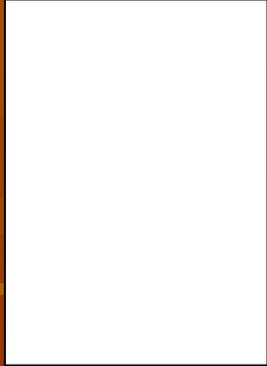




Эйнштейн

И вдруг
все стало
относительно...



СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ
ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ –
ПЕРЕВЕРНУЛА НАШИ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕ
И ВРЕМЕНИ, об энергии и материи,
представления, к которым человечество
шло на протяжении тысячелетий своей
истории.

Еще в детстве Альберт пережил, по его собственному признанию, глубокое и неизгладимое впечатление - в тот день, когда отец показал ему компас. Мальчика поразило, что стрелка сама поворачивается и показывает одно и то же направление. Какие незримые силы управляют ею? Возможно, именно тогда будущий ученый впервые серьезно задумался о глубоко сокрытой природе вещей.

В шестом классе в руки Альберта попали «Начала» Евклида. Он буквально проглотил книгу. «В возрасте 12-16 лет я ознакомился с элементами математики, включая основы дифференциального и интегрального исчислений», - вспоминал Эйнштейн.

Нераздельность пространства и времени легла в основу специальной теории относительности.



«ТУПЕНЬКИЙ»

В детстве Альберт доставил родителям немало хлопот (на фотографии ему около 4 лет). Ребенок отставал в развитии – говорить он начал только в три года. Служанка Зинштейнов называла его «тупеньким».



ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ В МЮНХЕНЕ

Из католической школы Альберт (внизу третий справа) перешел в гимназию Луитпольда



ДРУЖБА НА ВСЮ ЖИЗНЬ

К сестре Майе Альберт был глубоко привязан до самой старости. Фото 1885 года

- Пространство, время и свет оказываются тесно связанными. Как бы близко или далеко ни отстояло от Земли небесное тело (источник света), любое событие там свершится прежде, чем мы сможем это увидеть. «Мы всегда видим только прошлое и никогда настоящее», - писал Бернштейн в прочитанных школьником Альбертом «Естественнонаучных книгах для народа». Свету Солнца, например, требуется около 8 минут, чтобы долететь до Земли. Это значит, что мы видим светило таким, каким оно было 8 минут назад. Если бы оно погасло, то тьма на Земле наступила бы только спустя 8 минут. Все это было подсчитано задолго до Эйнштейна.

- Но никто до него не сумел осознать главного для понимания теории относительности: пока «картинка» солнца-циферблата долетает до нас с лучом света, положение стрелок на ней не меняется! Скорость света конечна потому, что свет не может обогнать время. Иначе мы бы видели события, которые еще не произошли. Здравый смысл противится этому всеми силами. Один из удивительных парадоксов теории относительности: часы идут тем медленнее, чем быстрее они летят в пространстве. И чем ближе к скорости света, тем сильнее замедляется их ход - вплоть до остановки.

