



Научная жизнь

СТЕНОГРАММА

совместного заседания ученого совета Института философии
и права СО РАН и ученого совета философского факультета
Новосибирского государственного университета, посвященная
Международному году физики, 100-летию специальной
теории относительности и гипотезы световых квантов

17 ноября 2005 г.

г. Новосибирск

Целищев В.В. (д.филос.н., проф., директор Института философии
и права СО РАН, председатель ученого совета Института): Уважаемые
коллеги, слово предоставляется Диеву Владимиру Сергеевичу.

Диев В.С. (д.филос.н., проф., декан философского факультета
НГУ, председатель ученого совета факультета): Спасибо. Уважаемые коллеги, у нас сегодня совместное заседание двух ученых советов: ученого совета Института философии и права и ученого совета философского факультета.

Мы собрались по очень важному, торжественному поводу: 16 ноября 1945 года, ровно 60 лет назад, было образовано ЮНЕСКО. Пять лет назад ЮНЕСКО учредило Всемирный день философа, и вот уже пять лет отмечается этот день философа – наш профессиональный праздник. ЮНЕСКО в том пресс-релизе, что вышел 5 лет назад, обратило внимание на то, что оно придает большое значение философии, потому что без философии нет культуры, культура погружена в философию. Философское образование предполагает формирование критического мышления, что способствует прогрессу, демократии, и поэтому ЮНЕСКО всячески поддерживает развитие философии во всем мире. Кроме того, я еще хотел бы

сказать, что в этом году в Москве состоялся IV-й Всероссийский философский конгресс.

Мировое философское сообщество неплохо организовано: с 1900 года каждые пять лет проводятся философские конгрессы. Перерыв был только во времена Первой и Второй мировых войн. Последний Всемирный философский конгресс состоялся в 2003 году, следующий будет в 2008 году в Сеуле. По нарастающей идет и проведение российских конгрессов: в 2005 году состоялся очень представительный философский форум, на котором было принято решение провести V-й Всероссийский конгресс в Новосибирске. Это будет первый конгресс за Уралом.

Кроме того (и это главная причина, по которой мы здесь собирались), в этом году отмечается 100 лет специальной теории относительности, и ЮНЕСКО в связи с этим объявило 2005 год Международным годом физики. Этой тематике и будут посвящены два доклада – доклад Целищева Виталия Валентиновича и доклад Симанова Александра Леонидовича. И я предоставляю слово Виталию Валентиновичу Целищеву.

Целищев В.В.: Мой доклад будет состоять из трех частей. Первая часть – небольшая историческая справка и попытка рассказать о мифологии, которая сложилась вокруг этого важного события в науке, вторая часть будет посвящена некоторым деталям, связанным с самой теорией относительности, третья – оценке того, что мы сейчас имеем с этого.

Первое. Традиционно считается, что современная наука, т.е. новая физика, которая дала начало новому мировоззрению, родилась в 1905 году с утверждением специальной теории относительности. Такая датировка является оправданной с той точки зрения, что до сих пор мировоззрение было ньютоновским, в том смысле, что взгляд на мир был механистическим. Грубо говоря, мир представлялся в виде объектов, подобным бильярдным шарам на бильярдном столе, которые воздействуют друг на друга механическим образом. Естественно, такое объяснение полупримитивно, но тем не менее механистическое восприятие реальности, которое доминировало 300 лет, проникло глубоко в литературу, в искусство, в любом случае – это было общее мировоззрение. Традиционно считается, что такого рода мировоззрение было потрясено специальной теорией относительности, которая родилась со статьей, опубликованной в 1905 году молодым клерком Бернского бюро патентов Альбертом Эйнштейном. Теория относительности была призвана разрешить одно очень важное затруднение, которое возникло в стройном здании ньютоновской классической физики. Дело заключается

в том, что в классической науке понятие одновременности является абсолютным. Это означает, что есть космические часы, которые абсолютно везде и абсолютно одновременно показывают одно и то же время. Но эта точка зрения наткнулась на экспериментальные и, как потом выяснилось, на теоретические затруднения. Теоретические затруднения заключались в следующем. Максвелл разработал электродинамику, согласно которой сигнал не может распространяться быстрее, чем скорость света. Этот пункт являлся очень важным, потому что при этом оказалось, что для того, чтобы узнать, что одно событие «там» одновременно с событием «здесь», требуется передать сигнал, с помощью которого можно было бы удостовериться, что действительно «там» и «здесь» – 5 часов. Но сигнал идет с некой конечной скоростью, со скоростью света. Это означает, что ему требуется некоторое время, и тогда выясняется, что пока мы сообщаем, что «там» 5 часов, «здесь» уже пройдет больше времени, которое требуется для прохождения сигнала. Таким образом, проблема одновременности являлась затруднением и была одним из пунктов, которые портили стройное здание классической физики. Я не буду говорить о прочих тонкостях, но скажу относительно мифа, что эта проблема родилась внезапно и долго обсуждалась, и были предложения, которые легли в основу нового взгляда, новой теории, которая называется специальной теорией относительности.

Казалось бы, что теория, которая по-новому трактует одновременность, должна опираться на какие-то экспериментальные данные. К их числу относят результаты опыта Майкельсона – Морли, с помощью которого пытались определить, будет ли скорость света больше, если источник света движется с некоторой скоростью. Скажем, Земля движется с громадной скоростью, и если послать в одном направлении луч света, то он должен двигаться быстрее, чем в обратном. Но эта разница в скоростях не была обнаружена, что явилось экспериментальным основанием для полного осознания того, что с одновременностью тут нужно разбираться. Однако знал ли об этом эксперименте Эйнштейн в тот период, когда писал статью «К электродинамике движущихся тел»?

