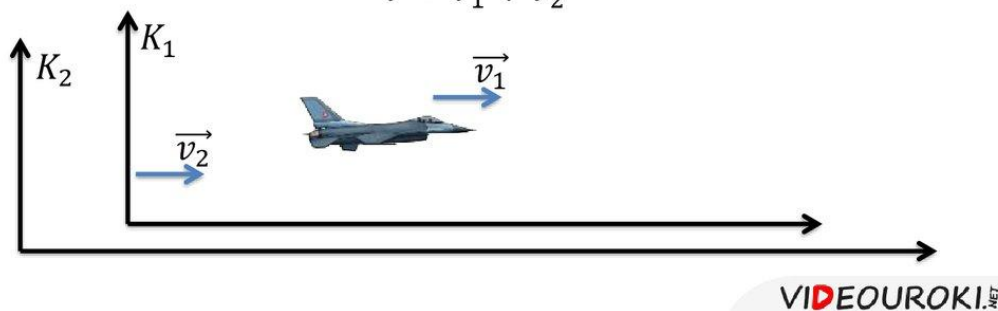
27 апреля 1900г.

“Красота и ясность динамической теории, согласно которой теплота и свет являются формами движения, в настоящее время омрачены двумя тучами».

Закон сложения скоростей

Если тело движется со скоростью \vec{v}_1 в системе отсчёта K_1 , а система отсчёта K_1 движется со скоростью \vec{v}_2 в системе отсчёта K_2 , то скорость движения тела, относительно системы K_2 равна:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