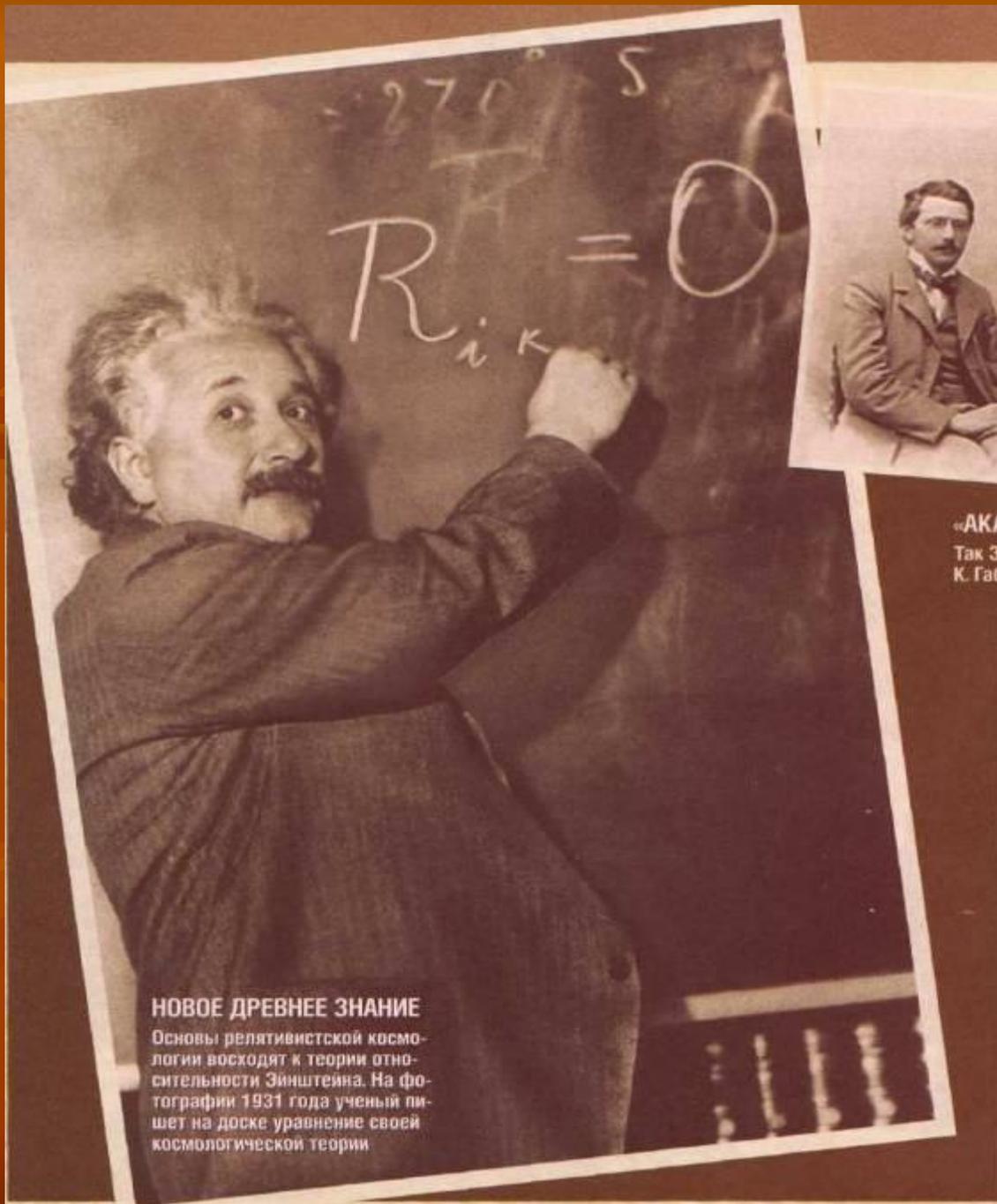
И вообще пора бы задуматься над таким вопросом: кто или что приходит в движение, когда мы говорим «движется»? Согласно классическому принципу относительности Галилея, все тела движутся относительно друг друга. Если вдоль перрона (пример, приводимый Эйнштейном) идет поезд, то для людей на перроне движется поезд, а для сидящих в вагоне пассажиров движется перрон со стоящими на нем людьми. Вполне логичен и второй пункт классического принципа относительности - закон сложения скоростей. Если два поезда движутся в противоположных направлениях, один со скоростью 50 км/ч, а другой -100 км/ч, то их скорости можно сложить и сказать: каждый поезд движется относительно другого со скоростью 150 км/ч. В рамках классической механики, всякое тело внутри своего собственного мира всегда находится в состоянии покоя, в то время как другие тела относительно него движутся. Идущий поезд и летящий самолет покоятся сами в себе. Яблоко падает в салоне поезда и самолета так же вертикально, как на перроне. Законы природы независимы от факта движения - до тех пор, пока оно остается равномерным. Но так ли это, когда речь идет об электродинамике, имеющей дело со скоростью движения электронов или скоростью света? Это был один из неразрешимых вопросов до эйнштейновской науки.

Сначала и Эйнштейн не собирался по новому определять понятия времени и пространства. Он пытался оперировать тем, что предлагали уже известные научные и даже донаучные теории. К необходимости пересмотра понятий ученый подошел лишь в конце долгого путешествия сквозь книжные дебри. И это привело к революции в науке. Противоречие в физической картине мира, которую пытался построить Эйнштейн, обнаруживалось при рассмотрении такого примера. Допустим, два небесных тела летят в космосе навстречу друг другу со скоростью в 75% от скорости света (c). Тогда, по принципу сложения скоростей, их относительная скорость составит 150% скорости света ($1,5c$). Но задолго до Эйнштейна было понято, что относительная скорость является в то же время величиной объективной. А, по Эйнштейну, ни один материальный объект не мог двигаться быстрее, чем свет.

Классический принцип относительности и предельная величина скорости света противоречат друг другу. Эйнштейн, руководствуясь гениальной интуицией, пытался разрешить это противоречие, не отказываясь ни от одного, ни от другого положения.

Он объявил, что скорость света - это свойство природы, универсальная постоянная величина, не зависящая ни от скорости источника, ни от скорости наблюдателя. Со времен Ньютона пространство и время обладали абсолютным значением, они выступали в физике заданными условиями происходящих в мире событий.

Эйнштейн «релятивировал» их, превратил из абсолютных в относительные - и все противоречия мгновенно исчезли. Теперь все виды движения, от электронов до звезд, можно было объяснить на основе единой картины мира. Прозрения Эйнштейна превратили фантом в физически объективированный феномен: относительность это и есть реальность.



