

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

А. ЭЙНШТЕЙН И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА *)

И. Е. Тамм

Настоящая сессия Отделения физико-математических наук Академии наук отмечает собою два события: во-первых, 50-летие со времени выхода в свет статьи Эйнштейна «Электродинамика движущихся тел», в которой были заложены основы теории относительности, и, во-вторых, кончину Эйнштейна, последовавшую 18 апреля этого года.

Эйнштейн, которого Ленин назвал одним из великих преобразователей естествознания, по праву сопоставляется с Ньютоном. Это сопоставление справедливо, по-моему, не только в том смысле, что Ньютон и Эйнштейн знаменуют собою вершины человеческих достижений в познании природы, вершины, доминирующие над 300-летним периодом развития точных наук и непосредственно перекликающиеся друг с другом на этом громадном расстоянии. Эйнштейна и Ньютона можно, по-моему, сопоставить и в том смысле, что Ньютон заложил основы современного естествознания, а творение Эйнштейна — теория относительности — увенчала собою здание классической физики. Надо сказать, что часто под классической физикой понимают физику дорелятивистскую и доквантовую. Несмотря на всю глубину преобразования, совершенного теорией относительности в физике, мне кажется более правильным понимать под классической физикой физику макрокосма, включая и теорию относительности, в отличие от квантовой физики микрокосма. Несомненно, что дух мышления теории относительности есть дух мышления классической физики и что теория относительности увенчала собою здание классической физики, что только она придала

*) Вступительное слово на заседании Отделения физико-математических наук 30 ноября 1955 г., посвященном пятидесятилетию теории относительности.

классической физике необходимую последовательность, стройность и полноту.

Таким образом, Эйнштейн завершил дело, начатое Ньютоном.

Наряду с этим создание теории относительности имело громадное значение для дальнейшего этапа развития физики.

Ещё во второй половине прошлого века в трудах Максвелла и Больцмана зародилась та концепция статистической физики, которая в наше время привела к созданию квантовой механики. Основы этой физики микрокосма глубоко отличны от основ физики макрокосма, увенчанного созданием теории относительности. Эйнштейн способствовал созданию квантовой механики не только тем, что в том же знаменательном 1905 г., в котором им были заложены основы теории относительности, он впервые выдвинул радикально новую гипотезу световых квантов (именно за эту работу ему была в 1922 г. присуждена Нобелевская премия). Эйнштейн сделал для создания квантовой физики, быть может, больше, чем кто-либо из непосредственных её творцов, потому что само создание теории относительности проложило путь для новых фундаментальных преобразований физики.

Для материалистов-диалектиков всегда было в принципе ясно, что, с одной стороны, наши человеческие представления и понятия не априорны, а являются обобщением опыта человечества, что, с другой стороны, природа не исчерпаема и что поэтому наши понятия и представления имеют ограниченную применимость. Поэтому всякий раз, когда мы проникаем в круг новых, неизведанных явлений, оказывается необходимым видоизменить и обобщить основные научные понятия и представления для того, чтобы с их помощью стало возможным охватить и этот новый круг явлений. Тем не менее, к концу прошлого века среди физиков распространилась известная самоуверенность и самодовольство — преобладало мнение, что основные физические закономерности уже выяснены, остались доделки — пусть существенные, но всё же не выходящие за рамки твёрдо установленных основ. Такой выдающийся физик, как В. Томсон (лорд Кельвин) выступил именно с такого рода заявлением в речи, произнесённой при наступлении нашего столетия. При этом он, правда, оговорился, что на ясном и спокойном физическом небосклоне пока ещё не рассеялись два облачка — одно, связанное с опытом Майкельсона, другое — с так называемой ультрафиолетовой катастрофой, возникающей при рассмотрении теплового равновесия между веществом и излучением. Из первого «облачка» возникла впоследствии теория относительности, из второго — квантовая теория.

Создание теории относительности в корне разрушило это неправильное научное умоностроение, создало понимание того, что каждый новый этап развития физики неизбежно требует коренного пересмотра, обновления и расширения самых фундаментальных её

основ и понятий, таких, например, как понятия пространства и времени.