Мы в журнале «Философия науки» опубликовали перевод статьи Галлисона, известного американского историка, который доказывает, что проблема одновременности не родилась в умах ученых, а являлась чуть ли не технической проблемой. Дело в том, что в конце XIX века в Европе очень бурно развивались железные дороги. Железные дороги – это расписание, расписание означает одновременность. Мы посыпаем

поезд из Цюриха, который должен прийти в Стамбул в назначенное время, но для этого необходимо синхронизировать часы. Но поскольку скорость передаваемого сигнала отнюдь не равна скорости света (телефон или подобные технические средства передачи сигнала передают этот сигнал отнюдь не со световой скоростью), возникла техническая проблема, каким образом можно синхронизировать часы по всей Европе, т.е. проблема той самой одновременности. Приходило огромное количество заявок на патенты, в которых предлагались различные варианты решения данной проблемы. Было принято предложение собирать эти заявки в городе Берне, в Патентном бюро. А как вы знаете, в этом бюро работал клерк, на котором все эти заявки и «сходились» – Эйнштейн. По большому счету, это очень важный момент, до сих пор малоизвестный. Галлисон, видный историк науки, открыл нам новую главу в истории решения проблемы одновременности. Но до того нам надо отметить, что выдающийся ученый Лоренц, один из столпов физики XIX века, пытался понять, каким образом понятие одновременности можно применить к классической электродинамике. Он выдвинул очень интересную гипотезу, которая сводилась к тому, что тела, которые движутся с определенной скоростью, сокращаются. Эта гипотеза была очень странной, поскольку трудно было представить себе механизм, по которому материальные тела сокращались бы. Чуть позднее Пуанкаре, величайший математик конца XIX века, выдающийся популяризатор и философ, опубликовал две очень важные статьи (в 1902 и 1904 годах), где проблема одновременности решалась им с очень интересными последствиями.

Как бы то ни было, 1905 год считается годом рождения теории относительности, и спор о приоритете, о том, кто на самом деле автор этой теории, в настоящее время в научном сообществе решен однозначно. У профессионалов эта теория называется «специальная теория относительности Лоренца – Пуанкаре – Эйнштейна – Минковского». Минковский – это математик, который совершенствовал формализм теории относительности. В популярных кругах, у журналистов теория относительности называется теорией Эйнштейна. Но исторически правильно, справедливо и необходимо указывать всех предшественников, которые так или иначе участвовали в создании этой теории.

В чем важность специальной теории относительности? Специальная теория относительности не является настолько важной в мировоззренческом плане теорией в физике, как, например, квантовая механика. Квантовая механика катастрофически изменила восприятие нашего мира.

Теперь мир не представляется строго детерминированным, как это считалось в течение огромного периода развития науки. Философские, методологические и мировоззренческие последствия становления и развития квантовой механики оказались катастрофическими для классического мировосприятия: по большому счету, в итоге попыток интерпретации результатов опытов и формализма, полученного на основе этих опытов, перед отцами-основателями квантовой механики «предстала» абсолютно непонятная, абсолютно нелогичная вселенная. Последовательное развитие квантовой механики и обсуждение ее идей уже в конце 80-х годов прошлого века, то есть совсем недавно, показало, что если квантовая механика верна, то мир предстает перед нами не как некая реальность, а как некий набор абстрактных структур. В этом плане теория относительности, конечно, не может сравниться по своей значимости с квантовой механикой, но тем не менее она была первой физической теорией, формирующей новый взгляд на мир, так как показала, что пространство и время, главные действующие лица на сцене Вселенной, не являются абсолютноими. Это был громадный шок, и в этом смысле, с точки зрения философского осмысления, теория относительности является чрезвычайно важной. Конечно, для философов ситуация крайне запутана, потому что наука требует некоей осмотрительности в ее интерпретации. Я очень люблю полушутилый афоризм Бурбаки: порядочная философия должна отставать от науки лет этак на пятьдесят. Афоризм этот оправдан, потому что существуют скороспелые интерпретации, которые приводят к неверным выводам. Например, делается вывод, что специальная теория относительности упразднила абсолютное время и пространство, но общая теория относительности, которая была создана через 10 с лишним лет и которая принадлежит Эйнштейну, которая считается обобщением специальной теории относительности, фактически восстановила абсолютное пространство и время. Но на самом деле философские интерпретации абсолютного всегда сложны. И если спросить по большому счету в терминах нынешних космологических теорий, которые базируются на общей теории относительности, являются ли пространство и время относительными или абсолютными, однозначный ответ на этот вопрос дать очень сложно.

Чем важна теория относительности для философов? Дело в том, что зачастую наши взгляды на мир могут быть двух типов, т.е. сциентистскими, основанными на научных теориях, и спекулятивными. В 1959 году мне попалась книжка Владислава Ридера, сына очень

известного ученого, под названием «Введение в космологию». Прошло меньше полувека, с тех пор много чего произошло, и взгляд на космологию, представленный там с так называемых диалектических позиций, является уже чисто спекулятивным. Эта книга ничего общего не имеет с тем, что мы сейчас думаем, и все благодаря тому, что бывают два взгляда. Повторяю – основанных на научных теориях и основанных на спекулятивных философских теориях. К сожалению, нельзя немедленно отдать предпочтение ни тому, ни другому, потому что многие научные интерпретации самых свежих научных теорий оказываются либо поспешными, либо не очень основательными, либо по большому счету являются повторением старых философских тезисов.

Спросите публику, которая несведуща в науке или в философии, а собственно, какова природа Большого взрыва, каков стандартный взгляд на происхождение Вселенной? Действительно ли Вселенная родилась 14 или 19 миллиардов лет тому назад? Какова разница между, скажем, библейским взглядом о том, что Вселенную создал Бог, и утверждением, что ее породила некая квантовая флуктуация? Мы не имеем полностью и достаточно обоснованного объяснения в рамках стандартной теории, почему и чего ради родилась Вселенная. В свое время Августин Блаженный высказал воистину удивительную точку зрения, которая в настоящее время фактически является метафорическим выражением научных представлений. Отвечая на очень важный для теологов вопрос, а почему Бог создал Вселенную в определенное время и что было до этого, Августин высказал тезис, что до сотворения мира не было ни пространства, ни времени, поэтому рассуждать о том, что было до этого, нелепо. Современная космология также полагает, что с рождением Вселенной было создано и пространство, и время. Этим примером я хочу показать, что обычно в современной науке мы имеем очень сложное переплетение обыденных представлений, технических терминов, технических представлений о результатах науки и общефилософских спекулятивных предположений, которые сплетены в очень тесный узел, и «перевести» их корректно на обыденный язык, как это зачастую делают в научно-популярных произведениях, очень и очень трудно, потому что любая картина мира коренится в очень глубоких понятиях, которые коренятся в свою очередь в глубинных пропонятиях, и на обыденном языке выражаться могут только в метафорах.