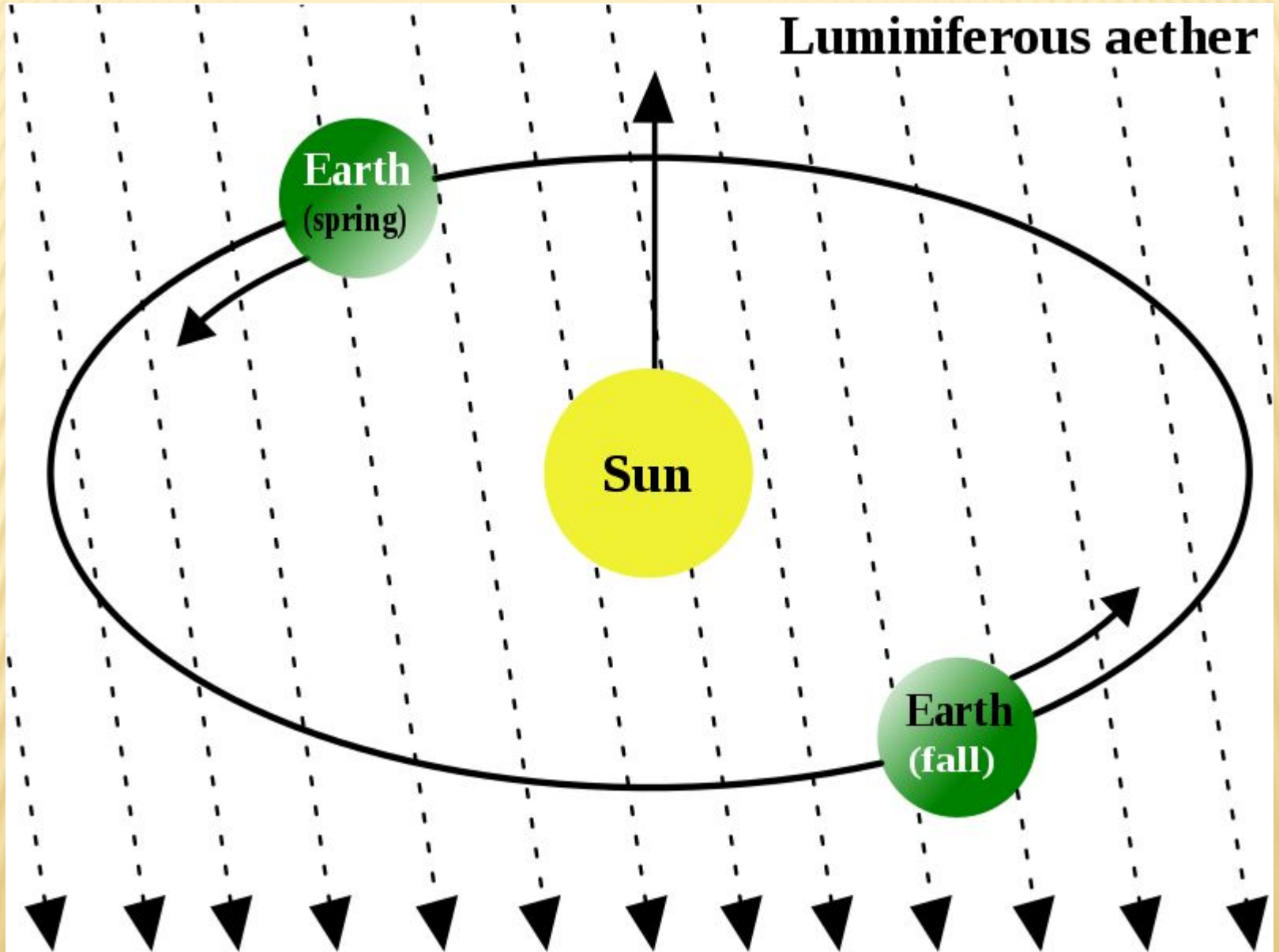


Согласно
НЬЮТОНОВСКОЙ
механике, скорости
складываются.



Согласно уравнениям
Максвелла, скорость
света является
постоянной, т.е. не
зависит от системы
отсчета.

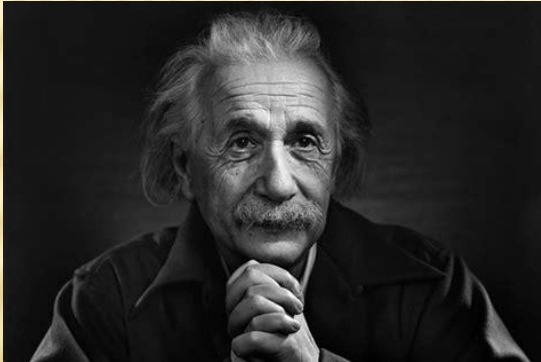
Эксперимент Майкельсона – Морли (1897г.)



«Был этот мир глубокой тьмой окутан.
Да будет свет! И вот явился Ньютон.
Но Сатана не долго ждал реванша.
Пришел Эйнштейн – и стало все, как
раньше.»

Первые две строчки Александр Поуп
(1688-1744)
вторые – Джон Сквайр (1884-1958)
Общий перевод С. Маршака

«Ваш фильм «Золотая лихорадка» понятен во всем
мире, и Вы непременно станете великим человеком».



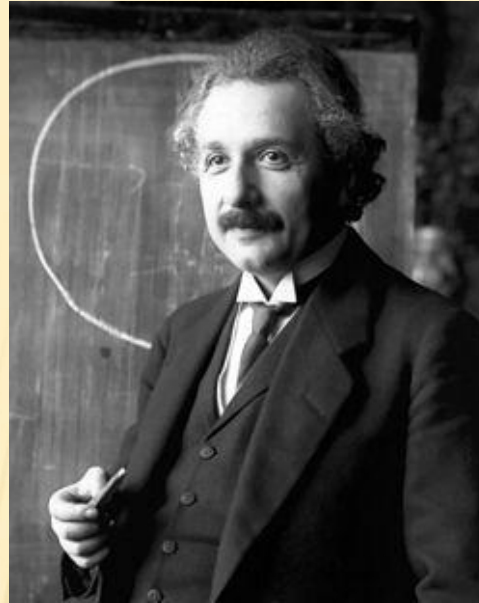
«Я Вами восхищаюсь еще больше. Вашу
теорию относительности никто в мире не
понимает, а Вы все-таки стали великим
человеком».



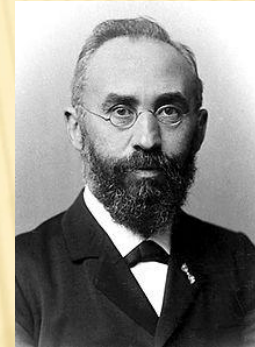
Специальная теория относительности (СТО) 1905г.



