



## *Научная жизнь*

### ЭЙНШТЕЙН И ГЕДЕЛЬ\*

*Д. Берлински*

На фотографии, сделанной в Принстоне в августе 1950 г., Альберт Эйнштейн стоит рядом с австрийским логиком Куртом Геделем. Они смотрят прямо в объектив. На Эйнштейне мятая рубашка и мешковатые брюки на подтяжках. Он стоит сгорбившись. Гедель в парусиновом костюме и круглых, как совиные глаза, очках выглядит почти элегантным, его суровый вид смягчен необычной чувственностью нижней половины лица. Они стоят в непринужденной позе и откровенно позируют фотографу. Ясно, что это друзья. Это обстоятельство едва ли удивительно, поскольку они работают в Принстонском Институте высших исследований и их кабинеты находятся почти рядом. Оба, будучи беглецами из Третьего рейха, чувствуют на себе суровое дыхание истории, и общим для них является богатый, хриплый немецкий язык, целый мир слов, стержень которого – не Шекспир, а Гете. Хотя Эйнштейн – физик, а Гедель – математик, обоим свойственна интеллектуальная отвага, которая ведет их за пределы их наук.

Теорема о неполноте Геделя, доказанная им в 1931 г., когда ему было 25 лет, перечеркнула основные правила современной науки точно так же, как это сделала общая теория относительности Эйнштейна пятнадцатью годами раньше. Гедель продемонстрировал, что элементарная арифметика неполна и будет оставаться таковой. Какую бы аксиоматику вы ни заложили в основание арифметики, за пределами системы окажутся истин-

---

\* DISCOVERY. – 2002. – V. 23, No. 3. Перевод с английского В.В.Целищева. Публикуется с согласия автора.

ные утверждения арифметики. Добавление этих утверждений в качестве аксиом не спасет ситуации, поскольку эта более богатая система будет также неполной.

Эйнштейн как-то заметил Оскару Моргенштерну, одному из основателей теории игр, что ходит в институт в основном ради того, чтобы поговорить с Геделем по дороге домой (“Um das Privileg zu haben, mit Gьdel zu Fuss nach Hause gehen zu dьrfen”). В немецком оригинальном виде эта фраза содержит оттенок уважения, который не может быть передан при переводе ее на другие языки. Такие прогулки были частыми и продолжались вплоть до смерти Эйнштейна в 1955 г. И все же научная близость этих людей стала результатом глубочайших личностных различий. Эйнштейну была свойственна непоколебимая самоуверенность. Гедель столкнулся с спорами и дважды переживал серьезнейшие нервные расстройства. Он был мнительным человеком в нормальных ситуациях, а если возникали какие-то затруднения – просто ипохондриком. Когда в 1933 г. эти два человека встретились впервые, слухи о молодом гении Геделе только начали проникать за пределы академических стен. Эйнштейну же было в то время 54 года, и он находился на закате своей творческой деятельности. Хотя он сохранил чувство дерзкой игривости, но уже приобрел монументальность, – слава сделала этого человека мифической фигурой века, и его печальное лицо было известно всему миру.

Эти различия неизбежно отразились на дружбе двух ученых. В письме, написанном биографу Карлу Зеелигу, секретарь Эйнштейна упомянула “благоговейное молчание”, которым встречали Эйнштейна при его появлении на конференциях. Даже острый на язык Вольфганг Паули, лауреат Нобелевской премии по физике, не мог заставить себя относиться к Эйнштейну как к простому смертному. Гедель, похоже, разделял это отношение к Эйнштейну. Из его писем к матери видно, что он польщен тем, что дружен с Эйнштейном и греется в лучах его славы. “Я два или три раза бывал у него дома, – писал он в 1946 г. – Думаю, что он редко кого приглашает к себе в дом”.

И все же несмотря на свои великие научные достижения, Эйнштейн и Гедель ощущали одиночество, они были обречены на духовную близость частично потому, что каждому из них не к кому было обратиться. Хотя содержание их разговоров неизвестно, мы можем представить себе по крайней мере одну тему, которую они обсуждали в долгих беседах. В 1948 г. Гедель обратил внимание на высшее достижение Эйнштейна – общую теорию относительности и сумел разглядеть новую яркую вселенную, скрытую за символами. Он сделал это, найдя точное решение само-

го главного уравнения эйнштейновской теории – уравнения поля, которое позволяет рассчитать силу гравитационного поля, – и его анализ отражает отличительные характеристики всей его работы. Она оригинальна и логически последовательна, аргументация проста, полна и убедительна. Во всем присутствует высочайший вкус. Нет никакой показухи.

И это странно, очень странно.

Главная идея специальной теории относительности – идея слияния пространства и времени – довольно понятна. В конце концов, в обыденной жизни время и пространство также слиты. Мы локализуем события во времени и пространстве. Место указывается как событие пространства-времени, если при этом добавляется время. И если событие может быть определено четырьмя числами, тогда ряд событий может быть определен рядами таких чисел, которые называются мировыми линиями.