Я хотел бы закончить свое выступление перед более техническим выступлением Александра Леонидовича вердиктом: есть некие символы

в человеческой культуре, зачастую эти символы связаны с мифами. Мифология подобного рода является, может быть излишней, может быть необходимой, трудно сказать, но в любом случае имеются некие памятные знаки, которых не миновать, есть некие культурные вехи. 1905 год в этом смысле является культурной вехой, поскольку в этом году было много событий, и так получилось, что этот год является годом рождения нового физического представления о Вселенной, о пространстве-времени и пр. Надо заметить, что в теории относительности мы имеем, повторяю, смешение чисто технического результата, некоего мифологического образа, некоей философской метафоры о структуре пространства-времени. Специальная теория относительности является чем-то в высшей степени абстрактным, это чисто расчетная теория, с помощью которой проектируются в наше время ускорители, с помощью ее рассчитываются процессы, связанные с большими скоростями, т.е. фактически это рабочая теория. В настоящее время о теории относительности ни один физик не говорит с придыханием, это просто стандарт. Когда она была объединена с квантовой теорией микрочастиц, которые двигаются с большой скоростью, стало ясно, что она является непременной частью стандартного взгляда на Вселенную, т.е. это техническая теория. А с другой стороны – она является для нашей публики апофеозом сложности, потому что это действительно радикальная ломка нашего представления о пространстве-времени. Когда студентам объясняют знаменитую метафору – поезд Эйнштейна, и понятие одновременности, всегда происходит некое затруднение, хотя логически там все ясно. Почему? Потому, что каждый из нас интуитивно верит в абсолютное пространство, в абсолютное время, не потому что относительные пространство и время сложны, а потому, что сами абсолютные понятия пространства и времени являются у нас, по Канту, врожденными, что ли. Эти представления являются настолько фундаментальными, очевидными и настолько важными, что они «засели» в нас сильнейшим образом, и с тех пор философы, те, кто не работает в области философии науки, предпочитают именно ньютоновско-кантовский взгляд на пространство и время, несмотря на его спорность, устарелость и т.п.

Может быть, есть какие-нибудь вопросы?

Вопрос: Может быть, я ошибаюсь, но видимо, скоро теория, о которой идет речь, будет сдана в музей древностей. Правильно я говорю?

Целищев В.В.: Нет, она никак не может быть сдана в музей древностей. Она является частью современной физики. Все, что дви-

жется с большой скоростью, может быть описано только с помощью этой теории.

Вопрос: Может быть, появится теория, которая по-другому будет объяснять мироздание?

Целищев В.В.: Гипотезы такого рода появляются постоянно. Проблема заключается в том, чтобы появился фундаментальный повод для радикальных изменений современных физических представлений. С точки зрения современной космологии, которая является основой нашего понимания Вселенной, «смена караула» происходит каждые два-три года.

Реплика: Даже чаще.

Целищев В.В.: В этом смысле мы находимся, так сказать, в состоянии полной турбулентности.

Вопрос: Простите мое невежество, но назовите еще какие-нибудь интересные работы Эйнштейна после 1905 года. Были такие?

Целищев В.В.: У Эйнштейна была очень странная судьба. В 1905 году он опубликовал три очень важных работы, потом он создал общую теорию относительности, которая является основой космологии, а потом его поразила трагедия. В чем она заключалась? Эйнштейн, один из провозвестников квантовой механики, в нее не поверил категорически, и всю свою оставшуюся жизнь пытался найти более фундаментальную теорию, которая бы не носила вероятностный характер. Широко известен его афоризм – Бог не играет в кости. Но ввиду того, что мистическое направление науки шло по пути квантовой механики, Эйнштейн стал маргиналом, величайшим маргиналом, т.е. человеком, который стал заниматься неизвестно чем.

Диев: Если больше вопросов нет, я благодарю Виталия Валентиновича за блестящий доклад. Александр Леонидович, вам слово.

Симанов А.Л. (д.филос.н., проф., зав.сектором философии науки Института философии и права, главный редактор журнала «Философия науки»): Я бы хотел поделиться с вами своими размышлениями по поводу судьбы и специальной, и общей теории относительности, моим пониманием места и роли этих теорий в здании физики и моим представление о том, какое влияние оказали эти теории на развитие философской мысли. Но хочу отметить еще один факт: 1905 год – не только год выхода в свет статьи «К электродинамике движущихся тел», где Эйнштейн излагает теорию относительности почти в полном объеме. В конце года выходит другая его статья, где он выводит

широко известное соотношение $E = mc^2$. Специальная теория относительности полностью завершена (в 1907–1908 гг. Г.Минковский придал ей современную тензорную форму, оформил математически строго и четко на языке четырехмерной псевдоевклидовой геометрии). Но 1905 год – это еще и год выхода статей Эйнштейна, где он устанавливает и объясняет законы фотоэффекта и высказывает гипотезу световых квантов. Поэтому в 2005 году исполнилось 100 лет и этой гипотезе световых квантов, ставшей одним из первых шагов к созданию квантовой механики. Так что получается двойной юбилей.

