



Зарождение теории

ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

- 1537
- Распределенное движение

- 1604, 1609
- Уравнения равноускоренного движения

- 1687
- Законы механики Ньютона

- 1604, 1609
- Закон всемирного тяготения Ньютона

- 1891
- Принцип эквивалентности

- 1905, 1916
- Теория относительности



Задумываясь, какое именно событие все-таки знаменовало зарождение современной науки, я нередко останавливаю свой выбор на одном малоизвестном событии, имевшем место в 1537 году. Миланский герцог тогда закупил новейшие пушки — последнее слово военной техники того времени — и озадачился рядом вопросов по поводу того, как лучше всего использовать эти новые игрушки. На помощь он, естественно, призвал своего придворного главного инженера — математика по имени Никколо Тарталья (Niccolò Tartaglia, ок. 1500–57) и задал ему простой, казалось бы, вопрос: под каким углом к горизонту стрелять, чтобы ядра улетали как можно дальше?

И тут произошло то, что знаменовало собой типичную победу охватывавшего Европу нового духа естествоиспытаний. Тарталья не отправился в библиотеку ознакомиться с советами античных философов и не стал запирается в своем кабинете с намерением тщательно обдумать поставленный вопрос. Вместо этого он выкатил пушку в чистое поле под Миланом и стал из нее стрелять под различными углами, пока не получил нужный результат: дальше всего ядра улетают при выстреле под углом в 45° к горизонту. При этом до открытия [законов механики Ньютона](#), из которых это можно вывести теоретически, оставалось полтора столетия, и Тарталья просто воспользовался методом проб и ошибок, золотым правилом эмпирической инженерии.

Уравнения равноускоренного движения



Галилео Галилей относится к числу людей, прославившихся совсем не тем, за что им следовало бы пользоваться заслуженной славой. Все помнят, как этого итальянского естествоиспытателя в конце жизни подвергли суду инквизиции по подозрению в ереси и заставили отречься от убеждения, что Земля вращается вокруг Солнца. На самом же деле, этот судебный процесс на развитие науки практически не повлиял — в отличие от ранее проделанных Галилеем опытов и сделанных им на основании этих опытов выводов, которые фактически предопределили дальнейшее развитие механики как раздела физической науки.

Движение физических тел изучалось с незапамятных времен, и основы кинематики были заложены задолго до рождения Галилея. Элементарные задачи описания движения сегодня изучают уже в начальной школе. Например, все знают, что если автомобиль равномерно движется со скоростью 20 км/ч , то за 1 час он проедет 20 км , за 2 часа — 40 км , за 3 часа — 60 км и т. д. И до тех пор, пока машина движется с постоянной скоростью, рассчитать пройденное расстояние труда не составляет — достаточно умножить скорость машины на время, которое она находится в пути. Этот факт известен настолько давно, что имя его первооткрывателя наглухо затерялось в тумане античных времен.

Законы механики Ньютона



- 1. В отсутствие внешних силовых воздействий тело будет продолжать равномерно двигаться по прямой.
- 2. Ускорение движущегося тела пропорционально сумме приложенных к нему сил и обратно пропорционально его массе.
- 3. Всякому действию сопоставлено равное по силе и обратное по направлению противодействие.
- Законы Ньютона — в зависимости от того, под каким углом на них посмотреть, — представляют собой либо конец начала, либо начало конца классической механики. В любом случае это поворотный момент в истории физической науки — блестящая компиляция всех накопленных к тому историческому моменту знаний о движении физических тел в рамках физической теории, которую теперь принято именовать *классической механикой*. Можно сказать, что с законов движения Ньютона пошел отсчет истории современной физики и вообще естественных наук. Они, фактически, стали кульминацией долгого исторического процесса формулирования принципов классической механики.

Закон всемирного тяготения Ньютона



- На склоне своих дней Исаак Ньютон рассказал, как это произошло: он гулял по яблоневому саду в поместье своих родителей и вдруг увидел луну в дневном небе. И тут же на его глазах с ветки оторвалось и упало на землю яблоко. Поскольку Ньютон в это самое время работал над законами движения ([Законы механики Ньютона](#)), он уже знал, что яблоко упало под воздействием гравитационного поля Земли. Знал он и о том, что Луна не просто висит в небе, а вращается по орбите вокруг Земли, и, следовательно, на нее воздействует какая-то сила, которая удерживает ее от того, чтобы сорваться с орбиты и улететь по прямой прочь, в открытый космос. Тут ему и пришло в голову, что, возможно, это одна и та же сила заставляет и яблоко падать на землю, и Луну оставаться на околоземной орбите.
- При запуске ракеты действуют все три закона движения Ньютона. Сначала ракета ускоряется, поскольку на нее воздействует сила реактивной тяги испускаемых газов (второй и третий законы Ньютона), а затем, после выхода на орбиту, движется по инерции (первый закон Ньютона)

Принцип эквивалентности

- Невозможно определить экспериментальным путем, находится ли тело в гравитационном поле или в неинерциальной системе отсчета.

