

Евгений БЕРКОВИЧ

# ОХОТНИЧЬИ РАССКАЗЫ АКАДЕМИКА АРНОЛЬДА ОБ ЭЙНШТЕЙНЕ И ПУАНКАРЕ

## Капица и Арнольд

Вряд ли еще какая-то передача популярной некогда телевизионной серии «Очевидное — невероятное» столько раз просматривалась в записи, как передача с вполне академической темой «Математика и физика». В этот день ведущий передачи Сергей Петрович Капица принимал выдающегося математика современности академика Владимира Игоревича Арнольда<sup>1</sup>. Почему же передача вызвала такой бешеный интерес у зрителей, не утихающий спустя десятилетие? Объяснение простое: сенсация! Владимир Игоревич привел факты, свидетельствующие о том, что великий физик Альберт Эйнштейн «позаимствовал» свою специальную теорию относительности у другого великого ученого — математика француза Анри Пуанкаре, нигде на него не сославшись. На юридическом языке это называется плагиат, хотя и рассказано все было с заразительной улыбкой, с какой обычно рассказывают веселую байку или смешную охотничью историю.

Эта версия не новая, ее с разными вариациями любят повторять многие из тех, кто уже более ста лет выступает против Эйнштейна, часто с антисемитских позиций. Академик Арнольд определенно не из их числа, поэтому важно понять, что же именно сказал Владимир Игоревич, что из сказанного происходило в действительности, а что сказано «для красного словца», что придумано для большей убедительности, а где просто оговорка. И что не менее важно, как правильно интерпретировать различные высказывания по тому или иному аспекту физической теории? Интерпретация опытных фактов и выводов теории играет в физике не меньшую роль, чем разработка формального аппарата, что хорошо видно на примере квантовой механики. В вопросе о приоритете в открытии теории относительности та же картина. Важно не только, кто, что

---

Евгений Михайлович Беркович — публицист, историк науки и литературы, издатель. Окончил физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, кандидат физико-математических наук, доктор естественных наук (Германия). Создатель и главный редактор журнала «Семь искусств» и ряда других сетевых изданий. Автор книг «Заметки по еврейской истории» (М., 2000), «Банальность добра. Герои, праведники и другие люди в истории холокоста» (М., 2003), «Революция в физике и судьбы ее героев. Томас Манн и физики XX века» (М., 2017), «Революция в физике и судьбы ее героев. Альберт Эйнштейн в фокусе истории XX века» (М., 2018), «Альберт Эйнштейн и „революция вундеркиндов“» (М., 2021) и др. Публиковался в журналах «Нева», «Новый мир», «Знамя», «Иностранная литература», «Вопросы литературы», «Человек» и многих других изданиях. Дважды лауреат Беляевской премии за просветительскую деятельность.

<sup>1</sup> Передача называлась «Задачи Арнольда» и состоялась 26 декабря 2009 года.

и когда что-то сказал, но и что именно он имел в виду, в каком контексте справедлива его мысль. Короче: состоялась ли намечавшаяся в телевизионной передаче сенсация?

Чтобы не заниматься стенографированием устной речи Арнольда, я буду цитировать опубликованный рассказ «Принцип относительности» в его книге «Истории давние и недавние» [Арнольд, 2005], повторенный в книге «В. И. Арнольд. К восьмидесятилетию» [Арнольд, 2018]. По сути, и передача, и опубликованный рассказ Арнольда говорят об одном и том же, только в рассказе слова более выверенные. Кроме указанных источников, Владимир Игоревич повторял ту же байку и в других местах, например, в журнале «Успехи математических наук» [Арнольд, 2006].

Историю о том, как «недооцененный Пуанкаре» за 10 лет до Эйнштейна открыл принцип относительности, Владимир Игоревич начинает с такого сообщения:

В 1895 году Пуанкаре опубликовал (в философском журнале без формул) статью «об измерении времени» [Арнольд, 2018, с. 170].

К сожалению, и в напечатанном рассказе, и в прозвучавшей потом телевизионной передаче присутствует опечатка-оговорка: статья «Измерение времени» была опубликована не в 1895-м, а в 1898 году [Poincare, 1898]. Перевод этой статьи на русский вошел в прекрасный сборник «Анри Пуанкаре. О науке» [Пуанкаре, 1983, с. 169—180].

Продолжая разговор об этой статье, академик Арнольд совершенно справедливо подчеркивает заслуги Пуанкаре:

Он ясно объяснил в ней, что «абсолютное пространство» и «абсолютное время» Галилея и Ньютона не имеют никакого эмпирически-экспериментального определения (так как зависят от способа синхронизации часов в удаленных местах). Пуанкаре указал, что единственный научный способ избежать этого неудобства состоит в том, чтобы постулировать полную независимость всех истинных законов природы от произвола в выборе системы координат, используемой для описания экспериментов [Арнольд, 2018, с. 170].

Гениальный математик и смелый философ Анри Пуанкаре часто высказывал такие мысли, справедливость которых становилась очевидной спустя десятилетия. О смысле этих высказываний и отношении их к теории относительности мы еще поговорим, а пока посмотрим, как академик Арнольд продолжил защищать «недооцененного Пуанкаре» в беседе с профессором Капицей. Видно, посчитав сказанное недостаточно убедительным доказательством плагиата Эйнштейна, Владимир Игоревич выкладывает на роскошный круглый стол красного дерева в кабинете Капицы свою козырную карту:

Минковский, друг Пуанкаре и учитель Эйнштейна, рано посоветовал Эйнштейну изучить теорию Пуанкаре, что Эйнштейн и сделал (не ссылаясь на Пуанкаре, однако, до одной статьи 1945 года, где он признает рассказанное выше) [Арнольд, 2018, с. 171].

В богатом творческом наследии академика Арнольда вряд найдется еще одна такая фраза, где каждый содержащийся в ней факт неверен. Это типичный пример байки из охотничьих рассказов, про которую говорят: «Не любо — не слушай, а врать не мешай!»

Разберем эту фразу по частям. В нем можно выделить такие утверждения:

Минковский — друг Пуанкаре<sup>2</sup>;

<sup>2</sup> В передаче В. И. Арнольд добавляет: «Пуанкаре это [теорию относительности] с Минковским обсуждал».

Минковский — учитель Эйнштейна<sup>3</sup>;  
Минковский посоветовал Эйнштейну изучить теорию Пуанкаре<sup>4</sup>;  
Эйнштейн изучил теорию Пуанкаре и опубликовал свою статью без ссылок<sup>5</sup>;  
Эйнштейн в статье 1945 года признал рассказанное выше<sup>6</sup>.