Но что же предшествовало специальной теории относительности Эйнштейна? Правильно было сказано Виталием Валентиновичем, что большой вклад в интерпретацию принципа одновременности внесли Г.Лоренц и А.Пуанкаре. Мало того, Пуанкаре в работе 1904 года, т.е. за год до Эйнштейна, сформулировал три постулата. Первый постулат – что скорость света является величиной постоянной и не зависит от скорости движения источника света. Второй постулат – во всех инерциальных системах отсчета все физические явления протекают одинаково. И третий постулат как раз касается сокращения длины в направлении движения тела: при больших скоростях в направлении движения тела его линейный размер уменьшается. Я акцентирую ваше внимание именно на том, что здесь три постулата. У Эйнштейна в его работе «К электродинамике движущихся тел» всего два постулата, те, которые у Пуанкаре идут под первым и вторым номером. Может быть, это и послужило одной из причин дискуссии по поводу приоритета. Неизвестно, знал Эйнштейн об этой работе Пуанкаре или нет, он на Пуанкаре в течение всей своей научной жизни ссылался всего два раза, как видно по анализу его трудов, которые все опубликованы, за исключением мелких заметок. Другой физик – Лоренц, разработал теорию электрона, в которой с классических позиций пытался решить проблему эфира, согласовать уравнения электродинамики с галилеевыми преобразованиями и сохранить классический вариант одновременности. В этой теории он получил все уравнения, связанные с изменением длины, замедлением времени и увеличением массы при больших скоростях. Теория Лоренца была сугубо динамической: он пытался использовать понятие силы для объяснения всех этих эффектов – сокращения длины, увеличения массы и т.п. Согласно данной теории изменение длины имело чисто физический характер, это была «деформация» тела. Но такое изменение длины невозможно обнаружить

никакими средствами, никакими экспериментами, так как для измерения длины необходимо приложить линейку к движущемуся телу, а если мы прикладываем линейку к движущемуся телу, то и размер линейки уменьшится настолько же, насколько и длина этого тела. В итоге сокращение длины есть принципиально ненаблюдаемое явление.

В классических представлениях к ненаблюдаемым явлениям относятся, скажем так, отрицательно: если мы этого не можем наблюдать, значит этого не может быть. Это была одна из причин, я подчеркиваю, одна из многих причин, почему теория Лоренца не была принята.

Сейчас мы не будем дискутировать, насколько Эйнштейн был знаком с работами Лоренца, Пуанкаре, это неважно. Важно то, что Эйнштейн пошел совсем другим путем. Он использовал не динамический, а кинематический подход. Положив в основу два постулата, которые почти слово в слово совпадают с двумя первыми постулатами Пуанкаре, Эйнштейн приходит к выводу о необходимости пересмотра принципа одновременности. Пересмотр принципа одновременности позволяет ему понять, что пространство и время нельзя рассматривать отдельно друг от друга как абсолютно независимые друг от друга характеристики, с помощью которых описывается движение тела. Далее в этой работе выводятся те же самые формулы, которые получил Лоренц, но, как можно видеть, из других исходных посылок.

В данном случае, на мой взгляд, бессмысленна дискуссия на тему, кто является автором специальной теории относительности. Да, Лоренц эти формулы получил раньше Эйнштейна. Может быть, Эйнштейн и был знаком с ними (вопрос дискуссионный), но получил он их другим путем, опираясь на другие исходные основания. Мало того (и в этом заключается принципиальная разница между Лоренцем и Эйнштейном, позволяющая считать специальную теорию относительности теорией все-таки Эйнштейна, не Лоренца – Пуанкаре – Эйнштейна, а именно Эйнштейна), он оформил все это в виде единой замкнутой теоретической концепции, в виде единой логически замкнутой теоретической модели. В истории науки можно найти аналогичные ситуации. Мы говорим, что у Ньютона были предшественники, начиная с Галилея. Ньютон сам признает, что он смог разработать свое учение только потому, что стоял на плечах гигантов – мы говорим о классической механике Ньютона и его теории тяготения. Классическая механика Ньютона послужила теоретической и эвристической основой для разработки того раздела физики, который называется «Теоретическая механика», и действительно оказала фактически

решающее воздействие на формирование классического механистического мировоззрения. Но при этом классическая механика Ньютона, изложенная в «Математических началах натуральной философии», растворилась в методологических, мировоззренческих, философских и конкретно-научных подходах к объяснению мира и выкристаллизовалась в конечном итоге в виде четкого математического аппарата аналитической механики, из которой был изгнан во многом физический дух при сохранении полностью математического духа. Аналитическая механика – абстрактная математическая теория. Она описывает движение и поведение одной материальной точки или системы материальных точек. Вводится понятие абсолютно твердого тела. Ясно, что в природе не существует ни этих материальных точек, ни этого абсолютно твердого тела. В природе все гораздо сложнее. Но тем не менее математический аппарат, который можно использовать без какой-либо физической, так скажем, онтологической интерпретации, дает следствия, проверяемые в ходе экспериментов, проверяемые в ходе практической деятельности. Мы делаем вывод о том, что аналитическая механика является верной. Далее появляется электродинамика.

Да, кстати, в связи с этим отметим еще один, на мой взгляд, важный момент. Если брать в самом общем плане, в физике два подхода, точнее два варианта становления новой теории. Первое – это когда анализируется набор эмпирических данных, обобщаются эмпирические данные, выявляются связи между числами, которые появляются в ходе эксперимента, либо между качественными описаниями, устанавливаются законы и на основе этих законов формулируется более общая теория. Грубо говоря – это индуктивный метод (от частного к общему).

Есть другой вариант: берутся совершенно очевидные и стандартные положения, которые постулируются или формулируются в виде аксиом, определяются правила работы с этими аксиомами, и далее строится конкретная теория.

Собственно говоря, Ньютон так и поступил. Его «Математические начала натуральной философии» начинаются с определения фундаментальных базовых понятий массы, количества движения, пространства, времени, движения и др. А далее следующий раздел называется «Аксиомы или законы движения», где он формулирует (а не выводит каким-либо способом) именно как аксиомы известные нам три закона – закон инерции, закон связи массы и ускорения и закон равенства действия и противодействия. А далее геометрическим языком выводит следствия

из этих законов и, соответственно, доказывает их, а при анализе законов Кеплера приходит к выводу закона всемирного тяготения.

