

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS
ALUSTATUD 1893. a. VIÑIK 331 ВЫПУСК ОСНОВАНЫ в 1893 г.

ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ

I



ТАРТУ 1974

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS
ALUSTATUD 1893. a. VIHK 331 ВЫПУСК ОСНОВАНЫ В 1893 г.

ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ

I

Тарту 1974

Редакционная коллегия:

П. Кард, Ю. Лембра, У. Нымм, Я. Рейнет, В. Рийвес (отв. редактор).

©

Тартуский государственный университет, 1974

ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ

I

На русском языке

Резюме на эстонском, немецком и английском языках

Тартуский государственный университет, ЭССР, г. Тарту, ул. Юликооли, 18

Ответственный редактор В. Рийвес. Корректоры Н. Чнкалова, Л. Уба, О. Мугт

Сдано в набор 29/I 1973. Подписано к печати 23/V 1974. Печ. листов 4,0. Учетно-издат. листов 3,9. Бумага фабрики «Кохила», типографская № 2, 60×90¹/₁₆. Тираж 500 экз. МВ-04025. Заказ № 585. Типография Ханса Хейдеманна, ЭССР, г. Тарту, ул. Юликооли, 11/19. II.

Цена 39 коп.

2—3

К ОБОСНОВАНИЮ ПРИНЦИПА ТОЖДЕСТВЕННОСТИ МАССЫ И ЭНЕРГИИ

П. Г. Кард

В литературе принцип тождественности массы и энергии называется чаще всего законом эквивалентности массы и энергии. Некоторые авторы рекомендуют иное название: закон пропорциональности массы и энергии (см., например, [1], стр. 145 и [2], стр. 96—103). Другие предпочитают говорить о взаимосвязи массы и энергии (см., например, [3, 4]). Обе эти рекомендации близки по смыслу друг к другу и различаются только тем, что в первой назван конкретный род взаимосвязи — пропорциональность, а во второй говорится неопределенно о взаимосвязи вообще. Общим для обоих названий — пропорциональности и взаимосвязи — является то, что они имеют в виду только формальное содержание равенства $E=mc^2$. Поэтому они не отражают его настоящего смысла. Обычное название «закон эквивалентности» идет дальше, поскольку оно дает определенное толкование равенства $E=mc^2$. Однако оно тоже не вполне адекватно, так как понятие эквивалентности довольно расплывчато и неопределенно и допускает, в свою очередь, различные толкования. Эта неопределенность, вероятно, и послужила у некоторых авторов одним из побудительных мотивов к замене «эквивалентности» «пропорциональностью». Так восстанавливается определенность, но зато утрачивается физическая осмысленность формулировки закона.

От названия «закон эквивалентности» действительно целесообразно отказаться. Но говорить об одной лишь пропорциональности тоже недостаточно. Правильное название должно выражать истинную сущность рассматриваемого закона. Она заключается в принципиальном тождестве массы и энергии. Поэтому мы предлагаем называть закон $E=mc^2$ принципом тождественности массы и энергии.

Точка зрения, отождествляющая массу и энергию, конечно, не нова. Именно так толковал закон эквивалентности сам автор этого закона А. Эйнштейн (см., например, [5], стр. 92).

Подробное философское освещение этой точки зрения дано в статье [6]. Тем не менее, в большинстве физической литературы это воззрение странным образом или игнорируется и даже оспаривается, или, в лучшем случае, молчаливо предполагается, но явно не высказывается. Примером последней позиции является известная монография Л. Ландау и Е. Лифшица по теории поля [7]. Они называют массой величину, обычно именуемую массой покоя. Массы, зависящей от скорости, у них нет. Они вводят только релятивистскую энергию. Тем самым, исключая совершенно из рассмотрения зависящую от скорости массу, они молчаливо демонстрируют ее тождество с энергией. В самом деле, раз у нас уже есть энергия, то введение параллельного ей понятия массы (в смысле равенства $E=mc^2$) означало бы дублирование энергии величиной, имеющей тот же физический смысл и поэтому тождественной с ней. Отказ от такого дублирования, последовательно проводимый Л. Ландау и Е. Лифшицем, и означает молчаливое признание тождества энергии E и величины E/c^2 , которая обычно называется массой. Исключая эту величину из рассмотрения, Л. Ландау и Е. Лифшиц освобождают термин «масса» для применения его в смысле массы покоя.

В философской литературе отождествление массы и энергии чаще всего рассматривается как проявление т. наз. энергетизма и расценивается поэтому как идеалистическое воззрение. В настоящей статье мы не будем заниматься прямым опровержением этого мнения, ограничиваясь ссылкой на статью [6]. Наша цель здесь иная — показать, каким образом тождественности массы и энергии является единственно возможным и допустимым выводом из совокупности простых физических фактов. Тогда будет очевидно, что и философская интерпретация не может быть никакой иной, поскольку философия не может игнорировать физические факты.

Конечно, ничего по существу нового в нашей постановке задачи опять-таки нет. Однако, как отмечено выше, в физической литературе именно эти, казалось бы, бесспорные вещи, которые мы предполагаем выявить здесь возможно отчетливо, часто маскируются неточностями и умолчанием.

Прежде чем приступить к сущности сформулированной задачи, остановимся еще раз на ее терминологической стороне с целью попутно отклонить некоторые характерные возражения.

Называя закон эквивалентности принципом тождественности массы и энергии, мы имеем в виду два момента. Во-первых, возводя этот закон в ранг принципа, мы хотим подчеркнуть его универсальность и фундаментальность. Можно показать (см. [8]), что он способен выполнять роль одного из основных принципов всей теории относительности. Во-вторых, термин «закон» чаще всего применяется там, где налицо количественное соот-

ношение между двумя или несколькими разнородными величинами. Но если, как мы утверждаем, сущность закона эквивалентности массы и энергии состоит просто в установлении существования только одной величины вместо предполагавшихся ранее двух, то из объективного содержания этого закона количественное соотношение выпадает. Не случайно против отождествления массы и энергии нередко возражают жалобой: если так, то разве это вообще закон? — Что ж, согласимся с жалобщиками: да, пусть это более не закон. Но, утратив закон, мы вправе провозгласить **принцип тождественности массы и энергии**.

Мы еще не исчерпали всех возражений. Хорошо, говорят, если масса и энергия одно и то же, то можно вместо слова «энергия» везде подставить слово «масса». Если сделать эту замену в формулировке рассматриваемого принципа, то получим явную тавтологию: масса тождественна массе. Отсюда наши противники заключают, что масса и энергия не одно и то же, так как иначе формула $E=mc^2$ стала бы бессодержательной. Однако это формалистическое рассуждение проходит мимо сущности вопроса. Дело обстоит так. В нерелятивистской физике масса и энергия являются различными по своей природе величинами. В теории относительности выясняется, что это различие является лишь кажущимся и что его можно последовательно проводить только в области применимости нерелятивистских соотношений, и то лишь приближенно, с большей или меньшей точностью. Сущность же обеих нерелятивистских величин — массы и энергии — одна и та же. Иначе говоря, нерелятивистская масса и нерелятивистская энергия являются двумя разными приближениями одной и той же величины. Это и дает нам право сформулировать принцип тождественности массы и энергии. В подробном изложении этот принцип гласит следующее: то, что называется в нерелятивистской физике массой, и то, что называется в нерелятивистской физике энергией, есть одна и та же величина. Ясно, что в такой длинной формулировке нельзя, не рискуя получить бессмыслицу, заменить слово «энергия» словом «масса». Но отсюда не следует, что приведенное положение само является тавтологией. Оно представляет собой новый, имеющий фундаментальное значение элемент познания, почему мы и называем его кратко принципом тождественности массы и энергии.

