

# ЭПИСТЕМИЧЕСКИЕ ДОБРОДЕТЕЛИ И ПОРОКИ А. ЭЙНШТЕЙНА

**Визгин Владимир Павлович** – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заведующий сектором. Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Российская Федерация, 125315, г. Москва, Балтийская ул., д.14; e-mail: [vlvizgin@gmail.com](mailto:vlvizgin@gmail.com)



В статье на основе понятий эпистемических добродетелей и эпистемических пороков исследуется вклад А. Эйнштейна в создание фундаментальных физических теорий, а именно специальной теории относительности и общей теории относительности, а также в разработку на базе геометрической полевой программы единой теории поля, которая так и не привела к успеху. В числе основных эпистемических добродетелей, приведших Эйнштейна к успеху при построении специальной теории относительности, можно назвать следующие: уникальную физическую интуицию, опирающуюся на метод мысленного эксперимента и необходимость экспериментального обоснования пространственно-временных понятий; стремление к простоте и элегантности теории; научную смелость, бунтарство, означающие готовность вступить в противоборство с научными общепринятыми догмами и авторитетами. При создании общей теории относительности к этим эпистемическим добродетелям добавилась еще одна интеллектуальная добродетель: вера в эвристическую силу математического аспекта физики. При этом ему пришлось преодолеть свою первоначальную недооценку четырехмерной концепции пространства и времени Г. Минковского, в чем проявилась еще одна добродетель, присущая раннему Эйнштейну, – своеобразная гибкость мышления. Подчеркнута творческая роль его ошибок на пути к общей теории относительности, которые были связаны не столько с эпистемическими пороками, сколько с трудностями согласования математического и физического аспектов теории. Отмечена амбивалентность понятия эпистемических добродетелей, которые могут трансформироваться в эпистемические пороки. Такое превращение случилось во второй половине жизни Эйнштейна, когда он на протяжении более чем тридцати лет пытался построить единую геометрическую теорию поля и найти альтернативу квантовой механики с ее вероятностной и копенгагенской интерпретацией, так и не добившись успеха. В этом случае можно говорить о следующих эпистемических пороках: переоценка математического и недооценка экспериментально-эмпирических аспектов теории; принятие в качестве фундаментальных – концепций, лежащих в основе общей теории относительности (континуализм, классическая причинность, геометрическая природа взаимодействий); беспрецедентное упорство в отстаивании геометрической полевой программы, несмотря на ее неудачи, и определенная утрата присущей творцу теории относительности гибкости мышления. Промежуточный характер в отношении эпистемических добродетелей и пороков Эйнштейна носит космологический сюжет, связанный с применением общей теории относительности к устройству Вселенной и при этом еще и с упущенной им возможностью открытия теории расширяющейся Вселенной. Эту возможность реализовал А.А. Фридман, победивший Эйнштейна в споре о стационарности – нестационарности Вселенной. В этом споре проявились некоторые



интеллектуальные пороки Эйнштейна, которых не было у Фридмана. Отмечена связь интеллектуальных добродетелей с методологическими принципами физики и «ошибочностной» концепцией развития научного знания.

**Ключевые слова:** эпистемические добродетели и пороки, история физики, Эйнштейн, специальная теория относительности, общая теория относительности, единые теории поля, геометрическая полевая программа, квантовая механика, расширяющаяся Вселенная, Фридман

## ALBERT EINSTEIN'S EPISTEMIC VIRTUES AND VICES

**Vladimir P. Vizgin** – Dsc in Physics and Mathematics, Senior Research Fellow, Chief of the Department. S.I. Vavilov's Institute for History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences. 14 Baltiiskaya Str., Moscow 125315, Russian Federation; e-mail: vlvizgin@gmail.com

The article is based on the concepts of epistemic virtues and epistemic vices and explores A. Einstein's contribution to the creation of fundamental physical theories, namely the special theory of relativity and general theory of relativity, as well as to the development of a unified field theory on the basis of the geometric field program, which never led to success. Among the main epistemic virtues that led Einstein to success in the construction of the special theory of relativity are the following: a unique physical intuition based on the method of thought experiment and the need for an experimental justification of space-time concepts; striving for simplicity and elegance of theory; scientific courage, rebelliousness, signifying the readiness to engage in confrontation with scientific conventional dogmas and authorities. In the creation of general theory of relativity, another intellectual virtue was added to these virtues: the belief in the heuristic power of the mathematical aspect of physics. At the same time, he had to overcome his initial underestimation of the H. Minkowski's four-dimensional concept of space and time, which has manifested in a distinctive flexibility of thinking typical for Einstein in his early years. The creative role of Einstein's mistakes on the way to general relativity was emphasized. These mistakes were mostly related to the difficulties of harmonizing the mathematical and physical aspects of theory, less so to epistemic vices. The ambivalence of the concept of epistemic virtues, which can be transformed into epistemic vices, is noted. This transformation happened in the second half of Einstein's life, when he for more than thirty years unsuccessfully tried to build a unified geometric field theory and to find an alternative to quantum mechanics with their probabilistic and Copenhagen interpretation. In this case, we can talk about the following epistemic vices: the reevaluation of mathematical aspect and underestimation of experimentally – empirical aspect of the theory; adopting the concepts general relativity is based on (continualism, classical causality, geometric nature of fundamental interactions) as fundamental; unprecedented persistence in defending the GFP (geometrical field program), despite its failures, and a certain loss of the flexibility of thinking. A cosmological history that is associated both with the application of GTR (general theory of relativity) to the structure of the Universe, and with the missed possibility of discovering the theory of the expanding Universe is intermediate in relation to



Einstein's epistemic virtues and vices. This opportunity was realized by A.A. Friedmann, who defeated Einstein in the dispute about if the Universe was stationary or nonstationary. In this dispute some of Einstein's vices were revealed, which Friedmann did not have. The connection between epistemic virtues and the methodological principles of physics and also with the "fallibilist" concept of scientific knowledge development has been noted.

**Keywords:** epistemic virtues and vices, history of physics, Einstein, special theory of relativity, general theory of relativity, unified field theories, geometric field program, quantum mechanics, expanding Universe, Friedmann

«Эйнштейн осторожен и – физик до мозга костей, он не спешит броситься в атаку на всеобщее, как мы в Геттингене... Я высказался в том смысле, что он мог бы использовать квантовую теорию, чтобы модифицировать теорию гравитации, в отличие от Гильберта, которому хотелось вывести квантовую теорию из теории гравитации... Из этого ничего не получится, – отвечал Эйнштейн. – ...Идея относительности не может дать ничего большего, чем теория гравитации. Мысль о том, чтобы построить силой своей фантазии картину мира, можно было бы назвать прекрасной, она могла бы дать известные результаты. Но история физики учит, что подобные попытки всегда заканчиваются неудачей... Разнообразие тензоров так велико, что невозможно сказать, какие из них следует выбрать для обоснования электродинамики. К тому же экспериментальные данные слишком скудны, они еще не дают надежной путеводной нити». Из дневниковых записей Р.Я. Гумма, встречавшегося с Эйнштейном в мае 1917 г.

