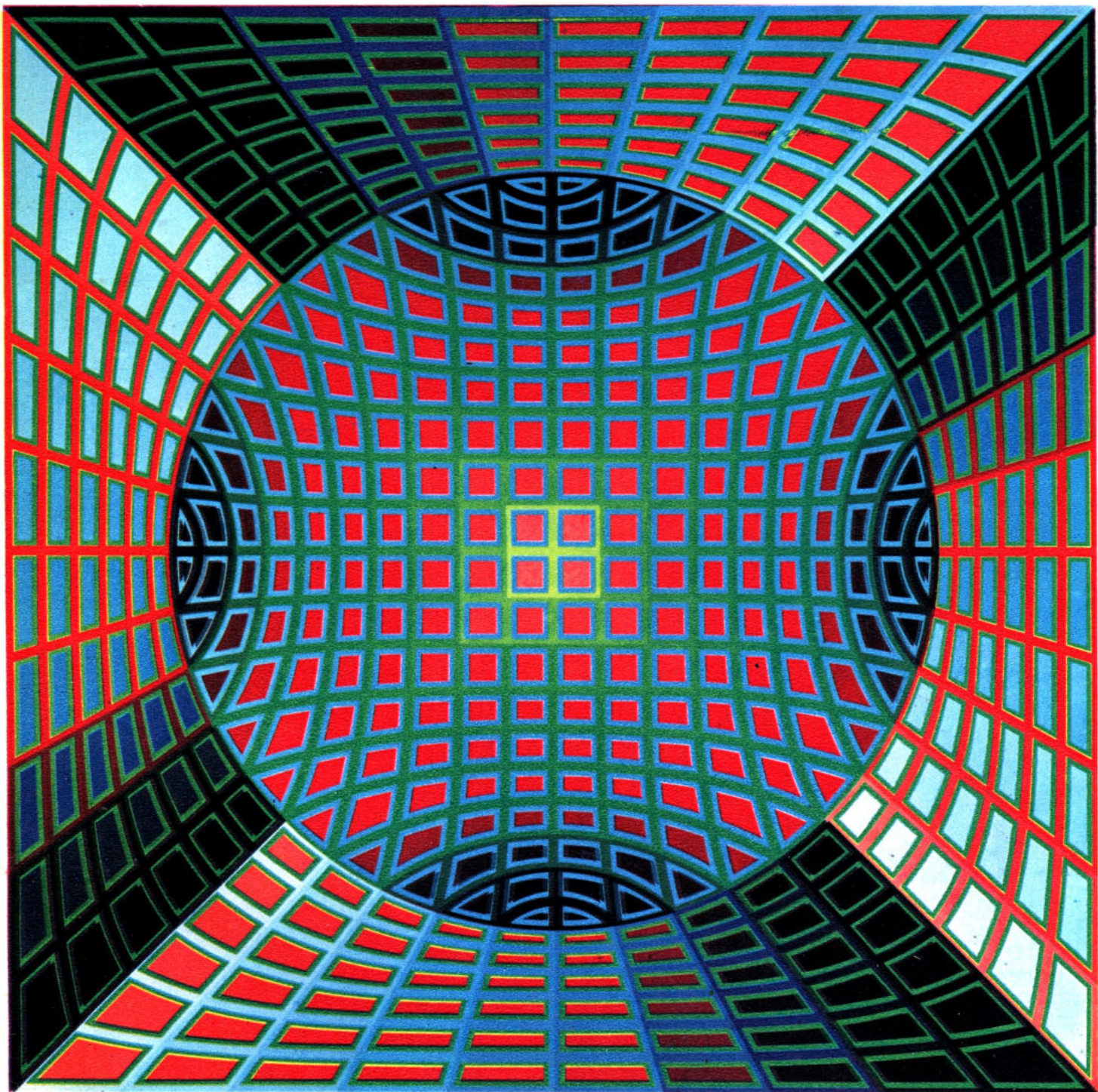


КУРЬЕР ЮНЕСКО

Окно,
открытое в мир

Июнь 1979



Эйнштейн



Фото Р. Ролан © Эоло, Париж

СОКРОВИЩА МИРОВОГО ИСКУССТВА

Индия

Улыбающийся мальчик

Голова улыбающегося мальчика в тюрбане — образец раннеиндийского искусства эпохи Маурьев (322—185 гг. до н. э.) или Шунгов (185—72 гг. до н. э.). На скульптуре (высота 12 см) до сих пор видны следы раскраски. Она хранится в музее г. Патны, столицы штата Бихар, Северная Индия.

ИЮНЬ 1979

32-й ГОД ИЗДАНИЯ

ПУБЛИКУЕТСЯ НА 20 ЯЗЫКАХ

Русском	Иврите
Английском	Персидском
Французском	Голландском
Испанском	Португальском
Немецком	Турецком
Арабском	Урду
Японском	Каталанском
Итальянском	Малайзийском
Хинди	Корейском
Тамили	Суахили

Публикуется ежемесячно ЮНЕСКО — Организацией Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры

Ежемесячный иллюстрированный журнал «Курьер ЮНЕСКО» выходит 11 выпусками в год (сентябрь-октябрь — сдвоенный номер). Издание журнала на русском языке с 1957 года осуществляется издательством «Прогресс» (Москва) по поручению Комиссии СССР по делам ЮНЕСКО. При перепечатке материалов обязательна ссылка на «Курьер ЮНЕСКО». При перепечатке подписанных статей необходимо указывать имя автора. Подписанные статьи выражают мнение их авторов, которое может не совпадать с точкой зрения ЮНЕСКО и редакции журнала. Подписи к фото и заголовки готовятся сотрудниками редакции. «Курьер ЮНЕСКО» ежемесячно регистрируется в «Обзоре периодической литературы» (Нью-Йорк) и в «Текущем обзоре — вопросы образования» (Филадельфия), США.

Адрес главной редакции
ЮНЕСКО, ФРАНЦИЯ, Париж, 75700,
Плас Фонтенуа

Главный редактор
Жан Годэн

Заместитель главного редактора
Ольга Родель

Ответственный секретарь
Джиллиан Уиткомб

Помощники главного редактора
русский яз.: Виктор Голячков (Париж)
английский яз.: Говард Брабин (Париж)
французский яз.:
испанский яз.: Ф. Фернандес-Сантос (Париж)
немецкий яз.: Вернер Меркли (Берн)
арабский яз.: Абдель Монеим Эль-Сави (Каир)
японский яз.: Кадзуо Акао (Токио)
итальянский яз.: Мария Ремидди (Рим)
язык хинди: Х. Л. Шарма (Дели)
язык тамили: М. Мохаммед Мустафа (Мадрас)
язык иврит: Александр Бройдо (Тель-Авив)
персидский яз.: Феридун Ардалан (Тегеран)
голландский яз.: Поль Моррен (Антверпен)
португальский яз.: Бенедикто Силва
(Рио-де-Жанейро)
турецкий яз.: Мефра Ильгазэр (Стамбул)
язык урду: Хаким Мохаммед Саид (Карачи)
каталанский яз.: Кристиан Раола (Барселона)
малайзийский яз.: Азиза Хамза (Куала-Лумпур)
корейский яз.: Лим Мун Ян (Сеул)
язык суахили: Домини Рутаэбесибава
(Дар-эс-Салам)

Литературные редакторы
английский яз.: Рой Мэлкин
французский яз.: Джамель Бенстаали
испанский яз.: Хорхе Энрике Адоум
Документация: Кристин Буше
Иллюстрации: Ариен Бейли
Оформление: Робер Жакмен

4 АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН 1879—1955

Жизнь и деятельность

Юрген Элерс

9 ЧТО ТАКОЕ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Айзек Азимов

10 ЧУДЕСА ВСЕЛЕННОЙ ЭЙНШТЕЙНА

17 ПОДТВЕРЖДЕНО ВРЕМЕНЕМ

Поль Диран

18 ПУТЬ СВЕТОВОГО ЛУЧА

Фотоочерк

24 КРОТ И МОТЫЛЕК

Заметки об Эйнштейне, науке и субъективности

Пьер Тьюйв

26 ПЛЕЯДА КОСМОГРАФОВ

29 ОТ ИДЕИ ДО НАУЧНОЙ ИСТИНЫ

Аркадий Б. Мигдал

31 ДИЛЕММА УЧЕНОГО

Альберт Эйнштейн

2 СОКРОВИЩА МИРОВОГО ИСКУССТВА

Улыбающийся мальчик (Индия)

Обложка

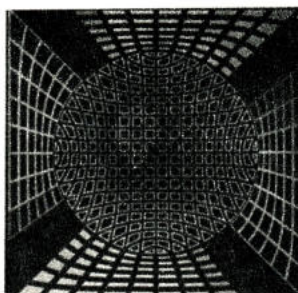


Фото © А. Дезейли, Париж

Искусство воздаст должное науке. Захватывающие дух изгибы мировых линий «пространства-времени» переплетаются на картине Виктора Васарели «Эйнштейн» [1976]. Эта работа символизирует гений великого физика, который открыл новую эпоху в науке и столетие со дня рождения которого сейчас отмечает все человечество. Его выдающийся вклад в науку — особенно частная и общая теории относительности — столь велик, что следствия, вытекающие из его идей, все еще продолжают изучаться. Глубоко прочувствованный гуманизм Эйнштейна и его личность также наложили неизгладимый отпечаток на его эпоху.

Альберт Эйнштейн

1879—1955

Жизнь и деятельность

Юрген Элерс

По выражению немецкого поэта-романтика и энтузиаста науки XVIII столетия Новалиса, «теории — это сети, и улов бывает лишь у того, кто их забрасывает». Пользуясь данной метафорой, можно сказать, что в этом столетии ни один рыболов не был более удачлив, чем Альберт Эйнштейн.

В этот удивительный год (1905), который в истории науки поддается сравнению, возможно, лишь с памятным 1686 годом, когда Исаак Ньютон пришел к большинству тех идей, которым было суждено владеть наукой в последующие 200 с лишним лет, Альберт Эйнштейн опубликовал в одном томе немецкого научного журнала «Анналы физики» три статьи, каждая из которых не только содержала важные конкретные результаты, но и закладывала основы новых обширных областей фундаментальных исследований.

Что же был за человек этот Альберт Эйнштейн, двадцатипятилетний технический эксперт третьего класса швейцарского Патентного бюро в Берне, разработавший в свободное от работы время новые методы статистической механики, открывший кванты света, доказавший существование атомов и путем создания новой теории пространства и времени решивший проблему построения верной электродинамики движущихся тел, — проблему, которую штурмовали такие ведущие ученые того времени, как Гендрик Антон Лоренц и Анри Пуанкаре, но не смогли добиться решающего успеха.

Альберт Эйнштейн родился в городе Ульме (Германия) 14 марта 1879 года; в том же году родились Макс фон Лауэ и Отто Ган и умер основатель современной теории электромагнитного поля Джемс Клерк Максвелл.

Родители Эйнштейна были евреями, хотя они и не придерживались обрядов и законов иудейской религии. В 1880 году семья переехала в Мюнхен, где Герман Эйнштейн, отец Альберта, с братом открыли небольшую электрохимическую фабрику. В том же году родилась единственная сестра Альберта, Майя. Маленького Альберта описывают как неразговорчивого, задумчивого, мечтательного мальчика, поздно научившегося говорить и не любившего физических упражнений или игр с другими детьми.

В возрасте четырех или пяти лет

Альберт Эйнштейн испытал то, что, по его воспоминаниям, явилось для него встречей с чудом. Отец показал ему магнитный компас, стрелку которого притягивала какая-то неизменная, таинственная и невидимая сила, притягивала всегда в одном и том же направлении, как бы ни поворачивали сам компас.

Не указывает ли это глубокое впечатление, живо сохранившееся в его памяти спустя много лет, на жажду чего-то надежного, чего-то такого, чего ни в юности, ни в зрелые годы Эйнштейн не мог отыскать в окружающем его мире людей, но что он встретил в неизменной, объективной структуре природы?

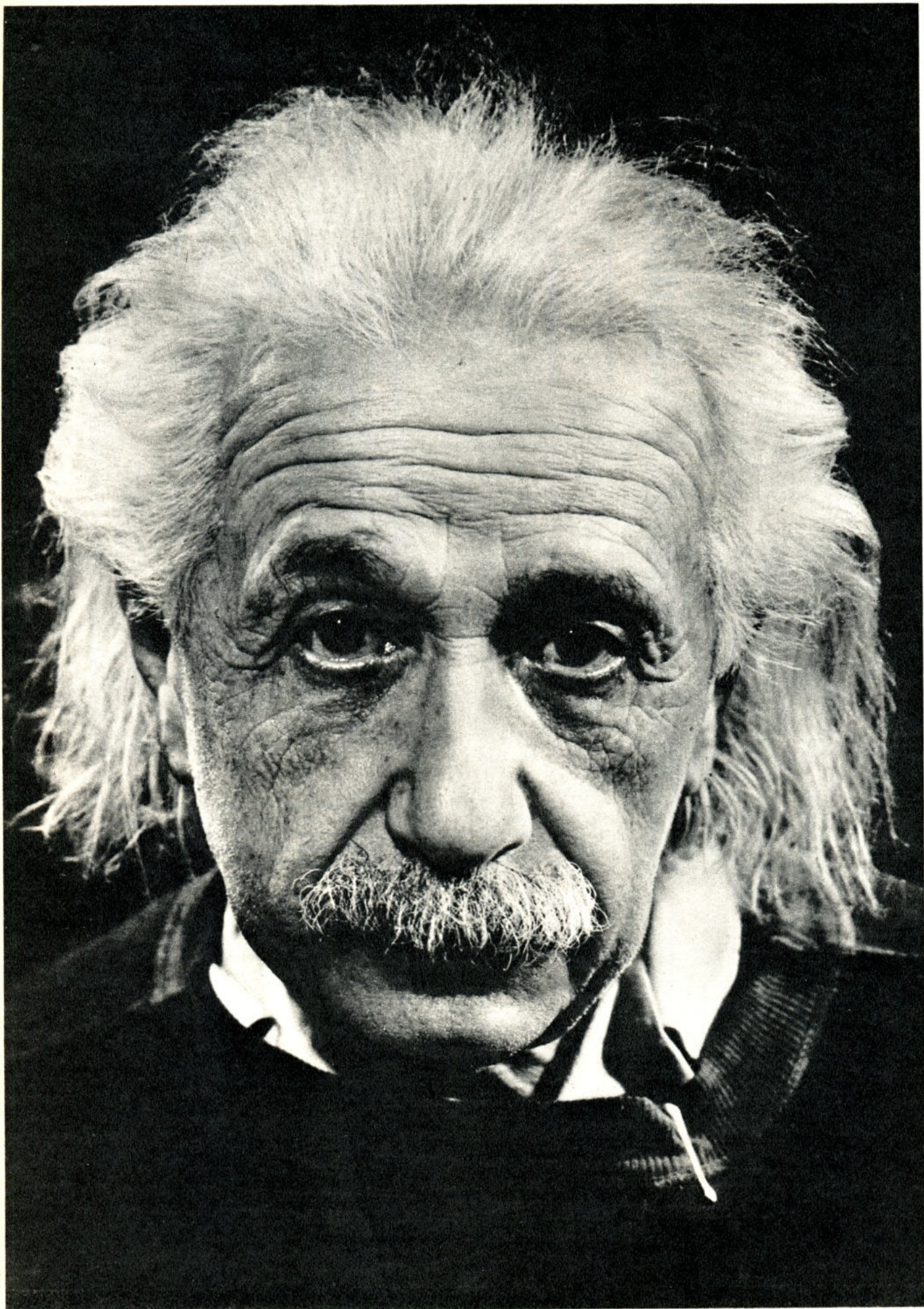
Альберт посещал вначале католическую начальную школу, а десяти лет поступил в гимназию Луитпольда. Ему были не по душе строгая дисциплина, авторитарный дух и отсутствие свободы, царившие в гимназии, где приходилось учить латинскую и древнегреческую грамматику, — это мешало его занятиям математикой и естественными науками, интерес к которым ему привил его дядя, инженер.

Альберт Эйнштейн чувствовал себя несчастным и подавленным, он не мог адаптироваться в школе, хотя учителя, напротив, считали, что он оказывает разлагающее влияние на других учеников. Не получив аттестата о среднем образовании, Альберт Эйнштейн вскоре переезжает в Милан (1894 год) вместе с родителями, которые в то время испытывали финансовые затруднения. После года учебы в школе города Аарау (Швейцария), где он чувствовал себя намного счастливее, Альберт Эйнштейн стал студентом факультета математики и естественных наук знаменитого цюрихского Политехнического института.

На этом же факультете учились Милева Марич, девушка из Сербии, ставшая в 1902 году первой женой Эйнштейна и матерью двух его детей, а также математик Марсель Гроссман, ставший 18 лет спустя одним из его ближайших сотрудников. Одним из его преподавателей был выдающийся математик Герман Минковский, выдвинувший в 1907 году понятие пространства-времени и существенно повлиявший тем самым на ход развития теории относительности.

После окончания института (1900 год) Эйнштейну не удалось устроиться в нем на работу, не мог

ЮРГЕН ЭЛЕРС — известный немецкий физик-теоретик, научный сотрудник Института физики и астрофизики им. Макса Планка в Мюнхене (ФРГ). Настоящая статья является отредактированным и несколько сокращенным вариантом лекции, прочитанной в Мюнхенском университете в сентябре 1978 года по случаю открытия симпозиума ЮНЕСКО «Влияние современных научных идей на общество».



он найти и места школьного учителя, но в 1902 году с помощью своего друга Марселя Гроссмана он получил должность в Патентном бюро в Берне. Здесь он готовился к экзаменам на степень доктора наук, которую получил в 1905 году, а также смог найти достаточно времени для исследований по теоретической физике.

Эйнштейн работал в Берне до тех пор, пока в конце 1909 года впервые не перешел на чисто академическую должность экстраординарного профессора Цюрихского университета. К тому времени его достижения получили широкое признание. Он продолжил исследования броуновского движения, квантов света и теории относительности и построил первую квантовую теорию теплоемкости твердых тел. В 1907 году Эйнштейн пришел к выводу, что приемлемой может быть лишь такая теория тяготения, в которой фундаментальным и естественным образом будет учитываться факт эквивалентности инертной и тяготеющей масс и уже отмеченное Галилеем свойство всех пробных тел падать с одинаковым ускорением.

Эйнштейн заключил, что гравитация и инерция — это по существу одно и то же, а поэтому для построения удовлетворительной теории тяготения необходимо обобщить его теорию относительности, ибо если тяготение

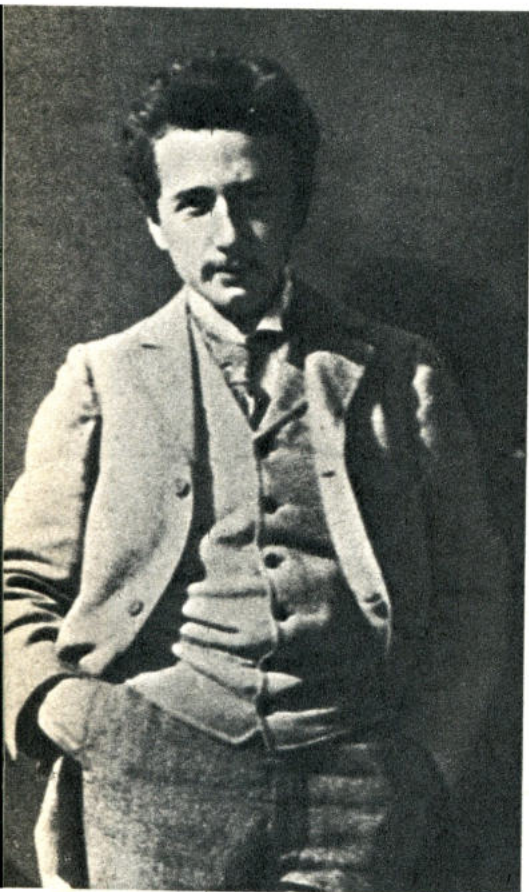


Фото © Паримаж, Париж

Одна из немногих уцелевших фотографий Эйнштейна в молодом возрасте. Она относится к тому времени, когда Эйнштейн был слушателем швейцарского федерального Технологического института (Политехникума) в Цюрихе (1900 г.). Пять лет спустя вышла в свет его знаменитая статья с изложением основ теории относительности.



Фото © Ульштайн, ФРГ

Альберт Эйнштейн в возрасте четырех лет. Его никак нельзя было назвать «не по годам развитым мальчиком», а говорить он начал лишь в возрасте трех лет. Позднее его мать с огорчением писала кому-то из друзей: «Право, я ума не приложу, что мы будем делать с Альбертом; он почти ничего не учит».

существенно, то становится неприменимым понятие беспрельдно распространенной строго инерциальной системы отсчета.

В 1910 году Эйнштейн принял должность штатного профессора Немецкого университета в Праге. В это время он, по указанным выше причинам, искал обобщения своей «частной теории относительности», как он ее теперь называл, чтобы включить в нее гравитацию.

Теория тяготения находилась в центре его внимания в период между 1907 и 1916 годами. Большинство физиков к тому времени уже признали частную теорию относительности как одну из основ физической науки, и Эйнштейн занимался выяснением границ ее применимости и построением более всеохватывающего и точного математического представления физических явлений. В Праге в 1911 году он пришел к выводу, что световые волны отклоняются гравита-

ционными полями, однако только в 1914 году удалось снарядить экспедицию, чтобы провести необходимые наблюдения во время солнечного затмения. Первая мировая война помешала проведению в жизнь этого мероприятия, так что с первыми измерениями пришлось ждать до 1919 года.

Спустя 18 месяцев, в конце 1912 года, Эйнштейн оставил Прагу и вернулся в Цюрих, чтобы стать на этот раз штатным профессором Политехнического института, который он окончил двенадцать лет тому назад.

В Цюрихе Эйнштейн в соавторстве со своим другом Марселем Гроссманом, который к тому времени стал уже профессором математики, опубликовал предварительный вариант новой теории тяготения.

В конце 1913 года по инициативе немецких физиков Макса Планка и Вальтера Нернста Эйнштейну были предложены хорошо оплачиваемые должности члена Прусской Академии

наук в Берлине и директора Физического института, который в то время находился в стадии организации.

В его обязанности входили организационная и исследовательская работа, а преподавательская деятельность была оставлена на его усмотрение. Эйнштейн всегда воспринимал формальное преподавание как обузу, и его привлекала оживленная научная атмосфера в Берлине. Поэтому он принял это предложение. Вскоре после переезда в Берлин он разошелся со своей женой Милевой. Эйнштейну было тогда 34 года, и он уже был в науке звездой первой величины.