Ту единственную величину, которая фигурирует в нерелятивистской физике как масса или как энергия, по традиции продолжают обычно и в релятивистской физике называть то массой, то энергией, причем оба названия (в отличие от их употребления в нерелятивистской физике) равноправны и равнозначны. Оба термина потому везде взаимозаменяемы (но, как объяснено выше, не в формулировке самого принципа). Иногда для этой единой величины придумывают и единое название;

так, Л. Ландау и Е. Лифшиц называют ее только энергией; М. Джеммер (см. [9], стр. 189) — массэргией; могут быть и иные предложения (ср. [10], стр. 24). Однако, имея в виду практическую важность нерелятивистского предельного случая, где единое понятие раздваивается, едва ли целесообразно отыскивать подобное единое название. Достаточно вместо этого просто помнить, что масса и энергия — это одно и то же.

Перейдем, наконец, к нашей главной теме. Обычно в существующих руководствах по теории относительности к закону эквивалентности массы и энергии приходят путем вычисления работы силы, действующей на тело по II закону Ньютона, с учетом зависимости массы от скорости. Релятивистская формула II закона Ньютона имеет вид:

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}, \quad (1)$$

где

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (2)$$

есть зависящая от скорости u масса тела,

$$\mathbf{p} = m\mathbf{u} \quad (3)$$

его импульс и \mathbf{F} сила. Вычисление работы проще всего производится так. Исключая u из (2) и (3), находим:

$$p^2 = (m^2 - m_0^2) c^2. \quad (4)$$

Отсюда

$$p \, dp = c^2 m \, dm;$$

следовательно,

$$\mathbf{F}u \, dt = u \, dp = \frac{p \, dp}{m}$$

или

$$\mathbf{F}u \, dt = c^2 \, dm. \quad (5)$$

Это и есть формула работы. Интегрируя от состояния покоя, получаем формулу кинетической энергии тела:

$$T = c^2 (m - m_0). \quad (6)$$

Чтобы получить отсюда закон эквивалентности массы и энергии, нужно добавить к кинетической энергии энергию покоя. Именно этот пункт более всего в традиционном изложении

страдает неясностью. Обычно добавление энергии покоя обосновывается ссылками на дефект массы и аннигиляцию, причем эти явления рассматриваются как экспериментальное доказательство общего закона эквивалентности массы и энергии. Иногда приводятся и другие соображения, вроде мысленного эксперимента Эйнштейна с обменивающимися электромагнитным излучением телами в цилиндре. Нередко встречается и ссылка на «естественность» объединения кинетической энергии с энергией покоя (см., например, [11], стр. 210) или на произвольность выбора начала отсчета энергии. Все подобные соображения исходят из представления, что масса и энергия различные величины. И несмотря на то, что окончательный результат, т. е. формула $E=mc^2$, соответствует принципу тождественности массы и энергии, этот принцип обычно четко не формулируется и поэтому ускользает от внимания. В силу определенной инерции мысли сохраняется представление о массе, как о чем-то прочном, устойчивом и относительно неизменном, в отличие от изменяющейся и превращающейся энергии. Но это представление ошибочно, так как оно могло бы иметь смысл только по отношению к массе покоя, противопоставлять которую энергии можно, однако, только ценой отказа от энергии покоя, т. е. от закона эквивалентности массы и энергии вообще. Создается, таким образом, противоречивая ситуация, неразрешимая до тех пор, пока остается непонятым истинный смысл формулы $E=mc^2$, т. е. пока игнорируется тождественность массы и энергии.

Чтобы подойти к этому пониманию наиболее простым и естественным путем, следует обратиться к выводу релятивистской зависимости массы от скорости. Если потребовать (как обычно и делается) сохранения в любой инерциальной системе массы и импульса при неупругих соударениях тел, то легко получить, во-первых, формулу (2) зависимости массы от скорости, и, во-вторых, несохранение массы покоя. Проще и удобнее всего можно это сделать, рассматривая полностью неупругое соударение двух одинаковых тел, движущихся с одинаковыми скоростями навстречу друг другу. После соударения образовавшееся из них вторичное тело в силу сохранения импульса покоится. Сохранение массы записывается в виде:

$$2m(v) = M_0, \quad (7)$$

где m — масса первичных тел, v — их скорость, M — масса вторичного тела. Перейдем в инерциальную систему, в которой одно из первичных тел до соударения покоится. Скорость

другого будет тогда равна $\frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}}$, а скорость вторичного — v .

Формулы сохранения массы и импульса получат тогда вид:

$$\left. \begin{aligned} m_0 + m \left(\frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}} \right) &= M(v), \\ \frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}} m \left(\frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}} \right) &= vM(v). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Исключая из этих равенств $M(v)$, находим:

$$m_0 = \frac{1 - \frac{v^2}{c^2}}{1 + \frac{v^2}{c^2}} m \left(\frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}} \right),$$

откуда путем подстановки

$$\frac{2v}{1 + \frac{v^2}{c^2}} = u$$

и получается формула (2).

Изложенный вывод хорошо известен (см., например, [12]), но мы воспроизвели его здесь с тем, чтобы по возможности нагляднее показать вытекающие отсюда дальнейшие следствия, которые для наших целей особенно важны и интересны, но в литературе обычно подаются без достаточной четкости и последовательности. Прежде всего, очевидно, что сохранение массы согласно (7) означает несохранение массы покоя, так как из $m(v) > m_0$ следует, что $M_0 > 2m_0$. Далее рассуждаем следующим образом. В нерелятивистской механике неупругость соударения означает несохранение механической энергии. А в теории относительности оказывается, что неупругость характеризуется несохранением массы покоя. Уже простое сопоставление этих двух критериев неупругости подводит к мысли об эквивалентности массы и энергии. Ведь между обоими критериями должно существовать соответствие, определяемое предельным переходом от релятивистского к нерелятивистскому случаю. Вполне очевидной эквивалентность массы и энергии (и притом неизбежно в смысле их тождественности) становится из следующего факта: полное кинематическое описание любых (упругих или неупругих) соударений любого числа частиц друг с другом не требует никаких других универсальных законов сохранения, кроме законов сохранения массы и импульса. Это означает, что любой результат соударения, согласный с этими законами, является возможным (если, конечно, он не запрещен специальными законами сохранения типа зако-

на сохранения заряда). Отсюда следует, что энергия как самостоятельная величина является просто излишней. Единственная возможность введения энергии состоит лишь в принципиальном отождествлении ее с массой, причем, если иметь в виду тот предельный смысл понятий массы и энергии, который они получают в традиционном нерелятивистском приближении, то соображения размерности определяют и связывающий обе величины множитель пропорциональности c^2 . Так появляется на свет формула $E=mc^2$. Подчеркнем еще раз, что она с самого начала имеет смысл тождества массы и энергии, не нуждаясь и не допуская никакого иного истолкования, поскольку, повторяем, можно было бы вообще обойтись без введения понятия энергии. Иными словами, формула $E=mc^2$ самим своим существованием обязана отождествлению энергии с массой. Таков неизбежный вывод, к которому приводят законы сохранения массы и импульса и требование релятивистской ковариантности этих законов, вместе с простым эмпирическим фактом существования неупругих процессов.