Цитир. по: [Зелиг, 1964, с. 126–127]

«Весь предшествующий опыт убеждает нас в том, что природа представляет собой реализацию простейших математически мыслимых элементов. Я убежден, что посредством чисто математических конструкций мы можем найти те понятия и закономерные связи между ними, которые дадут нам ключ к пониманию явлений природы. Опыт может подсказать нам соответствующие математические понятия, но они ни в коем случае не могут быть выведены из него. Конечно, опыт остается единственным критерием пригодности математических конструкций физики. Но настоящее творческое начало присуще именно математике. Поэтому я считаю в известном смысле оправданной веру древних в то, что чистое мышление в состоянии постигнуть реальность». Из Спенсеровской лекции А. Эйнштейна, прочитанной в Оксфорде 10 июня 1933 г.

[Эйнштейн, 1967а, с. 184]



## Введение

В какой степени эпистемические (или интеллектуальные) добродетели влияют на формирование научного знания? Ответ на этот вопрос зависит от того, какой смысл мы вкладываем в это понятие. В первом приближении мы можем считать их определенными характеристиками познающего субъекта, которые обеспечивают успешную познавательную деятельность и делают этого субъекта более совершенным в интеллектуальном плане [Касавин, 2019; Каримов, 2019]. Результаты познавательной деятельности сами ученые, как правило, считают успешными, если они являются истинными или приближают нас к истине. Однако история науки свидетельствует о том, что пути к истине очень сложны и нередко изобилуют ошибками. Тогда можно сказать, что характеристики познающего агента, ведущие к этим ошибкам, скорее всего, являются эпистемическими пороками. При этом часто добродетели и пороки образуют, так сказать, своего рода пары. Такими парами можно считать, например, упорство исследователя (добродетель) и обратную его сторону – упрямство (порок); научную смелость (добродетель) и парный ей порок – чрезмерную самоуверенность, веру в собственную непогрешимость и др.

Несмотря на то что для отечественного читателя разговор о научном поиске в терминах пороков и добродетелей является чем-то непривычным, дискурс интеллектуальных добродетелей/пороков постепенно распространяется и на современную философию науки, о чем свидетельствует недавно вышедшая коллективная монография «Эпистемические добродетели в естественных и гуманитарных науках» [Dongen, Paul, 2017]. В ней авторы, основываясь в том числе на обширном историко-научном и автобиографическом материале, показывают, как определенные эпистемически добродетельные и порочные установки ученых повлияли на выбор конкретной научной теории.

В этой работе мы исследуем влияние такого рода эпистемических добродетелей и пороков на формирование фундаментальных физических теорий на примере А. Эйнштейна, внесшего, пожалуй, наибольший вклад в создание теоретического фундамента современной физики (специальная теория относительности, СТО, и общая теория относительности, ОТО, важные работы по квантовой теории и т.д.). Из индивидуальных субъектов познания в области теоретической физики Эйнштейн, по-видимому, в XX в. был наиболее успешен. И потому изучение эпистемических добродетелей и их роли в создании фундаментальных теорий на его примере может оказаться особенно показательным. Но тут возникают, по крайней мере, две проблемы. Во-первых, в жизни и творчестве Эйнштейна, а также в его эпистемическом настрое отчетливо выделяются два периода:



период создания СТО, ОТО, важных работ по квантам (1905 – начало 1920-х гг.) и последующий, примерно тридцатилетний, период (до конца его жизни) напряженных поисков единой теории поля, опирающихся на геометрическую полевую программу (ГПП) и оказавшихся бесплодными. Суть этой программы заключалась не только в объединении гравитационного и электромагнитного полей на единой геометрической основе (пятимерная риманова геометрия, расширения 4-мерной римановой геометрии до геометрий аффинной связности и т.п.), но и в получении частицеподобных решений, обладающих квантовыми свойствами. После открытия, точнее, разработки, квантовой механики, а затем и основ квантовой теории поля и, наконец, квантовополевой теории ядерных взаимодействий (получивших впоследствии название сильного и слабого) ГПП стала выглядеть в глазах подавляющего большинства физиков явно тупиковой и даже анахронизмом. Но Эйнштейн, чуть ли не единственный из теоретиков, сохранял этой программе верность. Эта беспримерная приверженность ГПП сочеталась у него с резко критическим отношением к копенгагенской интерпретации квантовой механики, с таким трудом выработанной в 1927-м и последующие годы в дискуссиях Н. Бора, В. Гейзенберга, М. Борна, В. Паули и др., в которых в качестве главного оппонента выступал Эйнштейн. И здесь он сохранял неприятие общепризнанной концепции до конца жизни. Понятно, что и столь длительная приверженность ГПП, и неприятие копенгагенской трактовки квантовой механики были связаны между собой, поскольку, согласно ГПП, квантовые черты микромира должны были получаться как свойства решений полевых уравнений, диктуемых обобщенной геометрией пространства-времени. Большинство теоретиков считали, по крайней мере, с конца 1920-х – начала 1930-х гг., что Эйнштейн в этих двух пунктах совершает явные ошибки. Кроме того, сказанное не означает, что в течение «золотого» первого периода Эйнштейн не совершал ошибок, что ошибался он только во время второго периода. Более того, на пути к ОТО он совершил ряд ошибок, которые затем были им исправлены. Но предположение, что беспрецедентная успешность его в 1905–1910-е гг. – в определенной мере результат его эпистемических добродетелей, а явная безуспешность его напряженных и длительных усилий в 1920–1950-е гг. связана с его эпистемическими пороками, означало бы, что в начале 1920-х гг. в творческой манере Эйнштейна произошла своего рода «эпистемическая переполюсовка»: интеллектуальные добродетели каким-то образом трансформировались в интеллектуальные пороки. С другой стороны, возникает мысль о том, что ошибки ошибкам рознь, т.е. что бывают, так сказать, творческие ошибки, ошибки роста и другие ошибки программные, долговременные, ведущие в тупики. Ниже мы сначала на примере истории создания ОТО, наиболее значительного достижения Эйнштейна и, вероятно, всей теоретической физики



XX в., рассмотрим возможное влияние эпистемических добродетелей Эйнштейна и роль ошибок, которые далеко не всегда можно рассматривать как проявление эпистемических пороков. Далее мы обсудим долговременные, программные ошибки нашего героя, относящиеся ко второму периоду, которые более органично связываются с его эпистемическими пороками. Отдельного рассмотрения заслуживает история, связанная с космологической постоянной и нестационарной космологией А.А. Фридмана. В заключительной части мы попытаемся проанализировать эпистемологию добродетели с точки зрения эйнштейновской модели построения научной теории (с «дугой Эйнштейна») [Визгин, 2013] и в связи с так называемой ошибочностной концепцией развития научного знания С.И. Вавилова [Визгин, 2019]. Теперь два слова об эпитафиях. Они вполне конкретны и подчеркивают одну из главных идей нашей работы, а именно своего рода относительность «эпистемического настроя» у одного и того же субъекта познания, в данном случае у Эйнштейна. В конце первого периода, несмотря на триумф математического прорыва к реальности, связанного с созданием ОТО, он – «физик до мозга костей», отдает предпочтение физической интуиции и «экспериментальному сдерживанию» воображения теоретика; поэтому его отношение к геометрическому полювому синтезу в духе геттингенского математика Д. Гильберта негативно. Но проходит пятнадцать лет, и его «эпистемический настрой» в этом отношении становится прямо противоположным. Причем эта переориентация случилась раньше: постепенно начиная с 1919–1921 гг. под влиянием идей математиков Г. Вейля и Т. Калуцы его все больше захватывает геометрическая полевая программа, и, потерпев серию неудач на пути ее реализации, он в начале 1930-х гг. декларирует в качестве главной «интеллектуальной добродетели» теоретика веру в своего рода «предустановленную гармонию между математикой и физикой» и в то, что при создании фундаментальных физических теорий «настоящее творческое начало присуще именно математике». Сразу подчеркнем, что интеллектуальные добродетели и пороки естественно разбиваются на две группы. Первая группа включает ЭД (эпистемические добродетели) и ЭП (эпистемические пороки), являющиеся общими качествами познающего субъекта (научная смелость; научное упорство, настойчивость, порой переходящие в упрямство; гибкость мышления, выражающаяся в умении воспринимать адекватно аргументы оппонентов и изменять свою позицию, или отсутствие таковой и др.). Вторая группа ЭД и ЭП содержит собственно эпистемические установки онтологического и (или) методологического характера (убежденность в объективной реальности научных понятий и, соответственно, в возможности достижения истины; вера в математичность физического мира, или, другими словами, в то, что творческое начало в физике заключено в математике; стремление к простоте конструируемой