Эйнштейн ощущал себя в Берлине несколько изолированным, чужаком, несмотря на многочисленные контакты с коллегами, в частности с Максом Планком, Максом фон Лауэ, Вальтером Нернстом, а позднее с Эрвином Шрёдингером и многими другими. Лекций он не читал, но активно участвовал в обсуждениях на семинарах. Как пацифист и противник национализма, он почувствовал себя в еще большей изоляции, когда началась первая мировая война.

Теперь он полностью сосредоточил свое внимание на теории тяготения и после упорных усилий сумел к концу 1915 года сформулировать стройную теорию, которая и по сей день считается самым удивительным разделом классической физики. С тех пор эта теория с честью выдержала все проведенные для ее проверки эксперименты.

В 1917 году в работе, считающейся его важнейшим вкладом в квантовую теорию, Эйнштейн предложил статистическое описание взаимодействия атомов и фотонов и дал новый вывод закона излучения Планка, легшего в основу квантовой теории. В этом же году Эйнштейн стал основателем современной космологии — науки о крупномасштабной структуре Вселенной: он построил первую математически последовательную модель Вселенной, содержащей тяготеющую однородно распределенную материю.

В 1921, 1922 и 1923 годах Эйнштейн путешествовал по Соединенным Штатам, Европе и Азии. Поддавшись уговорам Вейцмана, он на время оказался под влиянием сионистского движения. В 1921 году ему была присуждена Нобелевская премия, но не за его теорию относительности, а «за фотоэлектрический закон и работы по теоретической физике».

В 1933 году, когда Гитлер пришел к власти, Эйнштейн находился на пути в Соединенные Штаты. Он так и не вернулся в Германию. После краткой остановки в Бельгии (в это время он заявил об отказе от членства в Прусской и Баварской академиях наук в знак протеста против пассивного отношения этих академий к подавлению академических свобод в Германии, когда многие ученые и интеллектуалы были отстранены по «идеологическим причинам» от своих должностей) Эйнштейн принял приглашение стать членом недавно основанного Института высших исследований в Принстоне (США). Он продолжал исследовательскую работу, сосредоточившись главным образом на создании того, что он называл единой теорией поля, — теории, которая, как он надеялся, должна была дать более глубокое понимание как тяготения, так и электромагнетизма. Эти попытки Эйнштейна остались неудачными, но в видоизмененной форме его программа использования

геометрии при построении такой единой теории испытывает сейчас новый подъем и добилась в последние годы заметных успехов.

Кроме этого основного направления, Эйнштейн временами возвращался к своей теории тяготения 1915 года и обогащал ее новыми результатами. В 1932 году в сотрудничестве с голландским астрономом Виллемом Де Ситтером он построил модель расширяющейся Вселенной, которая остается одной из возможных теорий, описывающих крупномасштабную структуру материального мира. Совместная работа с Натаном Розеном в 1937 году привела к решению его уравнений поля, описывающему гравитационные волны, а знаменитая статья, написанная им совместно с Банешем Гоффманом и Леопольдом Инфельдом и опубликованная в 1938 году, была посвящена выводу уравнений движения частиц из уравнений гравитационного поля.

Проблемы, рассмотренные в этой статье, все еще являются предметом обсуждений. Их разработка проводится, например, моими сотрудниками и мною в Институте физики и астрофизики имени Макса Планка в Мюнхене (ФРГ).

Даже после ухода на пенсию в 1945 году Эйнштейн продолжал работать вплоть до своей кончины (18 апреля 1955 года); он умер в возрасте 76 лет.

Важной характерной особенностью подхода Эйнштейна к фундаментальным проблемам физики было то, что он подвергал сомнению адекватность даже тех понятий и соотношений, которые все считали очевидными, — в этом смысле он был философом.

Согласно Эйнштейну, понятия — это свободные изобретения, аксиомы же, или основные законы теории, — догадки; их нельзя вывести или получить путем индукции из опыта или наблюдений.



Фото © Ульштайн, ФРГ

Эйнштейн со своей второй женой Эльзой возвращается из поездки в Калифорнию. В 20-е и в начале 30-х годов Эйнштейн много путешествовал: он посетил Соединенные Штаты, Китай, Японию и большинство стран Западной Европы, где он разъяснял свою теорию относительности.

С другой стороны, теория должна допускать вывод положений, поддающихся экспериментальной проверке; в этом и состоит ее ценность. Словом, наука требует от человека трех видов деятельности: свободного изобретения или догадки, логико-математической дедукции и наблюдения или эксперимента.

Как отмечал Эйнштейн, а также Дирак (см. статью на стр. 17), процессом догадки руководит не только фактический опыт и опыт, приобретенный в других теориях, но также и чувство структурной простоты и математической красоты. Едва ли стоит относить Эйнштейна к позити-

вистам, рационалистам, эмпиристам или иным «...истам», но если бы потребовалось выбрать такого рода ярлык, я предложил бы назвать его логико-эмпирическим художником.

Представляется, что Эйнштейн оказал сильное влияние на философию природы, причем не столько своими философскими утверждениями как таковыми, сколько своим удивительным научным стилем, манерой построения новых теорий и тем самым — расширения наших знаний.

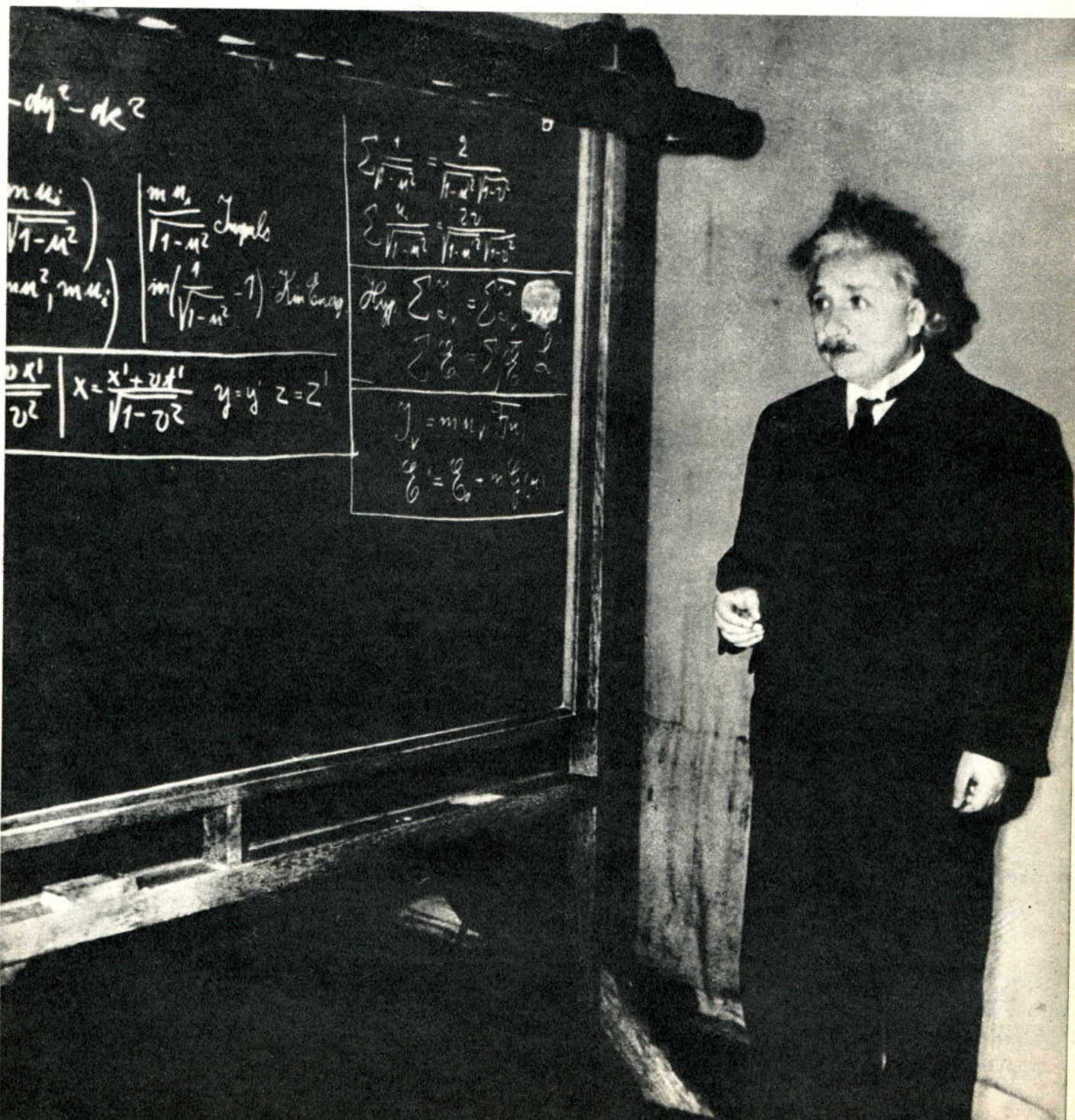
Эйнштейн считал себя физиком, а не философом. Он гордился общей теорией относительности, которую

считал своим величайшим интеллектуальным достижением.

«Теория относительности Эйнштейна продвинула наши представления о структуре мироздания на новую ступень, — писал немецкий математик Герман Вейль. — Это подобно тому, как если бы рухнула стена, закрывавшая от нас Истину. Теперь жаждным взглядам знания открылись более широкие просторы и большие глубины — области, о существовании которых мы даже не догадывались. Эта теория приблизила нас к пониманию того плана, который определяет весь круг физических явлений».

У доски во время лекции в Американской ассоциации по содействию развитию науки. В 1933 году Эйнштейн занял должность в Институте высших исследований в Принстоне, на которой он оставался до самой смерти в 1955 году; у его смертного ложа был найден листок бумаги с незаконченными вычислениями.

Фото © Кейстоун, Париж





ЧТО ТАКОЕ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ! Знаменитый французский математик Анри Пуанкаре предложил следующую наглядную характеристику этого понятия. Представьте себе, сказал он, что однажды ночью, пока вы крепко спали, все в мире вдруг каким-то образом увеличилось в тысячу раз. Все — это звезды, Солнце, Земля, ваш дом, ваша кровать, вы сами, длина световых волн, атомы и электроны. Заметите ли вы, проснувшись, что все кругом изменилось!

Ничего подобного! Ни один эксперимент не сможет обнаружить никаких изменений. Было бы бессмысленно заявлять, что Вселенная стала больше, поскольку если вы говорите, что Вселенная «больше», то вы имеете в виду, что она больше «чего-то еще», а в случае Вселенной «чего-то еще» просто не существует. Иными словами, размеры — понятие относительное.

Рисунки Студии Филиппа Жантиля, Париж © «Курьер ЮНЕСКО»

Что такое теория относительности

Айзек Азимов

АЙЗЕК АЗИМОВ (США) — известный во всем мире популяризатор научных знаний и писатель-фантаст. Автор множества опубликованных работ, посвященных таким разным темам, как литературная критика, психология, математика, загадки природы, поэзия и юмор. В начале текущего года вышла двухсотая книга Азимова, причем в нее включены сразу два труда: «Опус 200» (антология трудов Азимова) и «Пока свежа память» (первый том его автобиографии).

Согласно законам движения, впервые подробно изученным Исааком Ньютоном в 80-х годах XVII века, сложение различных движений осуществляется по правилам простой арифметики. Предположим, например, что поезд удаляется от нас со скоростью 20 км/час, а пассажир бросает мяч со скоростью 20 км/час в направлении движения поезда. С точки зрения человека, движущегося вместе с поездом, мяч будет удаляться от него на 20 км в час. Однако для нас движения поезда и мяча будут складываться, и мяч будет удаляться со скоростью 40 км/час.

Поэтому, как видите, нельзя говорить о скорости мяча самой по себе. Имеет смысл только скорость по отношению к конкретному наблюдателю. Любая теория движения, имеющая целью выяснить, как скорости и связанные с ними явления меняются для того или иного наблюдателя, — это «теория относительности».

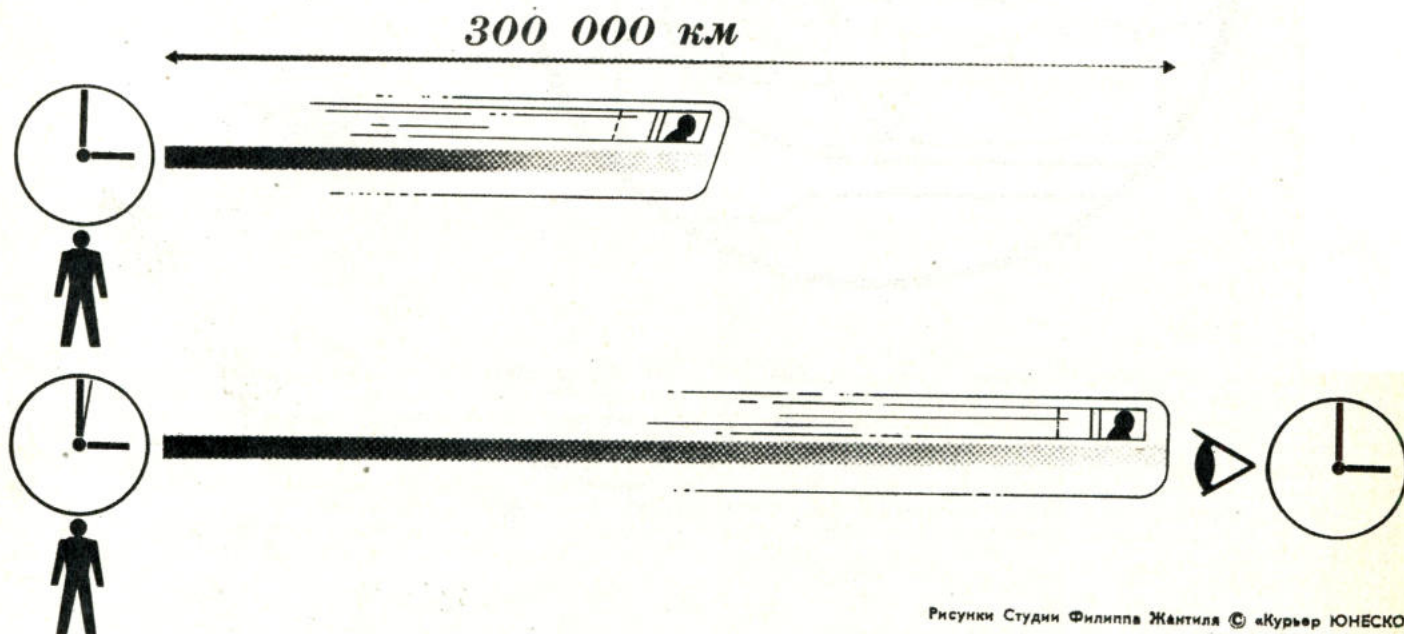
Теория относительности Альберта Эйнштейна основывается на факте неприменимости к свету правила, действующего для мяча, брошенного с поезда. Движущийся источник света может посылать луч в направлении своего движения или в противоположном направлении. В первом случае свет должен был бы (согласно законам Ньютона) распространяться со скоростью, равной своей собственной скорости плюс скорость его источника. Во втором случае эта скорость должна была бы составлять его собственную скорость минус скорость источника света. Именно так вел бы себя мяч, брошенный с движущегося поезда.

Но свет ведет себя иначе. Он, похоже, всегда распространяется со своей собственной скоростью независимо от движения источника. Эйнштейн сделал попытку сформулировать законы Вселенной в соответствии с этим фактом.

Чудеса Вселенной Эйнштейна

Удивительная история о полете на луче света, о часах, которые идут медленнее при движении, чем когда они неподвижны, о долгоиграющей пластинке, центр которой старше, чем ее край, об отклоняющихся световых лучах, о предметах, размеры и вес которых изменяются, о близнецах, один из которых в два раза моложе другого, о „черных дырах“ в космосе, из которых не может вырваться даже свет, — все эти понятия, словно взятые из книги „Алиса в Стране Чудес“, которые, казалось бы, противоречат здравому смыслу, принадлежат миру относительности Эйнштейна, где все шиворот-навыворот. Неужто Эйнштейн в самом деле распрощался

со здравым смыслом? Конечно же, нет. Удивительные явления, которые предсказывает его теория относительности, становятся заметными, как только мы вступаем в мир чрезвычайно больших скоростей. Понятно огромное значение в физике, они столь несущественны в обычной жизни, что здесь ими можно пренебречь. Многие из выводов теории относительности настолько сложны, что полностью объяснить их удастся лишь на языке математики. Рисунки и подписи к ним на этой и последующих страницах представляют собой попытку наглядно познакомить читателя с таинственным миром Эйнштейна.



Рисунки Студии Филиппа Жантиля © «Курьер ЮНЕСКО»

Со скоростью света

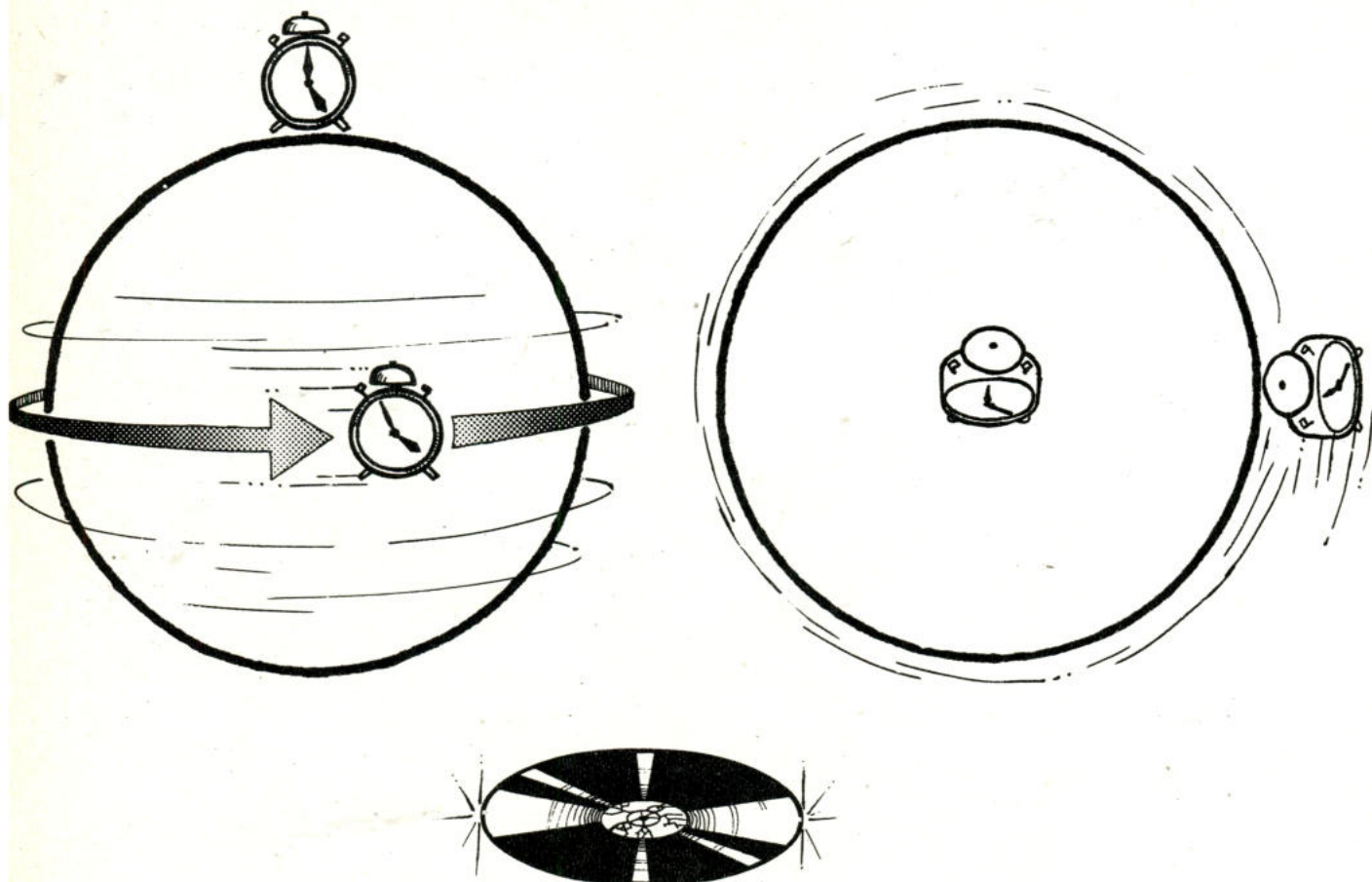
Однажды, еще юношей — он жил тогда в Цюрихе, — Эйнштейн задался, казалось бы, вполне безобидным вопросом, ответ на который лег в основу принципа относительности. Он подумал: «Как бы выглядел мир, если бы я летел со световым лучом?»

Давайте же совершим это воображаемое путешествие вместе с Эйнштейном. Вообразите, что вы садитесь в трамвай у башни с часами в Берне, как это делал каждый день Эйнштейн, направляясь на работу в швейцарское Патентное бюро. Вообразите далее, что трамвай, вместо того чтобы двинуться по своему обычному маршруту, вдруг помчал вас со скоростью света (300 000 километров в секунду) — вместе с тем самым световым лучом, благодаря которому вы видели время на башенных часах. Скажем, часы показывали три часа, когда автобус умчал вас вдалеке на 300 000 километров. Путешествие должно было продолжаться ровно одну секунду. Но стрелки часов (допуская, что вы сможете видеть их на расстоянии 300 000 км) будут по-прежнему показывать три часа, так как световому лучу, благодаря которому вы увидели время, когда начали свое движение, требуется точно такой же срок для достижения цели, что и вам. Двигаясь со скоростью света, вы вместе со своим трамваем оказываетесь отрезанными от течения времени. Однако для человека, оставшегося на тротуаре в Берне, часы будут показывать три часа одну секунду. Иными словами, время идет по-разному для вас в трамвае и для человека на тротуаре в Берне. Поэтому вопреки идее Ньютона такого понятия, как абсолютное время, вообще не существует. Более того, хотя в трамвае будут действовать те же самые законы, те же взаимосвязи между временем, расстоянием, скоростью, массой и силой, как везде и повсюду, фактические ЗНАЧЕНИЯ времени, расстояния и т. д. будут для вас иными, чем для любого другого наблюдателя. Единственная величина, значение которой неизменно остается одним и тем же для всех наблюдателей, — это скорость света. Согласно Ньютону, время и пространство образуют некую абсолютную структуру, и мир кажется одинаковым любому наблюдателю, где бы он ни находился и каким бы образом он ни двигался. Согласно же Эйнштейну, каждый из наблюдателей видит все лишь по отношению к себе самому, к своему местонахождению и к скорости своего движения. Мы не можем знать, как «выглядит мир» сам по себе, а можем только сравнивать, каким он кажется каждому из нас. Относительность — это понимание мира не как событий, а как отношений.