А. Пуанкаре



А.Эйнштейн



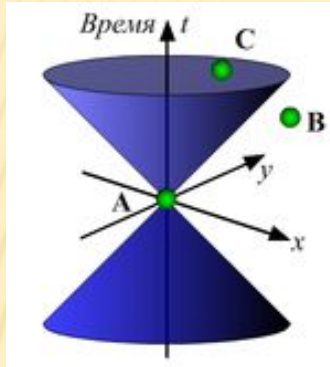
Х.Лоренц

Постулаты теории относительности:

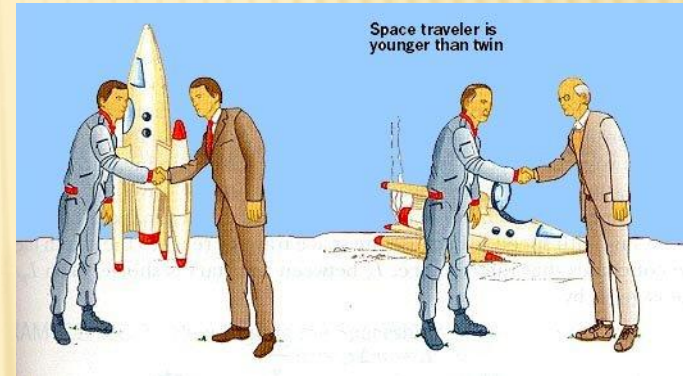
- 1) *Все физические процессы* в инерциальных системах отсчета протекают одинаково.
- 2) Существует предельная (максимальная) скорость распространения взаимодействий.

Следствия СТО

Пространство + время = пространство-время



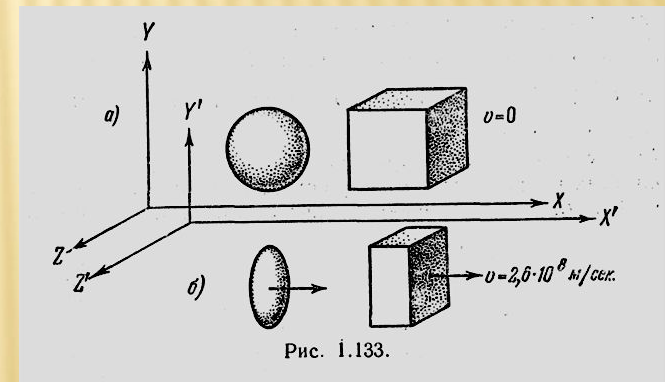
Парадокс близнецов



Замедление времени



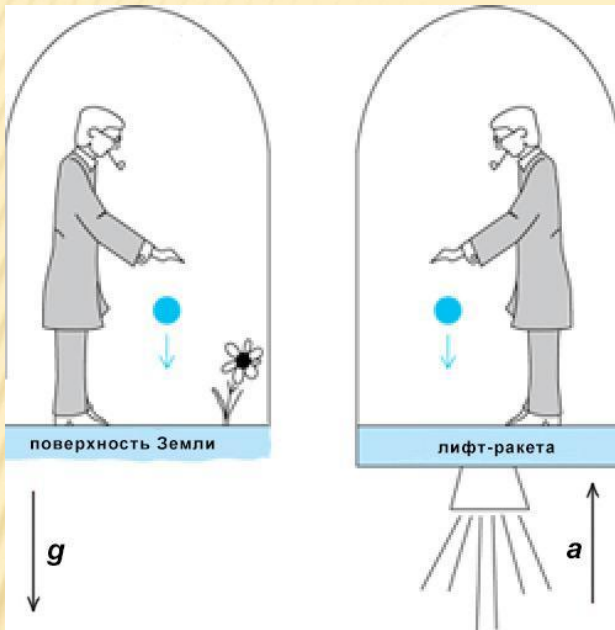
Сокращение длины



$$E=mc^2$$

Общая теория относительности (ОТО) 1915г.

Лифт Эйнштейна



Равенство гравитационной и инерционной масс.

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

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



В поле тяжести тела любой массы падают с одинаковым ускорением.

