

## КОММЕНТАРИИ

Понятие массы — одно из основных понятий физики. Его структура носит сложный характер. Отвлекаясь от этой сложности, специалист-физик работает с тем или иным аспектом этого понятия. Он может определять массу как меру инерции тела или как меру гравитации (инертная и гравитационная массы). Оставаясь на почве классической физики, он может говорить о массе как о количестве материи, т. е. о числе частиц в данном объеме тела. При этом физик оперирует понятием пассивной гравитационной массы и активной гравитационной массы, имея в виду некоторое качественное различие в массах, например массы притягивающегося к Земле тела и массы самой Земли. Масса Земли — активная гравитационная масса, масса тела — пассивная гравитационная масса. Исследование движения электрически заряженных частиц приводит к понятию электромагнитной массы, которая в свою очередь может выступать как продольная или как поперечная масса. Частица вне зависимости от заряда может обладать собственной массой  $m_0$ , т. е. массой покоя, которую следует отличать от массы движущейся частицы, или, иначе, динамической массы. Собственная масса является инвариантом, в то время как динамическая масса зависит от скорости движения частицы. В ядерной физике существенное значение приобретает понятие дефекта массы. В связи с этим масса может выступать как мера освобожденной или поглощенной энергии. Мы отметили здесь лишь некоторые различные стороны нашего понятия. Физик может отвлечься от этих различий и рассматривать массу в системе физической теории как коэффициент пропорциональности в соответствующем уравнении. И такое рассмотрение в рамках определенных задач будет вполне оправданно.

Все эти многообразные аспекты понятия массы указывают на его сложную структуру, которая требует специального исследования, выходящего за рамки того или иного раздела физической науки. Различия в элементах этой структуры настолько значительны, что могут порою служить основанием для рассмотрения понятий массы как особых, независимых теоретических конструкций. Это обстоятельство нашло, в частности, отражение в заглавии книги М. Джеммера «Concepts of mass», что буквально означает «Понятия массы». Однако благодаря единству физического значения за всеми различными понятиями массы усматривается единое, объединяющее их содержание. Этому объединению способствует обстоятельный исторический анализ понятия массы, представленный в данной книге.

Констатируя сложную структуру понятия массы, мы видим, что эта структура связана с особенностями физической науки как

теоретической системы. Различные разделы физики строятся, как специфические области знания. Одним из объединяющих принципов, включающих различные разделы науки в единую систему, является принцип общности фундаментальных понятий. Понятие массы — одно из таких понятий. Многообразие в его определениях связано именно с этой его функцией в структуре науки. Имея единое содержание, оно выявляет его различным образом в зависимости от той области физической науки, в которую оно непосредственно включено.

Единое содержание такого рода понятий выявляется в более общей системе знаний. Понятие массы, подобно другим фундаментальным понятиям науки, лежит на границе данной специальной области естествознания с системой философских идей. Обоснование такого рода понятий, выявление их истоков и выработка цельного воззрения возможны только в области теории научного знания, иначе говоря, в области философии. Книга М. Джеммера дает богатый материал для подобного рода исследований. Она может послужить также ценным источником в процессе философского анализа понятия массы.

Некоторые положения книги не являются бесспорными с нашей точки зрения. Следующие ниже комментарии имеют целью возразить автору в связи с некоторыми его утверждениями, а порою и кратко высказать свое отношение к проблеме.

*К стр. 10.*

Физические понятия, будучи теоретическими конструкциями, вместе с тем так или иначе связаны с опытом. Нет оснований противопоставлять в этом отношении научные понятия тем, которые имеют непосредственный чувственный образ. Последние исторически часто предшествуют научным понятиям. Так, понятие силы связывалось, да и в настоящее время может связываться с субъективным ощущением мускульного усилия. Однако научное физическое понятие несет в себе другое, объективное содержание. В данном случае оно связывается с реальным взаимодействием тел и определяется, как известно (в механике Ньютона), величиной, пропорциональной массе тела и ускорению. Понятие температуры в качестве теоретического понятия трактуется как величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы. Оно отображает другую, более глубокую реальность, чем то первоначальное понятие, которое имеет чувственный образ в виде более или менее нагретого тела. Верно, что понятие массы, как и понятие электромагнитного поля, можно рассматривать в качестве теоретического построения. Однако, будучи таким построением, понятие электромагнитного поля обозначает один из видов материи. Понятие массы, как показывает, в частности, обстоятельный исторический анализ, проделанный М. Джеммером, несет в своем содержании некоторые фундаментальные свойства материи и, следовательно, может проявить себя в том или ином физическом эксперименте. Таким образом, с научной точки зрения нет оснований противопоставлять физическое понятие массы другим физическим понятиям, например температуре, силе, полю и т. п.