Эйнштейн показал, что необходимо признать существование множества неожиданных явлений, если исходить из постоянства скорости света. Он показал, что предметы должны укорачиваться в направлении своего движения — становиться все короче и короче по мере увеличения скорости, пока наконец при достижении скорости света их длина не станет равной нулю; что при увеличении скорости движения масса предмета должна становиться все больше и больше, пока она не обратится в бесконечность при скорости, равной скорости света; что ход времени на движущихся телах замедляется тем сильнее, чем быстрее они движутся, пока время на них не остановится вообще при достижении скорости света. И по каждой из этих причин скорость света в вакууме — эта максимальная скорость, поддающаяся измерению.

Кроме того, он показал, что ничтожное количество массы равно громадной энергии — согласно его знаменитому уравнению $E=mc^2$, где c — это скорость света.

Все это он вывел в 1905 году для



Разный бег времени

Одно из любопытнейших предсказаний теории относительности гласит, что покоящиеся часы должны идти быстрее часов, находящихся в движении. В 1905 году Эйнштейн писал: «Часы, установленные на земном экваторе, будут идти чуть-чуть медленнее таких же часов, установленных на одном из полюсов Земли». Это было экспериментально доказано английским ученым Х. Дж. Хеем, который моделировал земной шар с помощью плоского

диска с Северным полюсом в центре и экватором по краям. Поместив одни атомные часы в центре, а другие — на краю диска, он привел свою модель во вращение. Предсказание Эйнштейна оказалось правильным — часы на краю диска шли медленнее, чем часы в центре. Это явление характерно для любого вращающегося диска, и всякий раз, когда долгоиграющая пластинка вращается на проигрывателе, центр ее стареет быстрее, чем края.

тел, движущихся с постоянной скоростью и в неизменном направлении. Об этом частном случае движения речь идет в «частной теории относительности» Эйнштейна.

Предсказанные Эйнштейном эффекты становятся заметными лишь при больших скоростях. Поэтому при обычных скоростях справедлива простая арифметика законов Ньютона, так как в этих условиях эйнштейновские эффекты слишком малы, чтобы их можно было наблюдать. И так как мы все время остаемся в сфере действия этих законов, они стали для нас тождественны «здравому смыслу», а эйнштейновские эффекты кажутся странными.

Однако в то время, когда Эйнштейн опубликовал свою теорию, ученые уже работали с субатомными частицами; вылетающими из взрывающихся атомов. Такие субатомные частицы движутся с огромными скоростями, и эйнштейновские эффекты на них отчетливо сказываются. Ускорители элементарных частиц и атомные бомбы не действовали бы, если бы частная теория относительности была неверна.

В 1916 году Эйнштейн разработал более сложный вариант теории относительности — теорию, охватывающую не только движение с постоянной скоростью и постоянным направлением, но и вообще все виды движения, когда изменяются и величина скорости, и ее направление. Новый вариант его теории — это «общая теория относительности», так как в ней рассматривается общий случай движения.

Когда предметы движутся, изменяя направление и величину скорости, это обычно происходит в результате действия на них силы тяготения. Если уронить шарик, он начинает двигаться все быстрее и быстрее под действием земного тяготения. Если шарик бросить, то он полетит по криволинейной траектории, опять же под действием земного тяготения. Наша Земля движется в космосе по криволинейной орбите под действием солнечного тяготения.

По этой причине общая теория Эйнштейна включает законы тяготения — гравитации.

Эйнштейн вывел систему уравнений, показывающих, что при полном

отсутствии материи и гравитации движущееся тело следовало бы по прямолинейному пути. В присутствии материи окружающее пространство становится искривленным и движущееся тело следует уже по кривой линии. Общая теория относительности Эйнштейна указывает, какими должны быть эти кривые линии, которые не вполне совпадают с теми, что предсказывает закон тяготения Ньютона.

Различия между следствиями из уравнений Эйнштейна и уравнений Ньютона ничтожно малы, и лишь самые тонкие и чувствительные эксперименты могут показать, какой системе уравнений на самом деле подчиняются движущиеся тела.

Один способ проверки того, кто прав — Эйнштейн или Ньютон, — состоит в наблюдении за движением света, когда он распространяется в сильном гравитационном поле. Согласно Эйнштейну, свет идет при этом в искривленном пространстве и следует по едва-едва искривленному пути. Это было бы не так, если бы действовали законы Ньютона.

В 1919 году при наблюдении пол-

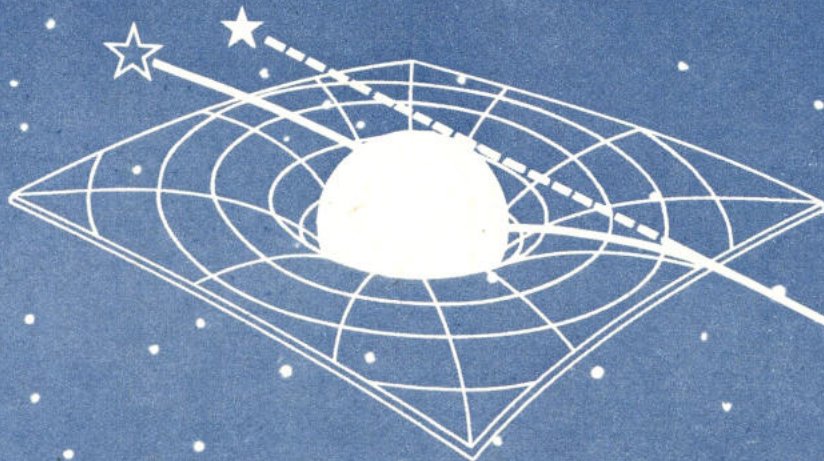


Рисунок Студии Филиппа Жантлья © «Курьер ЮНЕСКО»

Тяготение по Ньютону и Эйнштейну

По Ньютону, тяготение — это взаимное притяжение масс вещества, способность тел оказывать влияние друг на друга в зависимости от их величины и расстояния между ними. Эта сила действует повсюду во Вселенной, заставляя, например, яблоко падать с дерева, а Луну — вращаться вокруг Земли. Эйнштейн отошел от этой концепции активной силы, лежавшей в основе всего ньютонова мироздания, и стал мыслить в категориях «гравитационного поля». Так, гравитационное поле Земли является причиной падения ньютонова яблока на землю, а гравитационное поле Солнца является причиной движения планет по их орбитам. Вещество, согласно Эйнштейну, создает это гравитационное поле, изменяя около себя то, что он называл «континуумом

пространства-времени». Это можно представить себе в виде растянутого резинового листа, который деформируется под влиянием веса положенных на него предметов (Солнце, звезды). На диаграмме показано, как световые лучи распространяются по образованным таким путем кривым и «отклоняются», проходя мимо больших небесных тел. Эйнштейн предсказал, что лучи звезд, проходя вблизи Солнца, должны стать криволинейными благодаря его присутствию — как бы «отклониться» под его действием. Это предсказание было подтверждено в ходе знаменитого эксперимента, проведенного английским астрономом Артуром Эддингтоном в 1919 году (см. стр. 19).

ного солнечного затмения было тщательно измерено расположение звезд на небе около Солнца. Если свет распространяется по искривленному пути, то каждая из этих звезд должна казаться несколько дальше от Солнца, чем она должна находиться. Величина отклонения должна зависеть от того, насколько близко от Солнца проходит свет. Эйнштейновская теория четко предсказала величину этого отклонения. Измерения, сделанные во время затмения 1919 года, как и при каждом последующем полном солнечном затмении, показали, что звезды видны именно там, где предсказывал Эйнштейн.

Однако производить измерения было трудно, а добиваться их точности — и того труднее. В наш космический век удалось добиться большего.

Например, в 1969 году на Марс были отправлены две автоматические станции. Когда эти станции были по другую сторону Солнца, радиоволны, которые они посылали на Землю, должны были проходить близко от Солнца и потому следовали по криволинейной траектории. Ввиду искривления их путь был длиннее, чем соответствующая прямая линия, и занял немного больше времени. Эта задержка составила десять тысячных секунды, но все же поддавалась измерению и в точности соответствовала положениям общей теории относительности.

Другое положение общей теории относительности Эйнштейна гласит, что в пространстве, искривленном гравитацией, замедляется ход времени.

Массивный светящийся объект испускает свет, волны которого удлинены, так как замедление времени в гравитационном поле этого объекта заставляет одну волну тянуться дольше до того, как начнется следующая волна. Однако даже гравитационное поле Солнца недостаточно велико для

того, чтобы дать эффект, поддающийся измерению.

Но примерно тогда же, когда Эйнштейн развил свою общую теорию относительности, был открыт новый тип звезд — «белые карлики». Масса, равная солнечной, может быть «втиснута» в белом карлике в объем, не превышающий объема Земли. Гравитационное поле на его поверхности в двести тысяч раз сильнее, чем на поверхности Солнца.

Отдельные волны света, испускаемые белым карликом, должны быть на определенную величину длиннее, чем такие же световые волны, идущие от Солнца. В 1925 году было проведено измерение для света, приходящего от белого карлика, и оказалось, что длина его волны увеличена как раз на столько, на сколько предсказывал Эйнштейн.

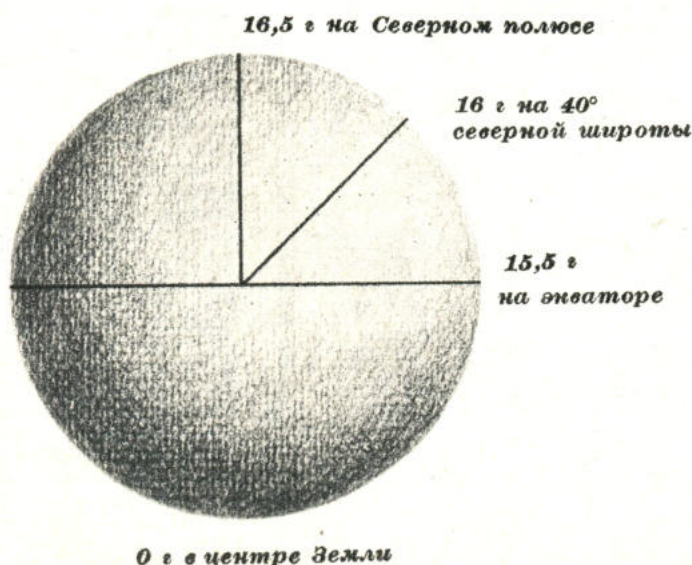
Было, конечно, очень трудно проводить измерения для света белого карлика. Эти звезды совсем тусклые, и заниматься исследованием их слабого света — дело непростое.

Оказалось, однако, что системы атомов в кристалле могут при определенных условиях испускать гамма-лучи. Эти лучи состоят из волн, подобных световым, но намного короче. Кристалл излучает такие гамма-лучи, которые обладают строго одной и той же длиной волны, и ее можно измерять с высокой степенью точности.

Если общая теория относительности Эйнштейна верна, то длина волны гамма-лучей будет чуть-чуть меняться при увеличении или уменьшении силы тяжести, действующей на кристалл.

У нас на Земле тяготение усиливается при приближении к центру Земли. Если вы живете в многоэтажном доме, то, спускаясь с этажа на этаж, вы попадаете во все более сильное гравитационное поле Земли, хотя это изменение так незначительно, что вы не почувствуете разницы.

ПРОДОЛЖЕНИЕ НА СТР. 16



Один и тот же предмет имеет различный вес в разных точках земной поверхности. Объясняется это тем, что Земля — не идеальный шар и к тому же она вращается. Предмет вообще не должен иметь веса в центре Земли, так как земная масса там действует на него одинаково со всех сторон.

Рисунок Студии Филиппа Жантля
© «Курьер ЮНЕСКО», на основе
«Всемирной книжной энциклопедии»
© 1979 «Уорлд Бук-Чайлдкрафт Интернешнл»



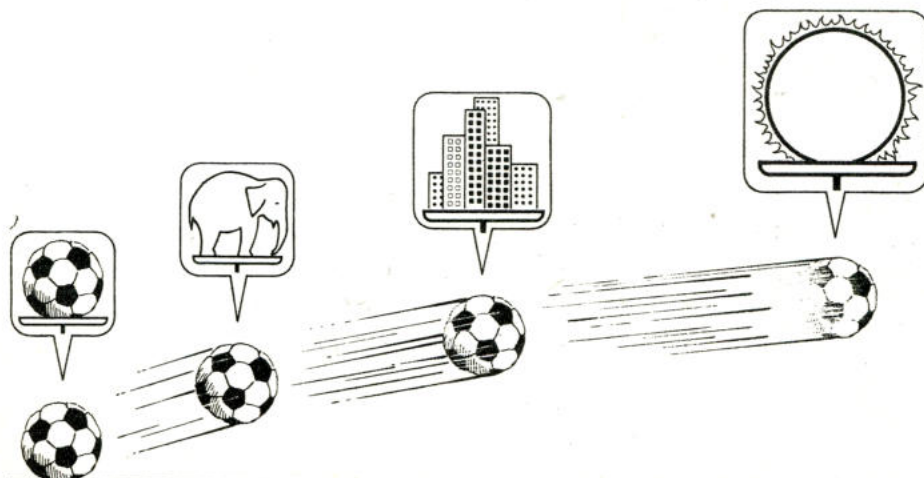
Фото © I. P. S., Париж

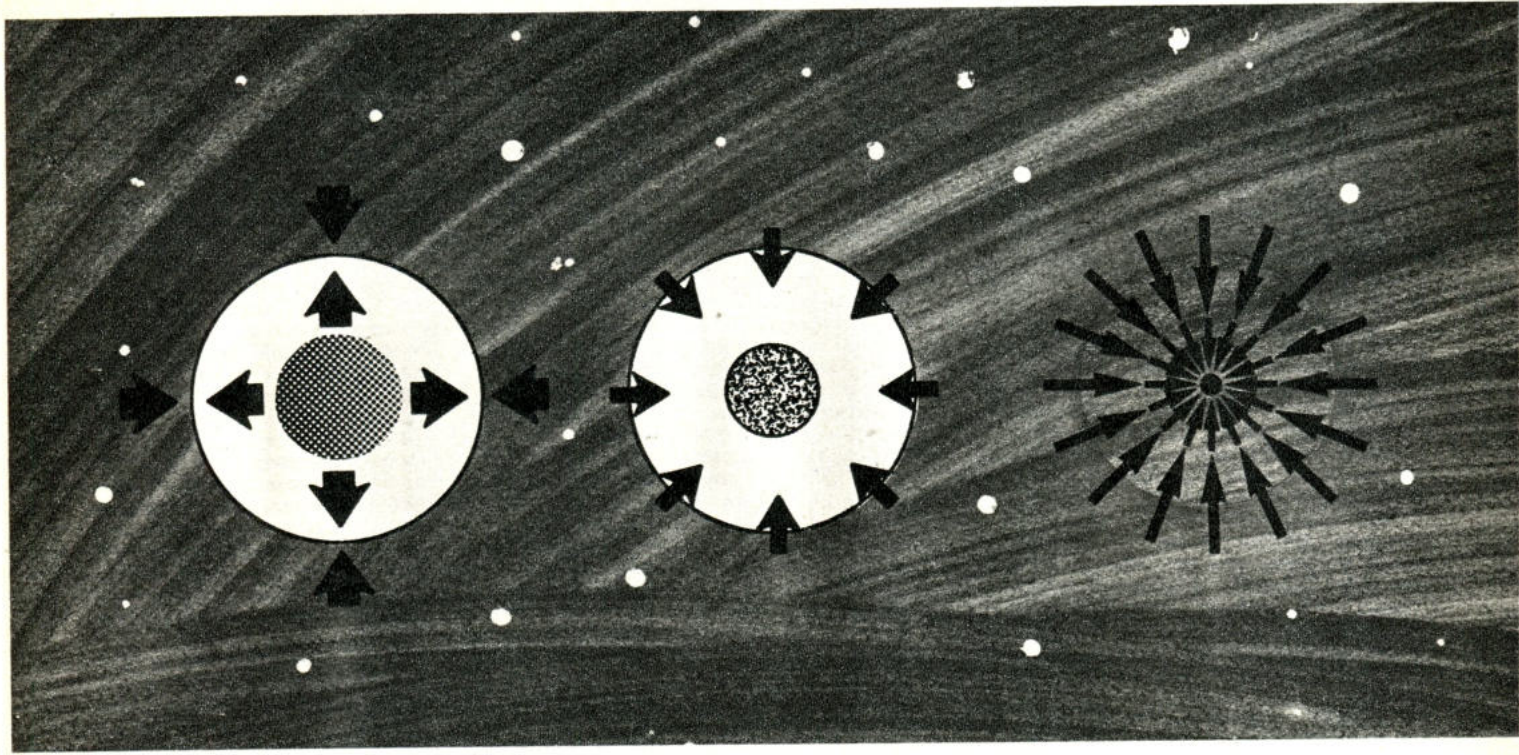
Гигантские звезды «сгорают» гораздо быстрее, чем Солнце, живут они намного меньше, и их существование заканчивается взрывом колоссальной силы. Крабовидная туманность (вверху) образована остатками взорвавшейся звезды — взрыв этот был зарегистрирован китайскими астрономами в 1054 году н. э. В 1969 году астрономы обнаружили в центре туманности нейтронную звезду. Этот небольшой, но чрезвычайно плотный объект состоит из сильно сжавшейся массы, оставшейся от первоначальной звезды. Такие тела известны также под названием пульсаров, так как они испускают световые и радиосигналы через регулярные промежутки времени.

Сколько весит футбольный мяч?

Представьте себе, как изумился бы вратарь, если бы какой-нибудь прославленный центральный нападающий, оказавшийся перед ним, вдруг одним ударом сообщил мячу скорость света. Мяч, который

в состоянии покоя весит около 450 граммов, становился бы все тяжелее и тяжелее — тяжелее, чем слон, чем квартал города и даже чем Солнце, пока при скорости света вес его не стал бы бесконечно большим. Все это следует из знаменитого уравнения Эйнштейна $E=mc^2$ [энергия равна массе, помноженной на квадрат скорости света]. Согласно этому уравнению, разделив энергию движения [кинетическую энергию] мяча на квадрат скорости света, мы получим массу мяча; поскольку энергия мяча возрастает с увеличением скорости, масса его будет тоже увеличиваться. Под массой понимают количество вещества, из которого состоит предмет, но ученые предпочитают определять массу как меру инерции [сопротивления всех веществ ускорению]. В повседневной жизни мы, как правило, измеряем вес, а не массу; действительно, понятия эти весьма близки, хотя вес — понятие более сложное, чем масса, поскольку он зависит от напряженности гравитационного поля Земли.



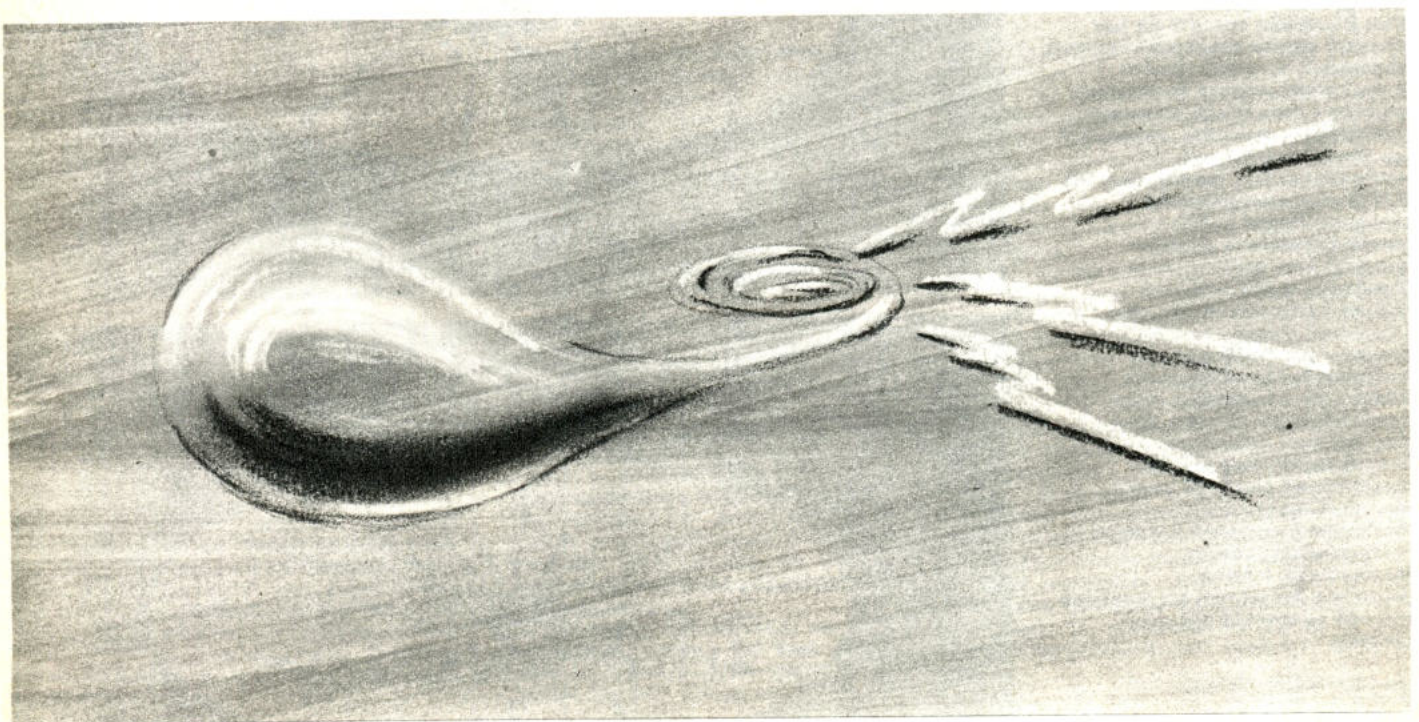


Рисунки Студии Филиппа Жантиля © «Курьер ЮНЕСКО»

Звезды-гиганты и «черные дыры»

Взглянув ночью на небо, мы видим звезды, так как они излучают свет. Однако одним из самых ошеломляющих следствий общей теории относительности Эйнштейна является предсказание «черных дыр» — «тел», которые были когда-то массивными звездами, но увидеть которые невозможно, ибо гравитационные поля у них настолько сильны, что удерживают даже свет. Как образуются эти «черные дыры»? И если их нельзя увидеть, то откуда мы знаем об их существовании? На рисунке сверху показаны стадии образования «черной дыры» (слева направо). В период «жизни» крупной звезды существует равновесие между гравитационным давлением [оно представлено стрелками, направленными острями внутрь] и излучением и теплом от ядра звезды [стрелки острями наружу]. Но по мере того, как звезда «сжигает» свой запас ядерного топлива, равновесие нарушается, и звезда начинает

сжиматься в направлении к своему центру [средняя диаграмма]. В конечном счете звезда неустойчиво падает внутрь самой себя, занимая ничтожный объем, где тяготение и плотность вещества становятся чудовищно велики. «Черные дыры», по самому их определению, нельзя увидеть даже в наиболее мощные телескопы, но об их присутствии можно судить по их влиянию на соседние видимые звезды. Обладая мощнейшим гравитационным полем, «черные дыры» действуют в космосе наподобие гигантских пылесосов, затягивая в себя все, что попадает к ним на пути. Внизу: атмосфера видимой массивной звезды (слева) притягивается к соседней невидимой «черной дыре». По мере того как газы, закручиваясь в спираль, вытягиваются в «черную дыру», они разогреваются, сжимаются и начинают испускать рентгеновские лучи, которые и могут обнаружить астрономы.