теории, в которой находит свое выражение ее красота или элегантность; уверенность в необходимости экспериментально-эмпирического обоснования фундаментальных физических понятий, вплоть до требования их принципиальной наблюдаемости и др.). Отметим следующие общие черты эпистемических установок: 1) они амбивалентны – в том смысле, что в разных ситуациях могут рассматриваться и как эпистемические добродетели, и как эпистемические пороки; 2) «эпистемический настрой», как и эпистемологическая ориентация, свойственные одному и тому же познающему субъекту, – понятие историческое: он может меняться, причем иногда радикально; 3) если мы считаем, что эпистемические добродетели способствуют получению истинного знания, то эпистемологические пороки приводят к заблуждениям и ошибкам; 4) однако ошибки не всегда связаны с эпистемическими пороками, бывают ошибки творческого типа, которые исправляются и в конечном счете приводят к успеху; более того, можно говорить об «ошибочностной» концепции развития научного знания, согласно которой именно «на ошибках вырастает наука» (С.И. Вавилов) [Визгин, 2019]; 5) наконец, ЭД далеко не всегда приводят к успеху, а ЭП иногда сказываются позитивно на процессе научного познания.

### **От специальной к общей теории относительности**

ОТО, в определенном смысле, является развитием СТО. Если бы вдруг СТО оказалась ошибочной, то и ОТО утратила бы свой смысл, потому что искривленное пространство-время ОТО локально устроено как плоское пространство-время СТО. Современники Эйнштейна и физики последующих поколений считали специальную теорию относительности подлинным шедевром теоретической мысли. Когда в 1955 г. отмечалось 50-летие этой теории, М. Борн, один из создателей квантовой механики и давний друг Эйнштейна, сказал: «Я считал и считаю поныне, что это величайшее открытие человеческой мысли, касающееся природы, в котором удивительнейшим образом сочетаются философская глубина, интуиция физика и математическое искусство. Я восхищаюсь им как творением искусства» (цит. по [Гинзбург, 1979, с. 133]). А. Пайс, автор одной из лучших научных биографий Эйнштейна, также подчеркивал «эстетические корни» СТО: «Эйнштейн пришел к СТО в основном из эстетических соображений, из стремления к простоте. Эта всепоглощающая страсть владела им на протяжении всей жизни» [Пайс, 1989, с. 135]. Другой теоретик, Ф. Дайсон, отмечал научную смелость Эйнштейна и его приверженность требованиям простоты и элегантности теории: «Эйнштейн... считал рамки прежней системы громоздкими



и ненужными и удовольствием от них избавился. Его версия теории была проще и элегантнее. В ней не было абсолютного пространства и не было эфира» (цит. по [Айзексон, 2015, с. 181]). Незаурядная физическая интуиция Эйнштейна, которая в полной мере сработала при создании СТО и которую он сам понимал как «проявление накопленного интеллектуального опыта», выражалась и в виртуозном владении методом мысленного эксперимента, и в умении усмотреть в некоторых фундаментальных понятиях классической физики (таких как эфир, абсолютное пространство, абсолютная одновременность и др.) их недостаточную экспериментальную обоснованность (см. об этом также [Miller, 1981; Ryenson, 1985]). А. Пайс справедливо подчеркнул, что «два постулата СТО (принципы относительности и постоянства скорости света. – В.В.) имеют физическое содержание лишь в том случае, если они дополняются экспериментальными указаниями по измерению положения и времени» [Пайс, 1989, с. 138].

Из сказанного об эйнштейновской СТО напрашивается, таким образом, следующий перечень его эпистемических добродетелей, которые во многом сохранялись и в последующее десятилетие, когда он в напряженнейших поисках почти в течение семи лет двигался на пути к созданию ОТО: 1. Уникальная физическая интуиция, опирающаяся на метод мысленного эксперимента и обостренное чувство недостаточной экспериментальной обоснованности физических понятий. Можно сказать, что Эйнштейн считал эпистемически «греховным» использование ключевых физических понятий, лишенных достаточного экспериментально-эмпирического обоснования. 2. Научная смелость, «бунтарство», готовность противостоять признанным авторитетам физики, как великим классикам прошлого, так и лидерам современной теоретической физики. 3. Эстетическое восприятие научных теорий. Стремление к простоте и элегантности конструируемой теории.

В истории создания ОТО было три поворотных момента. 1. 1907 г., когда Эйнштейн выдвинул принцип эквивалентности, ставший физической основой кинематизации гравитации; в том же году математик Г. Минковский развил четырехмерную геометрическую теоретико-инвариантную формулировку СТО, которая в сочетании с принципом эквивалентности, вела к геометризации гравитации. 2. 1912–1913 гг. – разработка Эйнштейном вместе с математиком М. Гросманом основного ядра ОТО, так называемой тензорно-геометрической концепции гравитации, но им не удалось найти правильные общековариантные уравнения гравитационного поля. 3. Ноябрь 1915 г., когда Эйнштейн и математик Д. Гильберт, конкурируя между собой и переписываясь, находят правильные уравнения гравитации. На первом этапе, т.е. при открытии, или изобретении, принципа эквивалентности успеху Эйнштейна способствовали те же эпистемические добродетели, что и при создании СТО, но прежде всего его физическая интуиция, связанная с методом мысленных