Поговорим об этих «фактах» подробнее.

### Пуанкаре и Минковский

Начнем с первого утверждения Арнольда: «Минковский — друг Пуанкаре». Если про остальные факты из рассматриваемой фразы академика мне с самого начала было ясно, что они «притянуты с потолка», то о дружбе Минковского и Пуанкаре я сначала не мог сказать ничего определенного. В биографиях обоих математиков я таких заключений не нашел, а априори сказать что-либо трудно: вполне возможно, что между крупными учеными в одной и той же области науки установились дружеские отношения. Даже в условиях острой вражды Франции и Германии в то время, когда Франция с позором проиграла Франко-Прусскую войну 1870—1871 годов, а Германия объединилась в 1871 году, прихватив часть спорных территорий у своего поверженного противника. Пуанкаре, кстати, неплохо владел немецким языком, выучив его юношей, «когда в 1870 году его родной город Нанси был оккупирован немцами» [Голдберг, 1974, с. 341]. Напряженность между французами и немцами, возникшая после войны, коснулась и математиков. На международных встречах, конгрессах, конференциях обе стороны старались соблюдать баланс: если французский математик произносил программную речь, то следом слово давали немецкому. Если Второй математический конгресс проходил в Париже в 1900 году, то следующий назначался в Гейдельберге. И тем не менее ничто теоретически не мешало тому, чтобы два знаменитых математика из Франции и Германии стали бы друзьями. До недавнего времени я не мог бы ни опровергнуть, ни подтвердить первый факт из обсуждаемой фразы академика Арнольда. К счастью, в марте 2023 года в журнале «Философия науки» («*Philosophia Scientiæ*») была опубликована статья Клауса Фолькерта (Klaus Volkert) «Три друга-математика о Пуанкаре» [Volkert, 2023], содержащая обзор той части переписки трех выдающихся ученых — Гильберта, Гурвица и Минковского, — которая касается Анри Пуанкаре. Стоит отметить, что все трое друзей-математиков имели отношения к Эйнштейну.

Старший из тройки друзей Адольф Гурвиц родился в Хильдесхайме в 1859 году в бедной еврейской семье. С помощью друзей семьи окончил университет, защитил в 1881 году под руководством Феликса Клейна докторскую диссертацию, в следующем году прошел хабилитацию<sup>7</sup>, но остаться в Гёттингене, чтобы продолжать работать со своим руководителем, он из-за еврейского происхождения не смог, несмотря на все усилия, казалось бы, всемогущего профессора Клейна. В 1884 году двадцатипятилетний Гурвиц получил все-таки место экстраординарного профессора в Кёнигсбергском университете, что избавило его от порядком надоевшей нужды. В Кёнигсберге Гурвиц проработал восемь лет, пока в 1892 году получил заветную должность ординарного

<sup>3</sup> В передаче слова «учитель» нет, а говорится, что Эйнштейн — «ученик» Минковского.

<sup>4</sup> В передаче В. И. Арнольд говорит конкретнее: «Минковский своему ученику, который туда [в Цюрихский политехникум] пришел, посоветовал прочитать работу Пуанкаре».

<sup>5</sup> В передаче В. И. Арнольд говорит еще резче: «Эйнштейн прочитал работу Пуанкаре и вставил в нее недостающие в ней формулы, и это и есть работа Эйнштейна 1905 года».

<sup>6</sup> В передаче Арнольд говорит менее определенно: «в 1940 году или даже позже».

<sup>7</sup> Хабилитация — процесс защиты второй докторской диссертации и получения звания приват-доцента (лицензии на чтение лекций студентам университетов, называемой по-латыни *venia legendi*).

профессора Федерального политехнического института в Цюрихе, где оставался до самой смерти в ноябре 1919 года. Именно Гурвиц руководил обучением Эйнштейна в Цюрихском политехникуме в 1896—1900 годах.

Давид Гильберт, на три года моложе Гурвица, родился в Кёнигсберге в 1862 году в хорошо обеспеченной семье, отец был городским судьей. К приезду Гурвица в Кёнигсберг Гильберт оставался еще студентом местного университета, но уже в следующем году защитил диссертацию, еще через год стал приват-доцентом и оставался в этом звании долгих шесть лет. Только в 1892 году Гильберт получил наконец должность ординарного профессора в родном университете, что позволило Феликсу Клейну пригласить его в 1895 году профессором в Гёттинген. На этой должности Гильберт оставался до 1930 года, когда перешел в статус почетного профессора — эмеритуса. Несмотря на многочисленные приглашения различных университетов со всего мира, Гильберт не покинул Гёттинген до самой смерти в 1940 году. С Эйнштейном его связывает волнующее соревнование, кто первый выведет уравнения движения тела в гравитационном поле. Оба получили окончательный результат в конце ноября 1915 года, причем Гильберт доложил свою работу на заседании Гёттингенского научного общества 20 ноября, а Эйнштейн представил Прусской академии наук свой доклад на пять дней позже — 25 ноября, но соответствующая статья в трудах академии вышла в свет раньше статьи Гильберта. Приведенные даты не позволяют говорить о приоритете Гильберта, так как он в опубликованной статье по материалам своего доклада ссылается на последнюю статью Эйнштейна от 25 ноября. То есть его статья неточно отражает доклад 20 ноября, в нее были внесены изменения уже после опубликования Эйнштейном его финальной статьи по общей теории относительности. Эта почти детективная история хорошо описана в работах Владимира Павловича Визгина, например, в книге «Релятивистская теория тяготения» [Визгин, 1981, с. 310—318]. Важно отметить, что Гильберт никогда не претендовал на авторство общей теории относительности, признавая заслуги и первенство Эйнштейна.

Третий математик из тройки друзей — Герман Минковский — на год моложе Гильберта, родился в 1864 году в состоятельной еврейской семье в городке Алексоты рядом с Каунасом, на территории Российской империи. Когда мальчику было семь лет, семья из-за растущего в России антисемитизма перебралась в Кёнигсберг. Там Герман окончил гимназию, университет, защитил докторскую диссертацию. Звание приват-доцента он получил в 1887 году в Боннском университете. Пять лет ему пришлось ждать там должности экстраординариуса с твердым окладом. В 1895 году, когда Гильберт переехал в Гёттинген, его место в Кёнигсберге занял Герман Минковский, а через год, в 1896 году, его пригласили профессором в Цюрих, где уже четыре года в той же должности вел занятия со студентами Адольф Гурвиц. В том же году Альберт Эйнштейн, окончив кантональную школу в Аарау первым учеником, без экзаменов был принят на отделение VI-A Политехникума.