Следует иметь в виду, что М. Джеммер, привлекая обширную литературу, связанную с анализом понятия массы, совершенно не использует работы, опубликованные в нашей стране на русском языке. Встречающиеся в книге сравнительно редкие ссылки на советских авторов сделаны не по оригинальным источникам, а по переводам этих работ на английский язык. (В русском переводе книги М. Джеммера мы, естественно, даем в этом случае ссылки на соответствующие русские издания.) По-видимому, в силу этого для М. Джеммера оказались неизвестными некоторые исследования, опубликованные в нашей стране, в которых понятие массы явилось предметом исторического и философского рассмотрения. Здесь нет необходимости давать полную библиографию книг и статей, в которых так или иначе рассматривалось понятие массы и которые не получили отражения в работе М. Джеммера. Отметим лишь некоторые из тех работ, которые вышли на русском языке в последние годы, но до выхода книги М. Джеммера. Прежде всего следует указать журнал «Успехи физических наук», том 48, вып. 2 за 1952 год, где опубликованы статьи А. М. Бутова и Е. Г. Швидковского, В. А. Фока, С. Э. Фриша, Э. В. Шпольского, С. Г. Суворова, И. В. Кузнецова и др., в которых детально рассмотрены различные аспекты понятия массы, в особенности в его связи с понятием энергии. Здесь же изложены материалы теоретического обсуждения, состоявшегося в мае 1952 года в Институте философии АН СССР, по проблеме массы и энергии. См. также «Успехи физических наук», том 52, вып. 3 за 1954 год (статья Н. Н. Малова). В журнале «Вопросы философии» №2 за 1954 год опубликованы статьи Н. Е. Будтова и А. И. Морозова, а в № 2 за 1955 год — статьи Г. А. Рязанова и С. В. Измайлова, посвященные понятию массы в связи с понятием количества материи. Наконец, можно упомянуть книгу Н. Ф. Овчинникова «Понятия массы и энергии в их историческом развитии и философском значении» (М., 1957). Ясно, что понятие массы так или иначе затрагивалось во многих других работах в связи с различными проблемами физики или философии. Мы отметили здесь лишь некоторые из тех статей и книг, в которых понятие массы является непосредственным объектом исследования.

М. Джеммер полагает, что в античности не было понятия массы ни в смысле количества материи, ни в смысле динамической массы. Такой отрицательный вывод автора относительно понятия массы в античной философии и естествознании не вытекает даже из тех данных, которые он приводит во второй главе. В подтверждение этого можно сослаться на некоторые дополнительные свидетельства. Конечно, в античной науке не было понятия динамической массы в его современном смысле. Это очевидно. Однако в системе античного атомизма можно найти уже предвосхищение закона инерции, а с законом инерции, как известно, непосредственно связано понятие динамической массы. Излагая концепцию Левкиппа и Демокрита, Аристотель замечает следующее: «Никто не может сказать, почему тело, приведенное в движение, где-нибудь оста-

новится, ибо почему оно скорее остановится здесь, а не там? Следовательно, ему необходимо или покончить, или бесконечно двигаться, если только не помещает что-нибудь более сильное» («Физика», IV, 8, 215a). Это высказывание представляет собой явную формулировку принципа инерции. Тем более важно напомнить эту мысль античных атомистов, что в «Механике» Эйлера, которую М. Джеммер оценивает весьма высоко, дается почти совпадающая с приведенной нами формулировка принципа инерции в качестве строгого и аподиктически достоверного принципа (см. стр. 94 настоящей книги). Комментируя формулировку Эйлера, М. Джеммер дает ссылку на соответствующее место из «Физики» Аристотеля. Однако в данном случае ему изменяет свойственная ему обстоятельность, и он не находит нужным процитировать место, где содержится приведенная нами формулировка принципа инерции, принадлежащая античным атомистам.

Можно только сожалеть, что М. Джеммер не приводит важного свидетельства Аристотеля об атомистах и говорит о них лишь в связи с поэмой Лукреция «О природе вещей». В этой поэме он выделяет мысль о неуничтожимости материи. Демокрит упоминается им только в связи с этим принципом. Но именно мысль о неуничтожимости атомов как структурных элементов материи вместе с приведенным свидетельством Аристотеля и заставляет думать, что в античном атомизме уже содержалась идея классического понятия массы и в смысле количества материи. Это предвосхищение классического понятия массы связано с принципами классического атомизма, который послужил Ньютоном теоретическим основанием при выработке понятия массы. Идеи античного атомизма остаются у автора данной книги в тени. Ссылаясь в другой связи на ранний атомизм (глава VIII, стр. 92), М. Джеммер называет атомистами Эмпедокла, Аристотеля и Лукреция. Характерно, что в связи с этим он совершенно не упоминает основателей античного атомизма Левкиппа и Демокрита. Именно такое одностороннее отношение к античной атомистике со стороны М. Джеммера и обусловило пессимистический вывод относительно понятия массы в античном знании о природе.

*К стр. 48.*

Мы уже видели в предыдущем примечании, что исторически первое выражение динамического понятия массы связано с успехами античного атомизма. Средневековая философия подходит к этому понятию спустя несколько столетий и формулирует этот подход в весьма неопределенных выражениях, что и отмечает в данном месте своей книги М. Джеммер.