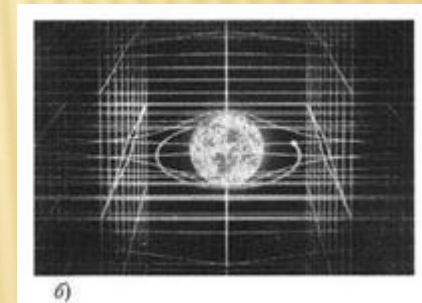
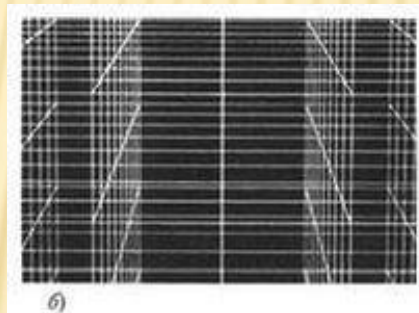
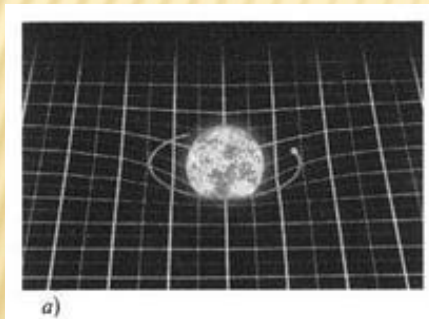
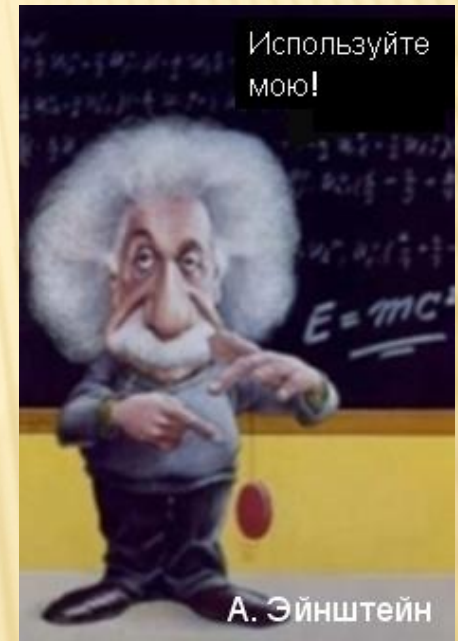


Гравитация является не силой, а искривлением пространства – времени.

Следствия ОТО

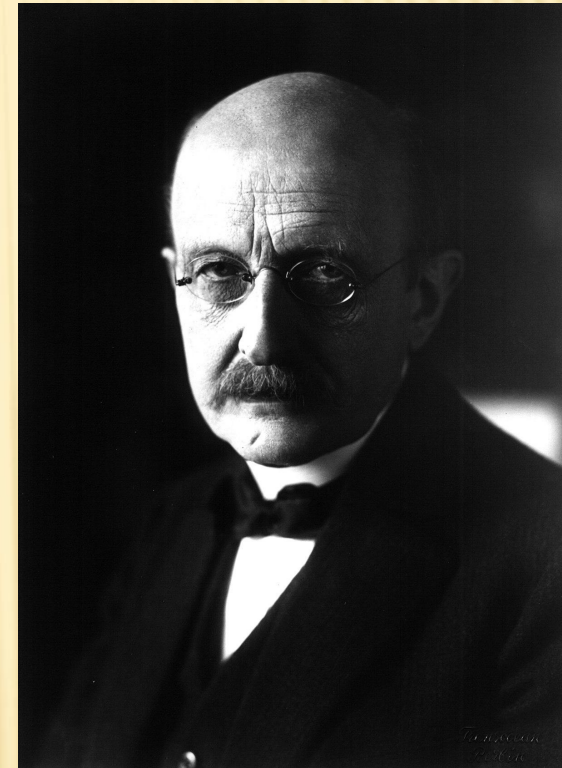
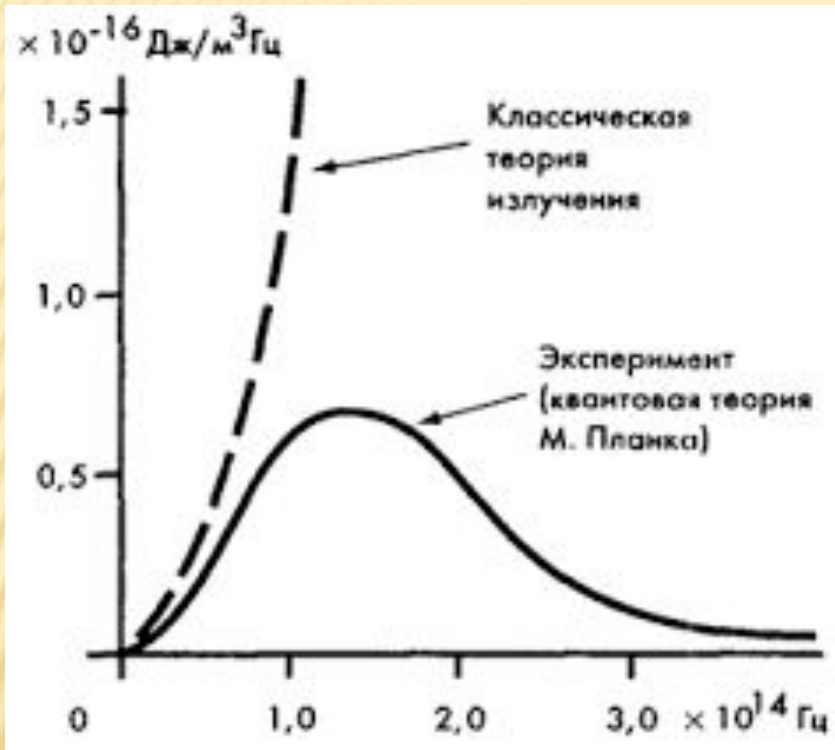