Из подробной и хорошо документированной статьи Клауса Фолькерта совершенно определенно следует, что ни о какой дружбе между Пуанкаре и немецкими математиками, в частности с Минковским, говорить не приходится. Тем более об обсуждении с Минковским статьи, в которую якобы Эйнштейн только «вставил формулы». Фолькерт прямо подчеркивает: «В противоположность трем друзьям Пуанкаре был математиком, который работал один» [Volkert, 2023, с. 11]. В отличие от общительных «математических друзей», у которых были многочисленные аспиранты и ассистенты, Пуанкаре считался, по словам Фолькерта, солипсистом [Volkert, 2023, с. 13].

Признавая безусловный талант Пуанкаре как математика, «математические друзья» весьма критически оценивали стиль работы француза. В переписке немецких ма-

тематики отмечалась скорость, с которой Пуанкаре писал свои статьи, нередко пренебрегая необходимостью тщательно вычитывать корректуру. Все трое разделяли мнение Феликса Клейна, писавшему Гильберту 6 мая 1886 года:

Из новых публикаций Пуанкаре у меня всегда возникает впечатление, что ему очень хочется что-то опубликовать, даже если новых результатов нет или их мало [Volkert, 2023, с. 12].

Адольф Гурвиц тоже скептически высказывался о результатах Пуанкаре в письме Гильберту от 3 июля 1900 года:

Доказательство Пуанкаре о том, что каждое функциональное отношение может быть униформизировано, кажется мне не совсем правильным, о чем я говорил в своем докладе на Конгрессе [Volkert, 2023, с. 13].

Здесь речь идет о пленарном докладе Гурвица на Первом всемирном математическом конгрессе в Цюрихе в 1897 году. Пуанкаре исправил свое доказательство в 1907 году.

Весьма настороженно относился к Пуанкаре Герман Минковский (ни о какой дружбе тут и речи нет!). В письме Гильберту от 14 февраля 1885 года он пишет:

Я решил некоторые результаты опубликовать прямо сейчас. Они появятся в третьей тетради текущего тома журнала Крелле<sup>8</sup>. Неожиданно почувствовал страх и тревогу, что это может обернуться неприятностью. Пуанкаре, о способности которого работать быстро в разных областях вы должны были слышать, не так давно начал исследования, которые с помощью моих теорем получили бы великолепное завершение. Очень может быть, что после публикации моей работы, получившей премию, он очень легко найдет это завершение [Volkert, 2023, с. 14].

Тут Пуанкаре явно предстает как конкурент, причем обладающий недюжинной силой. То, что в начале 1880-х годов между Феликсом Клейном и Анри Пуанкаре развернулось острое соперничество за первенство в области автоморфных функций, закончившееся победой Пуанкаре и тяжелым нервным заболеванием Клейна, «математическим дружьям» было хорошо известно.

В 1890 году Минковский взялся реферировать работу Пуанкаре о движении трех тел, получившую премию шведского короля Оскара II, для ежегодника «Достижения математики». Другу Гильберту Минковский пишет 22 декабря 1890 года:

Из получившей премию работы Пуанкаре изучил примерно одну треть. После довольно скучной первой главы попадают интересные наблюдения, которые в чем-то напоминают Дирихле. При этом собственно о задаче трех тел я узнал немного [Volkert, 2023, с. 18].

Понятно, что на дружеские отношения между Минковским и Пуанкаре нет и намека. Примерно в том же ключе выдержана вся переписка «математических друзей». Они могли бы встретиться и подружиться во время Математического конгресса в Цюрихе 1897 года, но на него Пуанкаре не приехал: неожиданно у него умерла мать, и его доклад на конгрессе прочитал профессор Политехникума Жером Франель.

<sup>8</sup> Журналом Крелле называли «Журнал по чистой и прикладной математике» («Journal für die reine und angewandte Mathematik»), основанный в 1826 году берлинским математиком Августом Леопольдом Крелле.

Так что можно смело утверждать, что первый факт из анализируемой фразы академика Арнольда — «Минковский — друг Пуанкаре» — в чистом виде выдумка, не имеющая ничего общего с действительностью.

### Минковский и Эйнштейн

Минковский и Эйнштейн пришли в Цюрихский федеральный политехнический институт почти одновременно — в 1896 году: Герман Минковский в качестве ординарного профессора «высшей математики», а Альберт Эйнштейн студентом отделения VI института, на котором готовили учителей-предметников в области математики и естествознания. Отделения Политеха играли роль факультетов в обычных университетах. Всего в институте насчитывалось семь отделений. Отделение VI считалось «мозгом» Политеха, здесь проводились наиболее продвинутое научные исследования. Отделение состояло из двух секций: секция VI-A называлась поначалу «Математической секцией», а в 1899 году была переименована в «Математико-физическую секцию», а секция VI-B называлась «Естественнонаучная секция». В секцию VI-A входили математика, физика и астрономия, в секцию VI-B — другие естественные науки. В годы обучения Эйнштейна Математической, впоследствии Математико-физической секцией руководил выдающийся математик Адольф Гурвиц, один из известной нам тройки «математических друзей». Естественнонаучной секцией руководил геолог Альберт Хайм (Albert Heim). По количеству студентов отделение VI было самым небольшим в Политехникуме: на нем учились всего 23 студента из 841 учащихся в институте. Одиннадцать из этих двадцати трех поступили вместе с Эйнштейном в 1896 году. Среди них была Милева Марич, единственная женщина в секции VI-A.