НОВОЕ ДРЕВНЕЕ ЗНАНИЕ

Основы релятивистской космологии восходят к теории относительности Эйнштейна. На фотографии 1931 года ученый пишет на доске уравнение своей космологической теории



«АКАДЕМИЯ ОЛИМПИА»

Так Эйнштейн (справа), М. Соловин (в центре) и К. Габихт называли свой научный кружок





ПОПУЛЯРИЗАТОР

Эйнштейн делал все возможное, чтобы о теории относительности узнал весь мир (1922 г., Коллеж де Франс)



ВСЕ ГРАНИ ПРИЗНАНИЯ

В 1921 году он получил Нобелевскую премию, а в 1934-м студенты вручили ему кубок «Самому известному человеку»



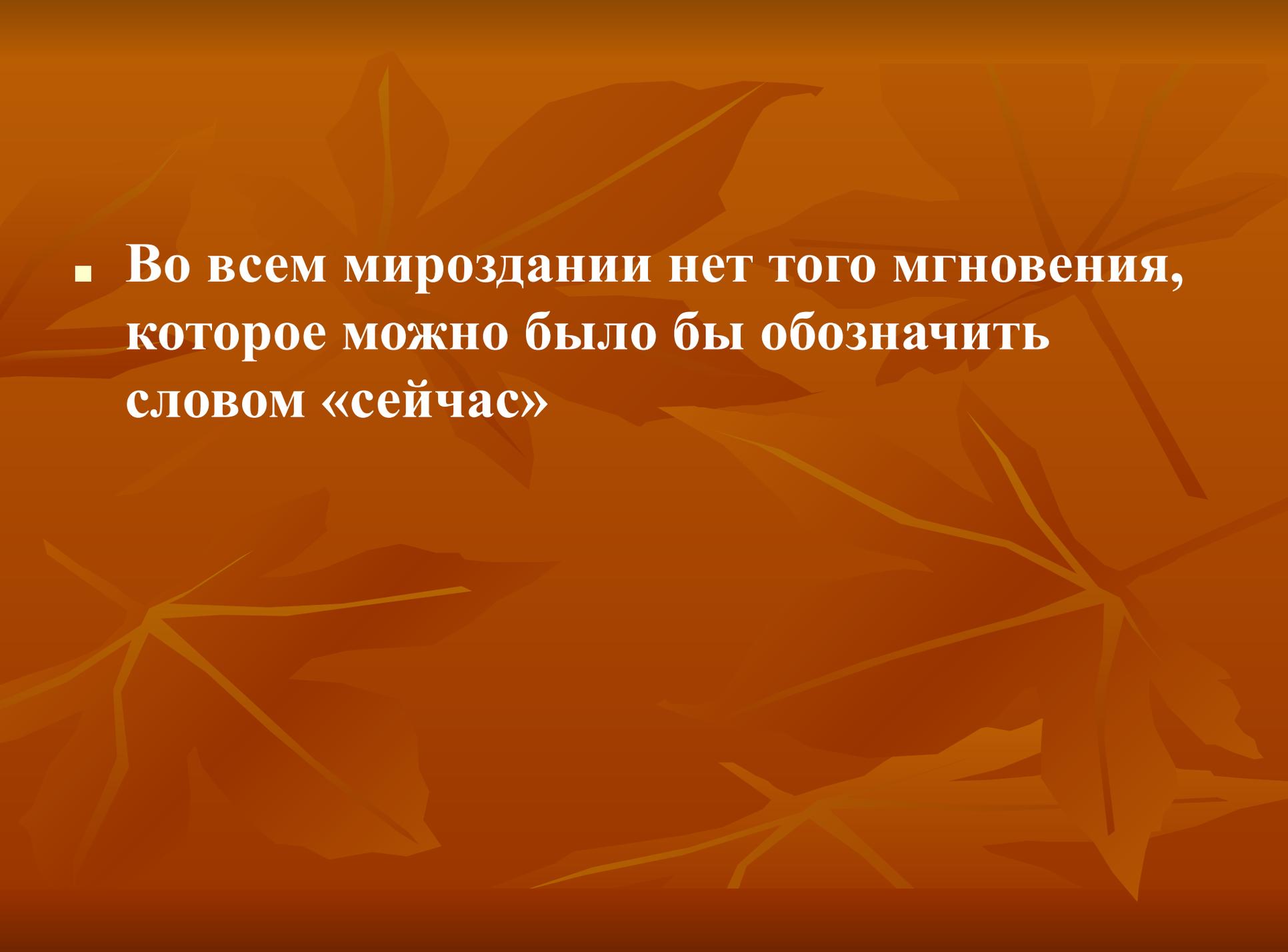
НЕ ТОЛЬКО КОЛЛЕГИ

С физиком Робертом Оппенгеймером Эйнштейна связывали многолетнее сотрудничество и личная дружба



ТИХАЯ АМЕРИКА

В Принстонском институте фундаментальных исследований ученый работал над созданием общей теории поля

- 
- The background of the slide is a solid orange color with a faint, stylized pattern of autumn leaves in various shades of brown and orange. The leaves are scattered across the frame, creating a textured, seasonal feel.
- **Во всем мироздании нет того мгновения, которое можно было бы обозначить словом «сейчас»**

В 1905 году В работе о специальной теории относительности Эйнштейн задал вопрос: «Что следует понимать под временем?». И продолжал: «Мы должны принимать во внимание, что все наши суждения, в которых время играет какую-либо роль, всегда являются суждениями об *одновременных событиях*. Ни до, ни после Эйнштейна рассуждения подобной глубины не были изложены столь ясно.