экспериментов, в частности, с проведением операционально-измерительных процедур с часами, системами отсчета и световыми сигналами. Это видно из письма А. Зоммерфельду от 5 января 1908 г., где он кратко излагает суть принципа эквивалентности и возможность проверить его экспериментально: «В последнее время меня занимает вопрос, можно ли распространить принцип относительности на равномерно ускоренные системы координат. Факт, что в гравитационном поле все тела ускоряются одинаково, означает в сущности, что некоторую ускоренную координатную систему и некоторую свободную от ускорения систему координат с однородным полем тяжести можно рассматривать как полностью равноправные вещи. Мне удалось на основе этой гипотезы получить весьма правдоподобные следствия» [Einstein, 1993, p. 86]. Об этом же говорят воспоминания Эйнштейна, относящиеся как к началу 1920-х гг., так и более поздние (см. об этом [Визгин, 2008; Norton, 1989]). Значительно более сложным и длительным оказался путь Эйнштейна к прорыву, связанному с тензорно-геометрической концепцией гравитации [Визгин, 2015; Janssen, Renn, 2015]. И здесь решающим моментом стала переоценка им четырехмерного формализма СТО, развитого Г. Минковским. После ряда неудачных попыток применить принцип эквивалентности для построения теории произвольных гравитационных полей, в частности для получения уравнений движения частицы в гравитационном поле, он увидел, что здесь может пригодиться вариационная формулировка Минковским закона движения с использованием метрики четырехмерного пространства-времени СТО. Принцип эквивалентности тогда подсказывал переход к более общему выражению для метрики, соответствующему, как это понял Эйнштейн с помощью своего студенческого друга математика Марселя Гроссмана, четырехмерной римановой геометрии искривленного пространства-времени. «Тем самым, – вспоминал Эйнштейн, – проблема гравитации была сведена к чисто математической. Существуют ли дифференциальные уравнения для  $g_{ik}$ , которые инвариантны относительно нелинейных преобразований координат? Такие и только такие уравнения принимались бы во внимание как уравнения гравитационного поля... Он (т.е. Гроссман. – В.В.) тщательно просмотрел литературу и скоро обнаружил, что указанная проблема была уже решена прежде всего Риманом, Риччи и Леви-Чивитой... Достижения Римана были наибольшими. Он показал, как из поля тензоров  $g_{ik}$  можно получить вторые производные. Из этого следовало, как должны выглядеть уравнения поля гравитации в случае, если поставлено требование инвариантности относительно группы всех непрерывных преобразований координат» [Эйнштейн, 1967б, с. 355]. Таким образом, достаточно было найти правильную математическую структуру гравитации, чтобы она сама почти автоматически привела к уравнениям гравитационного поля. И Эйнштейн в совместной статье



с Гроссманом уже весной 1913 г. получил почти правильные общековариантные уравнения гравитации, в которых фигурировал тензор кривизны Риччи, но им не удалось согласовать эти уравнения с такими методологическими принципами физики, как принципы соответствия, сохранения и причинности. Кстати говоря, уверенность в справедливости этих принципов можно связать также с добродетелью физической интуиции, которая питалась как долговременным опытом всей классической физики, так и только что складывающимся опытом теоретизирования первых шагов квантово-релятивистской революции. Но в случае общей ковариантности эти физические требования поначалу были интерпретированы ими ошибочно, и, приняв в целом риманову общековариантную структуру теории, они отказались от требования общей ковариантности полевых уравнений гравитации. Это привело к целой серии ошибочных работ, относящихся к 1914–1915 гг., с необщековариантными уравнениями поля, которые бы, однако, допускали симметрию спецрелятивистского типа, но, возможно, более широкую. Решение этой проблемы пришло в ноябре 1915 г., когда Эйнштейну в серии статей удалось согласовать требования обеих эпистемических добродетелей («математической» и «физической») и получить, наконец, правильные общековариантные уравнения гравитации.

Таким образом, во-первых, процесс разработки Эйнштейном ОТО происходил в его плотном взаимодействии с математиками и вместе с формированием в его творчестве эпистемической «математической» добродетели, настраивающей теоретиков на веру в эвристическую силу математики в физике. Во-вторых, допущенные ошибки при построении ОТО были связаны не столько с эпистемическими пороками Эйнштейна, сколько с трудностями согласования сложившегося опыта конструирования физических теорий с радикально новыми физическими и особенно математическими концепциями. И в-третьих, путь к новой теории гравитации изобилдовал ошибками, которых мы только коснулись. Но эти ошибки носили творческий характер и, так или иначе, сравнительно быстро исправлялись. Такой ход развития научной мысли вполне в духе упоминавшейся ранее «ошибочностной» концепции С.И. Вавилова, о чем весьма красочно говорил и А. Койре: «Дорога к истине не есть прямая линия. И нужно пройти ее извилистые пути и лабиринты, наткнуться на тупики, выйти на ложную дорогу и вернуться назад, чтобы... признать..., что пути, благодаря которым дух к ней идет, еще более замечательны, чем цель, которую он достигает» (цит. по [Визгин, 2019, с. 299]). И эпистемические добродетели помогают искателю истины преодолеть все тупики и ложные ходы и добиться успеха.



## **Эпистемические пороки Эйнштейна в его тридцатилетних усилиях по созданию единой теории поля и противостоянию общепринятой интерпретации квантовой механики**

У творца теории относительности во второй период его жизни, с начала 1920-х и до конца жизни, было два устойчивых заблуждения, которые были связаны между собой и которые в какой-то мере можно объяснить сформировавшимися у зрелого Эйнштейна эпистемическими негативами. Прежде всего речь идет о так и не удавшихся многочисленных попытках построения единой геометрической теории гравитационного и электромагнитного полей, аналога современной теории всего. Вторым заблуждением, по мнению физического сообщества, и тогдашнего, и до некоторой степени нынешнего, было неприятие Эйнштейном общепринятой (копенгагенской) интерпретации квантовой механики, разработанной в острых дискуссиях 20–30-х гг. Н. Бором, В. Гейзенбергом, М. Борном, В. Паули и другими творцами квантовой механики. Причем это неприятие привело к тому, что Эйнштейн фактически отказался вообще участвовать в развитии исключительно плодотворных направлений, связанных с квантовой механикой, квантовой электродинамикой и квантовой теорией поля. Но за год до кончины Эйнштейна именно в рамках квантовой теории поля Ч. Янг и Р. Миллс выдвинули идею калибровочных полей, которая в 1960–1970-е гг. позволила отчасти реализовать замысел Эйнштейна о единой теории поля. Так что, сама по себе идея создания такой теории была в общем правильной и продуктивной. Но способ ее реализации, основанный на ГПП, связанной с именами Вейля, Калуцы и, конечно, Эйнштейна, опирался на концепции, которые, по крайней мере, уже в конце 1920-х – начале 1930-х гг. считались в теоретическом сообществе ошибочными, или эпистемически «греховными». Эти заблуждения коренились в том, что, по словам С. Вайнберга, одного из главных создателей единой теории электромагнитного и слабого взаимодействий, «он стал пленником своего собственного успеха» [Weinberg, 2005, p. 73], а именно создания ОТО, в которой гравитация рассматривалась как геометрический феномен. После впечатляющих, но все-таки неудавшихся попыток математиков Г. Вейля и Т. Калуцы объединения гравитации и электромагнетизма, которые Эйнштейн поначалу подвергал критике, он вскоре стал сначала приверженцем, а затем и лидером геометрической полевой программы (ГПП) теоретического синтеза физики. К концу 1920-х – началу 1930-х гг. он твердо уверовал в творческую мощь математики, полагая, что только простота и математическая красота искомой геометрии



окажутся достаточными ориентирами для решения проблемы. Кстати говоря, к этому времени уже почти никто из ранних приверженцев ГПП или тех его друзей, которые еще недавно верили в ее успех, не верил в ее перспективность и не поддерживал титанические, но бесплодные усилия Эйнштейна. В 1931 г. и он сам с горечью признавал: «Попытки найти единые законы материи, породнить теорию поля и квантовую теорию не прекращались. Речь идет о том, чтобы найти структуру пространства, удовлетворяющую условиям, выдвигаемым обеими теориями. Результатом оказалось кладбище погребенных надежд» [Эйнштейн, 1966в, с. 401]. Но с невероятным упорством, на грани с маниакальным упрямством, он продолжал гнуть свою линию. Авторы одной из биографий Эйнштейна Р. Хайфилд и П. Картер нашли несколько резкое, но амбивалентное выражение для этого двойного заблуждения: они его назвали «героизмом безумия»: «Стремление Эйнштейна во что бы то ни стало идти своим путем, которое в прошлом увенчалось таким блистательным успехом (именно созданием поразительной по красоте и глубине ОТО. – В.В.), теперь заводило его в тупик. Это был героизм безумия, и с тем же героизмом безумия он напрочь отвергал идеи квантовой механики. Более того, его желание разделаться с парадоксами этой науки, которые он сам же помог выявить, было одной из причин, подтолкнувших его заняться единой теорией поля» [Картер, Хайфилд, 1998, с. 264]. Только в самом конце жизни его фантастическое упорство стало ослабевать. Дж. Уилер как-то рассказал Эйнштейну об интерпретации квантовой механики в терминах суммирования по траекториям, развитой его учеником Р. Фейнманом. Но Эйнштейн заметил, что эти суммы сводятся к вероятностям. «Я не могу поверить, – продолжил он, – что Бог играет в кости, но, может быть, я заслужил право на ошибку» (цитир. по [Хэлперн, 2016, с. 269], см. также [Айзексон, 2015, с. 635]).