Какой же смысл мы должны теперь приписать формуле работы (5)? Очевидно, продолжая рассматривать энергию как величину, при наличии массы излишнюю, мы вправе считать в этой формуле мерой работы не энергию, а кинетическую массу $m - m_0$. Ей соответствует в нерелятивистском пределе кинетическая энергия, так как

$$c^2 \lim_{u \ll c} (m - m_0) = \frac{m_0 u^2}{2}. \quad (9)$$

Следовательно, релятивистская формула работы не противоречит тождеству массы и энергии. Вопрос об энергии покоя согласно излагаемому воззрению полностью тривиализуется. Отпадает попросту необходимость доказывать существование энергии покоя, так как масса покоя существует несомненно, а энергия тождественна массе. Никакой иной энергии, кроме тождественной массе, не существует, — ее просто неоткуда взять. Поэтому ни дефект массы атомных ядер, ни явления аннигиляции не являются специфическими экспериментальными доказательствами существования энергии покоя. Эти процессы являются просто сильно неупругими; поэтому в принципе они доказывают не более того, что можно вывести из рассмотрения любого неупругого процесса. Эксперимент показывает, что в ядерных реакциях или в процессах трансмутации элементарных частиц выполняются законы сохранения массы и импульса, но ничего сверх этого эксперимент не дает. Об энергии эксперимент такого типа ничего не говорит до тех пор, пока мы не ввели понятия энергии; а когда оно уже введено, то эксперимент говорит об энергии в точности то же, что он говорил до того о массе. Поэтому, например, следует признать ошибочным

мнение Э. В. Шпольского (см. [12], стр. 209) о том, что только аннигиляция электрона и позитрона доказывает наличие у них энергии покоя. Конечно, аннигиляция подтверждает выполнение законов сохранения массы и импульса, и отсюда, через отождествление энергии с массой, согласуется и с наличием энергии покоя у аннигилирующих частиц. Но аннигиляция не является исключительным доказательством этого, так как наличие энергии у фотонов ничуть не более очевидно, чем наличие ее у покоящихся электрона и позитрона, и так как к тому же выводу можно прийти из рассмотрения любого неупругого процесса, т. е. процесса с частичным превращением массы покоя. Аннигиляция доказывает очень много важного для познания элементарных частиц; в частности, она доказывает полную превращаемость массы (энергии) покоя; но понятие энергии как величины, тождественной массе, обосновывается независимо от явлений аннигиляции.

Итак, мы показали, что в релятивистской механике соотношение $E=mc^2$ может иметь смысл только тождества массы и энергии. Очевидно, тот же смысл это соотношение неизбежно должно иметь и за пределами чистой механики, например, в теории поля. Поле любой природы, взаимодействуя с телами (частицами), обменивается с ними массой (энергией). Следовательно, если бы масса поля не была тождественна его энергии, то и в механике частиц тождественность этих величин нарушилась бы, а это противоречило бы полученному выше результату. Притом, с точки зрения общей теории квантованных полей, принципиального различия между частицами и полями нет. Следовательно, все наши предыдущие рассуждения, относящиеся к механике любых тел, можно было бы в том же виде и с теми же результатами повторить и на уровне элементарных частиц — квантов всех существующих полей.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Фок. Теория пространства, времени и тяготения. М., 1955.
2. Философия естествознания (выпуск первый). М., 1966.
3. А. М. Бутов, Е. Г. Швидковский. О законе взаимосвязи массы и энергии. Успехи физ. наук, 1952, 48, № 2, 147—160.
4. Н. Овчинников. Масса. Философская энциклопедия, т. 3, 325—326.
5. А. Эйнштейн. Творческая автобиография. Успехи физ. наук, 1956, 59, № 1, 71—105.
6. П. Г. Кард. Тождественность массы и энергии. Уч. записки Тартуского гос. ун-та, вып. 212. Труды по философии XI. Тарту, 1968, 64—70.
7. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теория поля. Изд. 5-е. М., 1967.
8. П. Г. Кард. Принципы относительности и тождественности в теории относительности. Материалы Второго Всесоюзного совещания по философским вопросам естествознания, посвященного 100-летию со дня рождения В. И. Ленина. М., 1973, 266—270.

9. Макс Джеммер. Понятие массы в классической и современной физике. М., 1967.
10. Г. И. Копылов. Всего лишь кинематика. М., 1969.
11. Р. Неванлинна. Пространство, время и относительность. М., 1966.
12. Э. В. Шпольский. О связи между массой и энергией. Успехи физ. наук, 1952, 48, № 2, 191—211.

Поступила в редакцию 20 сентября 1971 г.

MASSI JA ENERGIA IDENTSUSE PRINTSIIBI PÕHJENDAMISEST

P. Kard

Resümee

Relatiivsusteooria-alases kirjanduses käsitletakse tavaliselt massi ja energia ekvivalentsuse seadust $E = mc^2$ seosena, mis kehtib kahe olemuselt erineva suuruse — massi ja energia — vahel. Nende suuruste põhimõttelist identsust enamasti ignoreeritakse või paremal juhul vahest vaikivalt eeldatakse, kuid selgelt ei formuleerita (vt. [7]). Tõeliselt aga väljendab seos $E = mc^2$ mõlema suuruse täielikku identsust. Kõige paremini saab selles veenduda vaadeldes kehade mitteelastseid pörkeid. Selgub, et nende protsesside kinemaatiliseks kirjeldamiseks piisab massi ja impulsi jäävuse seadustest, energia mõiste aga osutub üleliigseks. Järelikult ei saa energia mõistet algusest peale sisse tuua teisiti kui ainult massiga identse suuruse mõttes. Energia mõiste tarbetus ilmneb ka sellest, et relativistlik töö avaldub kineetilise massi kaudu. Viimane on seega töö mõõduks. Võrdeteguril c^2 , mille poolest energia traditsiooniliselt erineb massist, ei ole põhimõttelist tähtsust, vaid ta on vajalik ainult dimensioonikaalutlustel ning selleks, et kineetilise energia valem saaks piirjuhul $c \rightarrow \infty$ mitte-relativistliku kuju. Seisenergia olemasolu küsimus on triviaalne, sest seisumass on olemas, aga energia on mass. Ei ole seega õige laialt levinud arvamus, nagu oleksid seisenergia olemasolu tõestamisel mõõduandvad ainult annihilatsiooniprotsessid. Need on küll ülimalt mitteelastseid protsessid, kuid energia ja massi identsus tuleneb massi ja impulsi jäävusest paratamatult ka mistahes mitteelastse protsessi puhul.