Вам, возможно, доводилось испытывать странные физические ощущения в скоростных лифтах: когда лифт трогается вверх (или тормозит при движении вниз), вас придавливает к полу, и вам кажется, что вы на мгновение потяжелели; а в момент торможения при движении вверх (или старта при движении вниз) пол лифта буквально уходит у вас из-под ног. Сами, возможно, того не сознавая, вы испытываете при этом на себе действие принципа эквивалентности инертной и гравитационной масс. Таким образом, ускорение производит тот же эффект, что и гравитация.

Теперь представьте, что вы находитесь в открытом космосе вдали от любых сколько-нибудь значительных гравитационных полей, но при этом ваш корабль движется с ускорением $9,8 \text{ м/с}^2$.

Из принципа эквивалентности следуют интересные предсказания относительно поведения света в гравитационном поле. Представьте, что в момент ускоренного движения вверх при старте лифта вы послали световой импульс (например, при помощи лазерной указки) в направлении мишени на противоположной стене лифта. Измерения, проведенные сэром Артуром Эддингтоном (Arthur Eddington, 1882–1944) во время полного солнечного затмения 1919 года и выявившие отклонение луча на угол $1,6$ угловых секунд, стали триумфальным экспериментальным подтверждением общей [теории относительности](#).

Следуя аналогичным рассуждениям, нетрудно увидеть, что принцип эквивалентности предсказывает, что в спектре светового луча, направленного в сторону уменьшения интенсивности гравитационного поля (в земных условиях — вверх), должно наблюдаться красное смещение, и это предсказание также получило свое экспериментальное подтверждение.

- Принцип эквивалентности — лишь один из постулатов общей теории относительности. Он ограничивается рассмотрением эффектов гравитации и равноускоренного движения, однако каждое подтверждение принципа эквивалентности является одновременно и подтверждением общей теории относительности.

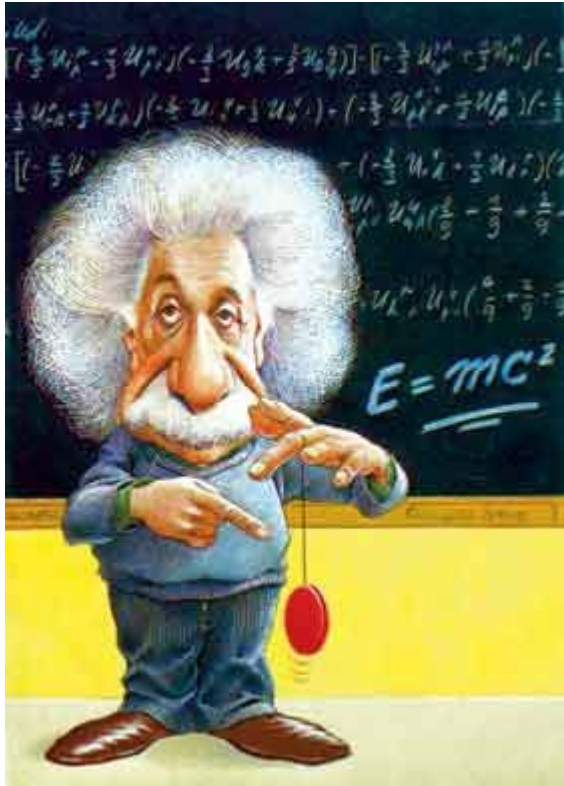


искривления пространства- времени



- Графическая иллюстрация искривления пространства-времени под воздействием материальных тел — одного из главных предсказаний общей теории относительности. Слева — незначительная воронка, образовавшаяся под воздействием Солнца; в центре — гравитационное поле более тяжелой нейтронной звезды; справа — глубокая воронка без дна, представляющая черную дыру

Законы природы не зависят от систем отсчета



Говорят, что прозрение пришло к Альберту Эйнштейну в одно мгновение. Ученый якобы ехал на трамвае по Берну (Швейцария), взглянул на уличные часы и внезапно осознал, что если бы трамвай сейчас разогнался до скорости света, то в его восприятии эти часы остановились бы — и времени бы вокруг не стало. Это и привело его к формулировке одного из центральных постулатов относительности — что различные наблюдатели по-разному воспринимают действительность, включая столь фундаментальные величины, как расстояние и время.