Все логические связи его теории предельно просты. Их можно объяснить, поставив мысленный эксперимент с наблюдателем на перроне и пассажиром поезда - самого быстрого тогда средства передвижения. Эйнштейн приводит такой пример: наблюдатель стоит на перроне лицом к железнодорожному полотну. В равном отдалении от него слева и справа вспыхивают два маячка. Если наблюдатель видит их оба, то и вспышки для него происходят одновременно. Но для того, кто смотрит на эти вспышки из поезда, дело обстоит иначе. Пока свет долетит до него, пассажир успеет проехать часть пути. Он удаляется от одного маячка и приближается к другому, значит одна вспышка долетит до него раньше, чем другая. Скорость света для него - та же постоянная, что и для наблюдателя на перроне, и это дает пассажиру право утверждать, что вспышки происходят не одновременно.

А если маячки поместить в голове и в хвосте длинного (очень длинного!) поезда? Тогда для пассажира в середине состава они будут вспыхивать одновременно, а вот для наблюдателя на платформе не совпадут во времени. То, что один наблюдатель отмечает как временной промежуток, другой - как одно мгновение.

Вот меч, наконец-то разрубивший гордиев узел противоречий, над которым многие годы ломали голову физики и философы! Во всем мироздании просто нет того мгновения, которое можно было бы обозначить словом «сейчас». Да, внутри «твердого тела» - например, поезда или космического корабля - царит, выражаясь языком Эйнштейна, «время покоящейся системы». И неважно, движется этот поезд или стоит - внутри себя он покоится. Но как только два «твердых тела» начнут двигаться навстречу друг другу, у каждого из них будет свое собственное время и, следовательно, свое собственное «сейчас».

- **В четырехмерном пространстве даже неподвижное тело движется - по оси времени**

СЭР ИСААК НЬЮТОН ИСХОДИЛ ИЗ ИДЕИ АБСОЛЮТНОГО ВРЕМЕНИ - ТАК СКАЗАТЬ, «ЕДИНЫХ ЧАСОВ» ДЛЯ ВСЕЙ ВСЕЛЕННОЙ. Он полагал, что время протекает в себе и равномерно вследствие своей природы. Разве человек от рождения до смерти не переживает его именно так? Но Эйнштейн взглянул на вещи иначе - он абсолютизировал свет, превратив его в повелителя времени и пространства. Из эйнштейновской теории следуют формулы, с помощью которых можно точно рассчитать странное поведение тел в «релятивистской» системе. Если бы мимо нас пролетел 11-метровый космический корабль со скоростью в 90% скорости света, то нам бы он показался 5-метровым. (Для космонавта длина корабля была бы все те же 11 метров.) А если бы его скорость теоретически (практически это невозможно) достигла скорости света, то стороннему наблюдателю длина такого корабля казалась бы нулевой (а часы бы в нем стояли).

Для наблюдателя внутри космического корабля луч света от источника, находящегося на потолке, направлен вертикально к полу. Отрезок A , который проходит свет, выделен красным



Если космический корабль летит со скоростью, близкой к световой, наблюдателю на Земле кажется, что тот же луч направлен по диагонали {выделен зеленым)



С Земли путь луча от потолка до пола корабля выглядит длиннее (на отрезок B). Поскольку скорость света постоянна, луч дольше