*К стр. 54\*.*

М. Джеммер прав, что классическая механика XVII столетия восприняла понятие массы (в смысле количества материи) на другой основе, чем это имело место в средневековой философии. Необходимо, однако, добавить, что этой основой была философия античных мыслителей. «Мы имеем,— писал Ньютон,— авторитет тех древнейших и наиболее знаменитых философов Древней Греции и Финикии, которые приняли Васьшт, и атомы, и тяготение атомов

как первые принципы своей философии» («Оптика», М., 1954, стр. 280). В связи с этим едва ли верно утверждать, что фундаментальным понятием ньютоновской физики было понятие массы частицы без пространственного протяжения. Если рассматривать именно ньютоновскую физику, а не только систему его механики, то легко видеть, что Ньютон имеет в виду протяженные частицы и не делает допущений о частицах, не имеющих пространственного протяжения. Обсуждая, например, проблему пористости тел, он пишет следующее: «Очень трудно, хотя, быть может, не совсем невозможно, понять, каким образом у тел может быть достаточное количество пор для этого. Ибо цвета тел возникают от величин частиц, их отражающих... Представим себе, что эти частицы тел расположены так, что промежутки или пустые пространства между ними равны им всем по величине, что частицы могут быть составлены из других частиц, более мелких, пустое пространство между которыми равно величине всех этих меньших частиц, и что подобным же образом эти более мелкие частицы снова составлены из еще более мелких, которые все вместе по величине равны всем порам или пустым пространствам между ними» (там же, стр. 204). Мы видим, что Ньютон говорит здесь о возможном иерархическом строении материи. Ясно, что представление о точечных частицах исключало бы подобного рода картину. К этому можно добавить замечание об идеях М. Ломоносова, который в 1748 году выдвинул проблему объяснения пропорциональности массы тела и его веса на основе представлений об атомистической структуре материи. В письме к Эйлеру он показал, что эта пропорциональность с необходимостью ведет к мысли о внутриатомной структуре по крайней мере для атомов некоторых веществ. Само собой разумеется, что эти представления Ломоносова находятся еще полностью в рамках классических идей, так как атомы, по Ломоносову, хотя и обладают некоторыми пустотами, тем не менее остаются неизменными и неразрушаемыми. В связи с этим существенно подчеркнуть, что классическая физика во времена Ньютона и Ломоносова еще не мыслила атомы в виде непротяженных частиц («без пространственной протяженности»). Такого рода представления появились лишь во второй половине XVIII столетия. В частности, система Бошковича, в которой атомы представляются как непротяженные точки, обладающие инерцией, была развита не только на основе механики Ньютона, но и существенно опиралась на идеи Лейбница. Нет сомнения, что теоретическая система механики в качестве элементарного объекта предполагает материальные точки. Однако физика Ньютона полностью покоится на представлении о протяженных дискретных частицах материи.

*К стр. 55\*.*

Исследование М. Джеммера выявляет новый аспект понятия количества материи. Это понятие оказывается связанным не только с материалистическими философскими системами типа античной атомистики, но и со схоластическими теологическими изысканиями средневековой философии. Более того, именно эти изыскания служат отправным пунктом наиболее развитой трактовки и развернутого обоснования понятия количества материи. Факты из исто-

рии средневековой философии, приведенные М. Джеммером, показывают, что само по себе понятие количества материи вне рассмотрения других аспектов понятия массы не может служить критерием правильного философского подхода в процессе анализа содержания понятия массы. Существующая в нашей литературе у некоторых авторов тенденция к однозначной связи понятия количества материи с научной материалистической трактовкой понятия массы оказывается в свете фактов истории развития этого понятия несостоятельной. Таков, как нам представляется, важный результат исторического анализа проблемы, проведенный М. Джеммером в данной главе.

*К стр. 75.*

М. Джеммер на предшествующих страницах обсуждает существенную проблему о соотношении понятий плотности и массы. Важность этой проблемы заключается, в частности, в следующем. Э. Мах полагал, что определение понятия массы как величины пропорциональной плотности и объему тела содержит логический круг, так как плотность в свою очередь может быть определена как масса в единице объема (см. стр. 76 настоящей книги). Замечание Э. Маха относительно ньютоновского определения понятия массы, естественно, вытекало из отрицания атомизма, что характерно для теоретико-познавательных воззрений Э. Маха. Признание атомизма позволяет в полном соответствии с воззрениями Ньютона устранить логический круг, усмотренный Э. Махом в ньютоновском определении массы, и определить понятие плотности как число частиц в единице объема независимо от понятия массы. Разумеется, речь идет здесь о классическом атомизме, поскольку это касается ньютоновского определения понятия массы. Нет сомнения, что Ньютон был атомистом и, хотя определение понятия массы в «Началах» не содержит прямой ссылки на атомизм, тем не менее его пояснения к определению  $\Sigma$  не оставляют сомнений на этот счет. Такое понимание ньютоновского определения понятия массы высказывалось В. Томсоном, П. Тейтом, Ф. Розенбергом, И. Коуеном, Э. Хоппе и др.

*К стр. 78.*

См. комментарии к стр. 37.

*К стр. 83.*

«Введение понятия массы было прогрессом не только в механике. Это понятие позволило Лейбницу разделить понятие материи и понятие пространственной протяженности, так как коэффициент, названный массой, представляет собой число, но не есть пространственная характеристика» (споска 7).