Обучение студентов в отделении VI проходило не так, как в других отделениях Политехникума. Здесь не было единого учебного плана, каждый студент занимался по плану, разработанному для него научным руководителем секции. За учебную и научную работу Эйнштейна отвечал профессор Гурвиц. Он определял, какие курсы должен посещать студент, какие экзамены сдавать. Гурвиц даже итоговые экзаменационные ведомости, служащие основанием для выдачи диплома, заполнял сам вручную (пишущие машинки тогда были редкостью). Нет ни одного документа или устного свидетельства о том, что профессор Минковский вмешивался в учебный процесс в отделении VI и что-либо советовал или рекомендовал какому-нибудь студенту. Утверждение академика Арнольда о том, что «Минковский — учитель Эйнштейна», может ввести читателя в заблуждение из-за широкого значения слова учитель. Профессор Минковский читал лекции, на которые Эйнштейн мог по желанию ходить, но чаще не ходил, однако научным руководителем Эйнштейна, на чем настаивал академик Арнольд, Минковский безусловно не был. Отметим для полноты картины лекции, прочитанные Германом Минковским в Политехникуме Цюриха в период обучения Альберта Эйнштейна. В первом семестре второго года обучения (1897/1898) Минковский читал лекцию «Геометрия чисел» (2 часа в неделю). Во втором семестре того же года — «Теорию функций» (4 часа) и «Теорию потенциала» (2 часа). В первом семестре третьего года обучения Эйнштейна (зима 1898/1899) Минковский читал «Эллиптические функции» (4 часа), «Аналитическую механику» (2 часа). Во втором семестре того же года — «Алгебру» (4 часа). Наконец, в первом семестре четвертого года (зима 1899/1900) лекциями Минковского были «Уравнения в частных производных» (2 часа), а во втором семестре — «Приложения аналитической механики» (2 часа) [СРАЕ-1, 1987, с. 365–369]. Все эти лекции не относились к обязательным для посещения, и в матрикуле Эйнштейна по ним нет ни одной оценки.

О единственной лекции Минковского, на которой присутствовал Эйнштейн, мы знаем по воспоминаниям однокурсника Альберта Луи Коллроса (Louis Kollros), опубликованным в сборнике «Светлое время — темное время», изданном Карлом Зелигом в память недавно скончавшегося Альберта Эйнштейна [Seelig, 1956]. Коллрос вспоминал:

В нашем последнем семестре Минковский прочитал великолепную лекцию о применениях аналитической механики. Феликс Клейн поручил ему написать статью о капиллярности в Энциклопедию математических наук, а нам первым Минковский рассказал результаты своей работы. В конце лекции Эйнштейн сказал мне с энтузиазмом и немного печально: «Это была первая лекция по математической физике, которую я слушал в Поли». Это означает, что другими лекциями по физике он был не очень доволен [Seelig, 1956, с. 21].

Уже из этой фразы хорошо видно, что никаких научных контактов с Минковским у Эйнштейна за все время учебы не было. Он даже нетвердо знал, как пишется имя профессора. В письме Милеве Марич, написанном в декабре 1901 года, когда он безуспешно искал место ассистента хоть какого-нибудь профессора, а сам подготовил и представил в Цюрихский университет первую диссертацию, которую потом по совету научного руководителя профессора Кляйнера забрал без защиты. Эйнштейн рассказывает своей возлюбленной о судьбе благополучно устроенных соучеников и товарищей и упоминает Эрата, который «будет готовить докторскую под руководством Гайзера, а от смешной темы, предложенной ему Минковским, отказался» [CPAE-1, 1987, с. 330, Doc. 131], при этом имя профессора он написал Minkowsky вместо Minkowski.

Чтобы окончательно убедиться в том, что утверждение академика Арнольда, будто «Минковский посоветовал Эйнштейну изучить теорию Пуанкаре», ни на чем не основано и является выдумкой его автора, приведем фрагмент воспоминаний Макса Борна о Минковском:

Среди его учеников был один, имя которого спустя короткое время многократно упоминалось вместе с его именем, когда специальная теория относительности взволновала умы; речь идет, конечно, об Эйнштейне. Но Минковский его особенно не выделял. Позднее, в 1909 году<sup>9</sup>, когда я уже был сотрудником Минковского по проблемам теории относительности, он сказал мне как-то: «Ах, Эйнштейн, да ведь он всегда отлынивал от лекций, ему я это никогда не доверил бы» [Борн, 1963, с. 402].

Теперь, когда мы разобрались с первыми тремя «завиральными» утверждениями Владимира Игоревича Арнольда, разберемся с двумя последними и, прежде всего, с утверждением, что «Эйнштейн прочитал работу Пуанкаре и вставил в нее недостающие в ней формулы, и это и есть работа Эйнштейна 1905 года».

### Эйнштейн и Пуанкаре

Выступление академика Арнольда в передаче Сергея Петровича Капицы неявно содержит обвинение Эйнштейна в плагиате, именно так понимают сказанное в той передаче большинство противников признанного автора теории относительности. Фактически Владимир Игоревич высказал два суждения:

<sup>9</sup> В этом месте Макса Борна, скорее всего, подвела память. Речь могла идти о 1908 годе. В 1909 году Борн и Минковский не встречались.

1) Пуанкаре первым разработал физическую теорию, которую мы теперь называем специальной теорией относительности;

2) Эйнштейн затем присвоил теорию Пуанкаре.

Если мы покажем, что первое суждение ложно, то и второе не может быть истинной. Прежде всего напомним суть специальной теории относительности в понимании Альберта Эйнштейна, изложенную в статье «К электродинамике движущихся тел», опубликованной в 1905 году. Вся теория выводилась из двух постулатов:

1. Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к которой из двух координатных систем, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно, эти изменения состояния относятся.

2. Каждый луч света движется в «покоящейся» системе координат с определенной скоростью  $V$ , независимо от того, испускается ли этот луч света покоящимся или движущимся телом [Эйнштейн, 1965, с. 10].

Уже в начале статьи Эйнштейн предупреждает читателя, что

введение «светоносного эфира» окажется при этом излишним, поскольку в предлагаемой теории не вводится «абсолютно покоящееся пространство», наделенное особыми свойствами, а также ни одной точке пустого пространства, в котором протекают электромагнитные процессы, не приписывается какой-нибудь вектор скорости [Эйнштейн, 1965, с. 8].

Важно подчеркнуть, что Эйнштейн не пытается, в отличие от Лоренца и Пуанкаре, вывести принципы относительности из динамики. Джон Стэчел, один из наиболее авторитетных исследователей творчества Эйнштейна, выразил его подход к построению теории относительности одним ярким лозунгом: «Сначала кинематика, потом динамика!» [Stachel, 2016, с. 252].

Этот лозунг подкрепляется словами самого Эйнштейна:

Развиваемая теория основывается, как и всякая другая электродинамика, на кинематике твердого тела, так как суждения всякой теории касаются соотношений между твердыми телами (координатными системами), часами и электромагнитными процессами. Недостаточное понимание этого обстоятельства является корнем тех трудностей, преодолевать которые приходится теперь электродинамике движущихся тел [Эйнштейн, 1965, с. 8].