Эйнштейн в письме к Х.А. Лоренцу от 3 февраля 1915 г., когда, как мы знаем, он сам еще сильно заблуждался в отношении уравнений гравитации, так классифицировал заблуждения теоретиков: «Теоретик заблуждается в двух случаях: 1. Дьявол его водит за нос и заманивает ложной гипотезой (в этом случае он заслуживает сочувствия). 2. Его (теоретика. – В.В.) аргументы небрежны и ошибочны (в этом случае он заслуживает порки» (цит. по: [Ливио, 2015, с. 560]). Оба описанных заблуждения Эйнштейна – приверженность ГПП и неприятие и вероятностной причинности в квантовой механике – безусловно, относятся к первому разряду и, во многом, были связаны с его эпистемологическими пороками, которые до некоторой степени были продолжением его же эпистемических добродетелей. Назовем наиболее важные из этих пороков, о которых так или иначе уже упоминалось. 1. Прежде всего, это – твердая убежденность в том, что чуть ли не «единственный надежный источник истины – в мате-



матической простоте», а также «красоте и величии Вселенной». 2. К нему непосредственно примыкает и порок, касающийся представления о возрастающем уменьшении роли экспериментально-эмпирических знаний в построении теорий. Об этом говорит высказывание Эйнштейна, относящееся к декабрю 1952 г.: «Постижение истины невозможно без эмпирического фундамента. Но чем глубже мы в нее проникаем и чем более широкими и всеобъемлющими становятся наши теории, тем меньше эмпирических знаний требуется для создания этих теорий» (цит. по: [Дюкас, Хофман, 1991, с. 69]). 3. Предпочтение, которое Эйнштейн отдавал континуальному аспекту, связанному с признанием в качестве первичной реальности классического поля, хотя бы и в геометрическом варианте (т.е. так, как понимается гравитационное поле в ОТО). И это предпочтение в глазах большинства теоретиков на рубеже 20-х и 30-х гг. выглядело эпистемически «греховным» (поскольку на смену теории классического поля пришла квантовая теория поля). 4. Точно так же он считал, что на первичном, фундаментальном уровне в мире господствует классическая причинность (в духе лапласовского детерминизма). После создания квантовой механики эта точка зрения также считалась «греховной». Наблюдаемые в микромире дискретность и вероятностность представлялись Эйнштейну вторичными, и рано или поздно они должны найти объяснение в рамках программы континуалистского и детерминистского типа, близкой ГПП. 5. Столь длительная абсолютная уверенность в своей правоте и почти маниакальное упорство говорят об отсутствии в 20-е и последующие годы той гибкости мышления у Эйнштейна, которая была присуща ему 1900–1910-е гг.

Казалось бы, он потерпел поражение, и можно говорить о драме и даже трагедии Эйнштейна во второй половине его жизни. Иногда его сравнивают с известным мифологическим персонажем Сизифом [Дамур, 2016; Беркович, 2021]. «Подобно Сизифу, – говорится в книге французского теоретика об Эйнштейне, – он наблюдал, как одна за другой рассыпаются теории, которые он возводил камень за камнем в течение многих лет. Но это никогда не останавливало его. К тому же он никогда не воспринимал трагически свои многочисленные неудачи. Отношение Эйнштейна прекрасно иллюстрируют как идея Камю о том, что «не нужно представлять Сизифа несчастным», так и мысль Лессинга, говорившего, что «поиск истины важнее, чем обладание истиной» [Дамур, 2016, с. 188]. Кроме того, несмотря на то, что грандиозный проект Эйнштейна не увенчался успехом, сама эта неудача, во-первых, имела определенное значение, убедительно показав, что построить единую физическую теорию на основе лишь классической полевой концепции даже при использовании идеи геометризации взаимодействий невозможно. А во-вторых, некоторые идеи, методы и понятия, возникшие и развитые как в рамках ГПП, так и в критических работах Эйнштейна и дискуссиях по истолкованию



квантовой механики, так или иначе вошли в квантово-полевые теории или способствовали осмыслению и даже развитию квантовой механики.

## **Об эпистемических пороках и добродетелях А. Эйнштейна и А.А. Фридмана: у истоков релятивистской космологии**

Кратко остановимся на одном сюжете, связанном с применением ОТО к космологии. Основные факты из истории релятивистской космологии содержатся в книгах [Тропп, Френкель, Чернин, 1988; Ellis, 1989]. Сюжет весьма запутанный: в нем переплетаются прозрения Эйнштейна с его же ошибками, а его эпистемические добродетели с пороками; к тому же появляется новая фигура (А.А. Фридман), эпистемические добродетели которого позволили ему стать создателем нестационарной релятивистской космологии. Но этому событию, случившемуся в 1922 г., предшествовало создание релятивистской космологии вообще, хотя и в статическом варианте. Вскоре после завершения основ ОТО, в феврале 1917 г., Эйнштейн на ее основе сделал попытку понять устройство Вселенной в целом. Астрономические данные в отношении крупномасштабной структуры Вселенной были тогда очень скудны и, скорее, свидетельствовали в пользу того, что Вселенная стабильна и не меняется в размерах. Из уравнений же Эйнштейна при правдоподобных упрощающих предположениях этого не получалось. И Эйнштейн проявил свойственную ему изобретательность и гибкость мышления: он сумел найти способ ввести, не нарушая общей ковариантности своих замечательных уравнений гравитации, дополнительный член с так называемой космологической постоянной, который можно было интерпретировать как антигравитацию. Это позволило ему получить решение модифицированных уравнений, представляющее собой замкнутую статическую Вселенную с постоянной положительной кривизной. В 1922 г. русский математик, механик и физик А.А. Фридман, автор выдающихся работ по гидродинамике и динамической метеорологии, нашел ряд нестационарных решений первоначальных уравнений Эйнштейна (без введения космологической постоянной). Эйнштейн настолько был уверен в статичности Вселенной, что решил, что Фридман ошибся, и он, как будто, даже нашел ошибку в его вычислениях, о чем он и опубликовал небольшую заметку. Русский теоретик обратился к Эйнштейну с письмом, в котором он отстаивал свою правоту. Но Эйнштейн находился в зените славы, он только что стал нобелевским лауреатом и путешествовал по всему миру (когда письмо пришло в Берлин, он отплывал из Марселя в Японию). В мае



1923 г. русскому физику Ю.А. Круткову, который в это время был в зарубежной командировке, удалось по просьбе Фридмана встретиться с Эйнштейном и убедить его в правоте петроградского профессора. В том же журнале сразу после этого появилась лаконичная заметка Эйнштейна, датированная 21 мая 1923 г., фиксирующая его признание в том, что ошибся он, а вовсе не автор статьи о нестационарной Вселенной. «...Моя критика, как я убедился из письма Фридмана, сообщенного мне г-ном Крутковым, основывалась на ошибке в вычислениях, – говорилось в заметке, – Я считаю результаты г. Фридмана правильными и проливающими новый свет. Оказывается, что уравнения поля допускают наряду со статическими, также и динамические (т.е. переменные относительно времени) центрально-симметричные решения для структуры пространства» [Эйнштейн, 1966а, с. 119]. Однако это признание не означало отказа Эйнштейна от его замкнутой статической модели. И только после открытия Э. Хабблом разлета галактик в соответствии с открытой им линейной зависимостью скорости галактик от расстояния и привлечения Эддингтоном и бельгийским теоретиком Ж. Леметром для объяснения этой теории Фридмана Эйнштейн, наконец, решительно отказался от своей статической модели и от связанной с ней космологической постоянной в пользу нестационарной космологии Фридмана [Ellis, 1989].