*К стр. 87.*

«В откровенной теологии я берусь доказать, пожалуй, не истину (ибо ее сводят к откровению), но возможность тайств против глумлений неверующих и атеистов, чтобы потребовать от них

отказа от всех противоречий, то есть (я берусь) доказать возможность троицы, воплощения и евхаристии... Что касается меня, то я после глубоких исследований пришел к заключению, что могу взяться за доказательство возможности таинства евхаристии, как эта последняя определена на Тридентском соборе, во сохранение истинной философии, что многим может показаться невероятным. Я желаю доказать, что необходима сила принципов истинной философии, [ибо] в каждом теле существует высший бестелесный субстанциальный принцип, обладающий различным могуществом; и еще то, что древние и схоласты называли субстанцией, не могли ясно определить, [я же берусь] доказать при помощи значительно меньшего количества своих суждений» (сноска 17).

*К стр. 93.*

М. В. Ломоносов сформулировал принцип сохранения вещества еще в 1748 году в следующих словах: «Сколько к одному телу прибавится вещества, столько же отнимется от другого» (М. В. Ломоносов, Избранные философские произведения, М., 1950, стр. 160).

*К стр. 99.*

«Когда я стараюсь устранить все метафизические элементы из естественнонаучных воззрений, то при этом я не думаю, что также должны быть устранены и все образные представления, если таковые окажутся полезными и будут пониматься лишь как образы. Но критика метафизики достигнет еще меньших результатов, если она выступит, например, против всех до сих пор ценных основоположений. Можно, скажем, иметь вполне обоснованные сомнения относительно метафизического понятия «материи» и вместе с тем не испытывать необходимости элиминировать ценное понятие «массы», так как можно рассматривать это понятие примерно в том виде, какой я придал ему в «Механике», и, как легко догадаться, именно потому, что это понятие означает всего лишь выполнение важного равенства» (сноска 18).

*К стр. 108.*

Прежде всего необходимо отметить, что в русском оригинале книги А. Ф. Иоффе в соответствующем месте говорится следующее: «Мы склонны были считать массу мерой количества вещества, постоянной, не зависящей от состояния движения. Теория относительности установила, наоборот, что масса зависит от скорости движения тела» (А. Ф. Иоффе, Основные представления современной физики, М., 1949, стр. 25). В данном случае М. Джеммер, к сожалению, не дает прямой ссылки на книгу А. Ф. Иоффе (ни на русское, ни на английское ее издание) и мы вынуждены поэтому констатировать, что, по-видимому, в английском переводе этой книги допущены существенные неточности. М. Джеммер пользовался не известным нам английским переводом книги А. Ф. Иоффе. Из приведенной нами цитаты не следует, что А. Ф. Иоффе определяет массу как «меру количества материи». Он совершенно справедливо утверждает, что прежнее классическое представление, согласно которому масса рассматривалась как мера количества

вещества, должно смениться новым представлением, согласно которому масса тела изменяется в зависимости от скорости движения. М. Джеммер верно замечает, что понятие массы играет важную роль в материалистической философии, в том числе и в современном научном мировоззрении. Эта роль выявляется в проблеме взаимного влияния естествознания и философии. Легко видеть, что при верном подходе к этой проблеме нет ни исторических, ни теоретических оснований связывать классическую трактовку понятия массы как количества материи с современной материалистической философией.

В классическом атомизме материя мыслилась в форме неделимых атомов. Масса в силу этого могла рассматриваться как число атомов в объеме тела, иначе говоря, как количество материи. Современный атомизм дает другую, более сложную картину микроструктуры материи. Взаимная превращаемость частиц, возможное изменение их числа в единице объема, открытие и исследование поля как специфической формы материи — таковы в самом кратком выражении особенности структуры материи, вскрытые современной наукой. Классическое понятие массы в смысле количества материи сохраняет свое значение для вещества, т. е. для частиц, обладающих собственной массой, и имеет силу лишь для определенных условий движения этих частиц (сравнительно малые скорости их движения) и соответствующих макроскопических тел. Но оно теряет свою силу в качестве общего понятия. Современный материализм, естественно, не связывает свои принципы с таким именно содержанием понятия массы как общего свойства материи. Масса, оставаясь выражением инертных и гравитационных свойств, получает свою количественную меру в зависимости от особенностей конкретных физических объектов, обладающих специфическими типами проявления этих свойств. Понятие количества материи и понятие массы становятся полностью независимыми. Инерция, а значит, и инертная масса обнаруживают связь с временными свойствами движущейся материи; гравитационная масса — с геометрией мира, т. е. с пространственными свойствами материи. Введение строгой меры этих свойств становится особой процедурой связанной скорее со свойствами симметрии пространства и времени, чем с наглядным образом неделимых частиц.