Спустя почти полвека Морис де Бройль, старший брат Луи де Бройля, вспоминал первый Сольвеевский конгресс в Брюсселе в 1911 году, на котором он работал ученым секретарем и редактором трудов конгресса. Это был единственный научный съезд, на котором присутствовали и Анри Пуанкаре, и Альберт Эйнштейн. Морис вспомнил один эпизод их встречи:

Когда Эйнштейн объяснял свою идею, Пуанкаре спросил его: «Какую механику вы используете в своих рассуждениях?» Эйнштейн ответил: «Никакую механику вообще», что явно удивило его собеседника [Stachel, 2016, с. 252].

Пуанкаре понимал принцип относительности как часть динамики, а не кинематики, как считал Эйнштейн. Это различие принципиальное и показывает, что теория относительности в понимании Пуанкаре в корне отличалась от теории Эйнштейна. Поясним это высказываниями самого французского математика.

В конце книги «Наука и гипотеза» в главе «Конец материи» Пуанкаре пишет:

Существенным свойством материи является ее масса, ее инерция. Масса — это то, что всюду и всегда остается постоянной, это то, что продолжает существовать, когда химическое преобразование изменяет все чувственно воспринимаемые качества материи, так что кажется, что мы имеем дело с разными телами. Следовательно, если обнаруживается, что масса, инерция материи в действительности ей не свойственна, что это — приобретенная роскошь, которой она себя украшает, что эта масса, константа по определению, все же сама подвержена изменению, то можно сказать, что материи не существует. А именно об этом и было объявлено [Пуанкаре, 1983, с. 149].

В главе «Взаимоотношения материи и эфира» книги «Последние мысли» мы находим единственное упоминание Эйнштейна в трудах Пуанкаре, сделанное 11 апреля 1910 года на лекции, прочитанной во Французском физическом обществе:

Эйнштейн изучал действие света на молекулы; эти молекулы действительно подвергаются чему-то, напоминающему давление излучения. Эйнштейн, однако, не встал на эту простую точку зрения; он сравнил эти молекулы с малыми подвижными резонаторами, способными обладать сразу и живой силой движения, и энергией электрических колебаний. Результат во всех случаях был один и тот же, он нашел закон Рэлея.

Что касается меня, то я поступил наоборот, т. е. изучил влияние молекул на свет. Молекулы слишком малы, чтобы дать правильное отражение; они производят только рассеяние. Что представляет собой это рассеяние, когда не принимает во внимание движение молекул, мы знаем как на опыте, так и теоретически; оно дает голубой цвет неба. Это рассеяние не изменяет длины волны, но оно тем интенсивней, чем длина волны меньше.

Теперь необходимо перейти от действия молекулы в покое к действию движущейся молекулы, чтобы принять во внимание тепловое движение. Это просто, нам нужно только применить принцип относительности Лоренца; из него следует, что различные пучки одной и той же действительной длины волны, приходя к молекуле по различным направлениям, не будут иметь одинаковой длины волны с точки зрения наблюдателя, считающего молекулу покоящейся. Кажущаяся длина волны не изменится путем дифракции, но не так обстоит дело с действительной длиной волны [Пуанкаре, 1983, с. 487].

В 1910 году Пуанкаре мог без труда сослаться на принцип относительности Эйнштейна, но он принципиально подчеркивает: принцип относительности Лоренца. Лоренц, как и Пуанкаре, не мыслил себе физику без эфира. И Пуанкаре старается примирить это понятие с принципом относительности. Он его формулирует так:

...нет никакого средства для решения вопроса об абсолютном движении, нет ни одного опыта, который мог бы опровергнуть принцип, утверждающий, что нет абсолютного пространства и что мы можем наблюдать только относительные перемещения [Пуанкаре, 1983, с. 500].

Существование эфира чисто умозрительно дает возможность построить абсолютную скорость: «Как абсолютную можно рассматривать в оптике скорость света относительно эфира» [Пуанкаре, 1983, с. 501]. Однако все попытки измерить движение относительно эфира провалились:

Принцип относительности в новой механике не допускает никаких ограничений; он имеет, если можно так выразиться, абсолютное значение [Пуанкаре, 1983, с. 501].

Строя свою «новую механику», Пуанкаре вводит третий постулат, совершенно ненужный в механике теории относительности Эйнштейна:

Необходимо далее сделать третью гипотезу, еще более поразительную и трудно допустимую, так как она плохо увязывается с нашими обычными представлениями. Все тела во время движения изменяют свою форму, сжимаясь в направлении движения: шар, например, превращается в тело, похожее на приплюснутый эллипсоид, малая ось которого параллельна движению [Пуанкаре, 1983, с. 502].

Таковы основы новой механики Пуанкаре. Она находится в полном согласии с принципом относительности. С помощью трех гипотез-постулатов Пуанкаре можно непротиворечиво описать движение тел через эфир: тела действительно сжимаются, время течет медленнее. Эти эффекты есть результат динамики, результат сил, действующих со стороны эфира на молекулы движущихся относительно него тел. В отличие от Эйнштейна, у Пуанкаре «Сначала динамика, потом кинематика!»

После всего сказанного утверждать, что «Пуанкаре первым разработал физическую теорию, которую мы теперь называем специальной теорией относительности», может лишь человек, не разбирающийся в физике или предвзято относящийся к Эйнштейну, что заставляет идти против фактов, или человек, который считает формальный аппарат теории самым важным ее элементом, а физическую интерпретацию теории недооценивает. Именно так рассуждали многие математики. Вот что пишет о математике Пуанкаре академик Виталий Лазаревич Гинзбург:

Таким образом, если судить по опубликованным материалам, Пуанкаре, был, по-видимому, довольно близок к созданию СТО, но до конца не дошел. Почему так произошло, можно только гадать. Возможно, главная причина в том, что Пуанкаре был все же в первую очередь математиком и в этой связи ему особенно трудно было подняться (или опуститься?) до четкого понимания столь важных для физики сторон проблемы, как достаточно определенное уточнение смысла всех вводимых величин и понятий [Гинзбург, 2014, с. 130].

Не исключено, что и академик Арнольд не поднимался (или не опускался) до анализа физического смысла обеих теорий — Лоренца — Пуанкаре и Эйнштейна.

Теория Лоренца — Пуанкаре — это совершенно самостоятельная теория, никак не связанная с теорией Эйнштейна. Обе теории дают результаты, совпадающие с экспериментом. Но физический смысл, заложенный в первую из них, разительно отличается от физического смысла второй.

Чтобы этот вывод стал абсолютно ясен, достаточно посмотреть на рассуждения Пуанкаре о веществе. Он приходит к такому выводу:

При этом новом представлении постоянной массы материи не существует. Инерцией обладает не материя, а эфир; он один оказывает сопротивление движению, так что можно было бы сказать: нет материи, есть только дыры в эфире [Пуанкаре, 1983, с. 503].