Тела движутся по инерции в искривлённом пространстве-времени.



- 1) Масса- энергия «говорит» пространству-времени, как оно будет искривляться.
- 2) Кривизна «говорит» массе-энергии, как ей двигаться.

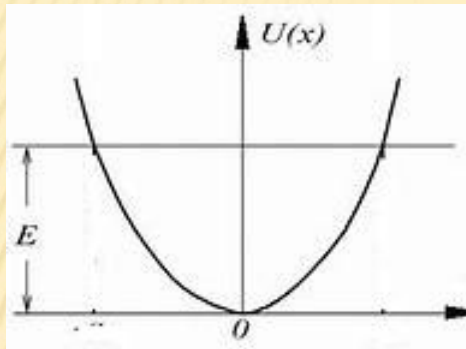
Ультрафиолетовая катастрофа – нагретое тело должно излучать бесконечную энергию.



М. Планк

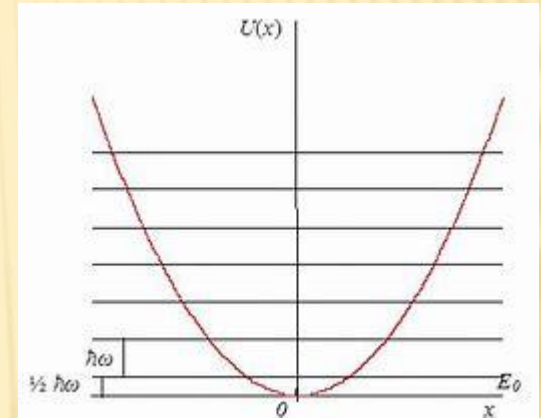
Макс Планк (1900г.): «Энергия передается отдельными порциями – квантами».

Классический случай



Существуют
«нулевые»
колебания.

Квантовый случай



Эйнштейн (1905г.) : Свет излучается и поглощается отдельными порциями – квантами.



Н. Бор



В. Гейзенберг



Э.Шредингер

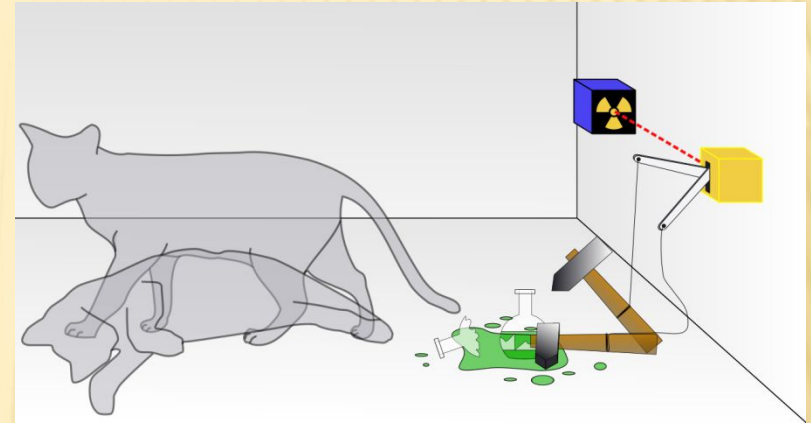
Следствия и парадоксы квантовой механики.