Это новое научное уонастроение проложило путь и для создания крантовой физики. Оно же, несомненно, сыграет решающую роль при разрешении тех фундаментальных проблем, которые возникли в настоящее время в теории элементарных частиц и теории явлений, протекающих при экстремально больших энергиях, проблем, решение которых, по моему убеждению, поднимет физику на новую ступень ещё при жизни всех нас здесь находящихся. Можно не сомневаться, что это новое научное уонастроение окажет существеннейшее влияние и на развитие других естественных наук.

Необходимо отметить и другую сторону дела. Развитие теории относительности не только оказало революционизирующее влияние на всю физику, но наряду с этим подчеркнуло и преемственность в развитии науки. На примере теории относительности особенно выпукло выявился тот факт, что каждый новый этап развития науки не перечёркивает и не отвергает предшествующий, а включает его в себя в качестве частного случая более общих закономерностей. Так классическая механика является частным случаем релятивистской механики при скоростях, малых по сравнению со скоростью света.

По общепринятой, хотя, быть может, и не совсем удачной, терминологии говорят о специальной и об общей теориях относительности. Большинство докладов на нашей сессии посвящено развитию общей теории относительности, только в первых двух обзорных докладах будет идти речь и о специальной теории относительности. Объясняется это тем, что специальная теория достигла такой степени законченности, что в настоящее время речь может идти не столько об её дальнейшем развитии, сколько об её применениях к различным физическим явлениям. Справедливость специальной теории относительности не может вызывать сомнений. Она подтверждена не только опытами, специально поставленными для её проверки, но и, что ещё важнее, совпадением с опытом всей совокупности следствий современной физической теории, одной из важнейших основ которой она является. Больше того, специальная теория относительности вошла в современную технику и служит основой не только для конструкции ускорителей, но и для многих важнейших технических расчётов, связанных с применением атомной энергии. Поэтому я ограничусь только одним замечанием по поводу специальной теории относительности.

Эта теория не только коренным образом видоизменила наши представления о пространстве и времени, но и выявила зияющую логическую недостаточность прежних представлений. Так, например, теперь стало очевидным, что важнейшее понятие одновременности или, говоря обще, понятие последовательности во времени двух событий, пространственно удалённых друг от друга, в дорелятиви-

стской физике вообще не имело никакого однозначного, определённого смысла. Опираясь этим понятием в дорелятивистской физике неявно предполагали существование сигналов и действий, мгновенно распространяющихся на любые расстояния, тогда как на самом деле в природе таких сигналов и действий не существует. Эта логическая несостоятельность старых представлений представляется нам теперь почти самоочевидной.

Всё научное творчество Эйнштейна с необычайной выпуклостью показывает, что коренные успехи в познании природы достигаются глубоким логическим анализом некоторых немногих основных узловых опытных фактов и закономерностей, которые нужно уметь выделить из колоссального количества сведений и фактов, дающих своей огромной массой на исследования в любой отрасли современной науки.

Особенно характерна в этом отношении история создания общей теории относительности. К созданию этой теории привёл Эйнштейн анализ простейшего, давно уже хорошо известного факта: — отношение инерциальной массы тела к его весовой массе одинаково для всех тел. Принцип эквивалентности ускорения и поля тяготения, лежащий в основе общей теории относительности, является в сущности непосредственным обобщением этого давно известного простейшего факта.

Я не могу удержаться, чтобы не упомянуть в связи с этим о замечании, сделанном Эйнштейном лет 15 тому назад. Шёл разговор о том, что в связи с открытием большого числа элементарных частиц, в частности мезонов, назрела проблема построения теории элементарных частиц. Эйнштейн всегда считал, что уже электрон — атом электричества — является чужеземцем в стране классической электродинамики. В этом упомянутом мною разговоре он сказал, что, казалось бы, уже факт существования электрона должен был быть достаточным для построения основ общей теории элементарных частиц. Это, несомненно, гипербола, но она очень характерна для Эйнштейна, и поучительно противопоставить её широко распространённой точке зрения, что решению фундаментальных проблем науки необходимо должно предшествовать накопление огромного количества экспериментальных данных. В действительности пример как специальной, так в особенности общей теории относительности показывает, что решающую роль для построения фундаментально новой теории играет глубокий логический анализ узловых опытных фактов. Конечно, следствия из теории должны быть проверены затем на максимально обширном опытном материале.