ZUR BEGRÜNDUNG DES PRINZIPIES DER IDENTITÄT VON MASSE UND ENERGIE

P. Kard

Zusammenfassung

In einer grossen Anzahl von Schriften über Relativitätstheorie betrachtet man die Äquivalenz von Masse und Energie $E = mc^2$ als einen Zusammenhang zwischen zwei wesentlich verschiedenen Grössen. Die prinzipielle Identität dieser beiden Grössen wird meistens ignoriert oder bestenfalls nur stillschweigend angenommen, nicht aber deutlich ausgesprochen (s. [7]). Tatsächlich aber bringt die Formel $E = mc^2$ die völlige Identität der beiden Grössen zutage. Am bestens kann man sich davon überzeugen, indem man unelastische Zusammenstösse von Körpern betrachtet. Es stellt sich heraus, dass für eine vollständige kinematische Beschreibung solcher Prozesse nur die Erhaltungsgesetze für Masse und Impuls erforderlich sind, während der Energiebegriff sich als überflüssig erweist. Folglich kann man den Energiebegriff von vornherein nicht anders einführen, als im Sinne einer Grösse, die mit der Masse völlig identisch ist. Dass die Energie neben der Masse eine im Grunde genommen unnötige Grösse ist, sieht man auch daraus, dass die relativistische Arbeit sich durch die kinetische Masse ausdrücken lässt. Die letztere ist also ein Maß für die Arbeit. Der Proportionalitätsfaktor c^2 , um welchen die Energie sich traditionellerweise von der Masse unterscheidet, ist von keinem prinzipiellen Belang. Er tritt nur aus Dimensionsgründen auf; auch nimmt dadurch die Formel für kinetische Energie beim Grenzübergang $c \rightarrow \infty$ die wohlbekanntere nichtrelativistische Gestalt an. Die Frage nach der Existenz der Ruhenergie ist trivial, denn Ruhmasse existiert und Energie ist Masse. Also ist auch haltlos die weit verbreitete Meinung, nach welcher nur die Annihilationsprozesse für den Beweis der Existenz der Ruhenergie maßgebend seien. Diese Prozesse sind wohl höchst unelastisch, aber die Identität von Masse und Energie folgt zwangsläufig schon aus der Betrachtung beliebiger unelastischer Prozesse.

О НЕОБХОДИМОСТИ «ПЕРЕНОРМИРОВКИ» НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ

А. А. Коппель

0. Введение.

Любая наука существует прежде всего в форме системы понятий, суждений, умозаключений. Можно сказать, что специфический **понятийный аппарат** является как бы остовом любой конкретной науки.

В конкретных исследованиях специфические понятия каждой науки (в физике, например, скорость, ускорение, масса, сила, вес, энергия и т. д.) применяются обычно как «рабочие инструменты». Но не маловажен и анализ самих понятий, а также анализ всего понятийного аппарата данной конкретной науки. Это особенно важно после крутых переломов в старых представлениях, когда неизбежно требуется диалектическое осмысление новых достижений, ибо «диалектическое мышление... имеет своей предпосылкой исследование природы самих понятий» ([1], стр. 176).

Констатируя, что в настоящее время многие, даже важнейшие научные понятия вводятся в науку на недостаточно строгом уровне, многие ученые — как физики, так и философы — подчеркивают необходимость более четкого определения понятий, например, в современной физике, и важность изучения классификации и эволюции исторически сложившейся понятийной структуры в физике (см., например [2]; [3]; [4], стр. 421).

В настоящей статье ставится задача обсудить некоторые аспекты диалектики эволюции научных понятий вообще и некоторых физических понятий (вес, масса, энергия) в особенности. Попытаемся обосновать необходимость уточнения и даже «перенормировки» научных понятий. На наш взгляд, это является важной методологической проблемой, имеющей прямую связь с философией диалектического материализма.

Основные положения, о чем речь будет ниже, в философском аспекте, конечно, не новы. Но, как мы сможем убедить-

ся, в аспекте методологии конкретной специальной науки, в данном случае физики, вопрос о развитии научных понятий далеко не тривиален. Кроме того, имея в виду, например, продолжающийся спор о философском истолковании соотношения между массой и энергией, и особенно возражения против вполне обоснованной концепции тождественности массы и энергии [5, 6], приводимые ниже соображения кажутся не лишними значения даже с чисто философской точки зрения.

1. Метафизическое понимание понятий веса, массы, энергии.

Начнем с рассмотрения «общепринятого» понимания понятия веса тела.

В классической физике сложилось понятие веса, мало отличающееся от обиходного понимания веса как «силы, с которой тело притягивается к Земле». Конечно, учитывая вращение Земли, в строгом изложении это понятие несколько уточняется. Но главное здесь то, что вес понимается как т. наз. массовая сила, приложенная к телу. В течение многих лет такое понимание веса принималось как единственно возможное и ... большинством физиков принимается также в настоящее время. Ему противостоит новое понимание веса, проникшее уже и в школьные учебники. Согласно этому пониманию вес определяется для покоящихся на Земле тел как сила, «с которой тело действует на опору или подвес вследствие его притяжения к Земле» ([7], стр. 124). При этом особо подчеркивается, что «вес тела (груза), отсчитываемый по пружинным весам, равен силе тяжести, действующей на груз, только тогда, когда весы находятся в покое относительно Земли или в состоянии прямолинейного равномерного движения» ([7], стр. 125).

Естественно возникает вопрос: почему новое понимание веса принимается с трудом? По-видимому, основной причиной этого является бытующее представление о том, что будто бы физические понятия можно и нужно определять раз и навсегда. Критикуя новое, современное, «перенормированное» понимание веса, например, пишут: «Все это не согласуется со сложившимся в веках представлением о весе ...» [8].

Против нового понимания понятия веса, называемого иногда также «определением веса по Леонардо да Винчи» [9—11], приводят следующие более конкретные аргументы [9]: 1. Новая трактовка веса тела «противоречит определению веса, данному третьей Генеральной конференцией по мерам и весам» (кстати, эта конференция состоялась в 1901 году). 2. Новое определение веса «является неправильным определением, так как оно не удовлетворяет условию существования и единственности» (под «условием существования и единственности» здесь пони-

мается по существу требование, чтобы вес тела был всегда и везде, например, в любом состоянии движения один и тот же). 3. «В течение последних трех столетий в литературе по механике и физике господствовала точка зрения, согласно которой вес тела является силой, приложенной к самому телу, а не к его связям». 4. «Термин «невесомость» не является правильно ориентирующим термином ... и поэтому его этимология не может служить аргументом в пользу определения веса по Леонардо да Винчи».

Ниже мы дадим подробную критику этих аргументов, но уже здесь хочется указать на их явно метафизический характер. Невольно вспоминаются слова Энгельса: «Для метафизика вещи и их мысленные отображения, т. е. понятия, суть отдельные, неизменные, застывшие, раз навсегда данные предметы, подлежащие исследованию один после другого и один независимо от другого» ([12], стр. 21).