Понятие массы в связи с этим становится лишь выражением фундаментальных свойств материи. Только фантастические допущения относительно отрицания этих свойств как всеобщих может вести к мысли о возможности существования материальных объектов, не обладающих массой. Однако сама по себе общность того или иного свойства материи не дает еще основания ввести меру материи. Пространство является весьма общим свойством материи, но современная наука не разделяет идею Декарта, который полагал, что пространство выражает сущность материи и может, следовательно, служить в качестве ее меры. Масса как мера инерции, например, может рассматриваться в качестве особого весьма общего свойства материи, но сама по себе общность этого свойства не дает еще основания объявлять массу мерой материи. Понятие количества, необходимое для введения понятия меры, может получить применение на основе выявления дискретности данного вполне опреде-



ленного качества. Если обнаружилось, что объект измерения качественно неоднороден (многокачествен), то по смыслу самого понятия мера такого объекта возможна лишь как мера именно того общего, что принадлежит этим качественно разнородным элементам. Классическое понятие массы в смысле количества материи опиралось на представление о качественно однородных неделимых дискретных частицах материи. Материя, как мы знаем ее в настоящее время, качественно неоднородна. Мы можем ввести лишь меру тех или иных общих и тем самым фундаментальных ее свойств. Для того чтобы на современном уровне научного знания перейти от меры общих свойств материи к общей мере самой материи, необходим особый теоретический анализ взаимоотношения понятия свойств и объекта. Если такой анализ не проведен, то простой перенос меры одного из свойств материи на саму материю неизбежно возвращает нас к классическим представлениям о структуре материи.

*К стр. 117.*

В трактовке понятия массы у Оствальда содержится верная мысль. Он рассматривает массу как свойство, от которого зависит величина энергии тела. Масса с этой точки зрения представляется как емкость энергии. Такой аспект понятия массы вполне согласуется с данными современной физики. Известный закон взаимосвязи массы и энергии дает основание для подобного рода трактовки понятия массы. Разумеется, этот аспект не исчерпывает всего содержания данного понятия. Существование, однако, заметить, что такая трактовка понятия массы сама по себе не дает основания к тому, чтобы говорить о десубстанциализации материи, о чем идет речь у М. Джеммера. Конечно, представление о пассивном и индифферентном субстрате снимается такой трактовкой. Однако активность материального субстрата предполагает существование определенных типов инвариантности, свойственных этому субстрату. Чистая активность просто немыслима вне сохраняющихся элементов. Поэтому в материальном объекте именно в силу его активности всегда содержится субстанциальный элемент.

*К стр. 127.*

Фундаментальные понятия, содержащиеся в структуре научной теории, принципиально не могут раскрыть свое полное содержание в рамках данной теоретической системы. Об этом свидетельствует, в частности, известная теорема о неполноте формальных систем. Материал, приведенный М. Джеммером в главе IX, служит хорошей иллюстрацией этого положения. Тот факт, что многочисленные попытки формализации механики не принесли какого-либо дополнительного разъяснения физического смысла понятия массы, свидетельствует лишь о его особой роли в системе физических законов. Оно должно быть в числе исходных понятий, вводимых в теорию. И конечно, само собой разумеется, развертывание его содержания в данной системе законов связано с построением теории. Попытки исчерпать его содержание общефилософским определением, равно как и стремление ограничить его значение внутренними отношениями теоретической системы, не приводят к успеху.

Если уподобить физическую теорию зданию, стоящему на фундаменте основных принципов, то понятие массы в качестве фундаментального находится на линии, отделяющей само здание теории от ее фундамента, уходящего в глубь более широких принципов человеческого познания.

*К стр. 151.*

Идея переноса энергии и соответствующая теорема были опубликованы Н. А. Умовым в его работе «Уравнения движения энергии в телах» еще в 1874 году, т. е. за 10 лет до открытия Пойнтинга. К сожалению, отрицательное отношение к этой идее со стороны А. Г. Столетова задержало всеобщее признание открытия Н. А. Умова. В нашей научной литературе принято говорить о «теореме Умова — Пойнтинга».

*К стр. 159.*

М. Джеммер делает здесь обобщающий вывод. Однако этот вывод не следует однозначно из того научного материала, который так обстоятельно представлен в главе об электромагнитной массе. Конечно, исследование природы электромагнитной массы приоткрыло сложную структуру фундамента материи. И вместе с тем это исследование дало одно из существенных оснований рассматривать само поле как вид материи. Последующее развитие физики подтвердило это фундаментальное открытие. Если поле есть местонахождение энергии, то тем самым носителем энергии по-прежнему остается материя, один из ее видов.