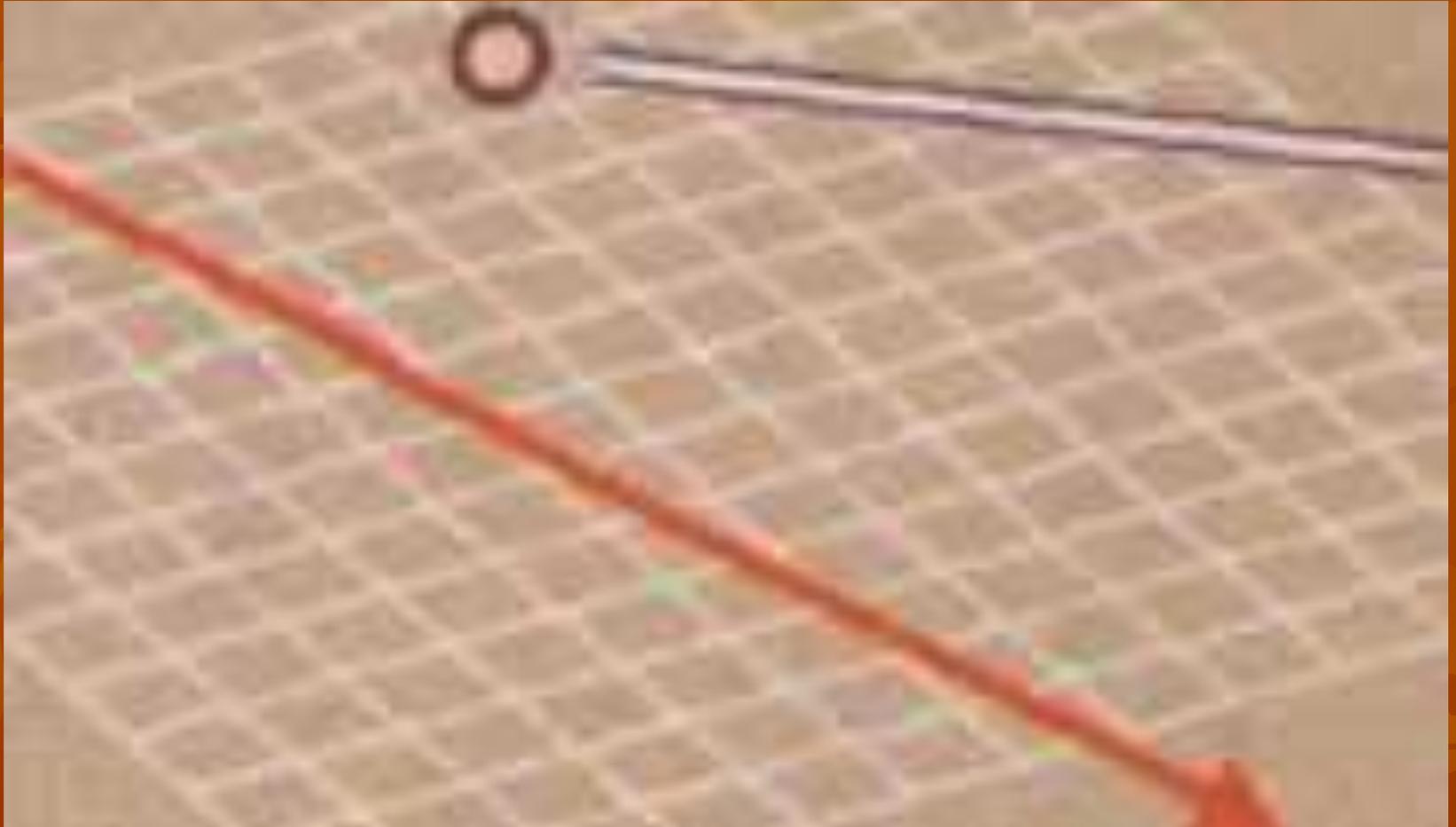
преодолевают расстояние $A+B$



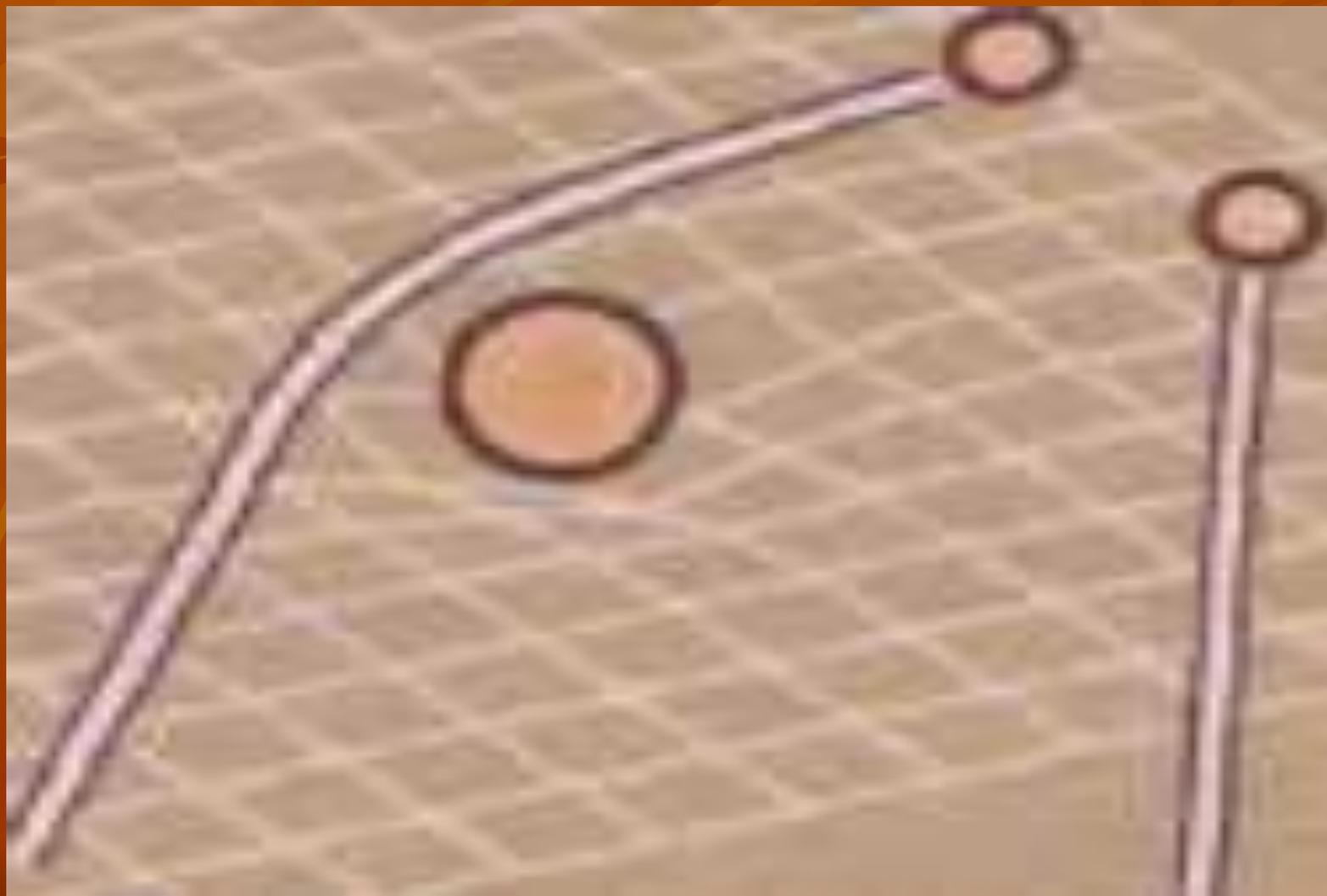
- Ученый принципиально новым образом объяснил гравитацию, которую мы, следуя ньютоновской картине мира, как и прежде, называем «силой тяжести» и представляем себе как «силу притяжения» между телами - например, между Землей и Луной.