Говоря научным языком, в тот день Эйнштейн осознал, что описание любого физического события или явления зависит от *системы отсчета*, в которой находится наблюдатель (см. [Эффект Кориолиса](#)). Если пассажирка трамвая, например, уронит очки, то для нее они упадут вертикально вниз, а для пешехода, стоящего на улице, очки будут падать по параболе, поскольку трамвай движется, в то время как очки падают. У каждого своя система отсчета.

Но хотя описания событий при переходе из одной системы отсчета в другую меняются, есть и универсальные вещи, остающиеся неизменными. Если вместо описания падения очков задать вопросом о законе природы, вызывающем их падение, то ответ на него будет один и тот же и для наблюдателя в неподвижной системе координат, и для наблюдателя в движущейся системе координат. Закон [распределенного движения](#) в равной мере действует и на улице, и в трамвае. Иными словами, в то время как описание событий зависит от наблюдателя, законы природы от него не зависят, то есть, как принято говорить на научном языке, являются *инвариантными*. В этом и заключается *принцип относительности*. Как любую гипотезу, принцип относительности нужно было проверить путем соотнесения его с реальными природными явлениями. Из принципа относительности Эйнштейн вывел две отдельные (хотя и родственные) теории. **Специальная, или частная, теория относительности** исходит из положения, что законы природы одни и те же для всех систем отсчета, движущихся с постоянной скоростью. **Общая теория относительности** распространяет этот принцип на любые системы отсчета, включая те, что движутся с ускорением. Специальная теория относительности была опубликована в 1905 году, а более сложная с точки зрения математического аппарата общая теория относительности была завершена Эйнштейном к 1916 году.

Специальная теория относительности

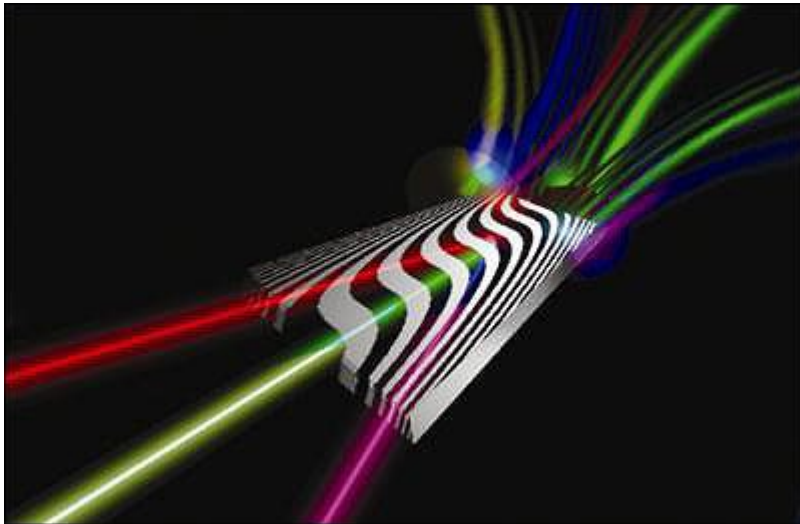
- Большинство парадоксальных и противоречащих интуитивным представлениям о мире эффектов, возникающих при движении со скоростью, близкой к скорости света, предсказывается именно специальной теорией относительности. Самый известный из них — эффект замедления хода часов, или *эффект замедления времени*. Часы, движущиеся относительно наблюдателя, идут для него медленнее, чем точно такие же часы у него в руках.

Время в системе координат, движущейся со скоростями, близкими к скорости света, относительно наблюдателя растягивается, а пространственная протяженность (длина) объектов вдоль оси направления движения — напротив, сжимается. Этот эффект, известный как *сокращение Лоренца—Фицджеральда*, был описан в 1889 году ирландским физиком Джорджем Фицджеральдом (George Fitzgerald, 1851–1901) и дополнен в 1892 году нидерландцем Хендриком Лоренцем (Hendrick Lorentz, 1853–1928). Сокращение Лоренца—Фицджеральда объясняет, почему [опыт Майкельсона—Морли](#) по определению скорости движения Земли в космическом пространстве посредством замеров «эфирного ветра» дал отрицательный результат. Позже Эйнштейн включил эти уравнения в специальную теорию относительности и дополнил их аналогичной формулой преобразования для массы, согласно которой масса тела также увеличивается по мере приближения скорости тела к скорости света. Так, при скорости 260 000 км/с (87% от скорости света) масса объекта с точки зрения наблюдателя, находящегося в покоящейся системе отсчета, удвоится.