Путь электродинамики был другой. Длительный, начиная с Фалеса, период накопления эмпирического материала, обнаружение, опять же случайно, эмпирическим путем, в ходе экспериментов, связи электричества и магнетизма определили необходимость соответствующего теоретического обобщения. Не могут ученые, в том числе и мы с вами, не обобщать данные так, чтобы построить какую-то модель исследуемых явлений. Построение таких моделей – это стандартный путь познания.

Максвелл поначалу исходил из механической аналогии. Он пытался обобщить все экспериментальные данные, опираясь на позиции механистического мировоззрения. Первый шаг оказался безуспешным, и он пошел другим путем. Он фактически получил формулы не путем логического вывода из каких-то исходных положений, а путем анализа результатов экспериментальных данных. Этот тщательный анализ и привел его к формулировке электродинамики, которая оказалась в противоречии с классическими представлениями, прежде всего с принципом относительности Галилея. Постоянная, которую Максвелл вынужден был ввести в свои уравнения, оказалась той самой скоростью света, которая не зависит от скорости движения источника света. Кстати, этот факт экспериментально был зафиксирован еще в конце XVIII столетия в опытах по определению скорости света, но почему-то на него физическое сообщество внимания не обратило. А вот с появлением электродинамики об этом явлении вспомнили. Раз так, то $c + 1$ у нас дает все равно c , это следует из электродинамики. Однако по классическим представлениям, в соответствии с принципом относительности Галилея, $c + 1$ дает нам 300001 км/сек, т.е. мы должны скорости складывать, и в итоге у нас получается все большая скорость. Но скорость света так складывать нельзя. $c + c$ дает не $2c$, а c . Эту проблему необходимо было как-то решить.

Была и другая проблема, связанная с эфиром. Светоносный эфир – это та среда, которая, как казалось, была необходима для объяснения волнового распространения света. Первые этапы развития электродинамики, казалось бы, подтверждали существование эфира. Однако дальнейшее ее развитие показало несостоятельность всех классических трактовок эфира как среды, ответственной за передачу электромагнитных излучений. Каждый из оптических экспериментов и наблюдений в движущихся средах при некоторых дополнительных допущениях

легко мог быть объяснен в рамках существующих классических представлений, связанных с ньютоновской абсолютностью пространства и времени. Однако интерпретации одних экспериментов и наблюдений противоречили интерпретациям других, так как требовали несовместимых допущений. Наиболее важными оказались результаты трех эмпирических данных: наблюдения aberrации, опыта Физо и опыта Майкельсона. И нужно было найти либо другие подходы к его изучению, либо убрать из физики. Лоренц пытался спасти концепцию эфира именно своей теорией движения электронов, в соответствии с которой в направлении движения уменьшается линейный размер объектов в силу действия неких сил. Поэтому его подход, помимо других причин, я и назвал динамическим подходом.

Сокращение Лоренца мыслилось имеющим место и в то же время принципиально необнаруживаемым ни в одном явлении, кроме отсутствия размывания интерференционной картины световых лучей, для объяснения которого оно и было специально придумано. Это яркий пример принципиально непроверяемой гипотезы, так как она не ведет ни к каким наблюдаемым результатам, кроме тех, для объяснения которых она специально и придумывается. Такие гипотезы называются гипотезами *ad hoc* («для данного случая») и в отличие от истинных гипотез, дающих систематическое решение широкого круга проблем, предлагают решение одной проблемы и часто входят в противоречие с рядом уже хорошо известных и апробированных результатов.

В контексте сохранения идеи эфира Лоренц рассмотрел также вопрос о том, достаточно ли принять гипотезу сокращения, для того чтобы вывести принцип относительности. Полученный им результат столь же поразителен, как и гипотеза сокращения: в инерциальной системе необходима новая мера времени. Лоренц назвал это время, изменяющееся при переходе от одной инерциальной системы к другой, *местным временем*. Обе гипотезы совместно требуют, чтобы пространство и время в движущихся системах и в покоящемся эфире измерялись различным образом. В этой новой теории Лоренца принцип относительности справедлив для всех электромагнитных явлений в любой системе отсчета независимо от того, покоятся ли она в эфире или движется в нем равномерно и прямолинейно, то есть не существует физически выделенной абсолютной системы отсчета. Но таким образом, никакое конкретное положение в эфире не имеет физического смысла и тем самым эфир теряет свойства реальной субстанции. Действительно, если любой из

наблюдателей, движущихся относительно друг друга, может с равным правом утверждать, что именно он покоится в эфире, то какой физический смысл имеет такой принципиально ненаблюдаемый эфир?

Итак, развитие идеи эфира, который должен был служить переносчиком электромагнитных взаимодействий, привело не просто к системе эмпирических и теоретических противоречий, но и к отрицанию самой этой идеи. Остается проблема – построить новую теорию, опирающуюся на существующую эмпирическую базу, но без привлечения идеи эфира. Именно эту проблему и решил Эйнштейн.

Эйнштейн фиксирует в формулировке своего постулата, что скорость света *в пустоте* является величиной постоянной и независящей от состояния движения излучающего тела. И в итоге для теории относительности эфир становится ненужным.

С одной стороны, это явилось победой СТО, но с другой стороны, это оказалось, на мой взгляд, и поражением ее по той простой причине, что данный подход приводил (в чисто познавательных позициях) к утере наглядности и утере связи с онтологией, с реальностью. И действительно, в природе же не существует систем инерциальных в полном смысле этого слова, т.е. тех систем, которые двигаются равномерно и прямолинейно. В природе не существует пустоты, хотим мы этого или не хотим. Ввели понятие поля, затем понятие вакуума, чтобы заменить понятие пустоты. Нужна постоянно какая-то среда, из которой рождается мир, среда, которая передает взаимодействие и т.д. Эйнштейн это понимал, и, размышляя над этим постулатом, пытаясь распространить идеи специальной теории относительности на все системы отсчета, независимо от того, с какой скоростью и с каким ускорением они двигаются, он приходит к идеи общей теории относительности. Изначально это не была для него теория тяготения. Изначально он предполагал, и сам писал об этом в автобиографических заметках, и в переписке отмечал, перенести теорию относительности на любые системы, но оказалось, что этот перенос приводит к новой теории тяготения, которая имеет принципиально локальный характер, что существенно отличает общую теорию относительности от специальной теории относительности, где локальность или нелокальность не имеет никакого значения.