Что касается эпистемических добродетелей и пороков главных героев этого примечательного сюжета, то дело тут вовсе не сводится к прямолинейному противопоставлению «эпистемически добродетельного» Фридмана «эпистемически порочному» Эйнштейну. Ведь в самом применении ОТО к проблеме устройства Вселенной сказались редкостная интеллектуальная добродетель творца теории относительности, о которой хорошо сказал его оппонент в начале своей замечательной книге «Мир как пространство и время» (1923): «И как бы ничтожна ни была сумма людских знаний, всегда находились среди мыслящего человечества... *пытающиеся на основании постоянно ничтожных научных данных воссоздать научную картину мира*» [Фридман, 1923, с. 3]. Этой интеллектуальной добродетелью Эйнштейн обладал более чем кто-либо другой в первой половине XX в. Стремление к созданию физической картины мира, включающей и описание устройства Вселенной, при явной нехватке эмпирических фактов, вполне родственно аналогичному эйнштейновскому стремлению к построению единой теории поля на основе минимального объема эмпирических данных. Но если в отношении геометрической полевой программы усилия Эйнштейна, как мы видели, так и не привели к успеху, то в отношении космологии грандиозный эйнштейновский замысел сработал, правда, не в предложенном им статическом варианте, а в динамическом варианте Фридмана. Таким образом, описанной интеллектуальной добродетелью обладал и создатель нестационарной космологии. В описанном сюжете ярко



проявились эпистемические добродетели А.А. Фридмана, позволившие ему стать основоположником теории расширяющейся Вселенной. Это – научная смелость и «анти-авторитетность» эйнштейновского масштаба; вера в математику и ее дедуктивную силу в предсказании физических явлений; стремление к созданию научной картины мира при явной нехватке эмпирических данных. Именно эти интеллектуальные добродетели Фридмана выделяют современные космологи, когда говорят о его открытии расширяющейся Вселенной. «Со страниц своих трудов, в воспоминаниях современников, – говорится в книге о Фридмане, в главе, написанной А.Д. Черниним, – Фридман предстает перед нами глубоким, независимым и дерзким мыслителем, разрушителем научных предрассудков, мифов и догм; его ум видит то, чего не видят другие, и не желает видеть того, что все считают очевидным и для чего в действительности нет никаких оснований. Он отбрасывает многовековую традицию, которая заведомо, до всякого опыта считала Вселенную вечной и вечно неподвижной. Он совершает настоящую научную революцию. Как Коперник заставил Землю обращаться вокруг Солнца, так Фридман заставил Вселенную расширяться» [Тропп, Френкель, Чернин, 1988, с. 200]. В недавней книге известного американского космолога М. Тегмарка интеллектуальные добродетели Фридмана противопоставляются интеллектуальным порокам Эйнштейна: «По иронии судьбы, даже Эйнштейн, один из самых изобретательных ученых всех времен, чей принцип состоял в том, чтобы подвергать сомнению самые несомненные допущения и авторитеты, не решился усомниться в собственном авторитете и собственной уверенности в том, что мы живем в вечной, неизменной Вселенной. Вместо этого он совершил, как впоследствии сам признавался, свою величайшую ошибку: изменил уравнения, добавив дополнительный член, позволяющей Вселенной быть статической. Двойная ирония состоит в том, что сегодня этот дополнительный член, похоже, вновь появился в уравнениях в форме космической темной энергии..., но на этот раз он имеет иной смысл и не делает нашу Вселенную статической. Человеком, которому... хватило смелости и способностей, чтобы довериться уравнениям Эйнштейна, оказался русский физик и математик Александр Фридман. Он решил их... и обнаружил нечто шокирующее: большинство решений не было статическими, а изменялось во времени!.. Для меня Фридман – один из величайших, но, увы, недооцененных героев космологии» [Тегмарк, 2017, с. 67–69].

*В заключение* хотелось бы еще раз подчеркнуть, что анализ эпистемических добродетелей и пороков (ЭД и ЭП) Эйнштейна свидетельствует об их своеобразной амбивалентности, заключающейся в том, что в различных познавательных ситуациях одни и те же эпистемические принципы могут рассматриваться то как ЭД, то как ЭП. Так, при создании специальной теории относительности (СТО)



и на первой стадии разработки общей теории относительности (ОТО) Эйнштейн явно недооценивал математическую формулировку теорий, развитую Г. Минковским. После того как опора на нее сыграла решающую роль при создании ОТО, Эйнштейн в период разработки единых теорий поля стал относиться к «математичности физики» чуть ли не как к единственному принципу построения теории, что завело его в тупик (т.е. этот принцип прошел путь от ЭП к ЭД и затем снова к ЭП). И такая амбивалентность проявилась и в отношении других ЭД и ЭП Эйнштейна.

Приведем два примера подобной амбивалентности из реальной научной практики в области фундаментальной физики, относящихся к 1950–1960-м гг. и к нынешней ситуации. В первом случае речь идет о том, как выдающийся теоретик В. Паули упустил возможность стать одним из создателей локально-калибровочной концепции сильных и слабых взаимодействий, которая теперь известна как теория Янга – Миллса. Он знал о такой возможности, но ему не хватило научной смелости опубликовать свою работу, так как ее применение, казалось, противоречило опыту. Ч. Янг и Р. Миллс были настолько покорены красотой этой концепции, что, несмотря на возражения Паули, решились опубликовать свою работу и вошли в историю физики как первооткрыватели теории калибровочных полей. Здесь научная смелость (ЭД) переходит в понимании Паули в научное прожектерство (ЭП), так же как переходила в ЭП вера в красоту теории (ЭД), которая не согласовывалась с экспериментом и потому интерпретировалась Паули как ЭП. Второму примеру посвящена целая книга С. Хоссефельдер «Уродливая Вселенная: как поиски красоты заводят физиков в тупик» (М.: Эксмо, 2021). В оригинале название книги несколько иное: *Lost in math: how beauty leads physics astray* (2018). В нем подчеркивается амбивалентность не только принципа красоты, который считался теоретиками XX в. бесспорной ЭД, но и принципа математичности, который также рассматривался со времен Эйнштейна, скорее, как ЭД. И вот в физике начала XXI в. оба этих принципа, как доказывается в книге, завели физику в тупик, т.е. стали ЭП.