Соотношение
неопределенностей

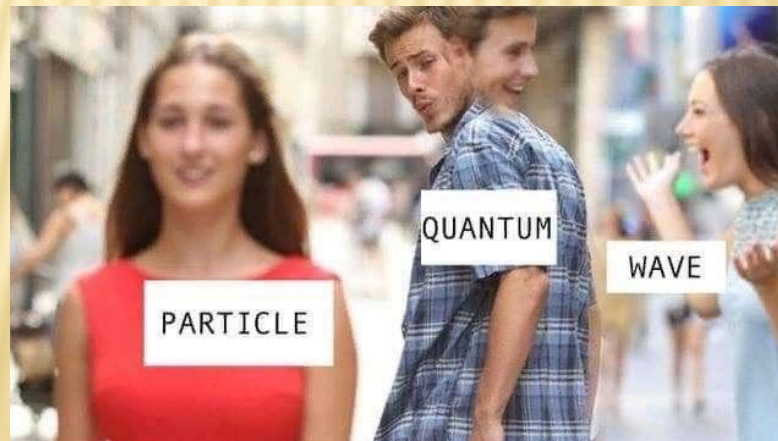
$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h$$

Кот Шредингера



Корпускулярно-волновой дуализм.

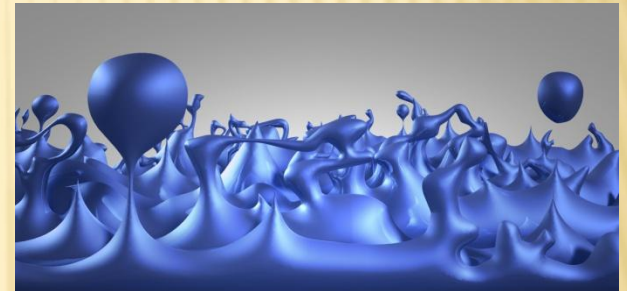


Противоречия между квантовой механикой и теорией относительности

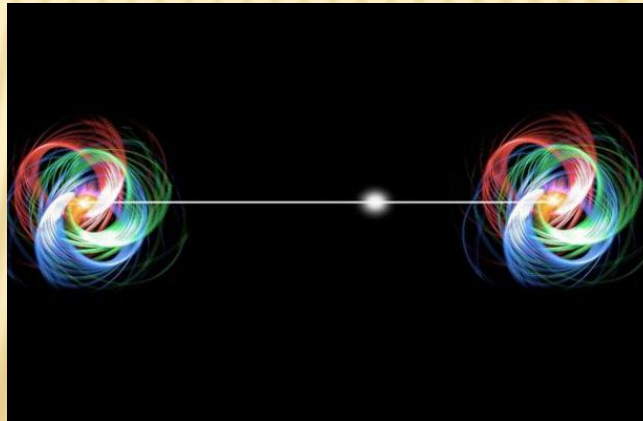
Гладкое пространство (ТО)



Квантовая пена (КМ)



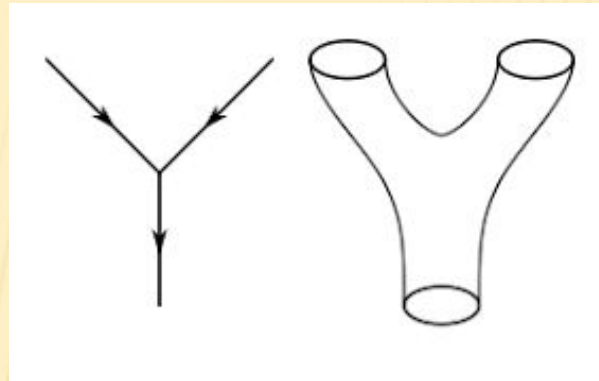
Квантовая запутанность (не локальность теории)