Она проявляется, однако, в гамма-лучах. Если кристалл перенести с чердака в подвал, волны станут чуть длиннее, причем это увеличение измеримо, и оно в точности совпадает по величине с предсказанным эйнштейновской теорией.

Еще одно следствие, вытекающее из общей теории относительности Эйнштейна, состоит в том, что гравитация, как и свет, может излучаться в виде волн. Как и свет, гравитация может, таким образом, уносить энергию от излучающих предметов.

Гравитационные волны испускаются, когда предмет движется под воздействием тяготения по орбите, или качается взад и вперед, или пульсирует. Согласно Эйнштейну, Земля при своем движении вокруг Солнца испускает гравитационные волны. При этом она теряет энергию, постепенно приближаясь к Солнцу.

Но гравитационные волны настолько слабы и несут настолько мало энергии, что эти волны, испускаемые Землей, невозможно заметить. Они уносят с собой такую ничтожно малую энергию, что Земля и за миллиарды лет не приблизится к Солнцу больше, чем на несколько метров.

Однако возможно, что где-нибудь во Вселенной существуют более сильные гравитационные поля, чем у нас в солнечной системе. При исключительно быстрых движениях могут

испускаться гравитационные волны, достаточно сильные, чтобы их можно было наблюдать.

Многие ученые пытались обнаружить такие гравитационные волны, используя очень чувствительные приборы. Некоторые заявляли, что это им удалось, но их результаты лежат на самой грани достоверности, и эти сообщения пока еще не получили признания.

В 1967 году был, однако, открыт новый тип звезды — «пульсар». Эта звезда меньше и плотнее, чем даже белый карлик. По массе пульсар может быть равен нашему Солнцу и в то же время представлять из себя небольшой шар, не превышающий двенадцати километров в поперечнике. Гравитационное поле на поверхности такого пульсара в 10 000 000 000 раз превышает величину поля на поверхности Солнца.

В 1974 году были обнаружены два пульсара, вращающиеся друг вокруг друга. Когда вращение происходит в таком невероятно сильном гравитационном поле, становятся легко измеримыми эффекты, которые едва-едва заметны у нас в солнечной системе.

Например, в движении планеты Меркурий вокруг Солнца наблюдается малое отклонение, необъяснимое с точки зрения закона тяготения Ньютона. Выделенная точка орбиты Меркурия совершает полный оборот

вокруг Солнца немного более, чем за 3 000 000 лет, хотя, согласно теории Ньютона, она вообще не должна двигаться. Напротив, теория Эйнштейна полностью объясняет это движение.

Такая же точка орбиты каждого из вращающихся пульсаров должна совершать полный круг всего лишь за 84 года согласно теории Эйнштейна, и эта точка действительно движется с требуемой скоростью.

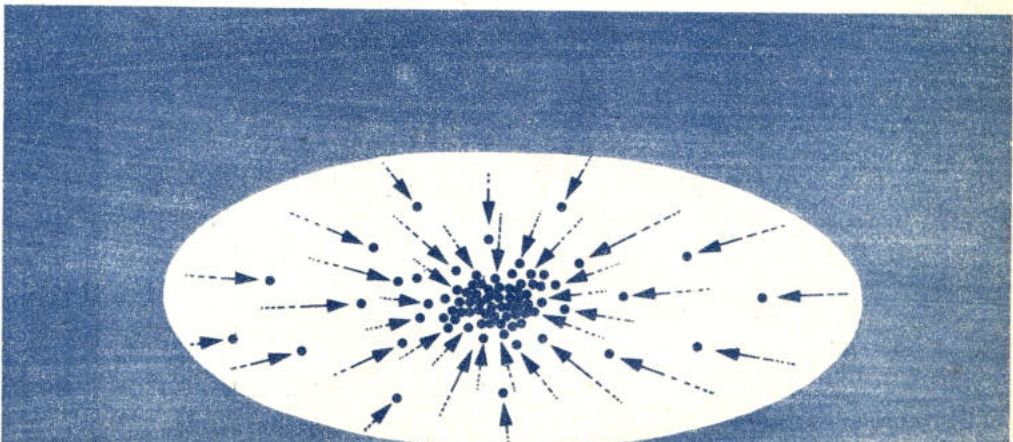
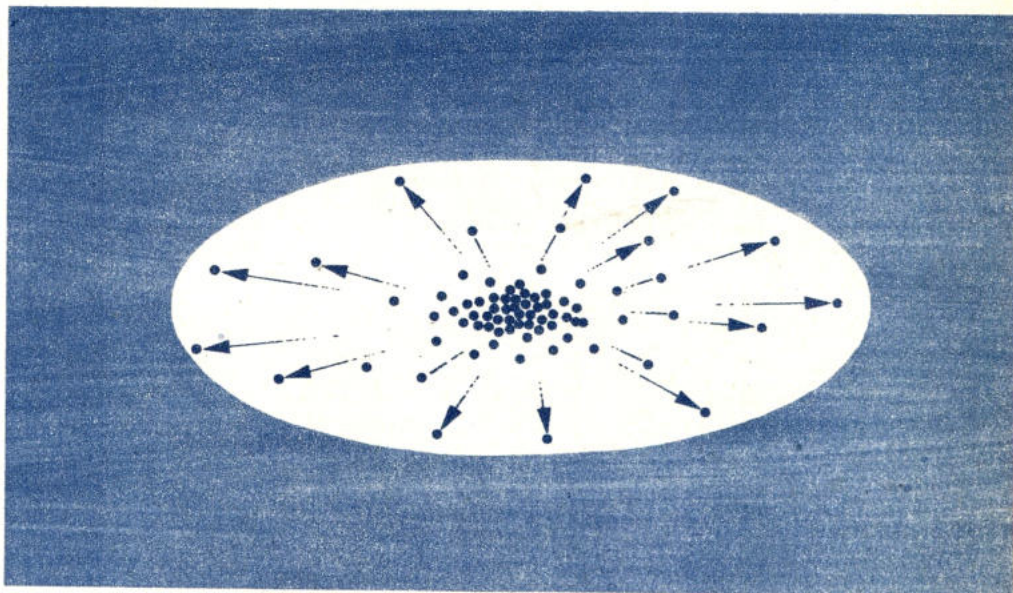
Более того, при вращении пульсары должны испускать гравитационные волны, которые должны быть гораздо сильнее, чем волны, испускаемые Землей. Эти гравитационные волны должны уносить столько энергии, что пульсары должны по спирали сближаться друг с другом с заметной скоростью. Это в свою очередь должно вызвать все более и более частый приход к нам от них определенных импульсов радиоволн.

В 1978 году было проведено точное измерение таких радиоимпульсов и обнаружено, что они поступают через все более и более короткие интервалы времени в полном соответствии с расчетами.

Итак, подведем итоги. За три четверти столетия после того, как Эйнштейн выдвинул свою теорию относительности, ученые проверяли ее всеми способами, какие только могли придумать, проверяли снова и снова, и теория Эйнштейна выдержала все проверки без исключения.

Работы Эйнштейна дали новый толчок развитию космологии — исследованию Вселенной как единого целого. Как показал советский математик А. А. Фридман, из теории Эйнштейна вытекает, что Вселенная нестационарна и, по-видимому, расширяется. Сам Эйнштейн вначале не мог принять логики своих собственных уравнений, и, чтобы прийти к замкнутой модели Вселенной, он ввел в свои гравитационные уравнения множитель, названный им «космологической постоянной» [см. статью на с. 29]. В 1924 году американский астроном Эдвин Хаббл экспериментально доказал правильность точки зрения Фридмана о том, что, чем дальше галактики от нас, тем с большей скоростью они удаляются и что Вселенная действительно расширяется. Эйнштейну в конечном счете пришлось согласиться с этим фактом, и он назвал свое предыдущее утверждение «величайшей ошибкой своей жизни». Справа вверху изображена открытая Вселенная, которая всегда только расширяется, а внизу — замкнутая Вселенная, расширение которой сменяется позднее сжатием.

Рисунки Студии Филиппа Жантिला
© «Курьер ЮНЕСКО»



Поль Дирак и Альберт Эйнштейн на пятом Сольвеевском конгрессе в Брюсселе, октябрь 1927 года.

Фото © Дворец открытий, Париж



Подтверждено временем

Поль Дирак

ПОЛЬ ДИРАК (Англия) — выдающийся физик; вместе с австрийским ученым Эрвином Шрёдингером получил в 1933 году Нобелевскую премию за блестящие исследования и научные работы в области атомной физики. Почетный профессор Кембриджского университета, профессор физики Университета штата Флорида, США. Настоящая статья является сокращенным вариантом лекции, прочитанной Дираком на симпозиуме ЮНЕСКО, посвященном воздействию современных научных идей на общество и проводившемся в сентябре 1978 года в университетах Мюнхена и Ульма (ФРГ).

Великие открытия в науке делаются двойко. Бывает так, что время созрело для данного открытия, и к нему устремляется много исследователей. Между ними возникает соревнование, и победитель пожинать лавры.

Если взглянуть на список лауреатов Нобелевской премии, то бросается в глаза, что эта премия часто присуждалась сразу двум или трем ученым, разрабатывавшим одну и ту же проблему, так что лавры были разделены между победителями в соревновании. Это такие открытия, которые мог бы сделать если не один исследователь, то другой.

Но бывают научные открытия и иного рода, когда исследователь трудится в полном одиночестве, разрабатывая новые идеи сам по себе, без противников и конкурентов, углубляясь в неизведанные области, которых до него никто не затрагивал. Эйнштейн работал большей частью именно так.

Если бы Эйнштейна не было, то никто не сделал бы этих открытий еще на протяжении многих лет или десятилетий. Эйнштейн в одиночку

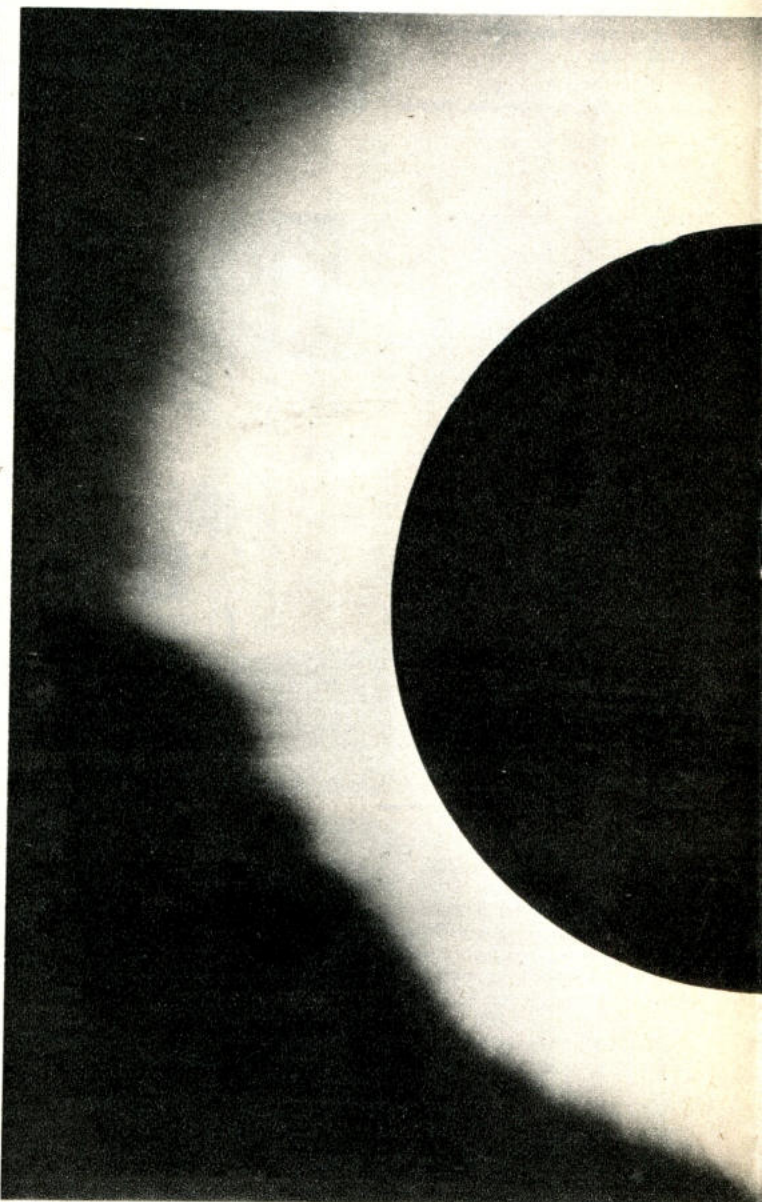
полностью изменил ход истории науки.

До конца 1918 года, пока не кончилась первая мировая война, эйнштейновская теория относительности была известна только немногим специалистам. А затем она произвела сенсацию. Это был целый мир с новым стилем мышления, новой философией.

Случилось это тогда, когда войной были сыты по горло все — и победители, и побежденные. Люди жаждали чего-то нового, и в теории относительности они нашли то, что искали. Широкая публика подхватила эту тему; о ней говорили повсюду. Она позволила людям на время забыть об ужасах войны, через которые они прошли.

В газетах и журналах публиковались бесчисленные статьи о теории относительности. Никогда, ни до, ни после этого, никакая конкретная идея не вызывала столь большого и широкого интереса. Большая часть сказанного и написанного тогда касалась общеполитической стороны этой тео-

ПРОДОЛЖЕНИЕ НА СТР. 21



2

Фото © Гринвичская астрономическая обсерватория, Англия

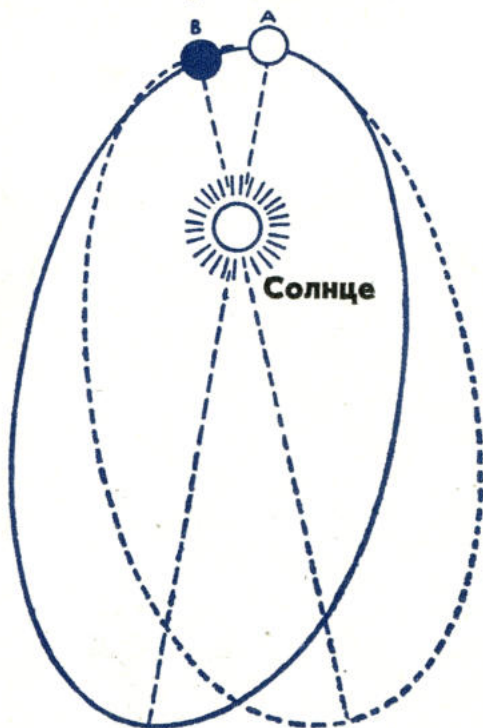
3



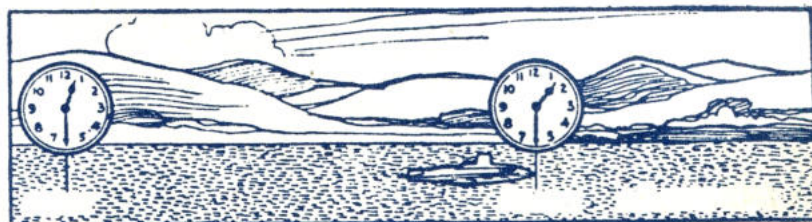
Путь светового луча

Пожалуй, одно из самых знаменитых и впечатляющих подтверждений общей теории относительности Эйнштейна было получено ровно шестьдесят лет назад экспедициями под руководством английского астронома Артура Эддингтона [1882—1944 гг.]. В 1915 году в своей общей теории относительности Эйнштейн предсказал, что тяготение должно вызывать отклонение световых лучей при прохождении их в непосредственной близости от массивной звезды, например от Солнца. Эддингтон решил проверить теорию во время полного солнечного затмения 29 мая 1919 года, так как во время такого затмения можно фотографировать звезды вблизи Солнца. Эти снимки затем можно сравнить со снимками тех же звезд, сделанными в то время, когда Солнце находилось совсем в другой части неба. Любая разница в положении звезд на двух снимках покажет, что свет звезд «отклонился», и с помощью вычислений можно будет определить, насколько велико это отклонение. Затмение 1919 года было особенно многообещающим в этом плане, так как Солнце находилось в этот день в части небесной сферы, богатой яркими звездами, которые можно распознать на фоне солнечной короны. Эддингтон организовал две экспедиции: одну — на остров Принсипи в Гвинейском заливе, другую — в город Собрал в Бразилии. Обе экспедиции сумели получить серии снимков, показывающих положение звезд. Сам Эддингтон, возглавлявший экспедицию в Африку, вспоминал о своих первых измерениях снимков как о величайшем моменте в своей жизни: они показали, что свет звезд действительно отклонялся. На снимках, сделанных на Принсипи, отклонение было несколько меньшим, чем это предсказывал Эйнштейн, а на снимках, сделанных в Бразилии, отклонение было большим. 27 сентября 1919 года, когда стали известны результаты более полного анализа, Эйнштейн писал своей матери: «Нынче получил хорошие новости... британские экспедиции определенно подтвердили отклонение световых лучей Солнцем». На снимках: 1) Эйнштейн и Эддингтон в Кембридже в 1930 году. 2) Английский астроном Эндрю Кроммелин, возглавлявший экспедицию в Собрал, на фоне применявшихся там приборов. 3) Солнечная корона во время затмения 1919 года. 4) Сцена из жизни экспедиции в Собрал.

перигелий



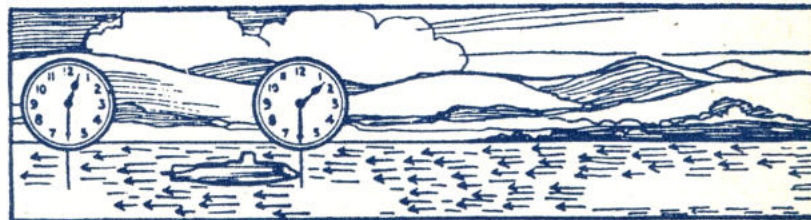
МЕРКУРИЙ НАРУШАЕТ КОСМИЧЕСКОЕ РАСПИСАНИЕ. Более ста лет ученым не давал покоя тот факт, что Меркурий, достигая своего перигелия, то есть ближайшей к Солнцу точки его орбиты, совершает между двумя последовательными положениями перигелия не точно полный оборот вокруг Солнца. Казалось, Меркурий превышал «нормы» космических скоростей, проходя несколько большее расстояние. За столетие эта разница достигает примерно 43 секунд дуги, что изображено на рисунке отрезком АВ. Объяснение этого «отклонения» — один из выдающихся результатов общей теории относительности Эйнштейна.



отправление

прибытие

вода неподвижна



отправление

прибытие

против прилива

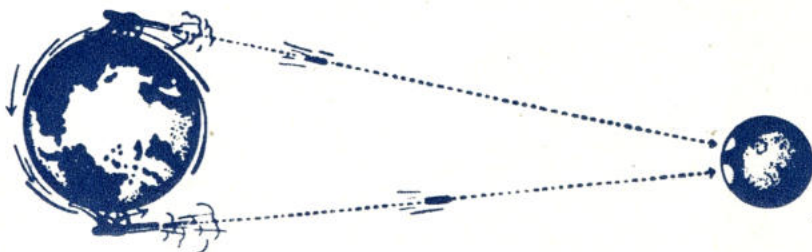


отправление

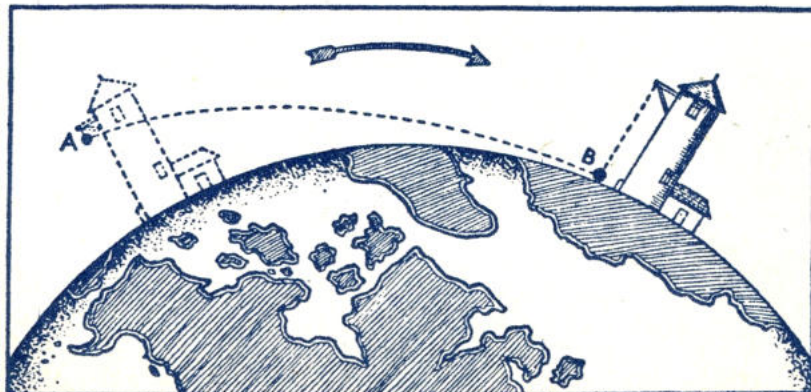
вместе с отливом

прибытие

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ СКОРОСТИ. Скорость любого движущегося предмета всегда определяется относительно наблюдателя, что продемонстрировано на этих трех рисунках. Подводная лодка в каждом случае движется вперед на предельных оборотах двигателя, однако покрываемое ею за один час расстояние будет неодинаковым из-за движения океанских вод. Например, в то время как скорость подводного корабля будет всегда одинакова по отношению к воде, она будет представляться различной наблюдателю на суше; не зная о приливе и отливе, в первом случае он будет думать, что двигатели подводной лодки работали на средних оборотах, во втором — на малых, а в третьем случае — что они работали на полную мощность.



СКОРОСТЬ СВЕТА НЕИЗМЕННА. Две воображаемые пушки, находящиеся в разных концах Земли, посылают снаряды на Луну. Из-за разницы в скорости, возникающей в результате вращения Земли, оба снаряда достигнут цели с интервалом в несколько дней. Однако световые вспышки, которыми сопровождаются синхронизированные выстрелы обеих пушек, достигнут Луны одновременно — ровно через секунду с третьей после выстрела. На скорость света не оказывает влияния движение его источника или движение среды, через которую свет проходит; поэтому скорость света является важным стандартом для измерений, согласно эйнштейновской теории относительности.



ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ В КАРТИНКАХ

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ НАПРАВЛЕНИЯ. То, что кажется нам прямой линией, на деле может оказаться кривой. Человеку, бросающему камень с вершины башни, кажется, что камень падает на Землю по прямой линии. Но он забывает о том, что Земля движется. Из-за этого движения наблюдателю из космоса будет казаться, что камень падает не по прямой, а по кривой линии АВ.

Рисунки и подписи на этих страницах были сделаны под руководством Эйнштейна. Они взяты из книги «Альберт Эйнштейн — создатель Вселенных» Х. Гордона Гарбедиана © 1939 Кассель энд К° Лтд, Лондон.