Противники современного понимания веса, исходя из вышеприведенных аргументов, пытаются найти чисто формально-логическими средствами такую «экспликацию понятия веса», которая, «будучи безукоризненной с логической точки зрения, учитывала бы главные особенности и тенденции развития соответствующего круга понятий и идей механики» [10, 11]. Оценивая такую попытку, нужно отметить, что хотя желание учитывать «главные особенности и тенденции развития» и является похвальным, такая «экспликация» ничего положительного дать не может, если при этом придерживаются явно метафизической позиции и учитывают «главные особенности и тенденции» только до начала нашего столетия.

В качестве второго яркого примера того, как метафизические предрассудки мешают усвоению современного содержания физических понятий, укажем на разногласия в современном осмыслении таких фундаментальных понятий физики как **масса** и **энергия**.

О массе, как и о весе в классической физике сложилось понимание, мало отличающееся от обиходного. В т. наз. старой физике масса была практически синонимом как понятия материи, так и понятия вещества. Из-за этого и в наше время современное понимание массы воспринимается с трудом даже некоторыми физиками, не говоря уже о философах и людях других специальностей. Это проявляется особенно в трактовке знаменитой формулы $E=mc^2$. Здесь мы отчетливо видим, как «в силу определенной инерции мысли сохраняется представление о массе, как о чем-то прочном, устойчивом и относительно неизменном, в отличие от изменяющейся и превращающейся энергии» [6]. Но ведь эта формула выражает принцип тождественности массы и энергии! И это очень важ-

ный аспект современных, «перенормированных» понятий массы и энергии.

Таким образом, мы видим, что действительно не лишено интереса лишний раз обратить внимание на диалектику понятий. Видим, к сожалению, что иногда даже в наше время применимы слова В. И. Ленина: «У естествоиспытателей узко понятие превращения и нет понимания диалектики» ([13], стр. 260).

2. Диалектика понятий.

Если обратимся к основным положениям философии диалектического материализма, то заметим, что развитие понятий, доходящее временами до их основательной «перенормировки», вполне естественно и, более того, неизбежно.

Понятия не сводятся, как это часто ошибочно принимается, к одним лишь **дефинициям** (см. [14], стр. 393). Конечно, возможно более четкие дефиниции научных понятий безусловно необходимы, чтобы установить предел понятия, определить границы, позволяющие отличить его от других связанных с ним понятий. Однако следует иметь в виду, что посредством дефиниции в объекте (в конкретном или абстрактном), отраженном в понятии, выделяют одни только существенные признаки и временно берут их изолированно от всего остального знания, содержащегося в понятии. В дефиниции как бы «замораживаются» связи данного понятия со всем понятийным аппаратом, неотделимой и живой частью которого оно является.

Понятие не является также тождественным **термину**, т. е. слову, обозначающему строго определенное понятие какой-нибудь области наук. Конечно, каждое понятие неразрывно связано с материальной языковой оболочкой и не может существовать вне слов, но слово (термин) все-таки является только определенным внешним выражением данного понятия.

Как мы уже не раз подчеркивали, научное знание в любой области науки представляет собой **стройную систему** из понятий и суждений. В этой системе все понятия связаны друг с другом и являются звеньями одной неразрывной цепи. Определенное значение какое-нибудь понятие приобретает именно в определенной системе. Поэтому понятия выполняют свою функцию отражения действительности во всей ее сложности и противоречивости только в том случае, если они берутся в совокупности, как цельная система. Отдельные понятия и выражающие их термины в различных системах понятий, т. е. в рамках различных теорий, обладая одной и той же формой, могут иметь различное содержание. И в этом нет ничего странного, ничего чисто субъективного. «Человеческие понятия субъек-

ективны в своей абстрактности, оторванности, но объективны в целом, в процессе, в итоге, в тенденции, в источнике» ([13], стр. 199).

Как и все на свете, понятия не являются сразу в готовом, окончательном виде. До некоторого времени наука вынуждена удовлетворяться недостаточно уточненным, «интуитивным» смыслом используемых терминов. Во времена Декарта, например, под непрерывной кривой понималась кривая, которую можно начертить, не отрывая карандаша от бумаги. Ясно, что такое интуитивное понимание понятия непрерывной кривой уже давно не удовлетворяет потребностям математики.

По мере развития науки знания людей обогащаются. В объектах и явлениях открываются все новые и новые аспекты. Поэтому как системы понятий об объектах и явлениях, так и понятия сами все время, как правило, изменяются, уточняются, углубляются, совершенствуются. Понятия — это **итог познания** объекта, явления, некоторого свойства действительности и т. п., характеризующихся этими понятиями. Ф. Энгельс писал, что понятия — это «результаты, в которых обобщаются данные опыта...» ([12], стр. 14).

Из сказанного следует, что открытие новых областей знаний с необходимостью требует как введения совершенно новых понятий, так и пересмысления старых. Старые понятия (или по меньшей мере некоторые из них) подлежат обязательному уточнению, чтобы они отражали как прежнее, так и новое знание, отвечали более высокому уровню познания всей совокупности изучаемых явлений.

Поскольку новое знание может содержать качественно новые элементы, то уточнение понятий бывает часто с необходимостью связано с радикальной ломкой сложившихся ранее научных представлений. В этом случае уточненное понятие лишь в определенном смысле эквивалентно уточняемому, — иногда, может быть, «интуитивно ясному» понятию. В процессе уточнения происходит известная **трансформация содержания** понятия, притом, может быть, в сторону «менее ясного» (с точки зрения наивного эмпиризма). Могут проявляться ранее неизвестные связи между понятиями, доселе разные понятия могут в определенных аспектах оказаться тождественными. В общем — понятия **«перенормируются»**, с тем, чтобы они были в согласии с новым знанием. Это означает, что понятия, как учил В. И. Ленин, должны быть **«обтесаны, обломаны, гибки, подвижны, релятивны, взаимно связаны, едины в противоположностях, дабы обнять мир»** ([13], стр. 136 — подчеркнуто мною А. К.).

Ясно, что требование более высокой меры точности не может быть требованием какой-то «абсолютной» точности. Всякое уточнение любого понятия относительно. Предел точности в

науке всегда определяется уровнем развития науки, а также задачами, ради решения которых создана та или другая теория, составным элементом которой является данное понятие. С одной стороны, в будущем развитии науки никак не исключены дальнейшие «перенормировки» понятия. В то же время, с другой стороны, в рамках старых теоретических представлений, в рамках старой системы понятий, на более низком уровне точности понятие сохраняет свое прежнее значение. Таким образом, боязнь, что необходимость «перенормировки» ликвидирует всякие прочные аспекты понятия, ни на чем не основана. Не надо также бояться, что обоснованная «перенормировка» понятий превратит наши представления в нечто сугубо субъективное. Такая «перенормировка» всегда детерминирована объективным развитием науки и никак не является чем-то произвольным.

Итак, мы должны всегда иметь в виду, что «человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливаются одно в другое, без этого они не отражают живой жизни. Анализ понятий, изучение их, «искусство оперировать с ними» (Энгельс) требует всегда изучения движения понятий, их связи, их взаимопереходов» ([13], стр. 249).