Со времени Эйнштейна все эти предсказания, сколь бы противоречащими здравому смыслу они ни казались, находят полное и прямое экспериментальное подтверждение. В одном из самых показательных опытов ученые Мичиганского университета поместили сверхточные атомные часы на борт авиалайнера, совершавшего регулярные трансатлантические рейсы, и после каждого его возвращения в аэропорт приписки сверяли их показания с контрольными часами. Выяснилось, что часы на самолете постепенно отставали от контрольных все больше и больше (если так можно выразиться, когда речь идет о долях секунды). Последние полвека ученые исследуют элементарные частицы на огромных аппаратных комплексах, которые называются ускорителями. В них пучки заряженных субатомных частиц (таких как протоны и электроны) разгоняются до скоростей, близких к скорости света, затем ими обстреливаются различные ядерные мишени. В таких опытах на ускорителях приходится учитывать увеличение массы разгоняемых частиц — иначе результаты эксперимента попросту не будут поддаваться разумной интерпретации. И в этом смысле специальная теория относительности давно перешла из разряда гипотетических теорий в область инструментов прикладной инженерии, где используется наравне с законами механики Ньютона.



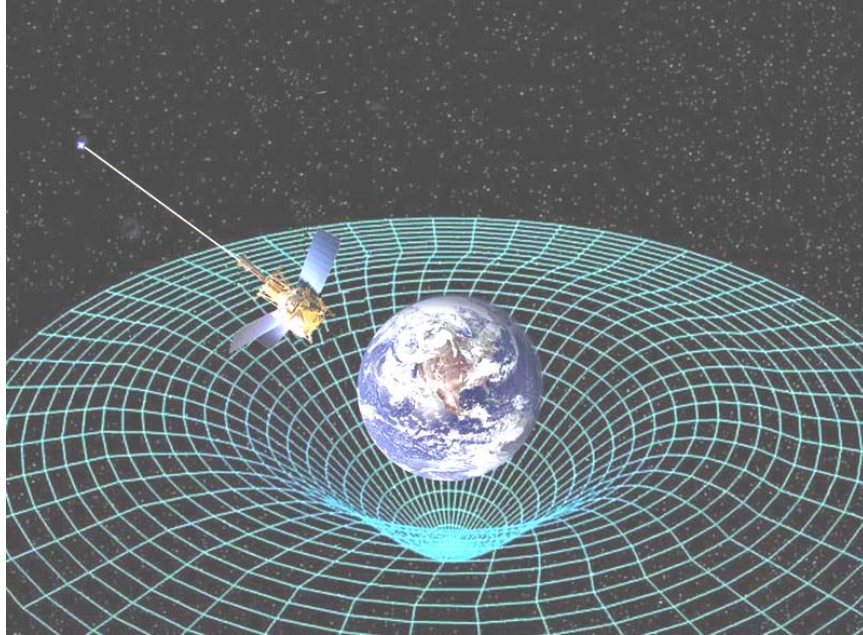
Специальная теория относительности не отменяет ньютоновской физики



Возвращаясь к законам Ньютона, что специальная теория относительности, хотя она внешне и противоречит законам классической ньютоновской механики, на самом деле практически в точности воспроизводит все обычные уравнения законов Ньютона, если ее применить для описания тел, движущихся со скоростью значительно меньше, чем скорость света. То есть, специальная теория относительности не отменяет ньютоновской физики, а расширяет и дополняет ее.

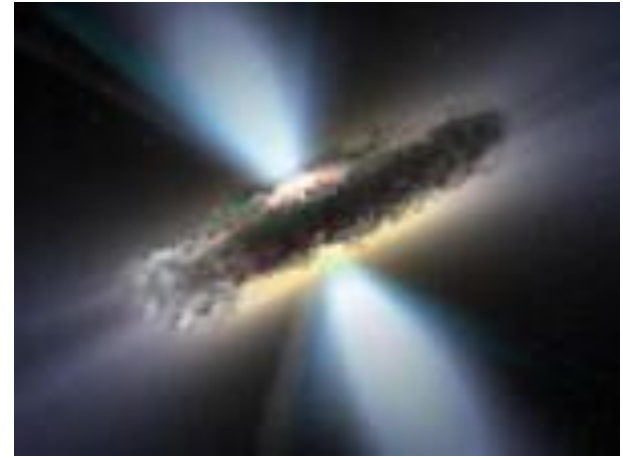
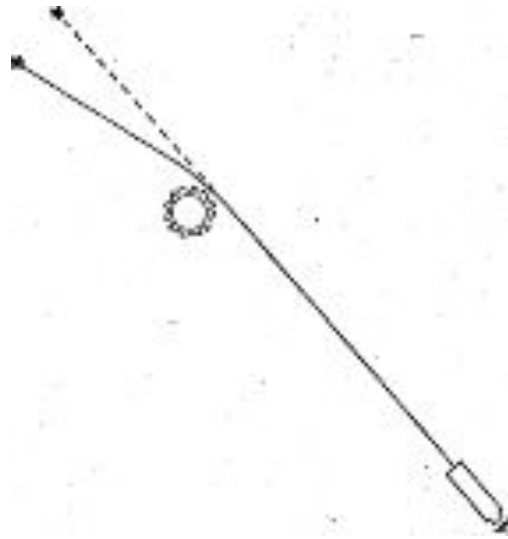
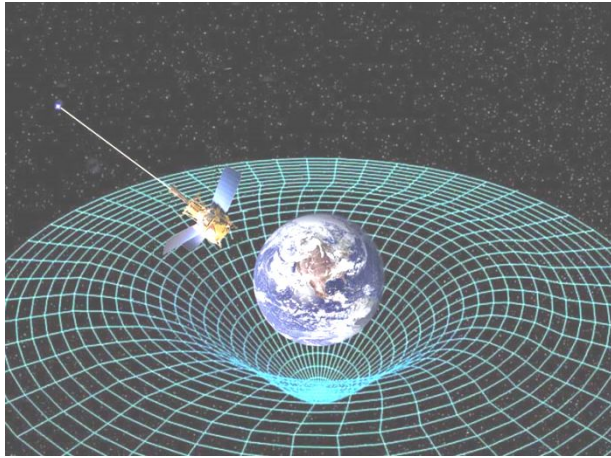
Принцип относительности помогает также понять, почему именно скорость света, а не какая-нибудь другая, играет столь важную роль в этой модели строения мира — этот вопрос задают многие из тех, кто впервые столкнулся с теорией относительности. Скорость света выделяется и играет особую роль универсальной константы, потому что она определена естественнонаучным законом. В силу принципа относительности скорость света в вакууме c одинакова в любой системе отсчета. Это, казалось бы, противоречит здравому смыслу, поскольку получается, что свет от движущегося источника (с какой бы скоростью он ни двигался) и от неподвижного доходит до наблюдателя одновременно. Однако это так.