рии и была лишена той степени точности, которая необходима для серьезного научного обсуждения. Точной информации еще не хватало, но люди были счастливы уже тем, что могут выразить свои взгляды.

В то время я был студентом инженерного факультета Бристольского университета в Англии, а студенты уж, конечно, ухватились за эту проблему и широко обсуждали ее между собой. Однако ни студенты, ни преподаватели не имели о ней точной информации и не владели ее математическими основами. Мы могли говорить лишь о ее философском аспекте и соглашаться с общим мнением, что эта теория прекрасна.

В Англии теорию относительности по-настоящему понимал один человек — Артур Эддингтон, и он стал ведущим авторитетом в этой области. Он сосредоточил внимание на астрономических выводах, вытекающих из теории, и на возможности ее проверки с помощью астрономических наблюдений.

Было предложено три возможных доказательства правильности этой теории.

Первое касалось движения планеты Меркурий. В свое время было обнаружено, что перигелий Меркурия (ближайшая к Солнцу точка его орбиты) перемещается за столетие примерно на сорок три секунды дуги больше, чем этого требует теория Ньютона, и этот факт уже давно не давал покоя астрономам. Новая теория Эйнштейна предсказывала как раз такой эффект, и наблюдения Эддингтона это предсказание подтвердили.

Это был поистине удивительный успех теории Эйнштейна, но говорят, что самого Эйнштейна, когда он услышал об эддингтоновском подтверждении, это не очень возмущало, ибо он и без доказательства чувствовал, что его теория верна.

Второй эффект состоит в отклонении лучей света, когда они проходят близко от Солнца. Согласно теории тяготения Эйнштейна, лучи, проходя близко от Солнца, должны отклоняться. Ньютонова теория также предусматривает это явление, но, согласно ей, это отклонение должно быть вдвое меньше, чем в теории Эйнштейна. Таким образом, наблюдая находящиеся по ту сторону Солнца звезды, свет которых по пути к нам должен пройти близко от нашего светила, можно проверить теорию Эйнштейна.

Но видеть звезды около Солнца

можно лишь во время полного солнечного затмения, когда свет Солнца заслонен Луной. Очередное полное затмение было в 1919 году, и Эддингтон организовал для его наблюдения две экспедиции, одну из которых возглавил лично.

Обе экспедиции получили результаты, подтверждающие теорию Эйнштейна. Однако точность этой проверки была сравнительно невелика из-за трудностей проведения таких наблюдений и не вполне удовлетворяла ученых. Эффект отклонения света проверялся во время многих последующих полных солнечных затмений, и полученные результаты всегда с большей или меньшей точностью подтверждали теорию Эйнштейна.

Не так давно стало возможным проверить это с помощью радиоволн, а не волн света. Были открыты радиозвезды, и, когда радиозвезда оказывается за Солнцем, можно проверить, отклоняются ли радиоволны, проходя близко от Солнца. Для этого не нужно дожидаться полного затмения, потому что само Солнце — очень слабый источник радиоволн. При замене световых волн радиоволнами возникает новая сложность, так как радиоволны преломляются в солнечной короне. Однако такое преломление различно для волн разной длины и, проводя наблюдения на двух различных длинах волн, можно отделить эффект, обусловленный короной, от эйнштейновского эффекта. В результате теория Эйнштейна была подтверждена с гораздо большей точностью, чем с помощью световых волн.

Третье доказательство правильности теории Эйнштейна связано с положением общей теории относительности, утверждающим, что световые волны, испускаемые источником в гравитационном поле, должны сдвигаться в сторону больших длин волн, то есть в сторону красного конца спектра; это положение известно как эффект красного смещения. Казалось бы, этот эффект следует искать в свете, приходящем с поверхности Солнца. Но здесь эйнштейновский эффект обнаружить трудно из-за другого явления (эффекта Доплера), обусловленного движением вещества в атмосфере Солнца, которая весьма велика и недостаточно изучена. Тем не менее можно оценить влияние такого движения, и тогда получается грубое согласие с требованиями теории Эйнштейна.

С открытием звезд — белых кар-

ликов появилась более благоприятная возможность для проверки этого эффекта. Вещество белых карликов находится в крайне сжатом состоянии. Гравитационный потенциал на поверхности белого карлика намного превышает величину потенциала на поверхности Солнца, что соответственно усиливает эйнштейновский эффект. Имея достаточно данных о белом карлике, чтобы определить величину его массы и его размеры, можно с большой степенью точности проверить теорию Эйнштейна. А теперь этот эффект удастся проверить и в лаборатории, причем с большей точностью, чем путем астрономических наблюдений.

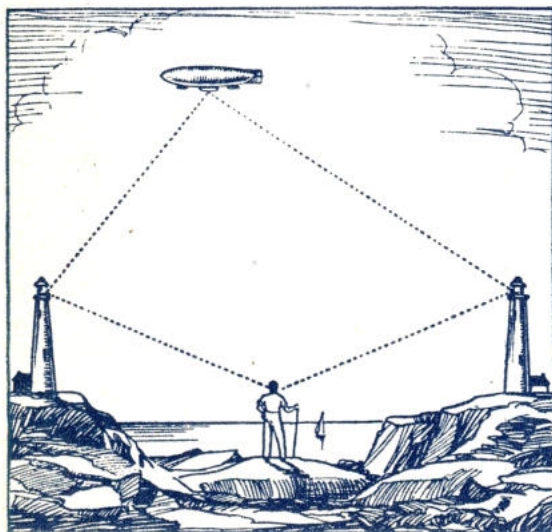
Недавно к трем классическим эффектам добавился и четвертый. Речь идет о том времени, которое затрачивает свет, проходя близко от Солнца. Теория Эйнштейна предсказывает задержку света. Наблюдать ее можно, направляя волны радиолокатора к планете, находящейся по ту сторону Солнца, а затем измеряя время, потребовавшееся отраженному сигналу для возвращения к Земле. На запаздывание волн радиолокатора оказывает влияние и солнечная корона, так что вновь приходится обращаться к использованию двух длин волн, чтобы отделить влияние короны от эйнштейновского эффекта.

Такие измерения были проведены Ирвином Шапиро и вновь дали хорошее подтверждение правильности теории Эйнштейна.

Перечисление успехов теории Эйнштейна впечатляет. Правильность ее положений неизменно подтверждалась — с большей или меньшей степенью точности, в зависимости от возможностей самих наблюдений и связанных с ними погрешностей.

Предположим теперь, что обнаружится строго проверенное и подтвержденное расхождение между теорией и наблюдениями. Что делать тогда? Как бы реагировал на него сам Эйнштейн? Следовало ли бы объявить теорию в корне неверной?

Я сказал бы, что ответом на последний вопрос должно быть решительное НЕТ. Любая, кто понимает глубокую гармонию, связывающую между собой явления природы и общие математические принципы, должен чувствовать, что если теория так прекрасна и изящна, как теория Эйнштейна, то она в основном, безусловно, верна. Если в каком-то случае применения такой теории появляется расхождение с наблюдения-

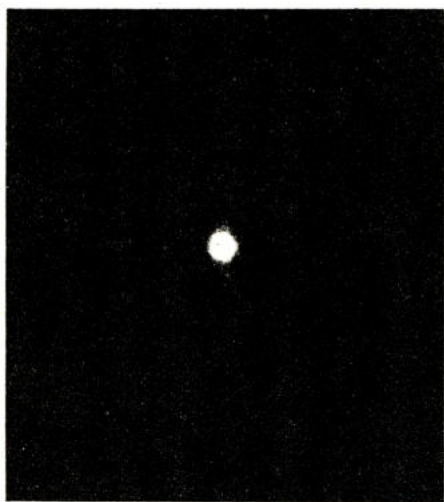


ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ВРЕМЕНИ. Два маяка, находящиеся на большом расстоянии друг от друга, одновременно посылают яркие световые сигналы. Человек на земле, стоящий точно на полпути между обоими маяками, видит эти сигналы одновременно. Однако вспыхивши эти не будут одновременными для наблюдателя на дирижабле, приближающемся к левому маяку. С его точки зрения, свет на ближайшем к нему маяке вспыхивает на долю секунды раньше, чем на дальнем маяке, так как свету приходится преодолевать меньшее расстояние.



Вверху: первый снимок звезды — рентгеновского источника, переданный с трехтонной орбитальной космической обсерватории HEAO-2. Звезда получила название Лебедь X-1. Она является частью двойной системы в созвездии Лебедя, находящейся от нас на расстоянии примерно 6000 световых лет. Как полагают, эта двойная система содержит «черную дыру» (см. с. 15). Внизу: четыре квазара, снимки которых были получены с помощью мощного телескопа Хейльсской обсерватории на горе Маунт-Паломар, Калифорния. Квазары (квазизвездные радиоисточники) — небесные тела, испускающие радиоволны, — были открыты впервые в 1962 году. Некоторые квазары одновременно испускают и рентгеновские лучи. Квазар 3C-273 (внизу слева) — наиболее сильный из обнаруженных до сих пор источников рентгеновских лучей.

Фото © I. P. S., Париж



ми, то его причиной, видимо, являются второстепенные факторы, которые относятся к атому применению и которые не были должным образом учтены, но никак не неправильность общих принципов теории.

Когда Эйнштейн трудился над построением своей теории тяготения, он не пытался при этом опираться на какие-то результаты наблюдений. Отнюдь нет! Все сводилось к поиску прекрасной теории, теории того типа, которую избрала бы сама природа. Он стремился лишь к тому, чтобы его теория обладала красотой и изяществом, которых следовало бы ожидать от всякого фундаментального описания природы. Он исходил исключительно из мысли о том, какой должна была бы быть природа, но не из требования объяснить этой теорией отдельные экспериментальные результаты.

Конечно, нужно быть истинным гением, чтобы представить себе, какой должна быть природа, исходя просто из абстрактных размышлений об этом. Эйнштейн сумел это сделать.

Каким-то образом он пришел к мысли связать гравитацию с кривизной пространства. Он сумел развить математическую модель, воплощающую эту мысль. Руководствовался он только соображениями красоты уравнений.

Результат такого подхода — тео-



GOLDSCHMIDT PLANCK RUBENS LINDEMANN HASENOHRL NOSTELET RUTHERFORD EINSTEIN LANDEVIN
 NERNST BRILLOUIN SOMMERFELD DE BROGLIE KNUDSEN HERZEN POINCARÉ KAMERLINGH ONNES
 SOLVAY LORENTZ WARRBURG PERRIN WIEN M^{me} CURIE

рия, основные идеи которой поражают своей величайшей простотой и изяществом. Она заражает непреодолимой верой в то, что ее основы должны быть верны, причем совершенно независимо от ее соответствия результатам наблюдений.

Мне выпало счастье много раз встречаться с Эйнштейном. Первый раз это было на Сольевевском конгрессе в Брюсселе в 1927 году, где ведущие ученые всего мира обсуждали новейшие достижения в области физики.

К тому времени теория Эйнштейна была надежно подтверждена и всеми признана, так что на этом конгрессе она не была предметом обсуждения. В центре внимания была новая квантовая теория Гейзенберга, Шрёдингера и других. Конечно, все стремились узнать мнение Эйнштейна об этих новых идеях.

Эйнштейн был до некоторой степени противником этих идей — ведь он добился такого замечательного успеха, исходя из мысли о введении геометрии в физику, и представлял себе, что дальнейшее развитие науки также должно идти по пути введения еще более экзотических видов геометрии. Много лет своей жизни он потратил в таких попытках, однако без особого успеха. Возможно, эти идеи Эйнштейна в своей основе верны, но они пока не привели к удовлетворительному решению проблемы.

Я встречал Эйнштейна и на последующем Сольевевском конгрессе, а потом он приехал в Кембридж, где я работал, и позднее — в Принстон, где стал постоянным членом Института высших исследований. Я тоже иногда избирался временным членом этого института. Я посещал лекции, которые читал Эйнштейн, а иногда он приглашал меня к себе домой, что для меня было большой честью. Так получилось, что я близко узнал его. Я мог убедиться, что научные идеи почти безраздельно довели над всеми его мыслями — даже когда Эйнштейн брал чашку и размешивал чай, то и движение чайнок вызывало у него стремление это объяснить.

В своих дискуссиях с другими физиками Эйнштейн обронил замечание, ставшее знаменитым и выгравированное теперь над камином в зале математического факультета Принстонского университета. Чтобы по достоинству оценить это замечание, нужно быть настоящим физиком-исследователем и понимать, что природа поставила перед ним определенные проблемы, которые тот должен попытаться разрешить. Кроме того, нужно по возможности учесть умонстроение природы при постановке этих проблем. Эйнштейн выразил свой взгляд на такую ситуацию словами: «Raffiniert ist Gott, aber bosartig ist Er nicht» («Бог изощрен, но не злонамерен»).

В 1911 году в Брюсселе собрался первый Сольевевский конгресс [названный так по имени финансировавшего его бельгийского промышленника Эрнста Сольве], чтобы обсудить следствия закона излучения черного тела, который был сформулирован Максом Планком в 1901 году и лег в основу квантовой теории. Пожалуй, никогда в истории не собиравлось вместе столько выдающихся ученых, которые внесли решающий вклад в построение современной физики.

Фото © Дворец открытий, Париж

Крот и мотылек

Заметки об Эйнштейне, науке и субъективности

Пьер Тюийе

Текст © Пьер Тюийе, 1979
Перепечатка воспрещается

«Если рассматривать науку как законченную систему знания, то это — самое безличное из всех человеческих творений; однако если ее рассматривать как продолжающийся процесс, она оказывается столь же субъективной и психологически обусловленной, как и всякое другое человеческое предприятие». Эти слова Эйнштейна могут удивить сторонников некоего логического позитивизма. Но в них содержится призыв разобратся в «субъективных» истоках идей релятивизма.

Внесем ясность в этот вопрос. «Частная теория относительности» и «общая теория относительности» — это научные теории; понять природу этих теорий и оценить их значение можно, лишь учитывая состояние физической науки к началу XIX века. Если наши интересы ограничиваются «прогрессом» знания как такового, то мы можем даже считать оправданным пренебрежительное или осуждающее как чересчур смехотворный отношение к любому вкладу психологического или социологического характера в историю науки. Но факт остается фактом: сам Эйнштейн всегда усердно анализировал свои собственные идеи и те влияния, которые он испытывал.

Рассмотрим всерьез высказанное выше возражение, что наука по своей сути «объективна» или по меньшей мере представляет ценность лишь постольку, поскольку она «объективна». А если так, то зачем специально уделять столько внимания «субъективности» ученого, пусть это даже сам Эйнштейн? Иначе говоря, не является ли неразумным и даже опасным такой шаг, как смешение искусства и науки? Художник не стремится описывать действительность такой, «какая она есть», — он истолковывает и воссоздает ее по велению своих чувств и воображения. Но у ученого, говорят нам, все совсем иначе; он предпочитает подавлять свою «субъективность», прислушивается только к «голосу фактов» и, опираясь на строгие методы, устанавливает совершенно точные «законы природы».

При таком подходе к науке существенно лишь то, чтобы понятия были строго определены и действительны, а результаты подтверждены экспериментально. «Гении» в науке, несомненно, своеобразны и замечательны, но ведь в их труде, казалось бы, нет ничего «субъективного».

На первый взгляд такой подход отвечает обычным требованиям здравого смысла. Однако он может затуманить те проблемы, которые возникают в связи с понятием объективности. Никому и в голову не придет отрицать тот факт, что теоретические выкладки должны подвергаться экспериментальной проверке. Однако если даже «приговор эксперимента» благоприятен, то можно ли действительно сказать, что доказана «объективность» теории?

В действительности же это подтверждает только цен-

ность (или применимость) теории. Строго говоря, положительный результат опыта не доказывает, что подвергавшиеся проверке утверждения абсолютно «верны». Ведь может оказаться, что и другая теория не хуже, если не лучше. Иными словами, никогда нельзя быть уверенным в том, что достигнуто полное и окончательное знание исследуемых «объектов». Эксперимент может показать, что при определенных условиях и в известных пределах данная теория объясняет явления. Но он не доказывает, что это знание абсолютно и полностью правильно.

Примеров более чем достаточно. Так, долгое время считалось, что ньютонова механика дает совершенно точное («объективное») описание природы. Однако теория относительности поставила под вопрос именно это утверждение. Необходимо признать, что цель науки — дать объективное описание (или объяснение) явлений. Но можно зайти слишком далеко, утверждая, что научные теории — в том виде, в каком они действительно существуют, — суть полностью объективные построения, то есть в них отсутствует «субъективный» элемент. По этой-то причине теории и находятся в постоянном развитии.

Подход, принятый при анализе проблемы субъективности в науке, тесно связан с решением некоторых чисто эпистемологических вопросов (т. е. вопросов, касающихся природы и ценности научного знания). Эйнштейн и сам хорошо знал об этом, что подтверждается его анализом связи между «фактами» и «теориями».

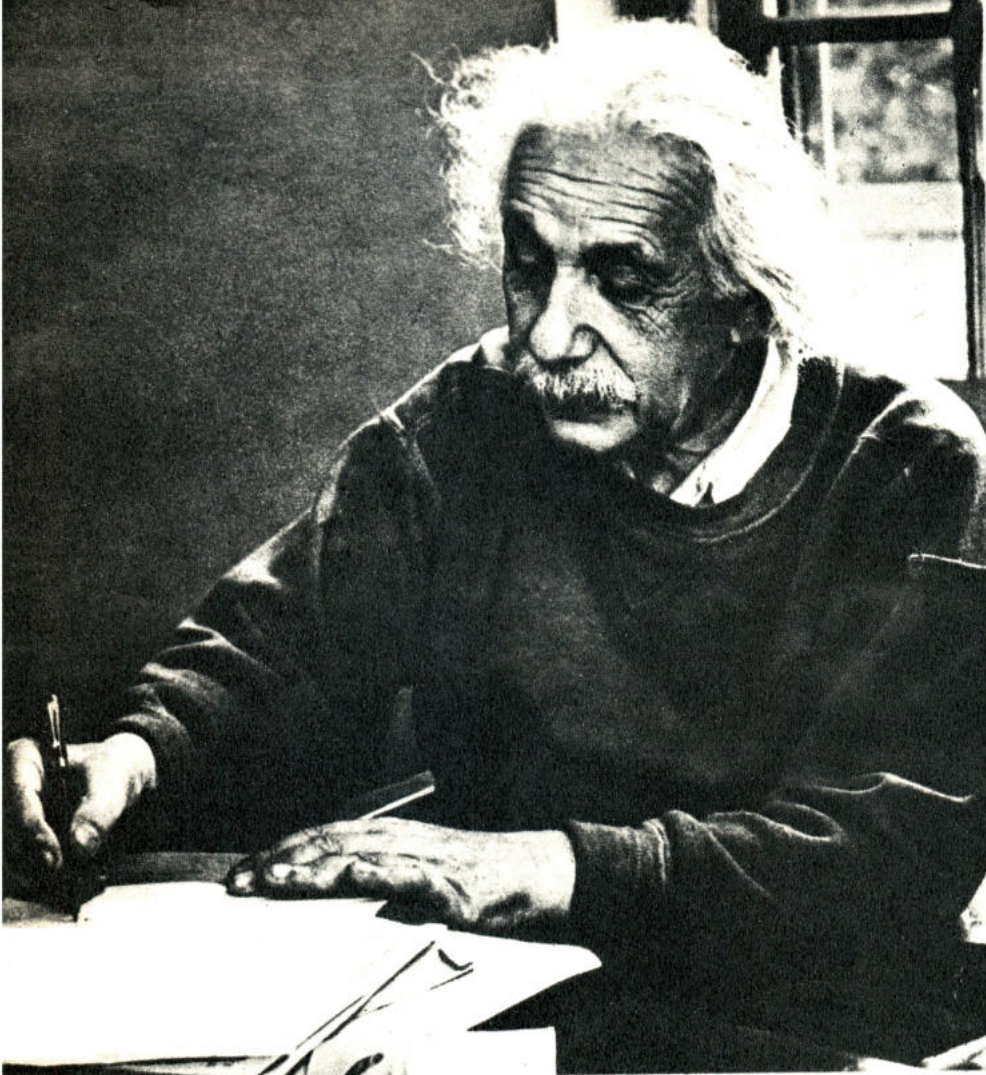
Ньютон, говорил Эйнштейн, считал, что «законы и основные понятия его системы могли быть выведены из опыта». Но это не так. Вопреки тому, что думают некоторые эмпирики, «любая попытка вывести понятия и фундаментальные постулаты логически из элементарных экспериментов обречена на неудачу». Основы теоретической физики должны быть «свободными изобретениями», а это означает, что для развития своей науки физики не пассивно регистрируют полученные данные, а конструируют теоретическую модель с помощью принципов и понятий, которые они сами выбрали, и — как неоднократно говорил Эйнштейн — свободно выбрали.

Этот подход можно было бы назвать конструктивистским. Он не только допускает возможность «субъективности» у теоретиков, но и предполагает, что она практически неизбежна и вполне законна. Конечно, одни теории лучше, а другие хуже. «Однако, — замечает Эйнштейн, — не существует логического перехода от явлений к принципам, их объясняющим». Зададим же вопрос: если эти принципы не выведены из явлений, то откуда они следуют?

Точка зрения Эйнштейна может быть сформулирована следующим образом: хотя ученый стремится к отражению «рационального» образа мира, для него недоступна та единственная и абсолютная причина, которая могла бы чисто логическим способом дать ему необходимые понятия и принципы. И лишь полагаясь на свои собственные возможности и свой опыт, люди пытаются изобретать интеллектуальные орудия, более или менее отвечающие «реальности». Таким образом, генезис научных теорий опирается не только на логику и эпистемологию, но и на психологию, социологию и антропологию культуры.

В так называемых развитых обществах распространяется представление о науке, которое в первую очередь подчеркивает ее строгий, логический, «объективный» характер. Однако Эйнштейн как своими высказываниями,

ПЬЕР ТЮИЙЕ — профессор истории наук Лилльского университета (III) и Парижского университета (VII), член редакционной коллегии французского научного журнала «Ла рещерш». Занимается проблемами эпистемологии (теория познания) и более общими вопросами взаимосвязи между наукой и обществом, что нашло отражение в его книге «Jeux et Enjeux de la Science» («Игра и риск в науке»), выпущенной издательством «Робер Лаффон», Париж, 1972.



Эйнштейн за рабочим столом в Принстонском университете, 1948 г. Когда его однажды спросили, где находится его лаборатория, Эйнштейн вынул из нагрудного кармана авторучку и сказал: «Вот здесь».

Фото © Пармаж, Париж

так и самой своей научной деятельностью дает нам прекрасную возможность разглядеть оборотную сторону этого образа — со всеми сопутствующими переживаниями, взлетами фантазии, философскими убеждениями и даже с «мистической» страстью.