Эйнштейн изъясил эту силу из оборота физических терминов, как прежде упразднил понятие эфира. На самом деле, говорил он, массы тел искривляют пространство-время, и это искривление, в свою очередь, предписывает телам, как им двигаться. Земля и Луна не взаимопритягиваются, как считал Ньютон. Они просто движутся, как все небесные тела, в пространстве-времени по кратчайшему пути.

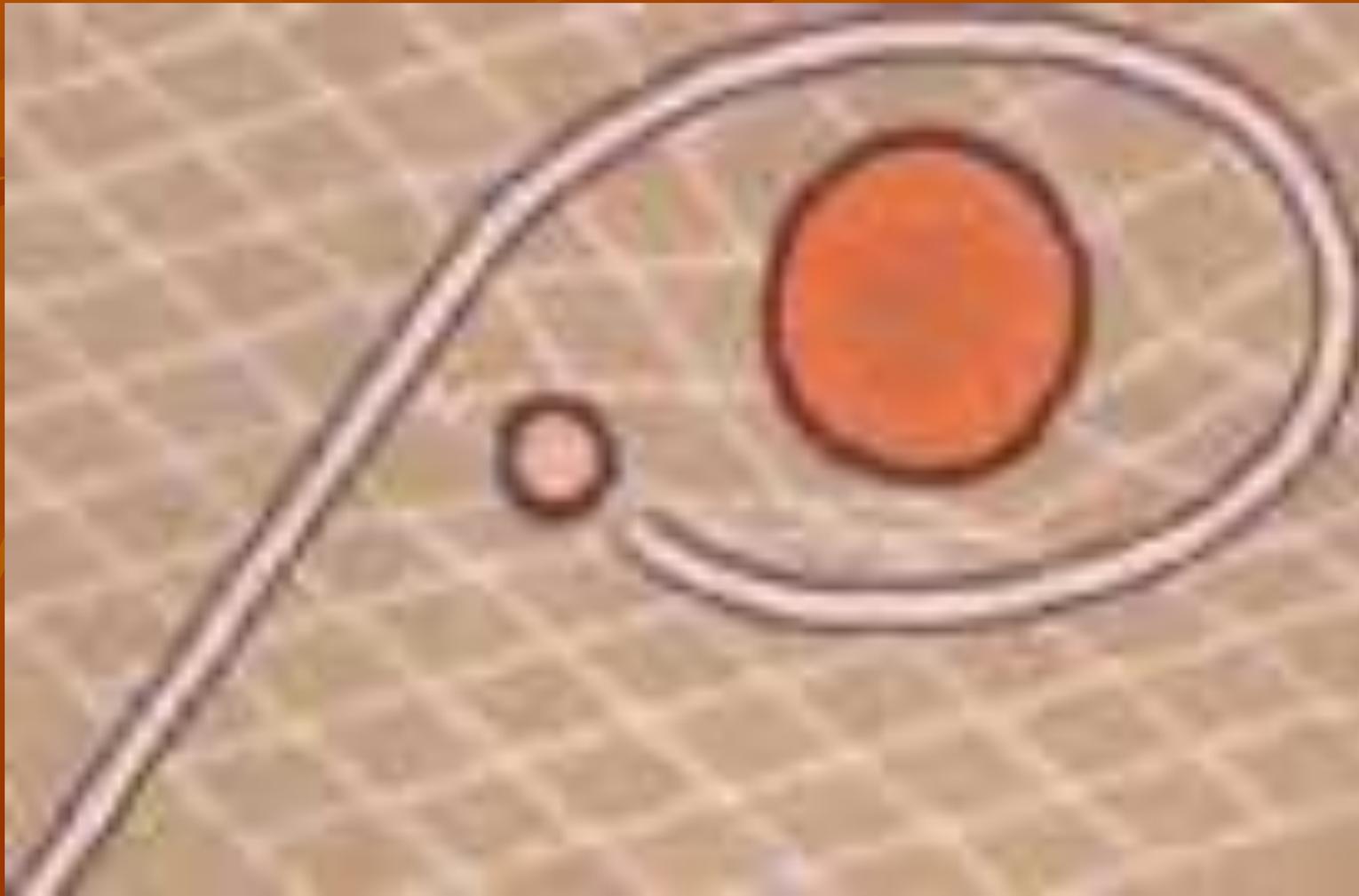
При отсутствии тел, обладающих большой массой, космическое пространство-время плоско. Свет (обозначен красным) и материя движутся прямолинейно