Общая относительность преодолевает глубокую пропасть между геометрией пространства и времени и поведением объектов в пространстве и времени. Вообразим себе мраморный шарик на матрасе. Если шарик толкнуть, он покатится по прямой. Но если на его пути окажется другой, тяжелый шар, путь этого шарика изменится на кривую. Тяжелый шар деформирует среду матраса, и деформированная среда окажет влияние на движение шарика.

Заменяем шары на планеты, звезды, спиральные галактики, а матрас – на само пространство-время, и тогда наша обыденная метафора трансформируется в ведущий принцип великой физической теории. Во вселенной, где нет массивных объектов, также нет деформации пространства и времени, и самым коротким расстоянием между двумя точками в ней будет прямая. Когда появляется материя, самым коротким путем оказывается кривая. Первое и самое известное подтверждение теории было получено в 1919 г., когда астрономы установили, что масса Солнца заставляет искривляться луч света, как это и предсказывал Эйнштейн.

“Для нас, настоящих физиков, – как-то заметил Эйнштейн, – различие между прошлым, настоящим и будущим есть иллюзия”. Это меланхоличное замечание Эйнштейн сделал уже перед самой смертью, но оно было логическим следствием специальной теории относительности. Вообразим себе группу наблюдателей, разбросанных по всему космосу. Каждый может организовать события своей жизни в линейный порядок – упомянутую выше мировую линию. Каждый убежден, что его жизнь состоит из ряда “сейчас” – моментов, движущихся от прошлого через настоящее к будущему. Наблюдатели, разбросанные во времени и пространстве, убеждены, что их чувство “сейчас” универсально. Сейчас – это сей-

ли? Оказывается, нет. Время движется разным образом в зависимости от скорости наблюдателя. Когда на Земле проходят целые часы, на космическом корабле, удаляющемся от Земли почти со скоростью света, могут пройти лишь секунды. Вполне возможно, что “сейчас” одного человека может оказаться прошлым или будущим другого.

Геделевское решение уравнения поля реабилитировало глубочайшее прозрение теории Эйнштейна, а именно, то, что время относительно. Но теория относительности Эйнштейна предполагает только то, что не существует время в обычном смысле, а не то, что время вообще не существует. Тезис Эйнштейна более тонок. Он подразумевает, что изменение есть иллюзия. Вещи не имеют становления, они не были и они не будут. Они просто есть. Время подобно пространству. Если я путешествую по Сингапуру, я тем самым не делаю Сингапур существующим. Я достигаю Сингапура, но он был и до меня. Поэтому я достигаю будущие события, располагаясь во времени. Я не вызываю их существования. И если ничто не вызывается к существованию, то нет никакого изменения.

Большинство космологов сейчас согласны с тем, что наша вселенная расширяется после первоначального взрыва, который мы называем Большим Взрывом. Физики говорят о первых трех минутах. И если время имеет начало и однородную меру, тогда мы опять находимся в границах ньютоновских универсальных часов, распространяя их на весь космос. Везде примерно 14 млрд лет, прошедших после Большого Взрыва.

Но вселенная, возникающая из ничто и делающаяся нечто посредством расширения, представляет собой только одну возможность. Есть и другие возможности. Некоторые интерпретации уравнения поля реализуются в статичной, но неустойчивой вселенной, которая существует на протяжении вечности. Далее, вселенная может вращаться в пустоте подобно гигантской рулетке. Во вселенной подобного рода каждый наблюдатель видит вещи так, как будто он находится в центре вращения, как будто вся вселенная вращается вокруг него. И это странное предположение, как продемонстрировал Гедель, в точности удовлетворяет уравнению поля в общей теории относительности.

Идея вращающейся вселенной восходит к представлениям античных астрологов, которые, находясь на Земле, наблюдали небесную сферу, проходящую над ними. Но согласно концепции Геделя, не только галактики вращаются вокруг некоторого центра, – все подвержено круговому вращению. Вращаются галактики, и по мере вращения они увлекают за собой пространство и время. Точно так же как расширяющаяся вселенная “раздувает” пространство и время, вращающаяся вселенная свивает

пространство и время в спирали. Работает та же самая идея, но уже с другими следствиями. Например, во вращающейся вселенной становятся возможными путешествия во времени. Описывая достаточно большой круг вокруг оси, при приближении к скорости света наблюдатель может поймать свой собственный временной хвост, возвратясь при этом в исходную точку на некоторое мгновение ранее раньше, чем он из нее отправился. Требуемые пути известны как замкнутые времениподобные кривые.