Мы знаем, что Эйнштейна связывала с Мишелем Бессо давняя дружба. Однажды сестра Бессо спросила Эйнштейна: «Почему Мишель не сделал ни одного большого открытия в математике?» Эйнштейн ответил шуткой: «Вот это-то и хорошо. Мишель — гуманист, у него всеобъемлющая душа, он слишком живо интересуется слишком многим, чтобы стать маньяком. А ведь только маньяк может добиться того, что называют «результатами». Когда Бессо попросил его объяснить, что же все-таки он имеет в виду, Эйнштейн добавил: «Я думаю, что ты мог бы выдвинуть важные идеи в научной области, если бы был достаточно одержимым. Мотылек — не крот, но пусть мотылек об этом не жалеет».

Однако хотелось бы узнать, насколько был «кротом», «маньяком» сам Эйнштейн? Какая одержимость могла бы более или менее непосредственно породить частную или общую теорию относительности? Ответ подсказывается Эйнштейном — истинному ученому должно быть свойственно «космическое религиозное чувство».

Речь идет, по его словам, о третьей степени религиозной жизни, первые две степени которой суть религия-страх и религия-мораль: «...Я утверждаю, что космическое религиозное чувство является сильнейшей и благороднейшей из пружин научного исследования. Только те, кто сможет по достоинству оценить чудовищные усилия и, кроме того, самоотверженность, без которых не могла бы появиться ни одна научная работа, открывающая новые пути, сумеют понять, каким сильным должно быть чувство, способное само по себе вызвать к жизни работу, столь далекую от обычной практической жизни... Люди такого склада черпают силу в космическом религиозном чувстве».

Итак, в этом отношении Эйнштейн сильно расходится во мнении с позитивистами: «В наш материалистический век лишь серьезные научные исследователи являются глубоко религиозными людьми». Для Эйнштейна такие высказывания — ходовая монета. Иногда начинает даже

казаться, что он утрирует эту идею: «Не могу себе представить истинного ученого, не обладающего глубокой верой. Это положение можно выразить метафорой — наука без религии хромá, а религия без науки слепá».

Нелишне прокомментировать эту эйнштейновскую религию. Прежде всего, она не имеет ничего общего с теми религиями, которые провозглашают существование бога как личности, раздающего наказания и награды. Эйнштейн сознавал, что доктрина такого рода нечестна и что религиям следовало бы сразу ее отбросить. Конечно, мысль о божественности порождает надежды и страхи и наделяет священнослужителей огромной властью над умами людей. Однако в конечном счете она может лишь нанести «не поддающийся учету вред прогрессу человечества». Поэтому Эйнштейн предпочитал называть себя пантеистом. Быть религиозным — это значит со всей скромностью посвящать себя пониманию устройства мира.

Так, Эйнштейн почти систематически указывает на связь между идеей «религии» и мыслью о том, что мир познаваем и рационален. Точнее говоря, ученый должен верить в эти качества мира. Если у него хватает смелости посвятить себя изучению природы, то именно потому, что, по его глубокому убеждению, природа построена в соответствии с гармоническими законами.

Для Эйнштейна это означает, кроме всего прочего, что все подчиняется строгому принципу причинности. Истинный ученый думает, «что причинный закон предопределяет все события»; отсюда легко понять, что он не может допустить признания бога как личности, то есть существа, вмешивающегося в ход событий.

При всем его своеобразии Эйнштейна легко понять. Вместо того чтобы опираться на причинность как на абсолютный факт, он делает ее предметом религиозной веры или личного убеждения. Это явно не мешает ему пользоваться на практике принципом причинности как основным критерием в оценке научных теорий.

Поэтому он всегда отказывался признать за квантовой механикой право на существование. Ведь «бог не играет в кости». Этой формулой, которую он много раз повторял, Эйнштейн подчеркивал свою веру в строгий детерминизм явлений природы. Он не мог принять «безрассудного ув-



Фото © Алмари, Флоренция

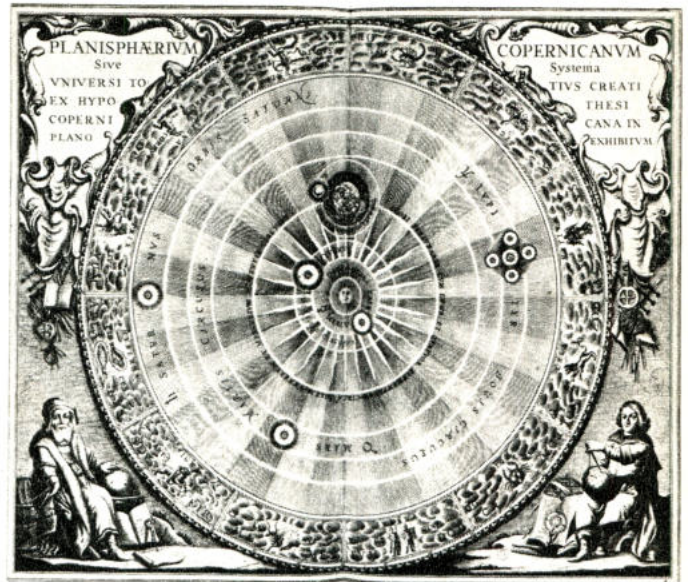


Фото © Национальная библиотека, Париж

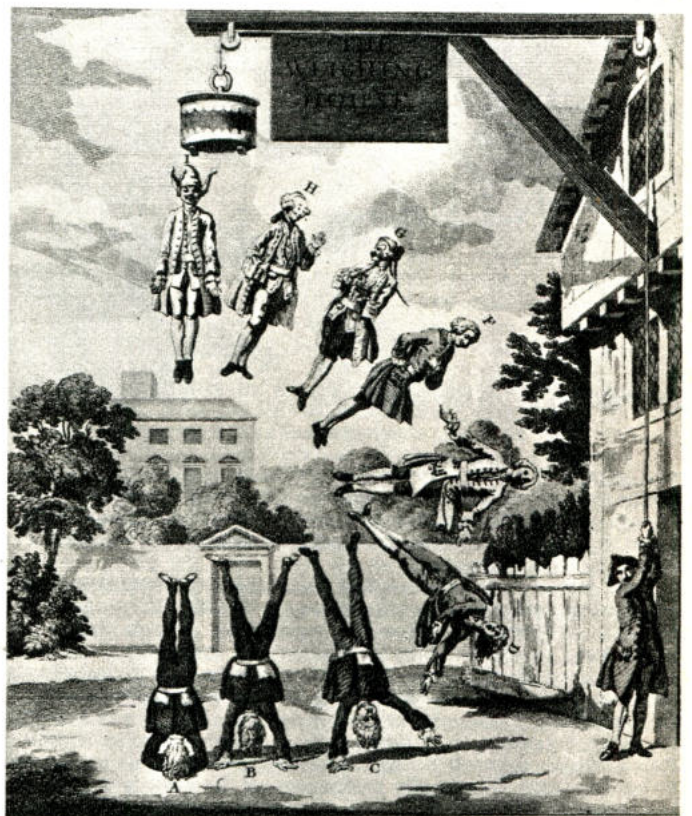


Фото Группы Джона Фримана © Британский музей, Лондон

A. absolute Gravity. B. Conatus against absolute Gravity. C. partial Gravity. D. comparative Gravity. E. horizontal or good sense. F. Wit. G. comparative Levity. or Lowcomb. H. partial Levity. or part Fool. I. absolute Levity. or Stark Fool.

От Эмпедокла до Ньютона: плеяда

Работы греческого философа Эмпедокла (490—430 гг. до н. э.) явились важной вехой в истории развития западной мысли, так как он, отказавшись от мысли о вмешательстве божественных или сверхъестественных сил, считал, что Вселенная состоит из четырех основных элементов — огня, воздуха, земли и воды — в их различных сочетаниях.

Подобно астрономам древнего Вавилона, с чьими наблюдениями они были знакомы, древние греки считали Землю центром Вселенной. Эта идея лежала в основе трудов великого астронома Гиппарха, который примерно в 150 году до н. э. открыл феномен предвращения равноденствий. Это означает, что каждый год так называемая точка равноденствия, в которой Солнце пересекает небесный экватор, слегка сдвигается на запад. Мысль Гиппарха была воспринята и развита Птолемеом (90—168 гг. н. э.), величайшим астрономом и географом античности, чьей системе космографии было суждено господствовать в западных странах свыше тысячи лет.

Мысли Птолемея изложены в его труде «Альмагест» (составное греко-арабское слово, означающее «Величайший»). Птолемей разработал в нем во всех деталях модель космоса, состоящую из больших орбит — деферентов и малых — эпициклов. Каждая планета движется по окружности эпицикла, центр которого перемещается по деференту. Со времен Древней Греции вплоть до средневековья эта система эпициклов и деферентов оставалась, с некоторыми изменениями, «последним словом» в астрономии. Земля в представлениях ученых того времени была неподвижной, как ее поместил бог в центре Вселенной под вогнутым звездным куполом.

Затем, в XV веке, польский медик, юрист и астроном Николай Коперник (1473—1543) занялся совершенствованием птолемеевой системы. Однако чем глубже он вникал в суть проблемы, тем больше разочаровывался в птолемеевой астрономии, и произведенные расчеты привели его к совершенно

лечения статистикой», выразившегося в рассуждениях Бора, Борна, Гейзенберга, Паули и прочих.

По его мнению, основной недостаток квантовой теории состоит в том, что она не дает полного описания действительности: «вероятности» не могут быть последним словом познания. В этом отношении показательна переписка Эйнштейна и Борна — Борн так и не смог поколебать «космическую религию» Эйнштейна; Эйнштейну казалась дикостью, что поведение частицы может не быть полностью предсказуемо.

Однако вера во всеобщую причинность весьма банальна, и одна она не «вдохновила» бы на создание теории относительности. К тому же примечательно, что Эйнштейн часто выражал свою «религиозную» позицию, противопоставляя «тихотности человеческих желаний и целей» «высшенность» и «удивительный порядок» природы.

Индивидуальное существование — это «разновидность тюрьмы». Посему жажда познания имеет сугубо фундаментальное значение: как отдельная личность человек мало что значит, но он способен размышлять и познавать мировой порядок. Через познание «личность добивается восприятия Вселенной как осмысленной целостности». Религиозен тот человек, который, насколько это ему доступно, «освободился от пут своих эгоистических желаний и обратился к мыслям, чувствам и устремлениям, обладающим надличностной ценностью».

Эйнштейн возвращается к этой теме в своих «Автобиографических заметках»: мы должны «освободиться от оков чисто личного» и стремиться к открытию «внеличностного мира», который и станет новым раем. Тем самым устанавливается существование «действительного мира», независимого от нас, созерцание которого и дает (или даст) освобождение.

Итак, эпистемологический реализм Эйнштейна коренится глубоко и непосредственно в его «субъективности». Это дает нам возможность выдвинуть решающую гипотезу: если Эйнштейн и разработал частную и общую теорию относительности, то именно для того, чтобы вкусить от мира, более действительного и более удовлетворительного, чем тот бедный мир, где мы влачим свои дни.

В чем, собственно, сущность «теории относительности»? Достаточно прочесть труды Эйнштейна, чтобы понять, что, несмотря на свое название, эта теория отражает желание отыскать «законы природы», выражение которых остается неизменным независимо от выбора системы отсчета. Частная теория относительности применима лишь к галилеевым системам, то есть таким, в которых справедлив «фундаментальный закон, известный как закон инерции: тело, достаточно удаленное от других тел, сохраняет свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения». Суть общей теории относительности может быть сформулирована следующим образом: «Все системы отсчета независимо от их состояния движения равноправны при описании общих законов природы».

Попросту говоря, теория относительности выражает желание отыскать такую картину мира, которая была бы независима от состояния движения различных наблюдателей. Различных авторов с некоторых пор изумляет, насколько точно отражает такого рода «постулат» личные взгляды Эйнштейна, упомянутые выше. Все обстоит так, как если бы релятивистская физика была — в определенной области — осуществлением более общей программы построения «надличностного» мира — мира, находящегося вне наших ощущений и чувств, однако обладающего реальностью высшего порядка.

космографов

иной картине Вселенной. В рамках птолемеевой астрономии некоторые явления оставались необъясненными. Почему, например, некоторые планеты то как бы останавливаются на орбите, то двигаются назад, то вперед, описывая петлю? Коперник выдвинул смелое предположение: а нельзя ли объяснить эти движения планет особенностями движения самой Земли? Он писал: «Все видимые движения Солнца и планет не являются таковыми сами по себе, но такими, как их видно с Земли».

Великий трактат Коперника о движении Земли и других планет увидел свет лишь в 1543 году — а год его смерти. Его труд тотчас же стал предметом критики и был вскоре занесен церковью в список запрещенных книг. Прошло много лет, прежде чем «революция Коперника» получила всеобщее признание.

Английский физик и математик Исаак Ньютон [1643—1727] был одним из величайших ученых — участников науч-

Хулители новой теории не обманывались — они ясно ощущали, что релятивистские догадки основаны отнюдь не на чистой и простой «объективности». Вот, например, Кристиан Корнелиссен, который в книжке, опубликованной в Париже в 1923 году, жалел Эйнштейна, страдающего галлюцинациями. Он выражал сожаление, что Эйнштейн довел некоторые идеи «до абсурда» и «вознесся в сферы метафизики». И в каком-то смысле он был прав! Чтобы взять на себя смелость высказать такие теории, Эйнштейн должен был (а сейчас имеется тенденция забывать об этом) испытывать исключительную уверенность в отношении ряда предположений, никоим образом тогда не очевидных. Неудивительно, что умы менее дерзкие, чем он, с трудом приобщались на заре этого столетия к такой «вере».

Оригинальность Эйнштейна проявилась в его статье, опубликованной в 1905 году, в которой он заложил основы теории относительности. Однако эта оригинальность заключалась не столько в новизне его идей, сколько в манере их изложения.

Французский математик Анри Пуанкаре совершенно отчетливо понимал, в каких новых областях может быть применена «теория относительности», а голландский физик Хендрик Антон Лоренц вывел «преобразования», названные его именем, которые принял в своей теории и Эйнштейн. Дело дошло до того, что в Англии Эдмунд Уиттекер, автор признанного труда «История теорий эфира и электричества», приписал теорию относительности Пуанкаре и Лоренцу, что возмутило Макса Борна. В действительности ни Пуанкаре, ни Лоренц отнюдь не были отцами этой теории и даже не до конца признавали ее. Ошибка Уиттекера коренилась как в психологии, так и в эпистемологии — он недооценивал интеллектуальное мужество Эйнштейна, то, что можно охарактеризовать, как философско-научный радикализм.

Дело в том, что Пуанкаре, вероятно, понимал теорию относительности не хуже Эйнштейна. Но он мыслил ее лишь как «условие, подсказанное опытом». Он утверждал, что физики вполне могут обойтись без нее. Иными словами, Пуанкаре не решался отказаться от классической теории, что Эйнштейн, которому была абсолютно чужда подобная робость, сделал без колебаний. Чтобы построить заново здание теории, он принял в качестве основного предположения «принцип относительности», который, по крайней мере в течение определенного времени, не должен подлежать сомнению.

Вот в чем заключается разница между ними: Пуанкаре придерживался консервативной стратегии, а Эйнштейн решительно избрал путь первопроходца. Отсюда видно, как важно быть «маньяком». Чтобы открыть теорию относительности, недостаточно одного только интеллекта; нужно еще быть достаточно «сумасшедшим», чтобы избрать новые исходные положения, несмотря на всю их парадоксальность.

В знаменитой статье 1905 года дерзость Эйнштейна обнаруживается, когда он с самого начала исходит из двух фундаментальных принципов — принципа относительности (о котором только что шла речь выше) и принципа постоянства скорости света. Это было тем более смело, что, по свидетельству самого Эйнштейна, они, эти принципы, представлялись несомненно совместимыми. Это порождает ряд вопросов: как сам Эйнштейн пришел к мысли о том, что скорость света должна быть постоянной?

Многие физики и философы думали, что Эйнштейна натолкнул на эту мысль опыт Майкельсона 1881 года и

ной революции XVII века. В математике им было открыто исчисление бесконечно малых величин, а в механике — три закона движения, ставшие основными принципами современной физики и приведшие к формулировке закона всемирного тяготения. Он разработал модель Вселенной, которая, по словам историка науки Дж. Броновского, «работала как часы почти двести лет, пока, уже после 1900 года, «время и свет не сбились с прямого пути» и пока Эйнштейн не поставил перед собой вопрос: «Как бы выглядел мир, если бы я летел со световым лучом?»

ФОТО 1. «Эмпедокл изучает Вселенную» — картина итальянского художника Луки Синьорелли, XV век.

ФОТО 2. «Солнце, Луна и планеты вращаются вокруг Земли» [птолемеева система]. Гравюра Целлариуса [1661].

ФОТО 3. Система Коперника. Новое астрономическое видение Вселенной.

ФОТО 4. Карикатура современника на ньютонову теорию тяготения.

опыт Майкельсона — Морли 1887 года. В то время преобладало мнение, что свет распространяется в абсолютно неподвижной среде — эфире — и что можно обнаружить движение Земли относительно эфира. Здесь излишне входить в подробности опыта Майкельсона, достаточно сказать, что в нем использовались световые лучи для установления воздействий со стороны «эфирного ветра».

Однако надежды не оправдались, и оказалось, что таинственный эфир не поддается обнаружению. Эмпирики утверждают, что именно этот экспериментальный факт подействовал на Эйнштейна, и тот путем его широкого обобщения смог установить, что свет всегда распространяется с одной и той же скоростью, не подчиняясь, таким образом, ряду известных законов классической физики.

Такая трактовка весьма спорна. Прежде всего, очевидно то, что опыт Майкельсона можно было толковать совершенно по-разному. Так, голландский физик Лоренц, следуя предположению ирландского физика Фитцджеральда, выдвинул следующее оригинальное объяснение: «эфирный ветер» приводит к сокращению длины предметов, что и препятствует наблюдению эффектов, касающихся света. Отсюда видно, что решение, предложенное Эйнштейном (принцип постоянства скорости света), не вытекает однозначно из «фактов».

Более того, теперь известно, что опыт Майкельсона не сыграл определяющей роли в работе Эйнштейна: «Не могу точно сказать, когда я впервые услышал об опыте Майкельсона. У меня нет уверенности, что он подействовал на меня непосредственно». Эйнштейн неоднократно повторял это утверждение: «Лично в моих усилиях опыт Майкельсона не сыграл какой-либо роли, по крайней мере решающей». Напротив, можно предположить, что вмешались определенные «субъективные» факторы.

В своих «Автобиографических заметках» Эйнштейн указывает, что в течение десяти лет его мучил парадокс, который он обнаружил в шестнадцатилетнем возрасте. Речь идет о таком воображаемом эксперименте: «Допустим, что я двигаюсь за световым лучом со скоростью, равной скорости света; что будет тогда?» И он предлагал ответ: «Я буду видеть этот луч как неподвижную волну электромагнитного поля».

Однако по ряду причин он признал это невозможным, и перед ним оказалась проблема, оказался волнующий парадокс. «Как видите, — добавляет Эйнштейн, — в этом парадоксе уже содержался зародыш частной теории относительности». Это подтверждает, что Эйнштейн психологически уже был готов рассматривать определенные фундаментальные проблемы и оперировать с определенными понятиями.

Естественно, он был в курсе разных экспериментальных результатов. В общем плане он считал, что физика должна развиваться в контакте с экспериментом и, где только это возможно, находить в нем свое подтверждение. Однако теория относительности была создана не ради того, чтобы разрешить трудности, возникшие в каком-то одном конкретном эксперименте. Она была признаком зрелости — зрелости гораздо более всеобщей и теоретической.

В развитии частной теории относительности сыграла роль и другая проблема — несимметрия взаимодействия между проводниками с током и магнитами. Действительно, если исходить из теории электромагнетизма шотландского физика Максвелла, возникают два различных толкования происходящих фактов: 1) когда проводник

движется, а магнит покоится; 2) когда этот же магнит движется, а покоится проводник. Для Эйнштейна это казалось дикостью. В одной неопубликованной рукописи он писал, что эта асимметрия для него «невыносима». А ведь при этом — вспомним! — теория Максвелла находится в хорошем согласии с результатами эксперимента.

Однако Эйнштейн руководствовался эстетическим убеждением: поскольку в действительности единственно существующим является относительное движение магнита и проводника, то и теория должна быть в этом отношении симметричной. Первая фраза из статьи 1905 года достаточно красноречива: «Известно, что электродинамика Максвелла в современном ее виде приводит в применении к движущим телам к асимметрии, которая несвойственна, по-видимому, самим явлениям».

Это снова показывает нам «субъективность» Эйнштейна — потребность найти (или хотя бы постулировать) гармоничный порядок в природе. Он вновь и вновь обращается к эстетическим соображениям при выработке своих теоретических представлений. Ибо в этом и состоит «космическая религия»: она требует, чтобы как можно больше количество явлений объяснялось как можно более изящно, то есть исходя из как можно меньшего количества исходных предположений. Таким образом, корни эйнштейновского «рационализма» весьма глубоки, и его питали и направляли идеи, образы и чувства сугубо личные.

Жак Адамар, проводя опрос на тему о математических открытиях, обратился к Эйнштейну и получил от него следующий ответ: «Слова и язык, как письменный, так и разговорный, по-видимому, не играют никакой роли в процессе моего мышления. Физические понятия, которые служат элементами мышления, — это более или менее отчетливые знаки или образы, которые можно воспроизводить и комбинировать «по желанию». Существует, естественно, и определенная взаимосвязь между этими элементами и связанными с ними логическими понятиями». Эйнштейн возвращается к этому вопросу в своих «Автобиографических заметках»: «Для меня нет сомнения, что наша мысль функционирует, большей частью не опираясь на знаки (слова), более того — сплошь и рядом бессознательно».

Эти слова куда более многозначительны, чем может показаться на первый взгляд. Возможно, что использование «обратного мышления» на самом деле оказало Эйнштейну неоценимую услугу в создании оригинальных понятий времени и пространства. Вот утверждение, несомненно ставящее все точки над «и»: «Иногда я спрашиваю себя: как случилось, что только я один создал теорию относительности? Причина, я думаю, в том, что нормального взрослого человека не трогают проблемы, вытекающие из свойств пространства и времени. Он считает, что знает с самого детства все, что требуется о них знать. Я же, напротив, развивался настолько медленно, что начал задаваться вопросами о пространстве и времени, только когда вырос. В результате я смог углубиться в самую суть проблемы — глубже, чем нормально развивавшийся ребенок». Другими словами, было удачей, что маленький Альберт Эйнштейн с трудом учился говорить, как это подтверждают его биографы.