Благодаря своей особой роли в законах природы скорость света занимает центральное место и в общей теории относительности.



Общая теория относительности

- Общая теория относительности делает мир четырехмерным: к трем пространственным измерениям добавляется время. Все четыре измерения неразрывны, поэтому речь идет уже не о пространственном расстоянии между двумя объектами, как это имеет место в трехмерном мире, а о пространственно-временных интервалах между событиями, которые объединяют их удаленность друг от друга — как по времени, так и в пространстве
- [Закон всемирного тяготения Ньютона](#) говорит нам, что между любыми двумя телами во Вселенной существует сила взаимного притяжения. С этой точки зрения Земля вращается вокруг Солнца, поскольку между ними действуют силы взаимного притяжения. Общая теория относительности, однако, заставляет нас взглянуть на это явление иначе. Согласно этой теории, гравитация — это следствие деформации («искривления») упругой ткани пространства-времени под воздействием массы (при этом чем тяжелее тело, например Солнце, тем сильнее пространство-время «прогибается» под ним и тем, соответственно, сильнее его гравитационное поле). Представьте себе туго натянутое полотно (своего рода батут), на которое помещен массивный шар. Полотно деформируется под тяжестью шара, и вокруг него образуется впадина в форме воронки. Согласно общей теории относительности, Земля обращается вокруг Солнца подобно маленькому шарик, пущенному кататься вокруг конуса воронки, образованной в результате «продавливания» пространства-времени тяжелым шаром — Солнцем. А то, что нам кажется силой тяжести, на самом деле является, по сути чисто внешним проявлением искривления пространства-времени, а вовсе не силой в ньютоновском понимании. На сегодняшний день лучшего объяснения природы гравитации, чем дает нам общая теория



- Общая теория относительности помогает объяснить явления, которые мы наблюдаем в космосе, — например, незначительные отклонения Меркурия от стационарной орбиты, необъяснимые с точки зрения классической механики Ньютона, или искривление электромагнитного излучения далеких звезд при его прохождении в непосредственной близости от Солнца.
- На самом деле результаты, которые предсказывает общая теория относительности, заметно отличаются от результатов, предсказанных законами Ньютона, только при наличии сверхсильных гравитационных полей. Это значит, что для полноценной проверки общей теории относительности нужны либо сверхточные измерения очень массивных объектов, либо [черные дыры](#), к которым никакие наши привычные интуитивные представления неприменимы. Так что разработка новых экспериментальных методов проверки теории относительности остается одной из важнейших задач экспериментальной физики.

Формулы века



- Альберт Эйнштейн у доски с формулами специальной теории относительности. Теория относительности и квантовая механика — две революционных теоретических концепции, приведшие в XX веке к настоящему перевороту в физике

Биография



Альберт Эйнштейн родился в городе Ульме, 14 марта 1879 года. Ему был 1 год, когда семья переехала в Мюнхен, где Альберт поступил в начальную школу. Учился мальчик не очень хорошо. Никто не предполагал, что в будущем он станет великим учёным.