Тело с гигантской массой деформирует космическое пространство-время настолько, что траектории пролетающих вблизи этого тела объектов искривляются



Гигантские массы звезд так сильно искривляют пространство-время, что планеты начинают двигаться вокруг звезд по своим орбитам



Вблизи небесных тел с огромной массой свет тоже отклоняется от движения по прямой. Звезда кажется сдвинутой по сравнению со своим действительным положением в пространстве



В экстремальном случае особенно плотные массы вещества могут создавать так называемые черные дыры, из которых не может вырваться даже свет



- **НО ОКОНЧАТЕЛЬНУЮ СТРОЙНОСТЬ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ** придал другой человек. Герман Минковский был преподавателем Эйнштейна в Цюрихском политехникуме. Минковский нашел для идей своего бывшего студента математическое выражение, не потерявшее актуальности и в наши дни. «Отныне пространство само по себе и время само по себе полностью уходят в царство теней, и лишь своего рода союз обоих этих понятий сохраняет самостоятельное существование», - заявил Минковский в 1908 году.



в 1910-м - Эдуарда



ПАДЧЕРИЦЫ

Эйнштейн горячо полюбил своих падчериц Ильзу (слева) и Марго - дочерей Эльзы от первого брака



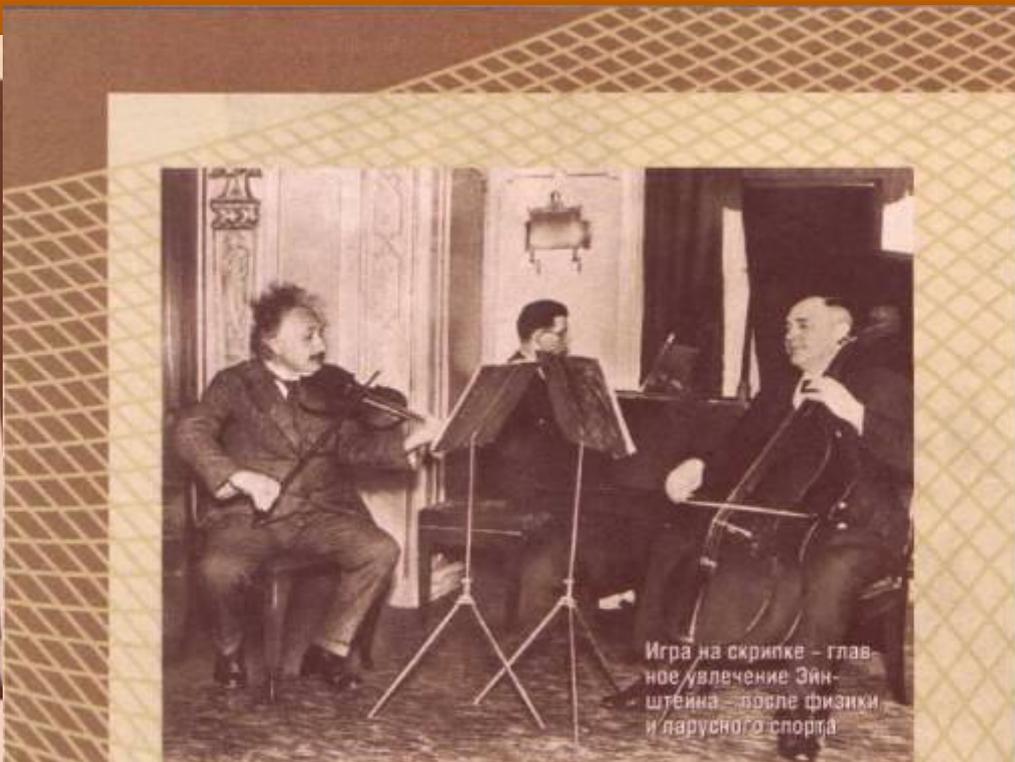
ОСЕННЯЯ ЛЮБОВЬ

Второй раз ученый женился в 1919 году почти сразу после развода с Милевой на своей двоюродной сестре Эльзе