Другими словами, реален только эфир, материя — иллюзия! Это ровно противоположно представлению Эйнштейна: реальна материя, эфир — иллюзия! При нали-

чи таких принципиальных различий в подходе к физической реальности у Пуанкаре и Эйнштейна приходится только удивляться, как можно объединять их результаты в одно целое и высчитывать, кто раньше их сформулировал. Как пишет Джон Стэчел, утверждение о том, что Эйнштейн украл результаты Пуанкаре, находится «за пределами разума, но не за пределами рационального объяснения» [Stachel, 2016, с. 254]. Другими словами, объяснить можно каждый конкретный случай беспочвенного обвинения Эйнштейна в плагиате. Часто причина кроется в антисемитизме или национализме обвиняющего. Но «казус академика Арнольда», безусловно, требует поиска другой мотивации.

### Казус академика Арнольда

Почему же такой выдающийся ученый, интеллектуал мирового уровня, как Владимир Игоревич Арнольд, нисколько не стесняясь, поддерживает и распространяет далеко не новую и многократно опровергнутую крупнейшими физиками современности легенду о «плагиате Эйнштейна»? Я не психолог и не берусь разбираться в тонкостях личной мотивации академика Арнольда. Отмечу только три обстоятельства, имеющие отношение к рассматриваемому казусу.

Во-первых, как подчеркивалось выше, и Владимир Игоревич Арнольд, и Анри Пуанкаре прежде всего математики. В этом видит причину того, что Пуанкаре не создал теорию относительности, не только академик Гинзбург, но и один из творцов квантовой механики, земляк Пуанкаре Луи де Бройль:

Еще немного и Анри Пуанкаре, а не Альберт Эйнштейн первым построил бы теорию относительности во всей ее общности, доставив тем самым французской науке честь этого открытия... Однако Пуанкаре так и не сделал решающего шага и предоставил Эйнштейну честь разглядеть все следствия из принципа относительности и, в частности, путем глубокого анализа измерений длины и времени выявить подлинную физическую природу связи, устанавливаемой принципом относительности между пространством и временем. Почему Пуанкаре не дошел до конца в своих выводах? Несомненно чрезмерно критическая направленность его склада мышления, обусловленная, быть может, тем, что Пуанкаре как ученый был прежде всего чистым математиком. Как уже говорилось ранее, Пуанкаре занимал по отношению к физическим теориям несколько скептическую позицию, считая, что вообще существует бесконечно много логически эквивалентных точек зрения и картин действительности, из которых ученый, руководствуясь исключительно соображениями удобства, выбирает какую-то одну. Вероятно, такой номинализм иной раз мешал ему признать тот факт, что среди логически возможных теорий есть такие, которые ближе к физической реальности, во всяком случае лучше согласуются с интуицией физика, и тем самым больше могут помочь ему. Вот почему молодой Альберт Эйнштейн, которому в то время исполнилось лишь 25 лет и математические знания которого не могли идти в сравнение с глубокими познаниями гениального французского ученого, тем не менее раньше Пуанкаре нашел синтез, сразу снявший все трудности, используя и обосновав все попытки своих предшественников. Этот решающий удар был нанесен мощным интеллектом, руководимым глубокой интуицией о природе физической реальности [Гинзбург, 2014, с. 131, сноска 2].

Яркий пример непонимания математиком физической сущности теории относительности мы находим в книге Эдмунда Уиттекера «История теорий эфира и электричества». Это второй том обстоятельной монографии, в которой глава о теории отно-

сительности называется «Теория относительности Пуанкаре и Лоренца» [Уиттекер, 2004, с. 59]. Об этой книге Макс Борн писал Эйнштейну в сентябре 1953 года:

...старый математик, профессор Уиттекер, проживающий здесь после выхода на пенсию и являющийся моим большим другом, написал новое издание своей старой книги: «История теоретических воззрений на эфир», второй том которой уже вышел в свет. В нем, между прочим, содержится также и история релятивистской теории с той только особенностью, что открытие приписывается Лоренцу и Пуанкаре, в то время как твои работы упоминаются попутно. И хотя книга издана в Эдинбурге, я все же не опасаюсь того, что тебе может прийти в голову связать мое имя с этим делом. Я и вправду вот уже три года предпринимал все мыслимое для того, чтобы отговорить Уиттекера от его плана, который он вынашивал уже давно и любил о нем повсюду рассказывать. Я вновь перечитал старые оригинальные статьи, особенно некоторые необычные Пуанкаре, и приносил Уиттекеру переводы немецких работ (мы, например, с преподавателем моей кафедры, д-ром Шлаппом, перевели много страниц из статьи Паули для энциклопедии, для того, чтобы облегчить Уиттекеру его суждение). Но все было напрасно. Он настаивал на том, что все существенное ость уже у Пуанкаре и что Лоренц дал очень четкое физическое толкование. Но я-то точно знаю, как скептически Лоренц относится к этому и сколько потребовалось времени, пока он не стал «релятивистом». Все это я рассказывал Уиттекеру, но безрезультатно [Эйнштейн–Борн, 1974, с. 69].

Ответ Эйнштейна — блестящий образец того, как надо относиться к явно надуманным и ложным обвинениям:

Дорогой Борн! Не беспокойся ты из-за книги этого твоего приятеля! Каждый ведет себя так, как ему представляется правильным, или, выражаясь детерминистски, — как он должен. Если ему удастся убедить других, то это их дело. Сам я, во всяком случае, получил удовлетворение от своих трудов, но не считаю разумным защищать пару результатов как «свою собственность», — подобно тому, как некий старый скряга оберегает пару медяков, которые он с трудом собрал. Я не обижаюсь на Уиттекера, и тебе этого, конечно, делать не следует. Я вообще совсем не вижу необходимости читать эту штуку [Эйнштейн–Борн, 1974, с. 71].