Эйнштейн был яркой, незаурядной личностью. Это был добрый, мягкий, застенчивый, в чём-то эксцентричный человек. Он интересовался геологией, историей культуры, экономикой, литературоведением, проявлял живой интерес к биологии. Всегда тянулся ко всему новому и неизведанному, необычному. В нём были воплощены две выстраданные, глубоко осознанные потребности – потребность знать и потребность не знать, но верить. Эйнштейн очень серьёзно относился к древнегреческим авторам и особенно к «отцу истории» Геродоту.

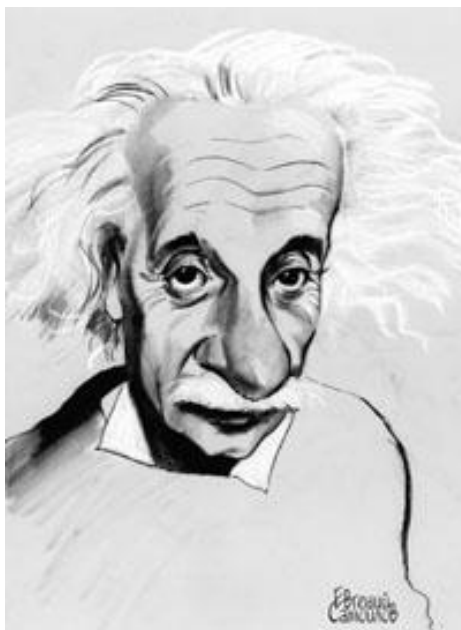
Любовь к скрипичной музыке А. Моцарта, И. Баха. Научился играть на скрипке в 6 лет. Музыка помогала вызывать симпатию и сходиться с людьми. Однажды в Праге он должен был читать доклад, но вместо этого, к необычайной радости толпы, стал... играть на скрипке. Эйнштейн очень любил музыку, игра на скрипке доставляла ему огромное наслаждение. Однажды его спросили: «Неужели этому миру суждено погибнуть в грядущей атомной войне?» Он ответил: «Это было бы слишком печально, поскольку мы лишились бы возможности слушать Моцарта».

Была ещё одна страсть у Эйнштейна – головоломки, загадочные картинки. Ему присылали самые замысловатые головоломки со всего мира. Одну из самых сложных головоломок – китайский крест – он сложил за три минуты, а повторно – за минуту. Да, он действительно жил во времени и в пространстве, представлял мир выпуклым и объёмным.

В повседневной жизни он был простым и скромным. Когда один из знакомых Эйнштейна спросил у него, почему для бритья и умывания он пользуется одним и тем же куском мыла, великий физик ответил: «Два куска мыла – это слишком сложно для меня». Он называл себя «цыганом» и «бродягой» и никогда не придавал значения своему внешнему виду.



Интересные факты из жизни



Женат он был дважды. Первая жена, Милева Марич, родила ему двоих сыновей – Ганса-Альберта и Эдуарда. После развода он продолжал заботиться о сыновьях и о ней. Когда в 1921 году ему была присуждена Нобелевская премия, он передал всю полученную сумму сыновьям. И в то же время постоянно заботился о двух дочерях своей второй жены Эльзы. Ещё до того, как Альберт и Эльза поженились, её дочери официально приняли фамилию Эйнштейн. С Альбертом у них были прекрасные отношения. Эльза была безмерно счастлива. Луначарский писал: «... Она вся – любовь к своему великому мужу; она вся готова отдаться защите его от грубых прикосновений жизни и предоставлению ему того великого покоя, где зреют его мировые идеи...»

К славе относился Эйнштейн спокойно, старался её не замечать. Но если понимал, что его известность, его авторитет могут хоть в чём-то помочь другому, действовал, не задумываясь ни минуты. Он писал рекомендательные письма, поддерживал новые начинания. По отношению к художникам, скульпторам, фотографам он занимал чёткую позицию. Говорил: « Если кто-то зарабатывает на жизнь, фотографируя меня или создавая мои портреты, я с радостью соглашусь позировать, поскольку это помогает другим». Неизвестным людям он не отказывал. Но отказал Марку Шагалу: « Мне знакомо это имя, Шагал – известный художник, Он не беден, Поэтому я не подхожу ему в качестве модели».