В самом конце главы М. Джеммер формулирует, как он говорит, принцип современной физики и современной философии. Выразим его здесь следующим образом: деятельность материи определяется не тем, что она есть, скорее материя сама определяется своей собственной деятельностью. Но это означает лишь новое выражение давно известного диалектического принципа: движение есть форма существования материи. Если современная физика обнаружила материальный объект, само существование которого предстает как специфическая форма активности, то это означает лишь, что современное научное знание выявило объект, где этот диалектический принцип действует непосредственно. Вместе с тем необходимо заметить, что движение не может быть глубоко познано вне открытия тех или иных противоположных ему моментов. Это положение составляет другое идущее далее требование диалектического понимания природы. Если мы констатируем активность и только активность, то познание при этом вынуждено оставаться на уровне описания природных процессов. Часто такая позиция в трактовке материи и ее движения связана с представлением научной теории как системы соглашений или описаний, посредством которых наблюдаемые величины сопоставляются с соответствующими процедурами наблюдения. В комментарии к стр. 117 было уже отмечено, что идея активности сама по себе не приносит ожидаемых результатов вне идеи сохраняющихся элементов. Только выявление инвариантных аспектов движения позволяет формулировать законы и находить структуру объекта. Тем самым откры-

вается возможность отойти от трактовки научной теории только как системы описания эмпирически наблюдаемых фактов. Научную теорию при этом можно рассматривать как систему знания, описывающую определенные законы материального движения. Известно, что любой закон науки есть выражение устойчивого, сохраняющегося в непрестанно текущих процессах природы. Все это означает, что материя существует, как она существует, только потому, что движение, будучи формой ее существования, содержит в себе моменты инвариантного. Или по-другому: материя есть то, чем она является не потому, что она просто движется, но природа ее движения такова, что определяет устойчивым образом именно то, чем она является.

*К стр. 171.*

М. Джеммер говорит здесь о концептуальном характере зависимости массы от скорости движения частицы, т. е. о зависимости самого существования физического эффекта от нашего произвольного определения физических понятий. Это означает, что существует такая возможность определения понятия массы, когда этот эффект изменения массы отсутствовал бы, но при этом имели бы место другие физические явления. Несомненно, что такая точка зрения не может быть принята по отношению к развитой и экспериментально проверенной физической теории. В конце главы XII М. Джеммер приходит к выводу, что, поскольку приняты конкретные определения теоретических понятий, процесс экспериментального подтверждения теории становится единственно значимой операцией. В результате не остается сомнений в том, что именно масса изменяется в зависимости от скорости движения, и этот факт невозможно изменить никакими произвольными определениями понятий. Остается только добавить, что принятие того или иного определения не является вполне произвольной операцией, но вытекает в конечном счете из всей системы развивающейся физической теории.

*К стр. 178.*

Вся проблема здесь носит типично понятийный характер, и решение ее в конечном счете определяется теоретико-познавательными принципами. Если устранить из рассмотрения понятие материи, соответствующим образом истолковав новые данные физики, тогда система физических понятий неизбежно приводит в данном случае к следующему ходу мыслей. Пространство есть местонахождение энергии, как говорит М. Джеммер. В известном смысле это, конечно, верно. Но здесь мы должны напомнить, что энергия однозначно связана с массой. Там, где имеет место масса, имеется и соответствующая энергия. И там, где имеет место энергия, мы можем найти и соответствующую этой энергии массу. Чистая энергия вне ее связи с массой не имеет смысла в силу известного закона взаимосвязи массы и энергии, о котором М. Джеммер будет говорить несколькими страницами ниже. Если это так, возникает вопрос: какому объекту принадлежит масса, соответствующая данной энергии? Если мы устраним здесь понятие материи, то остается только приписать массу самой энергии. При этом придется говорить

об инертности энергии. М. Джеммер на стр. 182, ссылаясь, в частности, на М. Борна, говорит именно об инертности энергии. Такую трактовку взаимоотношения понятий массы и энергии едва ли можно принять и последовательно провести. Если энергия инертна и если она перемещается в пространстве и может иметь определенную плотность, если к тому же энергии можно приписать ряд других свойств, тогда мы снова возвращаемся к тому понятию, от которого с самого начала отказывались, т. е. к понятию материи. Произошла лишь замена слова — вместо материи стали говорить об энергии. Энергия превратилась в субстанцию, наделенную всеми теми свойствами, какие до сих пор полагались материи. Устранив с самого начала понятие материи, мы приходим к необходимости ввести это понятие под другим названием. Однако такого рода искусственное введение понятия материи при словесном его отрицании ведет к весьма противоречивому и сложному переплетению физических понятий. Более стройная концептуальная картина, отвечающая логике природы, может быть получена в данном случае, если с самого начала полагать, что перенос энергии совершается не в пустом пространстве, как об этом говорит М. Джеммер, а именно в среде, в электромагнитном поле, которое можно рассматривать как один из видов материи.

*К стр. 185, 187, 189.*

На указанных страницах М. Джеммер говорит, во-первых, о тождественности массы и энергии, во-вторых, о превращении материи и энергии и, наконец, о взаимопревращении массы и энергии. Следует сказать прежде всего, что все эти утверждения относятся к области интерпретации научных фактов, но не к самим фактам науки. Допустим, что масса и энергия действительно тождественны. М. Джеммер выражает эту мысль следующим образом: масса и энергия — различные названия для одной и той же физической сущности. Но что же можно сказать об этой единой физической сущности, различные аспекты которой выражаются словами — масса и энергия. Может быть, этой сущностью является энергия? К этому выводу склоняется, например, Б. Рассел, который в цитате на стр. 185 говорит, что не материя, а энергия является основоположной в физике. Но если именно энергия является той единой сущностью, аспектами которой являются масса и энергия, то при этом совершенно необходимо разъяснить, почему именно энергия оказывается одновременно и сущностью и аспектом этой сущности. В то же время о массе ничего подобного не говорится. То есть масса и энергия оказываются нетождественными, но это противоречит первоначальному допущению.