Другой важный момент, говорящий о том, что специальная теория относительности в каком-то смысле потеряла связь с реальностью, является то, что, исключив динамику и взяв кинематический подход, Эйнштейн, а вслед за ним в 1912 году и Минковский, создают

чисто математическую модель. Да, эта математическая модель описывает поведение объектов, движущихся с большими скоростями, описывает, но ничего не объясняет. И вот еще один интересный момент. Специальная теория относительности, строго говоря, экспериментально проверена только на микрообъектах. В основном это ускорители, и используется ее формализм при расчете ускорителей. Что касается макро- и мегамира, мы понимаем и отдаляем себе отчет в том, что здесь она тоже работает, аппарат ее позволяет описать движение той же ракеты, летящей с околосветовой скоростью. Но здесь мы вступаем в мир парадоксов, на которых я не буду детально останавливаться. Я имею в виду парадокс близнеццов и другие парадоксы, которых много в СТО, как и в любой научной теории, начиная с теории Ньютона, которая также полна парадоксов. Но наличие парадоксов не означает, что теория является неполной, недостаточной или неверной. Именно парадоксы устанавливают поле действия теории, ее пределы, указывают границы описания реальности. И СТО имеет свое поле действия, свой набор объектов, которые она описывает, и не надо ее экстраполировать на весь окружающий мир.

А вот с общей теорией относительности ситуация несколько иная. При разработке общей теории относительности Эйнштейн приходит к выводу о необходимости использовать понятие гравитационного поля, и утверждает, что гравитация обусловлена искривлением пространства, вызванном распределением масс в этом пространстве. В итоге он объединяет понятия пространства, времени, массы, материи, как говорили философы в оные времена, и энергии. Масса, пространство, время, энергия. И уже здесь появляется в новом свете старая философская проблема. Как известно, существует множество определений массы. Так, только Ньютон дает два определения массы и подспудно у него есть еще третье определение массы – гравитационной массы. Нет единого определения понятия массы, как и других фундаментальных для физической теории понятий – пространства, времени, энергии и др. Виталий Валентинович в своем выступлении упоминал о пропонятиях. И действительно, на самом деле все научные теории, не только физические, но и в целом в науке, базируются на понятиях, используют понятия такой степени общности, что их определить чисто логически, формально, невозможно. Интуитивно мы понимаем, о чем идет речь, мы можем конкретизировать эти понятия применительно к каким-то конкретным задачам, и отлично понимаем, что

когда мы рассчитываем массу, то если мы берем задачи, связанные с тяготением, речь идет о гравитационной массе, или, допустим, если классическая механика рассматривает движение тела по инерции или под действием какой-либо механической силы, речь идет об инертной массе. Общая теория относительности, объединив понятия пространства-времени, массы и энергии, поставила проблему интерпретации этих понятий, выявления их содержания и смысла.

Интересен еще и тот факт, что специальная теория относительности работает на всех масштабах, применима для расчета поведения элементарных частиц, общая же теория относительности для микромира в принципе неприменима. Общая теория относительности, которая выросла из специальной теории относительности, оказалась еще более ограниченной в своей применимости, ограниченной прежде всего в масштабном плане – и не столько макро-, сколько мегамиром. Общая теория относительности привела прежде всего к формированию научных космологических моделей. Первая такая модель (стационарная) была разработана Эйнштейном. Потом Фридман в 20-х годах показал, что решение уравнений общей теории относительности может быть иным, чем предложил Эйнштейн. Появились несколько нестационарных моделей Вселенной. Космология получила очень бурное развитие, а последние лет десять космологический сценарий меняется, уточняется не каждые два года, а может быть, даже каждый год, в связи с анализом последних наблюдательных данных, которые получаем прежде всего с космических обсерваторий, и развитием физики высоких энергий, где ОТО, как уже упоминалось, не работает. Но именно взаимодействие ОТО и физики высоких энергий позволяют нам создавать научную картину Вселенной.

Но мы говорим о судьбе СТО прежде всего. Специальная теория относительности достоверно проверена на малых масштабах и вполне применима. Мы пока не можем разгоняться до околосветовых скоростей, но знаем, что она вполне справедлива для макро- и мегател, но, повторяю, и это сугубо мое мнение, специальная теория относительности – это исключительно математическая модель. Это абстрактная теория, имеющая конкретные следствия, а вот следствия ее имеют определенный физический смысл, который мы пока тоже не понимаем все-таки. Да, мы видим замедление времени в системах, движущихся с околосветовыми скоростями. Так, например, опыты с пи-мезонами показывают, что время жизни пи-мезона маленько с точки зрения

самого пи-мезона. Он очень быстро распадается, но если он движется с большой скоростью, то нам, наблюдающим движение пи-мезона, кажется, что он живет долго. Экспериментальный факт, мы это фиксируем, рассчитываем, предсказываем. Но почему так происходит, мы не знаем. Видимо, вопрос «почему?» характерен только для динамического подхода, который, например, применил Лоренц при разработке своей теории электрона. Он там пытался ответить, «почему», и до этого были попытки ответить на вопрос «почему?» (правда, по поводу других объектов), но с появлением специальной теории относительности все чаще физики стали задавать не вопрос «почему?», а вопрос «как?», хотя подспудно вопрос «почему?» существует, и появляются теории, которые пытаются объяснить те или иные процессы. Но чаще всего эти гипотезы сменяются другими гипотезами и не живут. Эйнштейн тоже задавался вопросом «почему?». Почему происходит сокращение, почему растет масса? И в 1932 году, выступая с лекцией, заявил что видимо в физику придется вернуть эфир. Только эфир придаст физике онтологический, а иными словами, физический смысл. В этом смысле нужно сказать, что Эйнштейн стоял очень строго на классических позициях.