Заметим, что представления об эпистемических добродетелях и пороках позволяют, тем не менее, лучше понять когнитивные механизмы выбора учеными той или иной фундаментальной научной теории. С другой стороны, если приверженцы эпистемологии добродетели (а различных вариантов этого подхода достаточно много, и, тем самым, своего рода «единая теория» ЭД/ЭП пока отсутствует) претендуют на реалистичность и применимость ее в истории науки, то им стоит отнестись к историко-научным исследованиям как к квазиэмпирической основе своих построений.



## Список литературы

Айзексон, 2015 – *Айзексон У.* Альберт Эйнштейн: его жизнь и его Вселенная. М.: АСТ: CORPUS, 2015. 832 с.

Беркович, 2021 – *Беркович Е.* Трагедия Эйнштейна, или Счастливый Сизиф // Исследования по истории физики и механики. 2019–2020. М.: Янус-К, 1921. С. 189–233.

Бор, 1971 – *Бор Н.* Дискуссия с Эйнштейном по проблеме теории познания в атомной физике // *Бор Н.* Избранные научные труды: в 2 т. Т. 2. М.: Наука, 1971. С. 399–433.

Визгин, 1985 – *Визгин В.П.* Единые теории поля в первой трети XX в. М.: Наука, 1985. 304 с.

Визгин, 2008 – *Визгин В.П.* Концептуальные истоки общей теории относительности (к столетию принципа эквивалентности А. Эйнштейна и четырехмерного мира Г. Минковского) // Исследования по истории физики и механики. 2007. М.: Наука, 2008. С. 253–281.

Визгин, 2013 – *Визгин В.П.* Метафизические аспекты «дуги Эйнштейна» // *Метафизика*, 2013. № 1 (7). С. 108–125.

Визгин, 2015 – *Визгин В.П.* Эйнштейн и математики (к 100-летию создания общей теории относительности) // *Метафизика*. 2015. № 3 (17). С. 135–156.

Визгин, 2019 – *Визгин В.П.* С.И. Вавилов: «...на ошибках вырастает наука» // Исследования по истории физики и механики. 2016–2018. М.: Янус-К, 2019. С. 287–318.

Гинзбург, 1979 – *Гинзбург В.Л.* О теории относительности. М.: Наука, 1979. 240 с.

Дамур, 2016 – *Дамур Т.* Мир по Эйнштейну: от теории относительности до теории струн. М.: Альпина-нон-фикшн, 2016. 208 с.

Дюкас, Хофман, 1991 – *Дюкас Э., Хофман Б.* Альберт Эйнштейн как человек // *Вопросы философии*. 1991. № 1. С. 61–105.

Зелиг, 1964 – *Зелиг К.* Альберт Эйнштейн. М.: Атомиздат, 1964. 206 с.

Зоммерфельд, 1973 – *Зоммерфельд А.* Пути познания в физике. М.: Наука, 1973. 319 с.

Иванов, 2012 – *Иванов М.Г.* Как понимать квантовую механику. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. 516 с.

Каримов, 2019 – *Каримов А.Р.* Эпистемология добродетелей. СПб.: Алетейя, 2019. 590 с.

Картер, Хайфилд, 1998 – *Картер П., Хайфилд Р.* Эйнштейн. Частная жизнь. М.: Захаров: АСТ, 1998. 368 с.

Касавин, 2019 – *Касавин И.Т.* Эпистемология добродетелей: к сорокалетию поворота в аналитической философии // *Эпистемология и философия науки*. 2019. Т. 56. № 3. С. 6–19.

Ливио, 2015 – *Ливио М.* От Дарвина до Эйнштейна: Величайшие ошибки гениальных ученых, которые изменили наше понимание жизни и Вселенной. М.: АСТ, 2015. 628 с.

Пайс, 1989 – *Пайс А.* Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. М.: Наука, 1989. 568 с.



Тегмарк, 2017 – *Тегмарк М.* Наша математическая Вселенная. В поисках фундаментальной природы реальности. М.: АСТ, 2017. 592 с.

Тропп, Френкель, Чернин, 1988 – *Тропп Э.А., Френкель В.Я., Чернин А.Д.* Александр Александрович Фридман. М.: Наука, 1988. 304 с.

Фридман, 1923 – *Фридман А.* Мир, как пространство и время. Петербург: ACADEMIA, 1923. 131 с.

Хэлперн, 2016 – *Хэлперн П.* Играют ли коты в кости? Эйнштейн и Шредингер в поисках единой теории мироздания. СПб.: Питер, 2016. 320 с.

Эйнштейн, 1966а – *Эйнштейн А.* К работе А. Фридмана «О кривизне пространства» // *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 119.

Эйнштейн, 1966б – *Эйнштейн А.* К космологической проблеме общей теории относительности // *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 349–352.

Эйнштейн, 1966в – *Эйнштейн А.* Современное состояние теории относительности // *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 399–402.

Эйнштейн, 1966г – *Эйнштейн А.* Релятивистская теория несимметричного поля // *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 849–873.

Эйнштейн, 1967а – *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 181–186.

Эйнштейн, 1967б – *Эйнштейн А.* Автобиографические наброски // *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 350–356.

## References

Berkovich, E.M. “Tragediya Einsteina, ili schastlivyy Sizif” [Einstein’s Tragedy, or Happy Sisyphus], *Issledjvaniya po istorii fiziki I meckhaniki* [Historical Studies in Physics and Mechanics], 2019–2020. Moscow: Yanus-K, 2021, pp. 189–233. (In Russian)

Bohr, N. “Diskussiya s Einsteynom po probleme teorii poznaniya v atomnoy fizike” [Discussion with Einstein on epistemological problems in atomic physics], in: *N. Bohr. Izbrannyye nauchnyye trudy v 2-kh tomakh* [Niels Bohr. Selected Papers in 2 vols.], vol. 2. Moscow: Nauka, 1971, pp. 399–433. (In Russian)

Damour, T. *Mir po Einsteynu. Ot teorii otnositel’nosti do teorii strun* [Si Einstein m’etait. De la relativite a la theorie des cordes]. Moscow: Al’pina nob-fikshn, 2016, 268 pp. (In Russian)

Dongen, Paul, 2017 – Dongen, van J. & Paul, H. *Epistemic Virtues in the Sciences and the Humanities*. Springer International Publishing. Kindle edition.

Dukas, H., Hoffmann B. “Al’bert Einstein kak chelovek” [Albert Einstein: The Human Side], *Voprosy filosofii*, 1991, no. 1, pp. 61–105. (In Russian)

Einstein, A. “K rabote A.Fridmana ‘O krivizne prostranstva’” [Notiz zu der Bemerkung zu der Arbeit von A.Friedmann “Ueber die Kruemmung des Raumes”], in: *A. Einstein. Sobraniye nauchnykh trudov* [The Collected Papers], vol. 2. Moscow: Nauka, 1966, p. 119. (In Russian)



Einstein, A. “K kosmologicheskoi probleme obshchej teorii otноситel’nosti” [Zur kosmologischen Problem der allgemeinen Rlativitaetstheorie], in: A. Einstein. *Sobraniye nauchnykh trudov* [The Collected Papers], vol. 2. Moscow: Nauka, 1966, pp. 349–352. (In Russian)

Einstein, A. “Sovremennoe sostoyanie teorii otноситel’nosti” [Der gegenwaertige Stand der Relativitaetstheorie], in: A. Einstein. *Sobraniye nauchnykh trudov* [The Collected Papers], vol. 2. Moscow: Nauka, 1966, pp. 399–402. (In Russian)

Einstein, A. “Relativistskaya teoriya nesimmetrichnogo polya” [Relativistic Theory of the Non-symmetric Field], in: A. Einstein. *Sobraniye nauchnykh trudov* [The Collected Papers], vol. 2. Moscow: Nauka, 1966, pp. 181–186. (In Russian)

Einstein, A. “O metode teoreticheskoi fiziki” [On the Method of Theoretical Physics], in: A. Einstein. *Sobraniye nauchnykh trudov* [The Collected Papers], vol. 4. Moscow: Nauka, 1966, pp.181–186. (In Russian)

Einstein, A. “Avtobiograficheskie nabroski” [Autobiographische Skizze], A. Einstein. *Sobraniye nauchnykh trudov* [The Collected Papers], vol. 4. Moscow: Nauka, 1966, pp. 350–356. (In Russian)

Einstein, A.; M. Klein, A. Kox, R. Schulmann (eds.) *The Collected Papers*, vol. 5. Princeton: Princeton University Press, 1993, XLIX+724 pp.