Но вернемся к казусу Арнольда. Второе обстоятельство, которое я хотел бы упомянуть, связано с тем, что история с «приоритетом» Пуанкаре над Эйнштейном — не новая для Владимира Игоревича. Однажды она ему очень помогла добиться желанной цели — издать на русском языке в академической серии «Классики науки» трехтомное собрание сочинений великого французского математика. Первая попытка получить разрешение редакции серии окончилась провалом. Академик А. А. Логунов, возглавлявший редакцию, ответил быстро: «В. И. Ленин раскритиковал махиста идеалиста Пуанкаре в „Материализме и эмпириокритицизме“ в 1909 году, вследствие чего издание каких-либо трудов Пуанкаре в России теперь невозможно» [Арнольд, 2006, с. 12]. Однако Николай Николаевич Боголюбов нашел хитрый ход «преодоления Логунова». Он сыграл на известных всем антисемитизме и антиэйнштейнианстве своего ученика. К заявке Арнольда академик Боголюбов приписал всего несколько слов, что в избранные сочинения Пуанкаре войдут и его работы по теории относительности, опубликованные раньше работ Эйнштейна. Через несколько недель разрешение на издание трехтомника было получено, и три тома вышли из печати в 1972 году, правда, без ожидаемой Логуновым критики работ Эйнштейна [Арнольд, 2006, с. 12–13].

Может быть, после этой успешной операции академик Арнольд и сам поверил, что Пуанкаре первым создал теорию относительности, а Эйнштейн ее у него «перехватил»? Это предположение подкрепляет третье обстоятельство, которое я обещал привести. На первый взгляд в нем нет ничего, что напоминало бы об Эйнштейне и Пуанкаре, но все же считаю полезным его отметить. Речь идет о так называемом сравнении Гудкова. Слово «сравнение» тут означает математическую операцию сравнения по модулю. Вот как описывает суть проблемы нижегородский историк математики Григорий Полотовский:

В 1969 году Д. А. Гудков нашел топологическую классификацию неособых вещественных кривых степени 6, ответив тем самым на один из главных вопросов первой части 16-ой проблемы Гильберта. При этом Гудков, заметив закономерность в таблице реализуемых расположений кривых степени 6, проверил эту закономерность для кривых более высоких степеней, строящихся известными в то время методами, и сформулировал ее в виде сравнения. <...> В том же 1971 году В. И. Арнольд в своей замечательной статье, открывшей, по общему признанию, современный период в исследовании топологии вещественных алгебраических многообразий, доказал указанное сравнение «наполовину», т. е. по модулю 4, а не по модулю 8. В следующем году В. А. Рохлин доказал это сравнение в полном объеме и при этом назвал его гипотезой Гудкова [Полотовский, 2011, с. 230–231].

До 2002 года академик Арнольд был согласен с таким описанием хода событий и даже писал в одной из своих статей, что «настоящая работа не могла бы быть выполнена, если бы Д. А. Гудков не сообщил автору о своей гипотезе» [Полотовский, 2011, с. 231]. Однако в книге «Что такое математика?», вышедшей в 2002 году, Арнольд написал:

Продумывая работу Гудкова, я заметил, что не только для кривых степени 6, но и для всех исследованных им кривых четной степени  $2k$  проявлялись замечательные сравнения по модулю 8 [Арнольд, 2002, с. 42].

Другими словами, не Гудков сообщил Арнольду о своей гипотезе, а сам Арнольд, продумывая работу Гудкова, эту гипотезу сформулировал. Этой версии Владимир Игоревич придерживался до конца жизни, несмотря на то, что ученики Гудкова пытались указать ему на ошибку. Такая «абerrация памяти» иногда случается, когда себе приписываешь то, что узнал от других, но о чем много размышлял и что потом перерабатывал. По словам историка математики Г. Цейтена,

Декарт проявил ту же недооценку того, чем он обязан другим, за которую его упрекали в области философии. Это нередкая ошибка великих умов, которые воспринятое у других тотчас же путем новой и самостоятельной переработки включают в свою собственную систему [Полотовский, 2011].

Возможно, такая же абerrация памяти случилась с академиком Арнольдом и в отношении Эйнштейна и Пуанкаре?

Несмотря на все сказанное, я не исключаю и того, что Владимир Игоревич Арнольд просто разыгрывал, троллил, как сейчас говорят, доверчивого Сергея Петровича Капицу, как когда-то они с Николаем Николаевичем Боголюбовым разыграли академика Логунова.

### Итоги

Какой же урок преподносит нам казус Арнольда? Очень простой, его давным-давно сформулировал упомянутый Рене Декарт: «Подвергай все сомнению!» Не надо верить на слово никому, даже таким авторитетам, как академик Владимир Игоревич Арнольд. У меня нет никакой надежды на то, что небольшой «сеанс разоблачения», проведенный в этой работе, сколько-нибудь уменьшит число эйнштейноненавистников, до сих пор использующих выступление академика Арнольда у Сергея Капицы в качестве главного козыря против Эйнштейна. Я думаю о другом. Никогда умаление и принижение одного великого ученого не возвышало другого, считавшегося конкурентом или соперником первого. Мы должны отдать должное каждому — и необыкновенному дару лучшего физика-теоретика второй половины XIX века Антону Лоренцу, и невероятной прозорливости и математическому гению Анри Пуанкаре, и феноменальной физической интуиции и смелости Альберта Эйнштейна, всегда готового к революционным преобразованиям в теории. Широте души и благородству мы можем у них учиться. Показательный случай приводит Абрахам Пайс в своей биографии Эйнштейна:

В 1953 г. Эйнштейн получил приглашение принять участие в намечавшихся в Берне торжествах по поводу 50-летия создания теории относительности. Он ответил, что по состоянию здоровья приехать не может. В том же письме Эйнштейн впервые (насколько мне известно) упомянул о роли Пуанкаре в создании СТО: «Я надеюсь, что будут должным образом отмечены заслуги Г. А. Лоренца и А. Пуанкаре» [Пайс, 1989, с. 167].

А за два месяца до кончины в письме биографу Карлу Зелигу Эйнштейн четко определил свою роль и роль своих коллег в создании специальной теории относительности:

Вспоминая историю развития специальной теории относительности, мы можем с уверенностью сказать, что к 1905 г. открытие ее было подготовлено. Лоренц уже знал, что преобразование, получившее впоследствии его имя, имеет существенное значение для анализа уравнений Максвелла, а Пуанкаре развил эту мысль. Что касается меня, то я знал только фундаментальный труд Лоренца, написанный в 1895 г., но не был знаком с его более поздней работой и со связанным с ней исследованием Пуанкаре. В этом смысле моя работа была самостоятельной. Новой в ней была мысль о том, что значение преобразования Лоренца выходит за рамки уравнений Максвелла и касается сущности пространства и времени. Новым был и вывод о том, что «инвариантность Лоренца» является общим условием для каждой физической теории. Это было для меня особенно важно, так как я еще раньше понял, что максвелловская теория не описывает микроструктуру излучения и поэтому не всегда справедлива [Зелиг, 1964, с. 60].