Далее, что означает утверждение о превращении материи в энергию? Если речь идет о таком превращении, то тем самым придается некоторый смысл понятию материи. Этим указывается на особое свойство материи — ее превратимость в энергию. Но если допустить, что материя превратима в энергию, то мы должны допустить и обратный процесс, а именно превращение энергии в материю. Этот процесс не может быть односторонним. Если бы в природе существовал только один процесс превращения материи в энергию и не существовало бы обратного процесса, то первого рода процесс

давно бы уже закончился. Конечно, всегда возможно особого рода допущение, например допущение, что мы живем именно в ту эпоху, когда происходит односторонний процесс превращения материи в энергию. Однако само это допущение, необоснованность которого мы хотим здесь показать, опирается на истолкование каких-то вполне определенных научных фактов. Но факты эти таковы, что из них никак нельзя вывести наличие какого-либо одностороннего процесса. Обычно, говоря о превращении материи в энергию, ссылаются на превращение электронно-позитронной пары в гамма-кванты. Об этом М. Джеммер говорит, в частности, на стр. 187. Существует, однако, и обратный процесс — превращение гамма-квантов в пару электрон и позитрон. Это, разумеется, хорошо известно. Но этот известный факт означает, что если уж говорить о превращении материи в энергию, то на том же основании следовало бы говорить и о превращении энергии в материю. Если, однако, материя превратима в энергию и в свою очередь энергия превратима в материю, то по самому смыслу подобного рода симметричных превращений оказывается, что во Вселенной ни материя, ни энергия не исчезают. Во-первых, потому, что во Вселенной, даже если допустить где-то односторонний процесс, непременно найдутся участки, где этот процесс компенсируется противоположным процессом. Во-вторых, потому — и это самое существенное в нашем возражении М. Джеммеру, — что в любых превращениях, какими бы они были, необходимо остается неустраняемая основа. Процесс взаимных превращений невозможен без того, чтобы в этих превращениях нечто не оставалось бы пребывающим. Если выразить эту мысль на философском языке, то можно сказать, что какие бы превращения вещей ни происходили, их бытие неустранимо. Исчезновение одной вещи компенсируется возникновением другой. При этом обнаруживается, что сохраняющаяся основа превращений может быть самой различной — это либо вещи, либо свойства, либо отношения. В определенных превращениях атомных ядер сохраняется, например, общее число участвующих в реакции составных элементов ядра — элементарных частиц. В превращениях элементарных частиц сохраняются фундаментальные их свойства: энергия, заряд, импульс и т. п. Нелепо было бы утверждать, что в превращениях элементарных частиц, скажем, в превращениях электрона и позитрона, частицы исчезают как таковые и вместо них появляются другие частицы. Сохраняется в этих превращениях нечто третье.

Если делать обобщающие утверждения относительно фактов взаимных превращений элементарных частиц, то логично говорить не о превращении материи в энергию, а о взаимном превращении материальных объектов. Элементарные частицы есть частицы материи, и их превращение друг в друга означает взаимное превращение видов материи. Конкретные элементарные частицы могут исчезать или возникать. Но за этим возникновением или исчезновением их физика обнаруживает инвариантные параметры. Они-то и составляют известное нам основание процессов исчезновения и превращения частиц. Эту мысль можно выразить проще: отдельные конкретные виды материи могут исчезать и возникать, сама же материя не исчезает и не возникает.

М. Джеммер говорит далее на стр. 183, что масса и энергия взаимным образом и полностью превратимы друг в друга. С этим утверждением невозможно согласиться. Здесь, как и в предыдущих, аналогичных этому утверждениях, нет физической проблемы. Речь идет исключительно о логике понятий. Нет никакого сомнения в том, что электронно-позитронная пара превращается, например, в гамма-излучение. Нет сомнения и в том, что этот широко известный физический факт служит одним из наиболее впечатляющих подтверждений теории относительности, точнее, закона взаимосвязи массы и энергии, вытекающего из этой теории. Более того, именно это открытие дает нам наглядный пример диалектики материальных превращений. Однако этот несомненный физический факт представляется М. Джеммером как превращение массы в энергию. Неясность и необоснованность этого утверждения обнаруживается в связи с тем, что превращение частиц, первоначально выраженное в понятиях объектов или вещей (электронно-позитронная пара, гамма-излучение), неожиданным и непонятным образом формулируется в других понятиях, а именно в понятиях свойств этих объектов или вещей. Из того факта, что имеет место превращение вещей, делается без всяких дополнительных пояснений вывод, что имеет место превращение их свойств. С точки зрения современной физики масса не есть вещь. Масса представляет собой одно из фундаментальных свойств любого материального объекта. Если, говоря о превращении массы в энергию, имеют в виду собственную массу частиц или, иначе, массу покоя, то в таком случае нелогично было бы сослаться на закон взаимосвязи массы и энергии как на общий закон природы. А между тем этот закон имеет силу для любого типа энергии, а следовательно, и для любого типа массы. Масса покоя действительно может исчезать, но только потому, что исчезает сам объект. В нашем случае — электронно-позитронная пара, которая обладала набором других свойств. Утверждение о превращении массы в энергию в этом смысле остается необоснованным. Из того, например, что резиновый шар может изменять свой объем и свою поверхность, не следует, что при этом его объем превращается в поверхность, хотя при этом мы можем и знать строгую математическую зависимость между объемом и поверхностью. Конечно, понятие вещи и понятие свойства — относительные понятия. Но в тех случаях, когда понятие вещи фиксировано, тем самым фиксировано и понятие ее свойств. Существенные свойства материи в процессах превращения материальных объектов (в данном случае элементарных частиц) не исчезают, они сохраняются. Они изменяют лишь свою форму, как это происходит с энергией. И если масса является столь же общим свойством, как и энергия, то утверждение о превращении массы в энергию представляется необоснованным утверждением, не вытекающим из известных фактов науки.