Общая теория относительности, как известно, включает в себя рациональную теорию тяготения. Эта теория тяготения находится в таком же отношении к ньютоновской теории тяготения, в каком современная электродинамика относится к теории электричества,

основанной на применении одного лишь кулоновского закона взаимодействия зарядов. Вместе с этим общая теория относительности решила вопрос, который пытался разрешить ещё наш Лобачевский путём измерения суммы углов большого треугольника: она показала, что наше реальное физическое пространство не евклидово, а обладает кривизной. Наконец, решив проблему геометрии в обычных человеческих масштабах и в малых астрономических масштабах — я имею ввиду масштабы Солнечной системы или нашей Галактики, — теория относительности впервые создала теоретическую базу для исследования геометрии и больших астрономических масштабов, масштабов космологических. Теперь, когда новейшие телескопы проникают вглубь вселенной на миллиарды световых лет, проблемы космологии стали доступными экспериментальному исследованию, и можно не сомневаться, что эйнштейновская теория относительности явится надёжной руководящей нитью при проникновении человека в этот новый неизведанный круг явлений, подобно тому, как классическая физика, атомная физика и электронная теория сыграли руководящую роль при проникновении вглубь микрокосма. Конечно, так же как изучение микрокосма привело нас к новому этапу физики — квантовой теории, которая неожиданным для всех образом видоизменила исходные физические представления, так и будущая космология, при создании которой общая теория относительности будет играть несомненно решающую роль, может оказаться очень далёкой от той, какой мы её себе сейчас можем представить.

Я хотел бы сделать ещё одно последнее замечание. 101 год тому назад Риман в своей диссертации, представленной для получения звания доцента, высказал глубочайшую мысль. Рассматривая метрику или мероопределение пространств, он отметил, что существуют две и только две возможности: либо пространство дискретно, тогда его метрика заложена в нём самом, она даётся простым счётом дискретных элементов; либо пространство непрерывно, тогда его метрика не может быть заключена непосредственно в нём самом, а должна обуславливаться извне, т. е. должна определяться, по тогдашней терминологии Римана, внешними связующими силами — *bindende Kräfte*.

Эйнштейн доказал созданием своей теории, что метрика нашего реального мира — четырёхмерного пространства-времени — относится ко второму из указанных Риманом типов, а именно, что она определяется находящимися в пространстве массами (включая и массу, несомую, например, светом и другими формами энергии). Однако в последнее время развитие квантовой физики поставило по-новому вопрос о пространстве и времени в микрокосме. Пока можно, конечно, только гадать о том, как разрешится этот вопрос, но мне представляется весьма вероятным, что в микрокосмических масштабах пространство дискретно, т. е. что в микрокосме осуществляется первая из указанных Риманом возможностей. Отмечу при этом, что

в рамках классических представлений дискретное пространство, т. е. нечто вроде совокупности узлов кристаллической решётки, не может не быть анизотропным, т. е. что оно несовместимо с требованием равноправия всех пространственных направлений. Однако квантовые представления, как показал Снайдер, открывают возможность совместить дискретность пространства с его изотропией и однородностью.

Никто не может, конечно, предсказать, каким будет дальнейшее развитие физики, но одно, мне кажется, можно утверждать с несомненностью — идеи Эйнштейна, его анализ понятий пространства и времени и взаимосвязи пространственно-временных соотношений с находящейся в пространстве и времени материей могут претерпеть в дальнейшем глубокие изменения, но именно они несомненно послужат отправной точкой целой исторической эпохи дальнейшего развития физики.