Важно подчеркнуть, что все три главных участника релятивистской революции — Лоренц, Пуанкаре и Эйнштейн — не участвовали в спорах о приоритете. Никто из них ни единым словом не упрекнул другого в присвоении чужого авторства. Об отношении Эйнштейна к притязаниям на авторство теории относительности мы уже говорили. Лоренц публично признал, что Эйнштейн — автор новой теории, а сам даже не хотел становиться ее соавтором, так как это означало расставание с милым его сердцу эфиром. Макс Борн в своей лекции «Физика и относительность», прочитанной в Берне 16 июля 1955 года, приводит слова Лоренца, сказанные во время лекции в Гёттингене в 1910 году: «Обсуждать принцип относительности Эйнштейна здесь,

в Гёттингене, где преподавал Минковский, кажется мне особенно приятной задачей» [Борн, 1973, с. 235].

То есть то, что для Уиттекера звучит как «Принцип Лоренца–Пуанкаре», для самого Лоренца означает просто «Принцип Эйнштейна». Не зря Эйнштейн писал 15 ноября 1911 года своему швейцарскому другу Генриху Цанггеру после возвращения с первого Сольвеевского конгресса:

Лоренц — чудо разума и такта, живое произведение искусства! По-моему, из всех присутствовавших теоретиков он обладал наиболее мощным интеллектом [Einstein — Zangger, 2012, с. 61].

Пуанкаре упорно молчал о теории Эйнштейна, даже когда в 1909 году читал лекции в Гёттингене, но никаких претензий к самому Эйнштейну никогда не высказывал. А когда в 1911 году Цюрихский политехникум, собираясь предложить Эйнштейну должность профессора, попросил Пуанкаре дать характеристику Эйнштейна, Пуанкаре ответил:

Господин Эйнштейн — один из самых оригинальных мыслителей, которых я знал; несмотря на молодость, он уже занимает очень почетное место среди ведущих ученых нашего времени. Особое восхищение вызывает та легкость, с которой он воспринимает новые концепции и делает из них все возможные выводы. Он не придерживается классических представлений и, столкнувшись с любой физической проблемой, быстро схватывает ее суть. Это позволяет ему предсказывать новые явления, которые позднее, возможно, удастся проверить экспериментально. Не думаю, что все его гипотезы выдержат проверку опытом, когда такая проверка станет возможной. Так как он одновременно работает по разным направлениям, скорее всего, большинство путей, по которым он идет, заведет в тупик; но следует надеяться, что хотя бы одно из намеченных им направлений окажется верным, и этого будет достаточно [Пайс, 1989, с. 165–166].

Не будем строго судить осторожность Пуанкаре в оценке гипотез Эйнштейна, которые практически все подтвердились экспериментом. Благородство главного соперника Эйнштейна на звание автора теории относительности в этом поступке очевидно.

Так стоило ли так подробно заниматься «казусом Арнольда»? Не лучше ли, по примеру Эйнштейна и Пуанкаре, не поднимать вопрос приоритета, не реагировать на чьи-то обвинения и нападки? Утверждение, что Эйнштейн позаимствовал теорию относительности у Пуанкаре (реже у Лоренца), можно найти в десятках книг, сотнях видеоканалов, тысячах статей... Всем эйнштейноненавистникам не ответишь, всех не разоблачишь! Это так, но высказывания академика Арнольда в авторитетных научных журналах, в собственных книгах, по Центральному телевидению — это особый случай. Слишком велик авторитет этого выдающегося математика, гордости современной науки. В руках антиэйнштейнцев «казус Арнольда» сродни оружию массового поражения — он способен сбить с толку миллионы доверчивых зрителей и читателей. Остаться равнодушным к такого рода одурачиванию населения — значило бы предать память великих основоположников современной физики.

### Литература

- Арнольд В. И. Что такое математика? М.: МЦНМО, 2002.  
Арнольд В. И. Истории давние и недавние. М.: ФАЗИС, 2005.  
Арнольд В. И. Недооцененный Пуанкаре. Успехи математических наук, с. 4–24. 2006. Т. 61, вып. 1 (367).

- Арнольд В. И. К восьмидесятилетию. М.: МЦНМО, 2018.
- Борн Макс. Физика в жизни моего поколения. Сборник статей. М.: Издательство иностранной литературы, 1963.
- Борн Макс. Физика и относительность. В книге: А. А. Тяпкин (составитель). Принцип относительности. Сборник работ по специальной теории относительности, с. 232–239. М.: Атомиздат, 1973.
- Визгин В. П. Релятивистская теория тяготения. М.: Наука, 1981.
- Гинзбург В. Л. О теории относительности. М.: URSS, 2014.
- Голдберг С. Молчание Пуанкаре и теория относительности Эйнштейна. Эйнштейновский сборник 1972, с. 341–358. М.: Наука, 1974.
- Зелиг К. Альберт Эйнштейн. М.: Атомиздат, 1964.
- Пайс Абрахам. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1989.
- Полотовский Г. М. Несколько замечаний о мифотворчестве в истории математики. В книге: В. В. Афанасьев (ред.). Труды IX Колмогоровских чтений, с. 229–232. Ярославль: Ярослав. гос. пед. ун-т им. К. Д. Ушинского, 2011.
- Пуанкаре Анри. О науке / Пер. с франц. М.: Наука, 1983.
- Уиттекер Э. История теорий зира и электричества. Современные теории. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.
- Переписка А. Эйнштейна и М. Борна. В книге: У. И. Франкфурт (составитель). Эйнштейновский сборник 1972. М.: Наука, 1974.
- Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел. Собрание научных трудов: В 4 т. Т. I. Работы по теории относительности. 1905–1920, с. 5–35. М.: Наука, 1965.
- The Collected Papers of Albert Einstein. Vol. 1. The Early Years, 1879–1902. John Stachel (editor). Princeton: Princeton University Press, 1987.
- Poincare Henri. La mesure du temps. Revue de Metaphysique et de Morale. Paris, 1898. Vol. 6, p. 1–13.
- Seelig Carl (Hrsg.). Helle Zeit – Dunkle Zeit. Zürich, Stuttgart, Wien: Europa Verlag, 1956.
- Stachel John. Poincare and the origins of special relativity. HOPOS. The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science, p. 242–256. 2016. Vol. 6.
- Volkert Klaus. Drei mathematische Freunde über Poincare. Philosophia Scientiæ, 27–3. 2023.
- Seelenverwandte. Der Briefwechsel zwischen Albert Einstein und Heinrich Zangger. 1910–1947. Zürich : Verlag Neue Zürcher Zeitung, 2012.