Ellis, G.F.R. “The expanding Universe: A History of Cosmology From 1917 to 1960”, in: Howard, D., Stachel, J. (eds.) *Einstein Studies. Vol. 1 Einstein and the History of General Relativity*. Boston, Basel, Berlin: Birkhaeuser, 1989, pp. 367–431.

Fox, K.C., Keck, A. *Einstein: A to Z*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2004, 310 pp.

Friedmann, A.A. *Mir kak prostranstvo i vremya* [The World as Space and Time]. Petrograd: Academia, 1923, 131 pp. (In Russian)

Ginzburg, V.L. *O teorii otноситel’nosti* [On the Theory of Relativity]. Moscow: Nauka, 1979, 239 pp. (In Russian)

Halpern, P. *Igrayut li koty v kosti? Einstein i Schroedinger v poiskakh edinoj teorii mirozdaniya*. [Einstein’s Dice and Schroedinger’s Cat. How Two Great Minds Battled Quantum Randomness to Create a Unified Theory of Physics]. Saint Petersburg: Piter, 2016, 320 pp. (In Russian)

Hoffmann, B. (with the collaboration of Dukas, H.) *Albert Einstein: Creator and Rebel*. New York: Viking, 1972, XII+272 pp.

Isaakson, W. *Albert Einstein. Yego zhizn’ i yego Vselennaya* [Einstein. His life and Universe]. Moscow: AST; CORPUS, 2015, 832 pp. (In Russian)

Ivanov, M.G. *Kak ponimat’ kvantovuyu mekhaniku?* [How to Understand Quantum Mechanics?]. Moscow-Izhevsk: NIZ “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2012, 516 pp. (In Russian)

Janssen, M., Renn, J. “Arch and Scaffold: How Einstein Found His Field Equations”, *Physics Today*, 2015, vol. 68 (11), pp. 30–36.

Karimov, A.R. *Epistemologiya dobrodetelei* [Virtue Epistemology]. Moscow: Aleteya, 2019, 590 pp. (In Russian)

Karter, P., Highfield, R. *Einstein. Chastnaya zhizn’*. [The Private Live of Albert Einstein]. Moscow: Zakharov: AST, 1998, 368 pp. (In Russian)

Kasavin, I.T. *Epistemologiya dobodeteley: k sorokaletiyu povorota v analiticheskoy filosofii* [Virtue Epistemology: On the 40-th anniversary of the Turn in Analytical Philosophy], *Epistemology & Philosophy of Science*, 2019, vol. 56, no. 3, pp. 6–19. (In Russian)



Livio, M. *Ot Darvina do Einsteina: velichayshiye oshibki genial'nykh uchenykh, kotoryye izmenili nashe ponimaniye zhizni i Vselennoy* [From Darwin to Einstein: Colossal Mistakes by Great Scientists that Changed Our Understanding of Life and the Universe]. Moscow: AST, 2015, 628 pp. (In Russian)

Miller, A.I. *Albert Einstein's Special Theory of Relativity. Emergence (1905) and Early Interpretations (1905–1911)*. Boston: Addison-Wesley, 1981, XXVII+466 pp.

Norton, J. “What Was Einstein’s Principle of Equivalence”, in: D. Howard, J. Stachel (eds.). *Einstein Studies, vol. 1. Einstein and the History of General Relativity*. Boston etc.: Birkhatuser, 1989, pp. 5–47.

Pais, A. *Nauchnaya deyatel'nost' i zhizn' Al'berta Einsteina* [The Science and the Life of Albert Einstein]. Moscow: Nauka, 1989, 568 pp. (in Russian)

Pyenson, L. *The Young Einstein. The Advent of Relativity*. Bristol and Boston: A.Hilger Ltd., 1985, XIV+257 pp.

Seelig, C. *Al'bert Einstein* [Albert Einstein]. Moscow: Atomizdat, 1964, 206 pp.

Sommerfeld, A. *Puti poznaniya v fizike* [Ways of Knowledge in Physics]. Moscow: Nauka, 1973, 319 pp.

Tegmark, M. *Nasha matematicheskaya Vselennaya. V poiskakh fundamental'noy prirody real'nosti*. [Our Mathematical Universe. My Quest for the Ultimate Nature of Reality]. Moscow: AST: CORPUS, 2017, 592 pp. (In Russian)

Tropp, E.A., Frenkel', V.Ya., Chernin, A.D. *Aleksandr Aleksandrovich Friedmann. Zhizn' i deyatel'nost'*. [Aleksandr Aleksandrovich Friedmann. The Life and the Work]. Moscow: Nauka, 1988, 304 pp.

Vizgin, V.P. *Yedinye teorii polya v pervoy treti XX v.* [Unified Field Theories in the First Third of the XX-th Century]. Moscow: Nauka, 1985, 304 pp. (In Russian)

Vizgin, V.P. “Kontseptual'nyye istoki obshchey teorii otnositel'nosti (k stoletiyu printsipa ekvivalentnosti A. Einsteina i chetyrekhmernogo mira H. Minkovskogo)” [The Conceptual Sources of General Relativity (to the Centenary of the A. Einstein’s Equivalency Principle and of the Four-Dimensional World of H. Minkovski)], in: *Issledovaniya po istorii fiziki i mekhaniki* [Historical Studies in physics and mechanics]. Moscow: Nauka, 2008, pp. 253–281. (In Russian)

Vizgin, V.P. “Metafizicheskiye aspekty ‘dugi Einsteina’” [Metaphysical Aspects of ‘the Einstein’s Arc’], *Metafizika (Metaphysics)*, 2013, no. 1 (7), pp. 108–125. (In Russian)

Vizgin, V.P. “Einstein i matematiki (k stoletiyu sozdaniya obshchey teorii otnositel'nosti)” [Einstein and Mathematicians (to the 100-th Anniversary of the Creation of General Relativity)], *Metafizika (Metaphysics)*, 2015, no. 3 (17), pp. 135–156. (In Russian)

Vizgin, V.P. “S.I. Vavilov: ‘...na oshibkakh vyrastayet nauka’” [S.I. Vavilov: “...From Mistakes the Science Grow Up”], *Issledovaniya po istorii fiziki i mekhaniki* [Historical Studies in Physics and Mechanics], 2016–2018. Moscow: Yanus-K, 2019, pp. 287–318. (In Russian)

Weinberg, S. “Einstein’s Mistakes”, *Physics Today*, 2005, vol. 58 (10), pp. 31–35.