3. Необходимость «перенормировки» понятий веса, массы, энергии.

Проследим теперь диалектику понятий веса, массы и энергии. Рассмотрим, в чем заключается «искусство оперировать» этими понятиями.

Как любые другие понятия, так и понятия физики, в том числе вес, масса, энергия, всегда должны рассматриваться в определенной системе понятий, отражающей определенный уровень физического знания. Отсюда вытекает, что эти понятия не сводятся к одним лишь определенным дефинициям. Нельзя принимать, по меньшей мере в физике как в науке, дефиницию понятия, данную на некотором этапе развития познания, как истину в последней инстанции, изолированную от всего остального развивающегося физического знания. Поэтому совершенно необоснованным является, например, аргумент, будто бы понятие веса должно и в настоящее время отвечать дефиниции, данной в 1901 году.

Ничего положительного не может дать анализ понятий веса, массы или энергии как терминов самих по себе. Все эти термины на деле многозначны. В обиходе они имеют одни значения (их фактически много), в науке — другие, более точные. Сколько различных значений имеют в обыденной жизни, например, слова «вес» и «масса»! Но какой именно уточненный

смысл приобретают термины веса, массы, энергии в физике, зависит полностью от всего понятийного аппарата, в состав которого они входят. Поэтому обязательно нужно совершить выход за пределы чисто семантического и формально-логического анализа определенных терминов, взятых в отдельности. Ограничиваясь только таким анализом, который в известных пределах является полезным, мы просто не в состоянии выяснить все существенные аспекты изучаемого научного термина, отвечающие современному уровню познания. Именно по этой причине не могла иметь успеха вышеупомянутая «безукоризненная с логической точки зрения» экспликация понятия веса, а также неприменимы узко и только формально понятые «условия существования и единственности», предъявленные к понятию веса.

Чтобы правильно раскрыть современную суть физических понятий, мы должны принять в основу их понимания всю современную физику как **единую** систему знаний. Это положение, на наш взгляд, следует считать аксиомой. Отсюда вытекает, что поскольку именно фундаментальные теории придают любой науке форму стройной системы знаний, то современное содержание физических понятий должно проистекать из современных фундаментальных физических теорий. Именно эти теории отражают самое главное в наших современных, уточненных представлениях о физических объектах и явлениях. Таким образом, только анализ понятий веса, массы, энергии с учетом положений соответствующей современной фундаментальной физической теории (а такой теорией является теория относительности), может раскрыть современную суть этих понятий. Такой анализ должен также помочь выяснить, нужно ли вообще уточнять старое содержание этих понятий или нет, нужна ли известная «перенормировка» понятий или нет.

Как известно, с созданием теории относительности как специальной (СТО), так и общей (ОТО) связан крутой перелом во многих старых фундаментальных физических представлениях. При этом возникли именно такие качественно новые представления о физических объектах и явлениях, в которых существенную роль играют понятия веса, массы, энергии. Выясняется, что эти понятия должны выражать новый опыт о более глубоких свойствах и закономерностях мира физических явлений. В результате мы должны быть также готовыми к известной «перенормировке» этих понятий, чтобы они отвечали новому, более глубокому знанию.

4. Современное понятие веса тел.

Понятие веса неразрывно связано с явлением тяготения. Поэтому немислимо такое понимание этой величины, которое

не было бы в согласии с самой совершенной современной теорией гравитации, т. е. с общей теорией относительности (ОТО). Кроме того, поскольку различные состояния весомости, а также состояние невесомости являются очень важными факторами в физических явлениях при космических полетах, т. е. в явлениях, широко и интенсивно изучаемых в нынешнее время, то современное понятие веса должно хорошо согласовываться также с современным научным объяснением этих состояний. (Отметим, кстати, что утверждение, будто бы термин «невесомость» не является «правильно ориентирующим термином», совершенно непонятно. Весомость и невесомость суть хорошо определенные состояния физических тел и понятие веса оказывается как нельзя более подходящей количественной характеристикой этих состояний.)

Для современного понимания веса особенно важно иметь в виду, что по ОТО движение тел под влиянием одной только гравитации (с добавлением, возможно, движения по инерции) является нормальным состоянием тел в гравитационном поле, т. е. нормальной формой существования в искривленном пространстве-времени. Именно такое состояние называется в ОТО свободным движением. В системе понятий ОТО, которая оперирует терминами геометрии искривленных пространств, понятие гравитационной силы как количественной физической характеристики является излишним. Это, конечно, никак не означает нереальности (!) гравитационного взаимодействия тел, а означает просто то обстоятельство, что в релятивистской теории гравитации мы характеризуем это взаимодействие новыми терминами, отличными от терминов нерелятивистской ньютоновой теории. Как известно, для слабых и статических гравитационных полей ОТО переходит в ньютонову теорию гравитации. В этом предельном случае мы рассматриваем гравитационное поле, которое в принципе, по своей сущности неотделимо от искривленного (неэвклидового) пространства-времени, приближенно как некоторое отображение на плоское (эвклидовое) пространство-время. Вот в этом-то (и только в этом) предельном случае нам и приходится пользоваться понятием гравитационной силы, действующей на тела в гравитационном поле и сообщаящей им ускорение.

В то время, как понятие гравитационной силы в ОТО отсутствует, понятия весомости и невесомости в этой теории сохраняются как понятия, характеризующие объективно существующие состояния тел. В состоянии невесомости находятся все достаточно малые невращающиеся тела, движущиеся свободно под влиянием гравитации и по инерции. В таком состоянии находятся космические корабли на орбитах спутников Земли, свободно падающие лифты и т. п. Различные состояния весомости имеют место тогда, когда какие-нибудь факторы препятствуют

телам свободно двигаться по гравитации и инерции. В таком состоянии находимся мы на Земле как в приблизительно инерциальной системе отсчета; в аналогичном, но только «гораздо сильнее выраженном весовом состоянии» находятся космонавты в стартующем вверх с ускорением космическом корабле как в «сильно неинерциальной» системе отсчета.

Во всех случаях весомости тел в них проявляются определенные напряжения, характеризующие это состояние. Напряжения эти совершенно неразличимы для «естественной» весомости, обусловленной только гравитацией и для «искусственной» весомости, обусловленной неинерциальностью системы отсчета. Обнаруживается также определенная сила реакции, приложенная к объекту, препятствующему свободному движению весомого тела. Эту силу реакции и следует принять в качестве веса тела, так как именно эту силу мы измеряем взвешиванием и именно она характеризует «меру» или «степень весомости» тела.

Вес тела, покоящегося относительно Земли, и вес его в случае т. наз. перегрузки являются по существу просто различными численными значениями одной и той же величины. Именно такова и должна быть трактовка понятия веса в ОТО, так как с точки зрения ОТО физические величины следует определять в такой форме, чтобы эти определения имели силу для любых систем отсчета. Но отсюда вытекает, в свою очередь, что вес тела как векторная величина является относительной физической величиной, т. е. величиной, численное значение и направление которой зависят от системы отсчета. (Не будем ломиться здесь в открытую дверь, доказывая, что относительность понятий вполне совместима с их объективностью!).