Получается так, что сам Эйнштейн не отказывался полностью от идеи эфира, понимая, что любая теория имеет лишь определенную конечную область действия, обусловленную как исходными посылками самой теории, в частности, так и познавательной ситуацией, в целом. Конечно же, это уже не эфир классической физики, но нечто другое, однако имеющее некоторые абсолютные характеристики. Но и эта абсолютность гносеологическая, а не онтологическая. Иными словами, возможные абсолютные характеристики эфира (если он, конечно, существует) абсолютны только для него и для той физики, которая опирается в своих теоретических представлениях на идею эфира. Во всех остальных случаях (особенно при большей степени обобщения, т.е. создания теории более общей, чем теории, опирающейся на идею эфира) данные характеристики могут иметь относительный характер. Но можно ли всерьез говорить сейчас о физических теориях, опирающихся на идею эфира, особенно после впечатляющих, триумфальных успехах теории относительности и квантовой механики? Рассмотрим, как видел эту проблему Эйнштейн.

С точки зрения Эйнштейна, в основу представлений о существовании эфира легли явления, которые породили теорию дальнодействия,

и свойства света, которые привели к волновой теории света. Но, кроме того, и это, на мой взгляд, более существенно и важно для правильного понимания проблемы эфира, гипотеза эфира вызвана к жизни стремлением к единобразию в понимании природы сил. Теория эфира нашла сильную поддержку в опыте Физо, из которого можно было заключить, что эфир не принимает участия в движении тел. Опыт Физо является фундаментальным и для специальной теории относительности. Явление aberrации света точно также говорило в пользу теории квазивердого эфира. Однако, как я уже говорил, развитие электродинамики привело к изменению представлений об эфире. СТО, казалось бы, завершила дискуссию об эфире, вообще отказав ему в существовании. Но считая, что логически концепция эфира не является вполне ложной, Эйнштейн, исходя прежде всего из своих представлений о симметрии и асимметрии, заявляет, что в СТО нет места эфиру. Между тем далее он утверждает, что специальная теория относительности не требует безусловного отрицания эфира; не следует только заботиться о том, чтобы приписывать ему определенное состояние движения. Это очень важное утверждение, так как оно фактически легализует поиски эфира и придает этим поискам вполне конкретное направление – эфир, возможно, существует, но нельзя связывать его с механическими (в классическом смысле и в смысле СТО) явлениями. Кроме того, по его мнению, общая теория относительности (ОТО) оправдывает такое представление. Эйнштейн не принимает эфир для СТО как кинематики, но не принимает и мнение, что существует пустое пространство, не имеющее никаких физических свойств. А отрицать существование эфира для Эйнштейна то же самое, что и соглашаться с существованием такого пустого пространства. И, по Эйнштейну, решение проблемы эфира возможно, если бы удалось объединение в одну общую картину гравитационного и электромагнитного полей. Тогда была бы достойно завершена эпоха теоретической физики, начатая Фарадеем и Максвеллом; сгладилась бы противоположность между эфиром и материей, и вся физика стала бы замкнутой теорией, подобной общей теории относительности, охватывающей геометрию, кинематику и теорию тяготения.

Таким образом, согласно Эйнштейну, эфир, возможно, существует, на что указывает ОТО, наделяющая пространство физическими свойствами. Однако этот эфир не обладает свойствами весомой материи и к нему нельзя применять понятие движения как в смысле классической механики, так и в смысле СТО. Но попытки Эйнштейна разработать такую

единую теорию электромагнитного и гравитационного взаимодействия оказались безуспешными.

Таким образом, несмотря на то, что он был одним из авторов квантовой механики, несмотря на то, что он расширил рамки учения о движении, он не отрицал, не отвергал напрочь классические представления. Он продолжал стоять на классических позициях, на позициях, которые заставляли его задавать вопрос «почему?» и заставляли его искать не только единую теорию гравитации и электромагнетизма, но и «скрытые параметры в квантовой механике», которые решали бы проблему вероятностного поведения одной-единственной квантовой частицы. И в течение всей оставшейся жизни он разрабатывал единую теорию и искал эти параметры, активно дискутируя с физическим сообществом, в частности, с Бором, и предложил ряд интересных мысленных экспериментов для того, чтобы доказать свою правоту, но Бор успешно отбивал эти аргументы, основанные на мысленных экспериментах. И в конце концов Эйнштейн занялся только разработкой единой теории поля, которой занимался до конца своей жизни. Здесь он выглядел действительно маргиналом, но его маргинальность носила прозорливый характер. Все-таки физики всегда стремились создавать единые теории, даже в том случае, если не хватает математической, формальной, теоретической и эмпирической базы. Вспомним того же Ньютона. Фактически его классическая механика есть, может быть, первая единая теория, которая описывает гравитацию, и поведение всех макроскопических тел. Вторая единая теория – это электродинамика Максвелла, которая описывает электрические, и магнитные, и оптические явления, объединяя их в единое электромагнитное взаимодействие.

И хотя попытка, предпринятая Эйнштейном, была безуспешной, в 60–70-е годы появляется новая единая теория, и тенденции к разработке единой теории всего сейчас, в конце XX и начале XXI столетия, видны в публикациях физиков очень четко. Вся фундаментальная физика стремится к созданию единой теории, и в этом смысле Эйнштейн был продолжателем этой линии разработки единых физических теорий и хранителем этой традиции, этой тенденции. Хотя со стороны тех, кто решал конкретные задачи, он действительно был маргиналом и занимался непонятно чем. Но эта маргинальность предвосхитила, а в какой-то степени и предопределила, ключевую линию развития современной фундаментальной физики. Собственно и строго говоря, все исследования Эйнштейна, истинные или ошиб-

бочные, повлияли на развитие всего физического познания самым определяющим образом.