В КРУГУ ДЕТЕЙ

Не самый известный, но бесспорный талант Эйнштейна: он умел общаться с детьми на равных. Фотография 1949 года



Игра на скрипке – главное увлечение Эйнштейна – после физики и ларусного спорта



Эйнштейн еще раз доказал – благодаря силе
разума люди могут проникнуть в тайны
мироздания



Индийцы хопи прозвали
Эйнштейна *The Great
Relative* – «Великим
родичем» или «Великим
относительным»?

Если бы человек смог однажды разогнаться до скорости света, ему удалось бы победить время и старость



Теория относительности - это не просто игры разума. Ее положения способствовали развитию космонавтики и помогли разработать глобальную систему позиционирования *GPS*, необходимую летчикам, автомобилистам и путешественникам. Но, конечно, не только благодаря этому имя Эйнштейна навсегда остается в памяти человечества. В далеком 1905 году он пророчески предвосхитил проникновение в тайну атомного ядра. «Мне пришло в голову еще одно следствие электродинамической работы, - писал он Конраду Габихту. - Из принципа относительности в сочетании с фундаментальными уравнениями Максвелла следует, что масса должна быть непосредственной мерой энергии, содержащейся в теле: свет переносит массу».

За этим скрывается знаменитая формула $E = mc^2$ - энергия равна массе, умноженной на скорость света в квадрате. Уравнение, в котором буквально заложена атомная бомба. Оно описывает чудовищный потенциал расщепления ядра само это открытие в декабре 1938 года удалось совершить немецкому химику Отто Гану, а правильную интерпретацию ему дала австриячка Лиза Мейтнер. Эта формула нашла страшное подтверждение в 1945 году в Хиросиме. «У радия должно происходить заметное убывание массы. Это соображение радует и подкупает», - писал Эйнштейн в процитированном письме к Габихту. Радий тогда был одним из немногих известных радиоактивных элементов, излучающих жесткие лучи.

- С помощью формулы $E = mc^2$ Эйнштейну удалось выразить то, что можно назвать «квадратурой света». Эта формула показывает, какое огромное количество энергии скрывается в массе вещества. Солнце демонстрирует это нам наглядно: каждую секунду в этом пылающем огненном шаре миллионы тонн материи преобразуются в гигантское количество энергии излучения.

- И только благодаря этому возможна жизнь на Земле, наша жизнь. То, что до Эйнштейна никто не мог установить эту связь, объяснялось просто: энергия скрыта в материи так глубоко, что не поддается измерению. «Точь-в-точь, как если бы сказочно богатый человек не дал бы никому ни пфеннига и в дело бы не пустил, и поэтому никто не знал бы, как он богат», - образно объяснял Эйнштейн. Масса, которую излучает стоваттная лампочка на протяжении ста лет, равняется ничтожным 0,003 грамма. Во времена Эйнштейна такие величины просто не поддавались измерению. Он пришел к этому чисто теоретическим путем - и в этом проявилась его гениальность. Но в конце его жизни, после Хиросимы, знаменитая формула стала для Эйнштейна проклятием.

- 1 ИЮЛЯ 1946 ГОДА ЕГО ПОРТРЕТ ПОЯВИЛСЯ НА ОБЛОЖКЕ ЖУРНАЛА *TIME*-ВМЕСТЕ С ИЗОБРАЖЕНИЕМ АТОМНОГО ГРИБА, ФОРМУЛОЙ $E = MC^2$ и хлестким зазывным заголовком: «Разрушитель мира - Эйнштейн: Вся материя состоит из скорости и огня». Ученый воспринял это болезненно, как несправедливое обвинение. Даже он со своей гениальной научной интуицией не мог предугадать такого страшного политического сценария...

- КОПЕРНИК «ВЫСЕЛИЛ» ЧЕЛОВЕКА ИЗ ЦЕНТРА ВСЕЛЕННОЙ, ДАРВИН ПОДОРВАЛ ВЕРУ В ЕГО БОЖЕСТВЕННОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ, Фрейд объявил бессознательное господином сознательного «Я». Эйнштейн принес людям нечто вроде утешения: да, мы всего лишь существа, произошедшие от низших животных, мы гонимы инстинктами и обречены прозябать на своей маленькой планете где-то на обочине Вселенной... Но, несмотря на все это, человек велик. Он способен проникнуть в глубинные тайны мироздания благодаря силе своего мышления.