Так как до эры космических полетов человечество имело дело почти единственно только с весом покоящихся на Земле тел, т. е. с весом тел в одной определенной системе отсчета, то новая «перенормированная» трактовка веса по сути дела никак не противоречит старому пониманию этой величины. Просто старое понимание соответствует одному частному случаю, а в других случаях вес обнаруживает новые, ранее почти неизвестные свойства. Необходимо уяснить себе, что в целях более адекватного теоретического описания этих новых свойств правильнее считать вес приложенным к связям тел, а не к телам самим. Как мы видели, с точки зрения ОТО **гравитационная сила и вес являются совершенно различными величинами**, которые только в частных случаях ньютоновского предела могут иметь совпадающие численные значения (даже для покоящихся тел на Земле это имеет место только приблизительно).

Поскольку вес фактически величина относительная, зависящая как от гравитационных свойств тел, так и от характера движения относительно определенной системы отсчета, то ссыл-

ки, что «никакое тело не имеет своего определенного веса даже в данном месте на Земле» (если они в различных состояниях движения) и «масса тела не определяет его веса» [8], хотя они делаются с целью отвергнуть новую трактовку веса, совершенно верны. Вполне естественно и то обстоятельство, что новое, «перенормированное» определение веса «не удовлетворяет условию существования и единственности», если понимать это условие в качестве требования, чтобы вес тела был всегда и везде один и тот же. Но если условие существования и единственности понимать правильно, то, разумеется, новая трактовка веса тоже удовлетворяет этому условию: в определенной точке гравитационного поля и в определенном состоянии движения (состояние покоя является частным случаем движения) вес определенного тела относительно определенной системы отсчета имеет одно единственное численное значение и единственное направление.

5. О современных понятиях массы и энергии.

Понятия массы и энергии более фундаментальны, чем понятие веса. Оба эти понятия являются самыми общими характеристиками движущейся материи. Масса — это «физ. характеристика материи, являющаяся выражением и мерой одновременно гравитационных свойств материи и ее инерционных свойств» ([15], стр. 135). Энергия — это «общая мера различных процессов и видов взаимодействия» ([16], стр. 532). Такое содержание эти понятия имели уже в классической физике, но при этом их интуитивно трактовали также в качестве понятий, имеющих субстанциональный смысл — массу принимали в значении количества вещества, а энергию — фактически в значении количества самого движения. Как мы уже отметили, такое «интуитивно ясное» представление сохранилось до наших дней.

Современное понимание массы и энергии немыслимо вне системы понятий самой общей и самой совершенной теории современной физики о самых фундаментальных и универсальных физических закономерностях движущейся материи. Такой теорией является теория относительности, в первую очередь специальная (СТО).

Из СТО строго и однозначно следует, что массу уже никак нельзя более понимать как некое количество вещества. Ведь в противном случае количество вещества в теле должно увеличиваться при увеличении скорости этого тела!? Масса не является некоей субстанцией, а является просто одной из количественных характеристик тела или его **мерой** наряду с другими количественными физическими характеристиками, хотя и очень универсальной.

Из СТО строго и однозначно следует принцип тождественности массы и энергии [5, 6]. Поскольку энергию тоже нельзя считать чем-то субстанциональным, то это понятие тоже является всего лишь некоторой количественной характеристикой или **мерой** движущейся материи. Например, излучение, т. е. поток некоторых элементарных частиц, не есть, как иногда думают, чистая энергия; энергия и излучение являются в том же смысле различными понятиями как и масса и вещество. Поэтому тождественность массы и энергии никак не может означать какое-то «сведение» материи к движению или наоборот. Мы просто приходим к более глубокому пониманию массы и энергии, так что ничего страшного в их тождественности нет и не может быть. А в этом собственно и состоит современная «перенормировка» понятий массы и энергии.

Тождественность массы и энергии означает, что в релятивистской физике одно из этих понятий излишне. В конкретных исследованиях по ядерной физике и физике элементарных частиц это ярко демонстрируется. Но это обстоятельство ничуть не означает, что в области нерелятивистских явлений оба понятия — масса и энергия не имеют самостоятельных значений. Здесь действительно возможно и целесообразно трактовать их как различные характеристики материи, хотя эта возможность реализуется только приближенно, с большей и меньшей точностью [6]. Так выявляется внутренняя диалектика этих понятий — тождество в различии и различие в тождестве. Здесь очень уместно вспомнить слова В. И. Ленина: «Всесторонняя, универсальная гибкость понятий, гибкость, доходящая до тождества противоположностей, — вот в чем суть» ([13], стр. 98—99).

6. Заключение.

Итак, мы рассмотрели на примерах понятий веса, массы и энергии, каким образом с развитием физики физические понятия претерпевают известную трансформацию, каким образом они, по существу, «перенормируются». Мы убедились, что физические понятия нужно временами «обтесать» и «обломать». Мы подчеркнули важность «гибкого» понимания их, проследили их «подвижность». Очень ярко проявляется их «релятивность» и «взаимосвязанность», а также «единство противоположностей». Мы видели, что именно такими они позволяют глубже и лучше понять, «обнять» мир.

В настоящей статье мы затронули несколько примеров «перенормировки» количественных понятий физики, т. е. таких, которые обозначают физические величины. Отметим, что известной «перенормировке» подлежат также многие другие понятия, например, те, которые, по Дышлеву [2], «непосредствен-

но» характеризуют черты физической реальности (пространство, время, причинность, структурность) или те, которые характеризуют объект «сам по себе» (поле, вещество, частица). Наш взгляд, большой интерес представляет исследование эволюции этих понятий именно в указанном аспекте, т. е. с точки зрения их возможных «перенормировок».

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Энгельс. Диалектика природы. Госполитиздат, 1950.
2. П. С. Дышлевый. О предпосылках анализа концептуальной структуры общей теории относительности. Сб. «Логика и методология науки», изд. «Наука», 1967, 292—301.
3. Х. Ф. Таммет. Понятия физической величины и измерения в курсе общей физики. Материалы третьего научно-методического семинара преподавателей физики вузов Прибалтийских республик, Белорусской ССР и Калининградской области. Вильнюс, 1971, 363—367.
4. Сб. «Ленинская теория отражения и современность». Москва—София, 1969.
5. П. Г. Кард. Тождественность массы и энергии. Уч. записки Тартуского гос. ун-та, вып. 212. Труды по философии, XI. Тарту, 1968, 64—70.
6. П. Г. Кард. К обоснованию принципа тождественности массы и энергии. Настоящий выпуск, 3—12.
7. И. К. Кикоин, А. К. Кикоин. Физика. Учебное пособие для 8 класса средней школы. «Просвещение», 1970.
8. С. М. Жемчужный. Вес и его проявления. Материалы второго научно-методического семинара преподавателей физики вузов Прибалтийских республик и Белорусской ССР. Тарту, 1970, 45—49.
9. Л. Кульвецас. Несколько замечаний по поводу определения веса тела. Сборник докладов и сообщений научно-методического семинара преподавателей физики вузов Прибалтийских республик. Рига, 1970, 59—65.
10. Л. Кульвецас. Опыт экспликации понятия веса тела. Материалы второго научно-методического семинара преподавателей физики вузов Прибалтийских республик и Белорусской ССР. Тарту, 1970, 50—54.
11. Л. Кульвецас. О возникновении концепции веса тела по Леонардо да Винчи. Материалы третьего научно-методического семинара преподавателей физики вузов Прибалтийских республик, Белорусской ССР и Калининградской области. Вильнюс, 1971, 26—30.
12. Ф. Энгельс. Анти-Дюринг. Госполитиздат, 1950.
13. В. И. Ленин. Сочинения, том 38. Философские тетради. Госполитиздат, 1958.
14. Н. И. Кондаков. Логический словарь. «Наука», 1971.
15. Физический энциклопедический словарь, т. 3. «Советская энциклопедия», 1963.
16. Физический энциклопедический словарь, т. 5. «Советская энциклопедия», 1966.