Благодарю за внимание.

Вопрос: Что значит скорость света?

Симанов А.Л.: Скорость света – это скорость, с которой движутся фотоны. Маленький нюанс – она измерена как средняя скорость, на самом деле, не из точки *A* в точку *B*, а из точки *A* через точку *B* в точку *A*.

Вижу, Юрий Исаевич не согласен, но все-таки те эксперименты, которые пытались измерить скорость света в одном направлении, смотрятся сомнительно, на мой взгляд. Это вопрос дискуссионный, но это не мешает нам утверждать, что скорость света – есть величина постоянная во всех направлениях.

Мы не можем остановить, локализовать фотон, фотон участвует в абсолютном движении, и двигается всегда со скоростью света в данной среде. Этот момент очень интересен тем, что почему бы не допустить существование противоположности? Если у нас есть абсолютное движение, то почему нет абсолютного покоя? Эйнштейн, задумываясь над этим, приходит к выводу, что в случае абсолютного покоя мы должны иметь некую абсолютную систему отсчета, а мы ее не наблюдаем. И сейчас развивается, особенно активно западными физиками, в отличие от нас, двойная специальная теория относительности, а то и даже тройная, где пытаются на основе планковских величин выйти на решение проблемы абсолютности покоя. Но что это такое – это отдельный разговор.

Диев В.С.: Еще вопросы, пожалуйста.

Вопрос: В истории философии, истории науки было два основных понимания пространства: ньютоновское пространство как вместелище вещей, и декартовское пространство как свойство материи. В физике традиционно было принято именно ньютоновское понимание, т.е. вместелище вещей. Вопрос такой: как изменилось понимание пространства после общей теории относительности?

Симанов А.Л.: В общей теории относительности пространство понимается геометрически, и искривления носят геометрический характер. Геометрия меняется, причем меняется локально, от точки к точке, в зависимости от распределения масс.

Что же касается физического понимания пространства, то мы до сих пор даже не решили проблему размерности пространства-времени. Есть два варианта теории суперструн, которые пытаются решить эту проблему и выявить физическую сущность, физическую природу пространства.

В соответствии с первой точкой зрения наше пространство 10-мерно, в соответствии с другой точкой зрения – 26-мерно. Это вопрос пока еще нерешенный, здесь очень сложный математический аппарат, и эту математику пока специалисты в области математической физики не понимают и не знают, как решать эти задачи. Есть уравнения, но не знают, как их решать.

Вопрос: Теория одновременности – в отношении социума это работает или нет?

Симанов А.Л.: Работает, работает. Если уж совсем кратко, то об этом говорит тот факт, что у людей стало традиционным говорить, что все в мире относительно, это идет от СТО.

Вопрос: Ну, а как филологи могут использовать СТО?

Симанов А.Л. – А какой смысл филологам использовать специальную теорию относительности?

Вопрос: Но зачем тогда философы занимаются СТО?

Симанов А.Л.: Философы занимаются филологией также. Те философы, которые занимаются философией науки, пытаются понять основания и закономерности развития любой научной теории, что касается квантовой механики, что касается консонантов в филологии, что касается разных лингвистических теорий. Философы пытаются понять: что, где, как, почему происходит и развивается теория, вывести закономерности эволюции науки и научных теорий.

Диев В.С. Слово Юрию Исаевичу.

Наберухин Ю.И. (д.х.н., проф.): В обоих докладах я увидел много дискуссионных моментов, и получается, что проблема в общем-то не исчерпана. Но я не буду на них останавливаться. Я хотел бы подчеркнуть два момента, о которых еще не говорилось.

Первое. Все-таки, конечно, специальная теория относительности – это теория Эйнштейна. Почему он ее создал? Потому что он правильно поставил вопрос, который не ставили его предшественники, это вопрос о статусе времени, и нашел способ решения, ответ на этот вопрос, и только на этом пути построил специальную теорию относительности. У него время стало зависеть от скорости, этого не было ни у Пуанкаре, ни у Лоренца, ни у кого-либо другого. Он поставил вопрос таким образом: что нужно сделать, чтобы время в физике было не пустым словом, а имело конкретное содержание? Отвечая на этот вопрос, он и построил свою теорию. Это важный момент.

Теперь второй момент, еще может быть более важный для всей науки: как Эйнштейн предложил решать этот вопрос. Он впервые выдвинул

важный методологический принцип, который потом распространился на всю физику. Нужно придумать мысленный эксперимент, представить, как можно измерить то или иное свойство, допустим, время. Как это осуществить? И он предлагает операциональный подход к этому решению вопроса. Он впервые ввел в физику и вообще в науку операционалистическую методологию. Она потом развилась, и квантовая механика вообще невозможна без операционалистической методологии. Вся интерпретация квантовой механики Бора – это чистая операционалистика. Это важнейший момент, и с этого момента стала возможна содержательная философия науки. Этот философский принцип ввел Эйнштейн, и таким образом у профессиональных философов появилась возможность обсуждать на серьезном уровне физические проблемы.

Последний момент, который я хотел отметить – я совершенно не согласен с тем, что специальная теория есть расчетная схема и ничего более. Конечно, она общепринята в физике, как таблица умножения, так сказать, но до сих пор в литературе идут споры о философско-методологических проблемах специальной теории относительности, а не общей. До последнего времени идут споры о проблеме конвенционализма в СТО. Через неделю я буду делать обзор на семинаре у Симанова этой огромной литературы, из которой видно, что все не так просто.

Есть два способа научного мышления: теоретический и спекулятивный. А операционализм – это связь спекулятивного с теоретическим. Это очень сильный методологический прием. История физики XX века показала мощь этого приема.

Диев В.С.: Я хочу дать небольшой комментарий, прежде чем поблагодарить Александра Леонидовича за его прекрасный доклад, ясный, понятный, хотя иногда он увлекался и пугал нас: пусть дело СТО живет и побеждает.

На этом объединенное заседание ученых советов считается закрытым.