Когда Гедель впервые опубликовал свою статью, общей реакцией на нее со стороны ученых было вежливое любопытство. Реакция Эйнштейна была уважительной, но осторожной, поскольку он предположил, что заключение Геделя будет отвергнуто исходя из “физических оснований” (решение Геделя запрещало расширяющуюся вселенную, которую Эйнштейн принимал неохотно). Гедель не смог придать смысла путешествиям во времени, что бы там ни давало его решение. Помимо того что путешествия во времени порождают парадоксы, излюбленные в кругах фантастов (скажем, путешественник во времени случайно убивает своих собственных предков), они поднимают более тонкие теоретические проблемы. Например, в работе Геделя нет никаких предположений относительно того, что время может остановить свое вращение и повернуть вспять. И все же путешествия во времени представляют собой путешествия, и в общей теории относительности, как и в реальной жизни, каждое путешествие требует времени. С точки зрения путешественника время будет двигаться вперед минута за минутой, даже если оно “отскакивает” назад по его прибытии.

Существуют и более глубокие проблемы. Если время движется по кругу и наблюдатель может вернуться в свое прошлое, тогда следствие может оказаться собственной причиной. Одно дело – отказаться от времени, и совсем другое дело – отказаться от причинности как фундаментального физического свойства.

И наконец, тут есть философский вопрос, который находится в центре рассуждений Геделя. Действительно, вращающиеся вселенные могут быть физически нереальными. Но они возможны, и коль скоро они рассматриваются как возможные, их нельзя игнорировать. В рамках этих странных измышлений время есть иллюзия. Однако если время есть иллюзия в некоторых вселенных, тогда свойства времени, которые мы считаем сами собой разумеющимися в конкретной вселенной, должны быть случайностью при творении вселенной. Но философский взгляд, который ведет к такому заключению, как сухо заметил сам Гедель, “вряд ли может

считаться удовлетворительным”. Понятие времени является слишком глубоким, чтобы возникнуть случайно.

Гедель полжизни провел в философских размышлениях. Вопреки своим европейским впечатлениям, он верил, что “мир рационален”. Он был оптимистом и теистом, и хотя считал, что “религии по большей части плохи”, настаивал на том, что “сама религия не является таковой”. Божество было центром его метафизики. Он охотно рассуждал по поводу жизни после смерти, утверждая, что “мир, в котором мы живем, не является единственным, в котором мы будем жить или уже жили”. Он отвергал дарвиновскую теорию эволюции и категорично объявлял ложным материализм. Он был математическим платонистом, бесстрашно заявляя, что человеческий разум способен к восприятию чисто математических абстракций точно так же, как человеческие чувства способны к постижению материальных объектов.

В конце концов Гедель пришел к выводу, что его усилия не привели к успеху. «С его собственной точки зрения, – писал Хао Ван в своей книге “Размышления о Курте Геделе”, – он не достиг того, чего он хотел от философии». Это в значительной степени верно и относительно Эйнштейна. Великая единая теория, которую он искал последние 30 лет, окончательно ускользнула от него. Поскольку большую часть времени он работал в изоляции, молодое поколение физиков относилось к его одержимости с почтением, но с таким почтением, в котором можно было рассмотреть тонкие контуры презрения.

Обсуждали ли Эйнштейн и Гедель эти вопросы? Биографы ничего не говорят по этому поводу. Но глубина такой дружбы часто делает подобные дискуссии ненужными. Гедель скептически относился к поиску Эйнштейном единой теории, а Эйнштейн, должно быть, полагал философские исследования Геделя некоторого рода развлечением. Глубокая и неустранимая меланхолия Эйнштейна не могла ему позволить сделаться оптимистом или теистом в каком-то большем смысле, чем терпимый скептицизм.

В жизни обоих ученых обнаруживаются компенсирующие тенденции. Эйнштейн искал утешения в одиночестве, он сознательно стремился освободиться от обычных человеческих уз – от семьи и друзей. Он развелся с первой женой и никогда не видел своей дочери, которая, вероятно, была принята в другую семью. Второй раз он женился на своей кузине Эльзе, и вряд ли это было результатом страсти.

Подобно Эйнштейну, Гедель находил неприятным обычное человеческое общение. Большую часть своей сознательной жизни он был

счастлив в браке с бывшей артисткой венского кабаре. И тем не менее он был печально известен как отшельник. Работая в Институте высших исследований в затемненной комнате, он никогда не посещал лекций других ученых, слыл одиноким, одержимым, полусумасшедшим, сжигаемым интеллектуальной страстью, столь сильной, что в конце жизни она буквально поглотила его плоть. Гедель умер в 1978 г. от “истощения”, как кратко сказано в свидетельстве о смерти. Он полностью отказался от еды.

Задолго до этого общая теория относительности снова достигла пика популярности, и ее темные, трудные места привели ко многим интересным математическим секретам. Изобилие наблюдений позволяет проверять теорию уже в космическом масштабе, а не в ближайшем астрономическом окружении. Больше того, новое поколение физиков подпало под влияние Эйнштейна и слушает странную неземную музыку его мечтаний о единой теории. Видение Эйнштейна оказалось слишком мощным, чтобы его можно было отбросить в сторону. Что касается теории Геделя, то ее полное понимание придет в свое время. Или, возможно, в другой вселенной.