*К стр. 191.*

М. Джеммер здесь делает допущение, что «закон Лавуазье справедлив также и в релятивистской физике». При этом записывается этот закон в его классической форме. После этого М. Джеммер приходит к выводу, что современная физика опровергает закон. Нельзя не заметить, что логическая структура этого доказательства

такова, что вначале делается, очевидно, ложное допущение (закон в его классической форме справедлив в современной физике), а затем из этого ложного допущения делается утверждение, принимаемое за истинное (современная физика опровергает закон). Ясно, что такого рода вывод логически не обоснован. М. Джеммер доказывает, в сущности, что закон сохранения материи в его классической форме неприменим в современной науке. Но это очевидно. Дело, однако, в том, что этот закон принимает новую форму и в этой новой форме он выполняется и в современной науке. Эта новая форма требует учета закона взаимосвязи массы и энергии, равно как и учета сохранения других фундаментальных свойств материи.

*К стр. 193, 195.*

М. Джеммер снова возвращается здесь к мысли о тождественности массы и энергии. Но в свете того факта, что в теории относительности имеется единый закон сохранения массы и энергии, не вернее ли будет утверждать, что этот закон имеет особый смысл, особое содержание? В общем случае в природе действует именно этот закон. Но это не исключает, а предполагает в специальных условиях независимое применение законов сохранения массы и сохранения энергии. Можно принять термин «массэргия», понимая под этим нераздельность и глубокую взаимосвязь массы и энергии. Однако нераздельность и взаимосвязь не исключают различия. Полное тождество массы и энергии не выводимо из этой взаимосвязи. Такого рода вывод может следовать лишь при допущении, что масса и энергия взаимопревращаемы. Эту мысль М. Джеммер и подчеркивает на стр. 194. Переход от раздельного рассмотрения массы и энергии к единому образу «массэргии» он связывает с допущением полного превращения собственной массы частиц в энергию. В предыдущих комментариях мы уже говорили о неубедительности такой интерпретации известных фактов взаимного превращения частиц. Из того факта, что материальные объекты взаимопревращаемы, не следует, что взаимопревращаемы и фундаментальные свойства. Если позитрон и электрон превратились в гамма-фотоны, то эти последние не могут рассматриваться как чистая энергия. Даже согласно М. Джеммеру, их следует трактовать как вид «массэргии». К этому необходимо добавить, что фотоны обладают, например, определенным спином, имеют импульс, величину которого можно вычислить, зная энергию и скорость. Очевидно, что у фотонов нет собственной массы, или, иначе, массы покоя. Но это не означает, что у них полностью отсутствуют инертные свойства. Уже свойственный фотонам импульс указывает на эти свойства. Можно допустить, что фотоны обладают своеобразной инерцией, величину которой можно вычислить на основе закона  $E = mc^2$ . Все это заставляет думать, что мы имеем здесь дело не с чистой энергией, энергией как таковой, а с особым типом материальных частиц. Понятие «массэргии», описывающее единство массы и энергии, применимо, таким образом, ко всем частицам, и оно может быть рационально истолковано как выражение этого единства. Можно сказать, что «массэргия» является именно тем третьим сохраняющимся элементом превращений, без которых бессмысленны никакие превращения. Необходимость введения этого необычного понятия

объясняется тем, что М. Джеммер исключил из своего рассмотрения понятие материи в его общем значении. Если это понятие и употребляется им, то только в смысле вещества, т. е. частиц с неизменяющейся массой покоя. Такого рода произвольное ограничение понятия материи не проходит бесследно. Логика научных фактов заставляет в своеобразной форме вернуться к этому искусственно утраченному понятию то под видом субстанциальной энергии, то под видом «массэргии».

*К стр. 195\*\*.*

Исследования квантовых флуктуаций света и наблюдение их визуальным методом впервые были проведены С. И. Вавиловым в серии работ, осуществленных еще в 1932—1941 годах. См., например, «Доклады Академии Наук СССР», т. 16, 1937, стр. 267. Подробнее см.: С. И. В а в и л о в, Микроструктура света, М., 1950.