В сущности, чем иным могло быть нежелание Эйнштейна-ребенка разговаривать, если не протестом против определенной схемы познания, навязываемой обществом? «Успех» обучения — это успех в навязывании людям как

Вид Цюриха в начале XX века, когда Альберт Эйнштейн был профессором Политехникума.

Фото © Городской архив Цюриха



«естественных» множества представлений и толкований «реальности». Таким образом, это, уже по самому определению, такое обучение, которое делает людей конформистами и лишает их возможности подвергнуть сомнению предвзятые мнения (вообще говоря, не явные), которые составляют основу передаваемых с их помощью знаний.

Эйнштейну также была близка мысль о том, что некоторые трудности, возникающие в системе познания, могут быть разрешены лишь в том случае, если прежде всего усваиваются более или менее произвольные и интуитивные (бессознательные) основы этой системы. Ум, слишком выросший в общество и слишком сформировавшийся, не может обладать должной беспристрастностью. И тот критический подход, который породил теорию относительности, стал возможным лишь благодаря подлинной самостоятельности интеллекта. С этой точки зрения важно подчеркнуть, что Эйнштейн отступил от общепринятых идей. По его собственным словам, он пришел к «поистине фанатически свободному мышлению», которое проявилось в «недоверии к каким угодно авторитетам и в скептическом отношении ко всем модным убеждениям в каком угодно социальном контексте».

Многие историки также отмечали, что Эйнштейн в свои юные годы находился в атмосфере, не благоприятствовавшей интеллектуальному конформизму. Ведь высшее образование он получил в цюрихском Политехникуме, а когда писал свою статью 1905 года по теории относительности, то работал в бернском Бюро патентов. В это время Швейцария «открыла свои двери космополитической толпе студентов, революционных эмигрантов и молодых людей, бежавших от национального или социального угнетения, царившего в их странах». В начале века Цюрих был «огромным постоянно действующим клубом».

Велись жаркие дискуссии, собиравшие массу участников и касавшиеся не только вопросов политики, но и эпистемологии и психоанализа. Сам Эйнштейн любил называть себя «еретиком», и эти детали могут быть немаловажными и помочь нам понять то теоретическое дерзание, которое позволило ему выдвинуть столь новые идеи.

В заключение вернемся к проблеме, выражающейся

термином, который теперь стал ходовым, — к теории относительности. Не много существует других названий, которые вызывали бы столько ошибочных толкований — например, что эта «относительность» имеет какое-то отношение к философскому релятивизму или субъективизму. На самом же деле лучше говорить, как предложил Минковский, о «постулате абсолютного мира». Это не так дезориентировало бы.

Конечно, согласно теории Эйнштейна, наши измерения пространства относительны, как относительны и наши измерения времени. Отсюда следует, что они зависят от точки зрения наблюдателя и что никакой наблюдатель не может находиться в каком-то привилегированном положении. Однако знаменитое «пространство-время» само по себе абсолютно и выражает в теоретическом плане существование «реальности», хотя и недоступной непосредственно, но такой, что по отношению к ней любое индивидуальное («локальное») наблюдение принимает определенный смысл.

К тому же выражение «теория относительности» не встречается в заглавиях работ Эйнштейна до 1911 года. Он предпочитал говорить о «теории инвариантов» (Invariantentheorie), а в 1928 году отметил, что принцип относительности правильнее было бы называть «принципом ковариантности» (иначе говоря, принципом, требующим, чтобы все основные уравнения сохраняли свой вид во всех системах отсчета).

Почему же он принял в конце концов для своей теории название, бывшее по меньшей мере дезориентирующим? Нет сомнения, что и здесь сыграли роль психологические факторы. Говорить об «относительности» — значит помнить, что покончено с ньютоновскими абсолютными: не существует ни абсолютного пространства, ни абсолютной одновременности. Это название подчеркивает осуществленный Эйнштейном переворот, который многие специалисты и дилетанты считают «революционным». Как выразился историк Л. С. Фойер, слово «относительность» вполне соответствует духу времени, а точнее — тому «мятежному» и «творческому» духу, которым веяло в Цюрихе и Берне.

От идеи до научной истины

Аркадий Б. Мигдал

АРКАДИЙ БЕЙНУСОВИЧ МИГДАЛ — известный советский физик-теоретик, действительный член Академии наук СССР, сотрудник Института теоретической физики имени Л. Д. Ландау АН СССР. Основные работы относятся к теории ядра и применению методов квантовой теории поля к задаче многих тел. В последние годы занимался фазовыми превращениями вакуума в сильных полях. В 1971 году теоретически обнаружил возможность пионной конденсации и связанную с ней возможность существования сверхплотных ядер. В последующих работах рассмотрено влияние пионной конденсации на структуру ядра и динамику нейтронных звезд. Автор свыше 100 работ, в том числе пяти монографий, четыре из которых переведены на русский язык. Настоящая статья основана на материалах телепередачи «Жизнь науки».

Можно ли проследить извилистый и долгий путь от первоначальной идеи до прочно установленной научной истины? Как догадка превращается в точно сформулированный закон природы? В чем разница между научной и житейской оценкой достоверности?

Легко ли понять фразу: «Инстантон — это подбарьерный переход между вакуумами с различными топологическими зарядами». Очень часто научный язык усложняется без достаточных оснований, но в данном случае этот сложный язык необходим: здесь трудности не только и не столько в незнакомых терминах, сколько в новых понятиях, которые трудно объяснить без предварительной подготовки.

Не означает ли это, что есть такие области науки, о которых невозможно рассказать «простому смертному»?

Мне кажется, что разъяснить можно даже очень сложные понятия, если приложить к этому усилия такого же рода, как и те, что нужны для занятия самой наукой. Понимание, которое при этом возникает у любознательного человека, не будет тем полным пониманием, которое необходимо для занятия наукой, но можно сделать понятной суть вопроса и воссоздать картину явления.

Такое выделение сути полезно и для самой науки и всегда приводит к более глубокому пониманию. Глубокая мысль только выигрывает, если упростить ее выражение. К сожалению, в науке, как и в искусстве, истинная простота дается только мастеру. Простота требует больших усилий.

Однако наибольшие трудности взаимопонимания, как это ни странно, возникают не при обсуждении

сути явлений, а при попытке объяснить, что представляет собой научный метод подхода к явлениям природы, в чем отличия между научными утверждениями и суждениями человека, неискушенного в науке.

Первое, что делается при научном подходе, это устанавливаются границы области, внутри которой лежат достижения науки, не подлежащие сомнению, и границы невозможного, то есть того, что противоречит многократному и многолетнему научному опыту. Между этими границами лежит область неизученных, но возможных явлений.

В наш век границы возможного так расширились, что соприкасаются с чудесами. Разве не чудо, что люди месяцами работают на борту космических лабораторий? Разве не удивительно видеть игру в хоккей, которая происходит за тысячи километров от вашего дома? И конечно, чудо, что ЭВМ играют в шахматы, переводят, пишут стихи, а главное, за несколько минут выполняют вычисления, для которых без ЭВМ понадобились бы усилия целого поколения.

Естественно, возникает вопрос: «А знает ли сама наука, где лежат эти границы? Не может ли произойти такая научная революция, которая перевернет все наши представления?» Как это следует из истории и логики науки, такой переворот невозможен.

Даже ошеломляющие идеи теории относительности не были категорическим переворотом, а возникли как следствие развития науки и опирались на прочный фундамент научных завоеваний прошлого. Эти идеи коснулись сравнительно узкого круга вопросов и несколько не изменили установленных прежде законов механики и электродинамики тел, движущихся с обычными скоростями.

Произошло только распространение наших знаний на не изученную до того область скоростей, сравнимых со скоростью света. До теории относительности было естественно предположить, что законы механики и электродинамики справедливы и при скоростях больших, чем те, при которых они были экспериментально установлены.

Сомнения начались, только когда появились эксперименты, противоречащие этому предположению. Таков обычный путь развития науки. «Наука — это истина, помноженная на сомнение», — писал французский поэт Поль Валери.

В начале прошлого века многие ученые отказывались рассматривать работы, содержащие описание камней, падающих с неба. Казалось, что все описания метеоров — «небесных камней» — плод фантазии, поскольку камням неоткуда падать. Это очень опасный путь, часто ведущий к ошибкам, — отрицать и отменять все, что не находит объяснения.

Можно было бы привести еще много примеров того, когда предвзятые мнения тормозили развитие науки. В 30-х годах готовился эксперимент по проверке выполнения закона зеркальной симметрии при β -распаде.

Физики-теоретики были настолько уверены, что этот закон незыблем, что высмеяли экспериментаторов. Только в 50-х годах теоретики пришли к заключению, что этот закон может нарушиться именно при β -распаде, и опыт подтвердил это заключение.

Один из самых выдающихся физиков XX века Вольфганг Паули считал непреодолимым недостатком теории Дирака тот замечательный факт, что она предсказывала существование позитронов, которые тогда еще не были обнаружены. Даже великий создатель теории относительности пришел к неправильному заключению в результате предвзятого мнения.

После того как Эйнштейн показал, что вблизи массивных тел евклидова геометрия нарушается, он, как хорошо известно, сделал следующий шаг, неслыханный по смелости. Он применил свою теорию тяготения к миру в целом, заменив, аналогично тому, как это делается при изучении газа, истинное распределение масс во Вселенной некоторой средней плотностью материи.

Обнаружилось, что уравнения тяготения для такого мира не допускают стационарного решения. Между тем Эйнштейну хотелось получить решение, описывающее мир, замкнутый сам на себя, с не зависящим от времени радиусом кривизны. Для этого ему пришлось искусственно ввести дополнительное слагаемое, нарушившее красоту уравнений тяготения.

Примерно в это же время замечательный петроградский математик Александр А. Фридман исследовал возможные решения неискаженных уравнений Эйнштейна и пришел к заключению, что Вселенная расширяется и что наряду с замкнутой ее моделью может (в зависимости от величины средней плотности материи) осуществляться и открытая модель, в которой масштабы мира неограниченно возрастают. Эйнштейн сначала раскритиковал работу А. А. Фридмана, а затем полностью с ней согласился и отказался от дополнительного члена в уравнениях тяготения:

«Моя критика, как я убедился из письма Фридмана, сообщенного мне г-ном Крутковым, основывалась на ошибке в вычислениях. Я считаю результаты Фридмана правильными и проливающими новый свет». Эти слова стали известны Фридману незадолго до его преждевременной кончины (1925). Решение Фридмана получило экспериментальное подтверждение после того, как американский астроном Эдвин Хэббл установил, что звездная система расширяется.

Сейчас многие научные теории обсуждаются коллективно в ряде научных центров. Научные заблуждения тщательно анализируются, и из них делаются методологические выводы. И самый бесспорный из этих выводов — следует избегать категоричности в недостаточно изученных областях. Сейчас научные заблуждения если и возникают, то живут очень недолго.

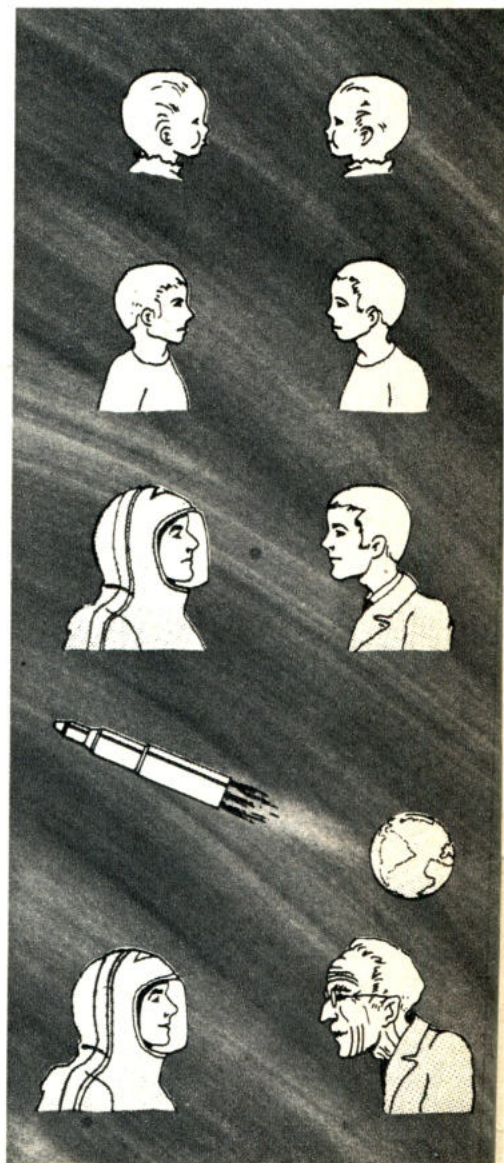
Наука не только устанавливает границы возможного, но и безжалостно отделяет догадки, пусть даже правдоподобные, от доказанных утверждений. Тем самым она выясняет, какие утверждения требуют дальнейших исследований. Так, например, очень хочется верить, что пришельцы из других миров посещали Землю, но пока, по мнению специалистов, нет никаких оснований утверждать, что они действительно были.

Разумеется, это очень скучная должность — подвергать сомнению все необычное. Но зато в результате та-

«Парадокс

Утверждение теорий относительности о том, что промежутки времени и длины не абсолютны, а зависят от относительного движения наблюдателей и что единственной абсолютно постоянной величиной является

Рисунки Студии Филиппа Жантиля
© «Курьер ЮНЕСКО»



кого отбора яснее выступает не мнимое, а настоящее чудо. Например, так называемый «парадокс близнецов». Как следует из теории относительности, если один из близнецов отправится путешествовать на корабле, движущемся со скоростью, сравнимой со скоростью света, то, вернувшись, он окажется моложе своего брата, который не совершал путешествия.

И это удивительное утверждение доказано не только теоретически, но и экспериментально. Сверхточные атомные часы, отправленные в полет, **ПРОДОЛЖЕНИЕ НА СТР. 35**



Фото © I. P. S., Париж

близнецов»

скорость света, влечет за собой целый ряд на первый взгляд весьма странных заключений о событиях, происходящих при сверхвысоких скоростях. Например, человеку, стоящему на стартовой площадке и наблюдающему за космическим кораблем, удаляющимся со скоростью, близкой к скорости света, будет казаться, что часы в космическом корабле (если бы он мог видеть их) идут очень медленно. В то же время космонавту будет казаться, что часы на Земле (если бы он мог видеть их) точно так же отстают. Это кажущееся противоречие породило знаменитую головоломку, известную под названием «парадокса близнецов». Если человек на Земле и космонавт являются братьями-близнецами, то окажутся ли они по возвращении космического корабля на Землю разного возраста, а если да, то какой будет эта разница? Путешествие со сверхвысокой скоростью, по-видимому, помогает сохранить молодость. Эйнштейн показал, что ввиду воздействия на брата-космонавта других релятивистских эффектов, в том числе, например, ускорения (в частности, когда корабль поворачивает, чтобы двинуться в обратный путь на Землю), путешественник стареет медленнее, чем его брат-близнец, оставшийся на Земле. Английский астрофизик Герберт Дингл, однако, утверждал, что это заключение абсурдно. Если, как говорит теория относительности, не существует абсолютного движения, а есть только движение относительно других объектов, то можно утверждать, что неподвижным оставался космический корабль, а Земля сначала удалялась от него с огромной скоростью и затем вернулась к нему. В таком случае брат, оставшийся на Земле, оказался бы моложе. Но ведь очевидно, что оба брата не могут быть одновременно моложе один другого! Однако существует коренное различие между относительным движением астронавта и его брата-близнеца, оставшегося на Земле. Если считать, что Земля удаляется от космического корабля, то вместе с ней должна двигаться и вся Вселенная! Иными словами, Земля все равно была бы неподвижна по отношению ко Вселенной, и релятивистские эффекты, связанные с ускорением, касались бы опять лишь близнеца в космическом корабле. Таким образом, в любом случае путешествие со сверхвысокой скоростью все-таки сохраняет вашу молодость.

Альберт Эйнштейн и Роберт Оппенгеймер. В 1943 году Оппенгеймер был назначен директором Центра ядерных исследований в Лос-Аламосе, где была создана первая атомная бомба, а в 1947 году стал директором Института высших исследований в Принстоне. «Эйнштейна часто осуждают или восхваляют, связывая его имя с созданием этих отвратительных бомб, — писал Оппенгеймер. — Однако я считаю, что это неверно... Его роль заключалась в том, что он осуществил интеллектуальную революцию и обнаружил в большей степени, чем любой другой ученый нашей эпохи, сколь грубые ошибки были допущены предшественниками... Сам Эйнштейн отнюдь не несет ответственности за все то, что случилось позднее».

Дилемма ученого

Альберт Эйнштейн

«**М**ы живем сейчас во времена такой внешней и внутренней неуверенности и нам так недостает определенности целей, что представляет ценность даже просто исповедь в своих убеждениях, даже если эти последние — как и все оценочные суждения вообще — не могут быть доказаны логическим путем.

В этой связи сразу встает вопрос: следует ли рассматривать поиски истины или, говоря скромнее, наши попытки понять познаваемый мир с помощью конструктивной логической мысли, как самостоятельную цель нашей работы? Или же наши поиски истины должны быть подчинены какой-то иной цели, например «практической»? На этот вопрос нельзя ответить, исходя из логики. Однако ответ на него существенно влияет на наше мышление и наши моральные суждения, если, конечно, он порожден глубокой и непоколебимой убежденностью. Так позвольте мне высказать мое кредо. Для меня борьба за достижение более глубокого и лучшего понимания мира — это одна из тех самостоятельных целей, без которых у мыслящей личности не может быть сознательного, позитивного отношения к жизни.

Самой сущностью наших усилий понять мир является то, что с одной стороны, они стремятся охватить великое и сложное множество сторон человеческого опыта, с другой же стороны, они стремятся к простоте и экономности основных предположений. Убеждение, что эти две цели взаимно совместимы, может быть в условиях примитивности нашего научного знания лишь делом веры. Не обладая такой верой, я не мог бы иметь непоколебимо твердого убеждения в самостоятельной ценности знания.

Такая религиозная — в определенном смысле — позиция человека, занимающегося научной работой, оказывает некоторое влияние на весь склад его личности. Ведь кроме того знания, которое содержится в накопленном опыте и в правилах логического мышления, для ученого в принципе не существует научных авторитетов, утверждения и суждения которых могли бы сами по себе претендовать на «истинность». Это приводит к парадоксальному положению, когда человек, посвящающий все свои усилия вещам объективным, становится — с общественной точки зрения — крайним индивидуалистом, который — по крайней мере в принци-

пе — не верит ни во что, кроме своего собственного суждения. Вполне можно допустить, что интеллектуальный индивидуализм и жажда научного познания возникли в истории одновременно и с тех пор навсегда остались неотделимыми друг от друга.

Могут возразить, что человек науки в том виде, как он обрисован выше, — не более чем абстракция, в действительности в этом мире не существующая (в отличие от homo oeconomicus классической политэкономии). Мне представляется, однако, что наука, как мы ее сейчас знаем, не могла бы возникнуть и продолжаться жить, если бы множество индивидуумов на протяжении многих столетий не приближались вплотную к этому идеалу.

Конечно, для меня человеком науки является не всякий, кто научился пользоваться средствами и методами, выглядящими прямо или косвенно как «научные». Я имею в виду только тех, в ком по-настоящему живо научное мышление.

Какое же положение занимает сегодня человек науки как член общества? Очевидно, он немало гордится тем фактом, что труд ученых помог радикально изменить экономическую жизнь людей, почти полностью исключив физическую работу. Его беспокоит тот факт, что результаты его научной деятельности породили угрозу человечеству, так как попали в руки морально слепых политиканов. Он сознает и тот факт, что технологические методы — плод его труда — привели к концентрации как экономической, так и политической власти в руках небольших меньшинств, ставших полностью определять жизнь народных масс, оказывающихся все более и более аморфными. Хуже того, концентрация экономической и политической власти в руках меньшинства не только сделала человека науки экономически зависимым — она создала и внутреннюю угрозу его независимости. Те тонкие методы интеллектуального и психического воздействия, которыми она пользуется, будут препятствовать формированию независимых личностей.

Итак, мы убеждаемся собственными глазами, что судьба человека науки поистине трагична. Самым искренним образом стремясь к ясности и внутренней независимости, он сам, приложив прямо-таки сверхчеловеческие усилия, создал орудия, используемые для его же порабощения и внутреннего разрушения. Ему неизбежно затыкают рот политиканы. Как солдат, он вынужден жертвовать собственной жизнью и губить жизни других, даже когда он убежден в бессмысленности таких жертв. Он полностью осознает тот факт, что всеобщее уничтожение неизбежно, так как историческое развитие привело к концентрации всей экономической, политической и военной мощи в руках национальных государств. Он понимает также, что человечество может быть спасено в том случае, если будет создана наднациональная система, основывающаяся на законе и навсегда исключающая использование грубой силы. Однако человек науки оказался таким растяпой, что подчинился, как своей неотвратимой судьбе, рабству, навязанному ему национальными государствами. Он опускается даже до того, что услужливо помогает совершенствовать средства всеобщего уничтожения человечества.

Согласно теории относительности, масса предмета возрастает с увеличением скорости его движения (см. рис. на с. 14). Скорости, с которыми мы имеем дело в повседневной жизни, слишком малы, чтобы можно было заметить эффекты относительности, но в мире ускорителей элементарных частиц релятивистские эффекты становятся весьма существенными. Такие ускорители — это гигантские машины, в которых атомные частицы разгоняются до фантастических скоростей. На линейном ускорителе в Стэнфорде, Калифорния (аэрофотоснимок справа), электроны разгоняют почти до скорости света, так что их масса увеличивается в 40 000 раз. В конце ускоренки, длина которой составляет 3050 метров, имеется накопительное кольцо, где осуществляется столкновение этих частиц и рождение новых. Ученые могут во всех деталях наблюдать столкновения частиц, используя так называемые «пузырьковые камеры», содержащие особую перегретую жидкость под высоким давлением. Частицы, которые слишком малы, чтобы их можно было увидеть, направляют в эту жидкость, и они оставляют после себя цепочки мельчайших пузырьков. По фотографиям этих пузырьков ученые могут определить массу и другие свойства таких невидимых частиц. На верхнем фото на противоположной странице можно видеть следы, образованные частицами в пузырьковой камере «Гаргамелла» в ЦЕРНе (Европейская организация по ядерным исследованиям) в Женеве. На нижнем фото справа показано, как выглядят смотровые иллюминаторы «Гаргамеллы». Так можно с большой степенью точности изучать превращение энергии движения в массу рожденных частиц, причем подтверждается правильность знаменитого уравнения Эйнштейна, выражающего эквивалентность массы и энергии: $E=mc^2$.

Так неужели для человека науки действительно нет иного выхода? Действительно ли он должен подчиняться и терпеть всяческое унижение?