- Любил Эйнштейн плавать на лодке по озеру. Впервые он сел за вёсла на озере Ванн близ Берлина, и с тех пор это занятие стало его любимым времяпрепровождением.
- Эйнштейн получал очень много писем. Он никогда не переставал удивляться, почему так много людей усматривало в нём своего кумира. Он часто пожимал плечами и говорил: « Я совершенно не могу понять, что все эти люди нашли во мне привлекательного. Что я такого сделал. Чем заслужил такое внимание к себе?» Многие письма оказывались в корзине для отходов. Но на письма детей Эйнштейн отвечал всегда. Одной школьнице из Вашингтона, которой трудно давалась математика. Он писал: « Не огорчайтесь своими трудностями с математикой, поверьте, мои затруднения ещё больше, чем ваши».
- Эйнштейн обладал великолепным чувством юмора. 14 марта 1954 года отмечали 75-летие Эйнштейна. Глядя на большой венок с двумя яркими лентами, он заметил: « Это выглядит примерно так, как если бы здесь проходили мои похороны». Ему оставалось жить чуть меньше года. Со здоровьем были проблемы. Ещё в молодые годы его не взяли в швейцарскую армию, так как нашли у него плоскостопие и расширение вен. В тяжёлое время. Когда не было работы, денег и приходилось голодать (1902 год), он получил болезнь печени, которая мучила его всю жизнь.
- 18 апреля 1955 года в 1 час 25 минут Эйнштейн умер. В завещании он, ненавидевший культ личности, запретил всяческие погребальные церемонии. Двенадцать самых близких человек шли за гробом на следующий день. Время и место похорон не были известны больше никому (так гласило завещание). Речей не было, прах учёного был предан огню в крематории Юинг-Симтери, пепел был развеян над океаном.



Эйнштейн – политик

- Несмотря на то, что Эйнштейн был признан одним из крупнейших физиков мира, в Германии он подвергался преследованиям из-за своих антимилитаристских
- Взглядов и революционных физических теорий. В Германии он прожил до 1933 г.
- Там он постепенно стал мишенью для ненависти. Ещё бы, либерал, гуманист, еврей, интернационалист, он вызывал злобу у тамошних националистов и антисемитов, поощряемых к тому же и несколькими немецкими учёными – завистниками. Эйнштейн называл их мощной фракцией, но вместе с тем находил всё происходящее полным комизма и достойным смеха. Он именовал её «Компанией теории антиотносительности, лимитед». Когда к власти пришёл Гитлер, Эйнштейн покинул Германию.
- 2 августа 1939 года учёный обратился с письмом к президенту США Франклину
- Рузвельту с предупреждением о возможности использования атомного оружия фашистской Германией. Он писал, что исследования по расщеплению урана могут привести к созданию оружия огромной разрушительной силы.
- Позднее учёный жалел об этом письме. Эйнштейн выступал с осуждением американской «атомной дипломатии», заключавшейся в монополии США в области атомного оружия. Он критиковал правительство Соединённых Штатов за то, что оно пыталось шантажировать другие страны.