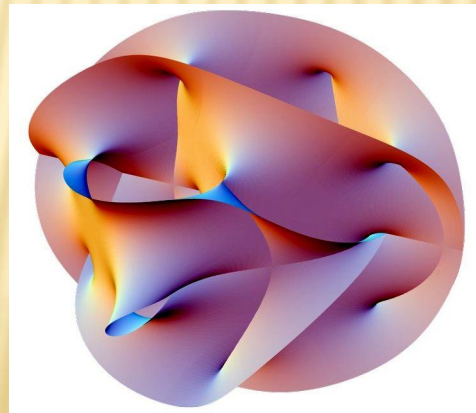
Нужна квантовая теория гравитации!

Теория струн

Частицы являются колебаниями тончайших фундаментальных струн.
Колебания этих струн «размывают» квантовую пену.



Пространство-время имеют 10 (или 11) измерений.
Дополнительные измерения компактифицированы (свернуты).



Пространство Калаби - Яу

На протяжении всей истории развития физики математический аппарат появлялся раньше, чем в нем возникала нужда физиков. Сейчас это не так.

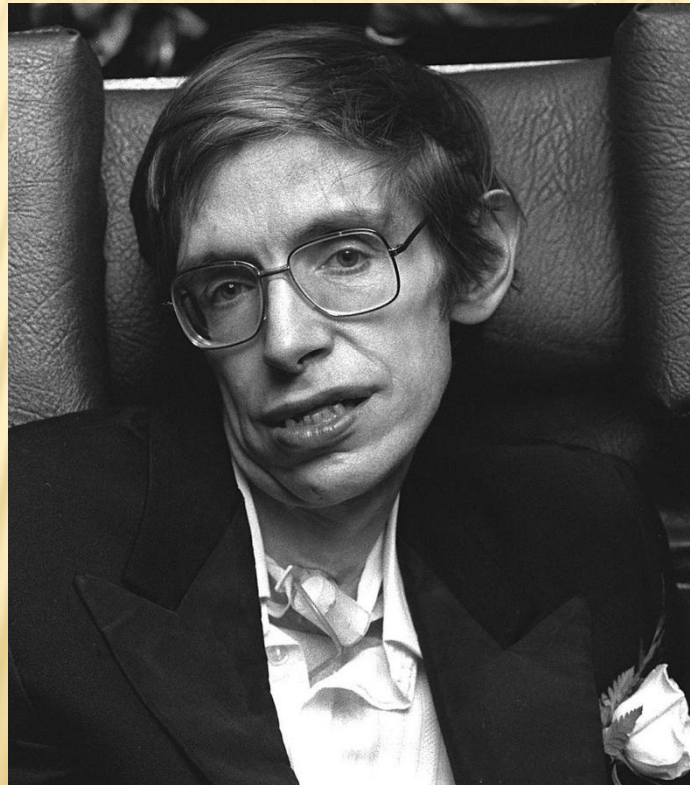
Физика	Математика
Измерения Земли, астрономия	Геометрия Евклида
Небесная механика Кеплера, Ньютона	Математический анализ
Гидродинамика, Электродинамика	Дифференциальные уравнения
Общая теория относительности	Дифференциальная геометрия
Квантовая механика	Гильбертово пространство, теория представлений групп
Калибровочные теории, инстантоны	Геометрия расслоенных пространств
Теория струн. Конформная теория поля.	Бесконечномерные алгебры Ли

Возможные варианты окончательной теории (по Хокингу)

1. Создание полной объединенной теории возможно, и когда-нибудь мы ее создадим, если хватит ума.
2. Нельзя создать окончательную теорию Вселенной – только бесконечную последовательность теорий, описывающий Вселенную все более и более точно.
3. Нельзя создать какую-либо теорию Вселенной. События могут быть предсказаны лишь до известного предела, они происходят случайным, произвольным образом.

«Однако, если мы создадим полную теорию, она со временем, в самых своих основах, станет понятной всем, а не только немногим специалистам. Тогда мы все сможем принять участие в дискуссии о том, почему существует Вселенная. Если мы найдем ответ, это будет абсолютным триумфом человеческого разума. И, возможно, мы поймем замысел Бога».

Стивен Хокинг



**Спасибо
за
внимание!**