Навсегда ли прошли те времена, когда, возвышенный своей внутренней свободой и независимостью своего мышления и своего труда, он имел возможность просвещать других представителей рода человеческого и обогащать их жизнь? Чрезмерно полагаясь в своей работе на интеллектуальную основу, не забыл ли он о своих обязанностях и долге? Мой ответ таков: хотя и верно, что внутренне свободный и порядочный человек может быть уничтожен, он никогда не будет поработан или использован в качестве слепого орудия.

Если бы люди науки наших дней

смогли найти время и мужество поразмыслить честно и критически над своим положением и над своими непосредственными задачами, если бы они решили поступать соответственно, то значительно возросла бы возможность найти разумное и удовлетворительное решение современных опасных международных проблем».

Эта статья представляет незначительно сокращенный вариант послания, зачитанного перед 43-м съездом Итальянского общества развития наук в 1950 году.

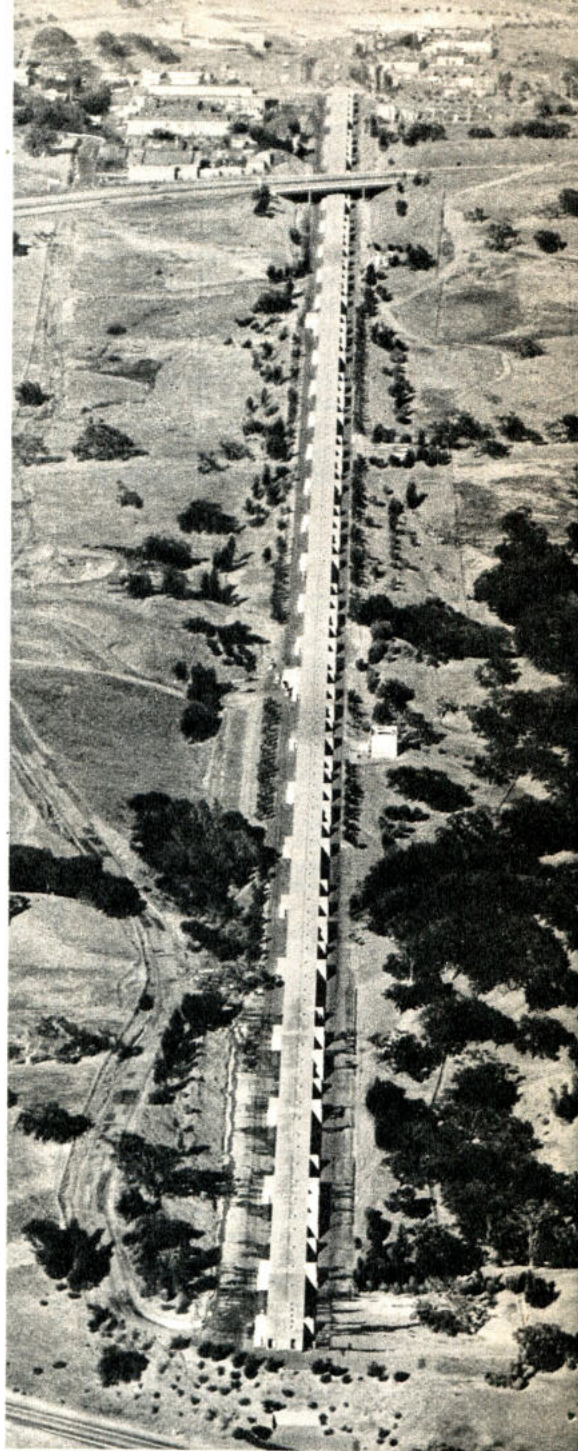


Фото Г. Герстер © Рафо, Париж

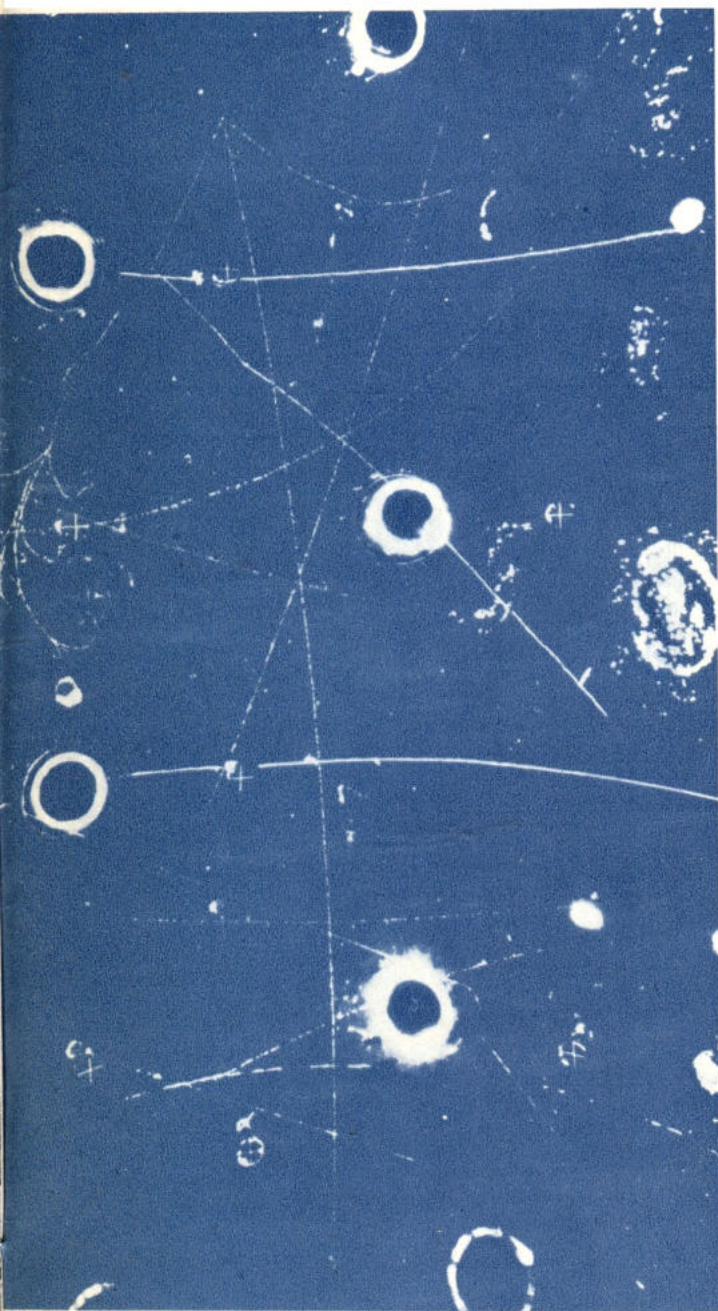


Фото © CERN, Женева

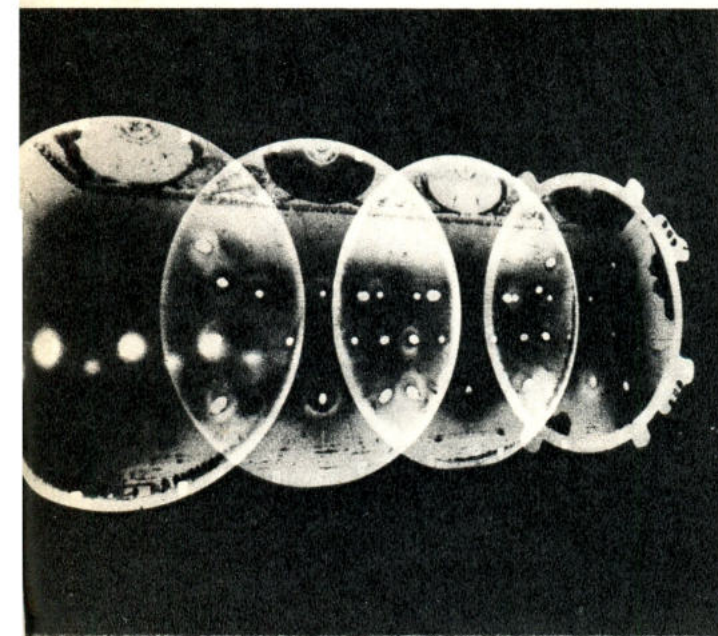
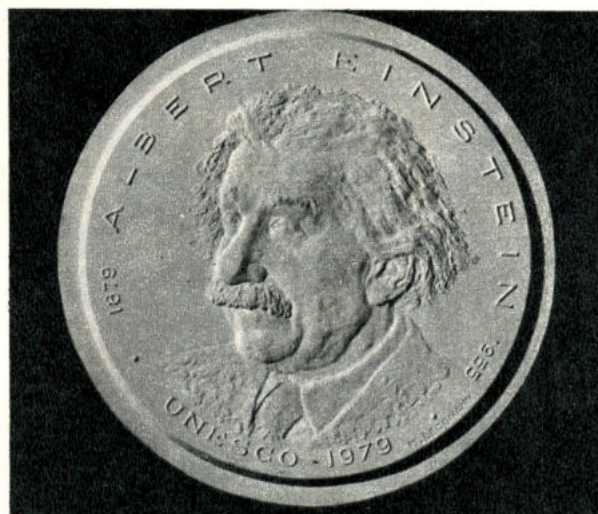


Фото © CNRS, Париж



Медаль ЮНЕСКО к юбилею Эйнштейна

В ознаменование столетия со дня рождения Альберта Эйнштейна (14 марта 1879 г.) ЮНЕСКО выпустила памятные медали из золота, серебра и бронзы. Медаль «Эйнштейн» исполнена французским гравером Максом Леоньяни. На ней — изображение ученого в последние годы его жизни и надпись: «1879 АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН 1955 — ЮНЕСКО 1979». На оборотной стороне на фоне профиля Эйнштейна начертаны три уравнения, передающие суть его выдающегося вклада в физику. Наиболее известное из них, $E=mc^2$, отражает жесткую количественную связь между энергией (E) и массой (m) через квадрат скорости света. Второе уравнение отражает результаты исследований Эйнштейном законов фотоэлектрического эффекта, за что он был удостоен в 1921 году Нобелевской премии по физике. Последним является уравнение гравитационного поля в общей теории относительности. Эйнштейн — первый человек нашей эпохи, которого ЮНЕСКО решила увековечить в серии «Юбилей великих людей», в рамках которой до него были отчеканены медали в честь Аристотеля, Микеланджело и Рубенса.

Что читать об А. Эйнштейне (краткая библиография)

А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. 1—4. М., «Наука», 1965—1967.

* *

Л. Я. Арифов. Общая теория относительности и тяготение. Ташкент, «Фан», 1978.

Г. Бонди. Относительность и здравый смысл. М., «Мир», 1967.

М. Боулер. Гравитация и относительность (с доп. «Гравитация и вращение» Н. Мицкевича). М., «Мир», 1979.

В. Б. Брагинский. Экспериментальная проверка теории относительности. М., «Знание», серия «Физика», № 1, 1977.

Б. Г. Кузнецов. Эйнштейн, 5-е изд. М., «Наука», 1979.

Ч. Мизнер, Дж. Уилер, К. Торн. Гравитация. М., «Мир», 1977.

Н. В. Мицкевич. Физические поля в общей теории относительности. М., «Наука», 1969.

Э. Тейлор, Дж. Уилер. Физика пространства-времени, 2-е изд. М., «Мир», 1971.

* *

Альберт Эйнштейн и теория гравитации. Сборник статей советских и зарубежных авторов. М., «Мир», 1979. «Природа», № 3, 1979 (посвящен А. Эйнштейну). «Эйнштейновский сборник». М., «Наука», 1966—1979.



Фото © Ульштайн, ФРГ

Находясь проездом в Голливуде в 1931 году, Эйнштейн и его жена были приглашены Чарли Чаплином на просмотр его нового фильма «Огни большого города». Толпа узнала как физика, ставшего уже всемирно известным, так и знаменитого артиста и встретила их обеих овациями. «Вам они аплодируют потому, — спокойно заметил Чаплин, — что никто из них вас не понимает. А мне аплодируют потому, что меня понимают все».

Звезды, струны, сферы и силуэты

Эйнштейн, играющий на скрипке.
Рисунок советского художника
Леонида Пастернака [1862—1945].



Фото Студии Эдмерка © «Л. Пастернак Слэйтер», Оксфорд, Англия

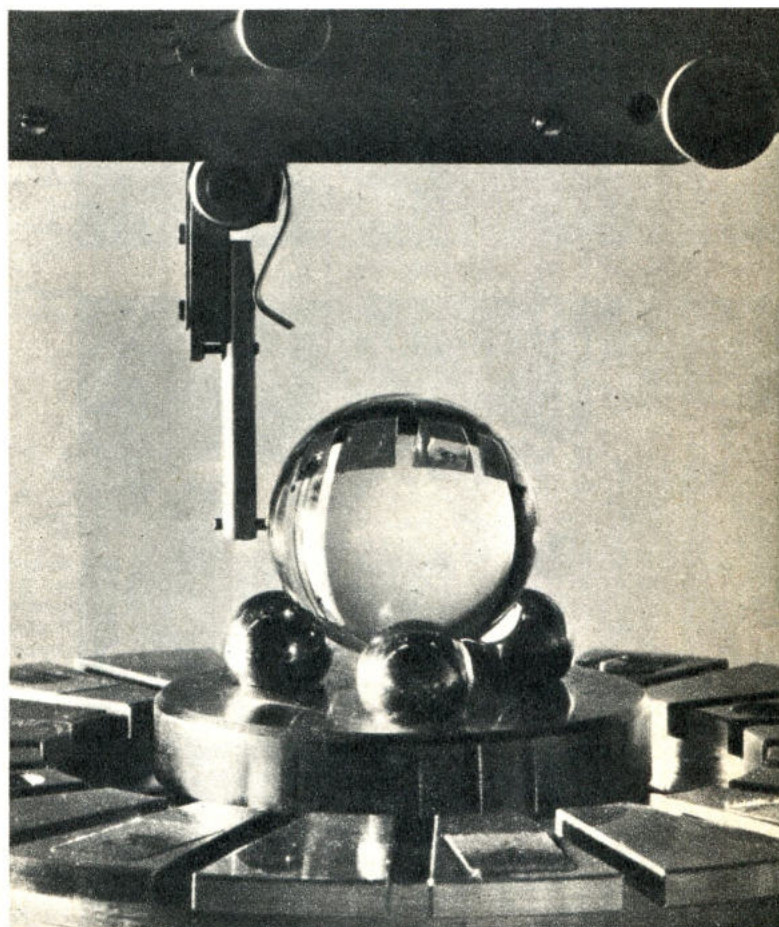


Силуэты Эйнштейна и членов его семьи, вырезанные самим великим ученым в 1919 году.

Взято из книги «Эйнштейн. К столетию со дня рождения». Под редакцией А. П. Френча, «Хейнеманн Эдьюкейшнл Букс», Лондон

Используя прецизионные измерительные приборы, ученые в наши дни со все большей степенью точности проверяют теории Эйнштейна. На снимке: идеально круглая [с точностью до стотысячной доли миллиметра] сфера из кварца размером с теннисный мяч испытывается в настоящее время в Стэнфордском университете, Калифорния, для новой хитроумной проверки общей теории относительности. В 80-х годах четыре такие сферы, приведенные во вращение как гироскопы, будут помещены в спутник на околоземной орбите. Этот эксперимент задуман для обнаружения весьма малого увлечения пространства под действием вращения Земли.

Фото © Ф. Эверит, Би-Би-Си, Лондон



после возвращения показали меньшее время, чем точно такие же часы, оставшиеся на Земле.

А вот еще одно подлинное чудо. Всегда считалось, что морская фауна и флора появляются только на небольших глубинах, куда проникают солнечные лучи и где возможен фотосинтез. И вот совсем недавно на дне океана, на глубине нескольких километров, где нет и следа солнечных лучей, обнаружены области повышенной температуры, вулканической природы, в которых, по-видимому, за счет процессов химического синтеза, появились свои фауна и флора.

Об этих случаях не скажешь: «Очень хочется верить, но нет оснований». Слова «нет оснований» означают, что вопрос изучался, и в результате изучения обнаружилось, что нет оснований доверять первоначальным утверждениям. Это и есть формула научного подхода: «хочется верить», но, если «нет оснований», надо от этой веры отказаться. В природе человека заложено стремление к таинственному и необычному — такое же, как и стремление к прекрасному. Как сказал Пушкин: «Тьмы низких истин мне дороже нас возвышающий обман».

Я добавлю к словам Пушкина слова Эйнштейна: «Самое прекрасное и глубокое переживание, выпадающее на долю человека, — это ощущение таинственности». По мнению Эйнштейна, ощущение таинственности лежит в основе всех наиболее глубоких тенденций в искусстве и науке. Но, к сожалению, именно стремление к таинственному является источником многих антинаучных слухов.

Можем ли мы поверить в логическую связь между подковой и нашей судьбой? Это так же бессмысленно, как пытаться установить связь между радиусами орбит планет солнечной системы и отношениями звуковых частот в музыкальных аккордах.

Другой пример сопоставления несопоставимых явлений, между которыми не может быть внутренней связи, — это неправильное утверждение, будто электроны в атоме движутся по законам, аналогичным движению планет вокруг Солнца. Движение электронов в атоме управляется законами квантовой механики, совершенно непохожими на законы классической механики, определяющей движение планет. Электрические силы взаимодействия электронов с ядром в 10^{40} раз сильнее, чем силы тяготения, и, наконец, электроны от-

талкиваются друг от друга, тогда как планеты притягиваются. И таким образом, никакой внутренней причины для сходства этих двух явлений нет. Их внешнее сходство исчерпывается тем, что силы между ядром и электроном на больших расстояниях падают по тому же закону, что и силы тяготения.

Все кажущиеся связи такого рода при проверке оказываются результатом сознательной или бессознательной подтасовки фактов. Тем не менее постоянно возникают легенды, связывающие несопоставимые явления.

Но как отличить домыслы от действительных фактов? Ведь многое из того, что ученые отрицают, подтверждается очевидцами. Единственный убедительный способ установить истину — это научный эксперимент с повторяющимися результатами, проведенный специалистами и подтвержденный независимыми опытами других исследователей.

Что же касается очевидцев, то к их показаниям нужно относиться крайне осторожно. Вспомним, что в прошлом веке, пользуясь показаниями очевидцев, можно было бы составить точные словесные портреты чертей разного ранга, которые могли бы удовлетворить самого требовательного сотрудника уголовного розыска. Есть самый короткий рассказ: «Привидений не бывает», — сказал один. «Вы так думаете?» — спросил другой и исчез. Разумеется, такое происшествие не может убедить ученого.

В жизни каждого из нас бывают события, которые, казалось бы, следует объяснять телепатией. Способность чувствовать настроение и даже угадывать мысли близких, бесспорно, существует. И вместе с тем, по утверждениям специалистов, посвятивших себя исследованию таких явлений, пока нет ни одного научного доказательства телепатии. Это означает, что, несмотря на многочисленные попытки, не было надежных экспериментов, которые исключали бы все другие возможные объяснения и давали бы повторяющиеся результаты с убедительной статистикой.

Подобно тому как юристы исходят из презумпции невиновности, так и наука вынуждена исходить из презумпции отсутствия чуда. Мы не обязаны доказывать, что нет странных или необычных явлений. Доказать нужно, что они существуют. Поэтому, пока категорически не исключены все естественные, то есть более правдоподобные, объяснения, не следует принимать менее правдоподобные.

Задача науки — отбирать наиболее правдоподобные объяснения и при-

держиваться их до тех пор, пока опыт не заставит от этого отказаться. Это не означает, что следует запретить попытки обнаружения неправдоподобных явлений. Как сказал американский физик Ричард Фейнман: «Один из верных способов остановить прогресс науки — это разрешить эксперименты лишь в тех областях, где законы уже открыты».

В науке давно уже принято очень простое и убедительное предположение, что процессы, происходящие в живой природе, определяются в конечном счете законами взаимодействия электронов, атомов и молекул, которые были установлены в физических экспериментах. До сих пор эта гипотеза подтверждалась. Более того, она оказалась настолько плодотворной, что привела к объяснению даже такого таинственного явления, как наследственность. Но, если убедительные эксперименты докажут нам, что в живой природе есть процессы, не сводящиеся к физическим законам, нам придется от этой гипотезы отказаться.

Я часто ссылаюсь на «утверждения специалистов». Это не означает, что я не составил собственного мнения. Этим я подчеркиваю, что право на суждение остается за специалистами в данной области науки. Надеюсь, никого не надо убеждать в необходимости предельного профессионализма в науке. Впрочем, любая специальность требует профессионального подхода и профессионального обучения.

Без профессиональных навыков не только нельзя сделать научную работу, но и не может возникнуть сколько-нибудь разумная идея. Научная интуиция, которая необходима для рождения идей, возникает только в результате длительной научной работы. В науке сложные вещи удаются только на самом высоком профессиональном уровне.

Имеется много профессиональных приемов, общих для всех точных наук. Есть методы, которые позволяют проверить ошибочность идеи еще до начала работы. Но самое главное, без чего даже высокие профессиональные качества не приводят к успеху, — это способность ученого радоваться и удивляться каждой, даже малой удаче, каждой разгаданной загадке и относиться к науке с тем благоговением, о котором говорит Эйнштейн в своем кредо: «Я довольствуюсь тем, что с изумлением строю догадки об этих тайнах и смиренно пытаюсь мысленно создать далеко не полную картину совершенной структуры всего сущего».

Научный консультант русского издания доктор физико-математических наук, профессор МИЦКЕВИЧ Н. В.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР РУССКОГО ИЗДАНИЯ
Т. Ю. СОЛОВЬЕВА-МАМЕДОВА

Адрес русской редакции: 119021, Москва, ГСП-3, Зубовский бульвар, 17, т. 247-18-40

Ордена Трудового Красного Знамени Московская типография № 2 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Зак. 2585

Свет гения

«Я считаю, что Эйнштейн был бы одним из величайших физиков-теоретиков всех времен, даже если бы он не написал ни одной строки о теории относительности», — утверждает знаменитый немецкий физик Макс Борн. В самом деле, Эйнштейн получил в 1921 году Нобелевскую премию по физике не за частную или общую теорию относительности, а за свои статьи 1905 года по фотоэлектрическому эффекту, в которых он выдвинул идею, что свет состоит из частиц. В 1916 году он сформулировал

принципы, приведшие сорок лет спустя к созданию лазера — устройства, способного дать пучок света, достаточно мощный, чтобы распилить самые прочные материалы, обладающие наивысшей жаропрочностью. Среди современных применений лазера укажем на его тонкую работу в глазной хирургии, сверлении алмазов, сверхточных измерениях и в голографической фотографии. На этом снимке показан лазерный луч, проходящий через дифракционную решетку. Часть луча разлагается на составляющие, окрашенные в разные цвета, а часть идет по вертикали вниз.

Фото © Ф. Горо. С согласия «Сайентифик Америкэн».