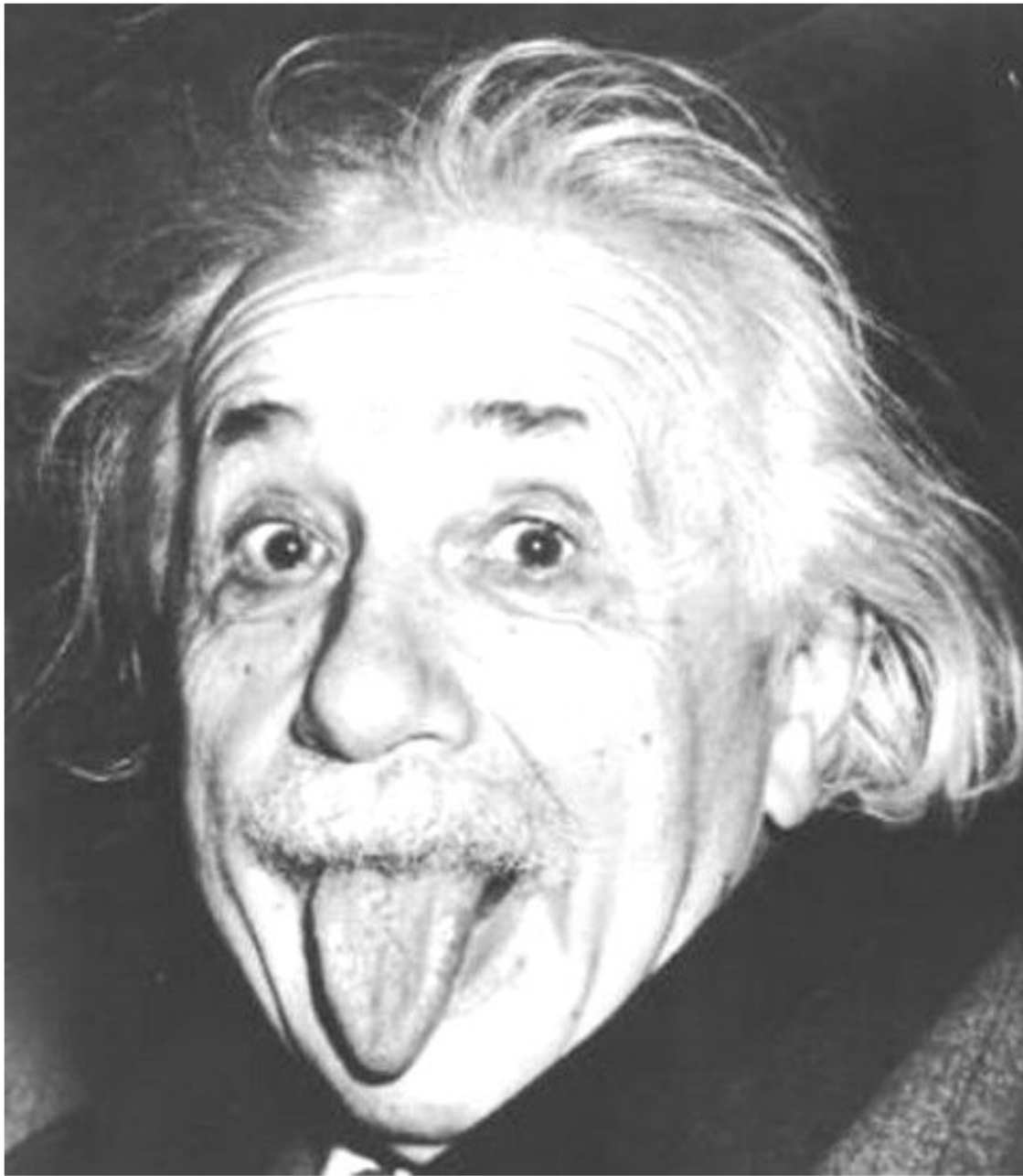
Эйнштейн – ПОЛИТИК



Учёный был категорически против разрушительного применения научных открытий, он верил, что в будущем научные открытия будут использованы только в интересах людей. Потрясённый ужасающими последствиями ядерных взрывов, учёный стал горячим противником войны, считая, что использование ядерного оружия представляет угрозу самому существованию человечества.

Те обстоятельства, что открытые им законы привели к созданию атомной бомбы, сделали Эйнштейна глубоко несчастным человеком. Тем более он был не властен что-либо изменить. Он никогда не думал, что его формула $E=mc^2$ найдёт такое трагическое применение.

Незадолго до смерти Эйнштейн стал одним из инициаторов воззвания крупнейших учёных мира, обращённого к правительствам всех стран, с предупреждением об опасности применения водородной бомбы. Это воззвание стало началом движения, объединившего виднейших учёных в борьбе за мир, которое получило название Пагуошского. Его предостережение: « Всё меняется, только не человек» - ещё долго будет оставаться злободневным...



Черты характера

этого выдающегося человека, ученого, мыслителя:

упорство, воля, дух независимости и свобода, удивление самому себе, умение жить в согласии со своей совестью, неряха, любовь к музыке, детская непосредственность, страстное любопытство, способность ясно и точно формулировать свои мысли, исключительная способность сосредоточиться, научный инстинкт, философские воззрения, пацифизм.

Пацифизм (от лат. *pacificus* — миротворческий, от *paх* — мир и *facio* — делаю), антивоенное движение, участники которого главным средством предотвращения войн считают осуждение их аморального характера

Веселые истории, анекдоты.

CARICATURA.RU



- «Минута — величина относительная: если у вас свидание с симпатичной девушкой, то она пролетит как мгновение, а если вы сидите на раскаленной плите, то она покажется вечностью». Так сам Эйнштейн пытался объяснить простыми словами свою теорию относительности.

В начале научной карьеры Эйнштейна один журналист спросил госпожу Эйнштейн, что она думает о своем муже.

- Мой муж – гений! - сказала госпожа Эйнштейн. – Он умеет делать абсолютно все, кроме денег.

– Как Вы записываете свои великие мысли? – спросил журналист. – У Вас есть для этого блокнот или записная книжка?

Эйнштейн посмотрел на журналиста, стоявшего перед ним с записной книжкой, и сказал: - Милый мой... Настоящие мысли приходят в голову так редко, что их нетрудно и запомнить.

- 3. Альберт Эйнштейн любил фильмы Чарли Чаплина и относился с большой симпатией к созданному им герою. Однажды он написал в письме к Чаплину: «Ваш фильм «Золотая лихорадка» понятен всем в мире, и вы непременно станете великим человеком. Эйнштейн.» На это Чаплин ответил: «Я восхищаюсь Вами еще больше. Вашу теорию относительности никто в мире не понимает, а Вы все-таки стали великим человеком. Чаплин».



Сабитова Файруза Рифовна

преподаватель физики

ГАОУ СПО «Сармановский аграрный колледж»

- <http://elementy.ru/>
- <http://festival.1september.ru/>