Поступила в редакцию 22 ноября 1971 г.

TEADUSLIKE MÕISTETE «ÜMBERNORMEERIMISE» PARATAMATUSEST

A. Koppel

Resümee

Artiklis püütakse välja selgitada neid metafüüsilisi eelarvamusi, mis takistavad kaasaegselt mõistmast füüsika mõisteid. Analüüsitakse teaduslike mõistete evolutsiooni dialektikat üldse ja mõningate füüsika mõistete (kaalu, massi, energia) arengu dialektikat eriti.

Rõhutatakse, et teadmiste haarde laienemine nõuab paratamatult nii uute teaduslike mõistete kasutuselevõttu kui ka vanade mõistete täpsustamist ja uut moodi mõtestamist. Täpsustamise protsessis aga mõistete sisu tingimata teataval määral transformeerub, mõisteid on vaja «ümber normeerida».

Et õigesti avada füüsika mõistete tänapäevast sisu, tuleb tugineda füüsikale kui teadmiste terviklikule süsteemile. Üksnes kaalu, massi, energia mõistete analüüs vastavate nüüdisaegsete põhiteooriate alusel (üld- ja erirelatiivsusteooria) avab nende mõistete kaasaegse sisu, toob esile nende arengu dialektika.

ON THE INEVITABILITY OF THE "RENORMALIZATION" OF SCIENTIFIC CONCEPTS

A. Koppel

Summary

In this paper some of the metaphysical prejudices that hamper the modern understanding of physical concepts are cleared up. The point is to analyze the dialectics of the evolution of scientific concepts in general, and that of some physical notions (weight, mass, energy) in particular.

It is emphasized that the increase in our knowledge claims both the introduction of new scientific concepts as well as the precision of old ones. In this process, the contents of concepts must inevitably undergo some modifications. The concepts are to be "renormed".

The true modern contents of physical concepts must be grounded on contemporary physics as a complete system of knowledge. The analysis of the notions of weight, mass, and energy discloses their modern contents and reveals the dialectics of their evolution, if based on corresponding contemporary fundamental theories only, such as General and Special Relativity.

К ВОПРОСУ ОБ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Ю. В. Таммару

В настоящей статье мы исходили из следующих основных положений:

1) В процессе научного познания необходимо различать **принципы** и **законы**. Под научным законом, как обычно, будем понимать универсальное высказывание о необходимых связях, отношениях в объекте науки. Под принципом будем понимать положение, предшествующее теории, являющееся предпосылкой ее построения, программой действия по созданию той или иной научной дисциплины.

Соответственно этому **закон сохранения энергии** можно сформулировать следующим образом: во всех процессах, описываемых данной теорией, общее количество энергии остается неизменным, переход энергии из одной формы в другую происходит в эквивалентных количествах. Система, к которой данное высказывание относится, предполагается изолированной как в качественном, так и в пространственном отношении. Другими словами, предполагается, что в процессах не участвуют неучитываемые в теории типы взаимодействий, и что не происходит обмена энергией с объектами вне пространственных рамок данной системы.

Принцип сохранения энергии сформулируем следующим образом: все природные объекты должны характеризоваться некоторой величиной, которая сохраняется в любых процессах и переходит в эквивалентных количествах в энергию, характеризующую уже известные объекты. Другими словами, все природные объекты должны обладать энергией, и основным признаком энергии является ее количественное сохранение при взаимодействиях изучаемого объекта с таким, способ определения энергии которого нам уже известен. Тем самым мы видим, что принцип есть одновременно и универсальное и экзистенциальное высказывание.*

* Об определении универсальных и экзистенциальных высказываний см. [1], стр. 394 и 443.

2) Истинность закона сохранения энергии проверяется в эксперименте и наблюдении, планируемых исходя из данной теории. Истинность принципа проверяется в процессе его применения для построения научного знания.

3) Принцип сохранения энергии вытекает из двух источников: общефилософских положений и опыта развития физики (см. [2], стр. 81—82).

Проблема универсальности закона сохранения энергии была в последнее время неоднократно предметом дискуссии в нашей философской литературе. Понятно, что в принятой нами терминологии речь может идти только об универсальности **принципа** сохранения энергии. Закон сохранения энергии не может быть предметом подобных дискуссий. Границы действия закона сохранения энергии строго определены областью изученных явлений и типов взаимодействий. Вне этих границ сохранение энергии не может быть толковано как **закон** физики. (Напомним еще раз, что согласно принятой нами терминологии, необходимо различать понятия «закона» и «принципа»). До формулировки закона сохранения энергии в какой-либо области действительности необходимо положительно решить вопрос о существовании и способе определения энергии в данной области. Таким образом, вопрос можно ставить лишь об универсальности принципа сохранения энергии, точнее, о применимости этого принципа ко всем возможным формам движения в природе.

По интересующему нас здесь вопросу мы в основном согласны с точкой зрения В. С. Барашенкова [3]. Мы выскажем здесь некоторые соображения по поводу той аргументации, которая приводится в защиту концепции об абсолютности закона сохранения энергии. Наиболее последовательными сторонниками указанной концепции в нашей литературе являются В. Н. Веселовский [4], В. С. Готт и А. Ф. Перетурин [5—7]. По вопросу о пределах действия закона сохранения энергии неоднократно высказывался и Н. Ф. Овчинников [2].

Отметим здесь прежде всего то обстоятельство, что вопрос о пределах действия принципа сохранения энергии по существу неотделим от вопроса о пределе применимости понятия энергии для характеристики тех или иных явлений действительности. И исторически и логически представление об энергии формулируется как представление о сохраняющейся величине: только после того, как устанавливается сохраняющийся характер некоторой величины, можно ставить вопрос о том, имеем мы дело с энергией или чем-нибудь другим. Именно указанный выше подход к рассмотрению проблемы универсальности принципа сохранения энергии характерен в основном для указанных здесь работ.

Начнем с того аргумента, где для доказательства абсолютности закона сохранения В. С. Готт и А. Ф. Перетурин ссы-

лаются на диалектику единичного и общего. Выступая против точки зрения, согласно которой «абсолютен не тот или иной конкретный закон сохранения, а абсолютна идея сохранения» (см. [8], а также [2], стр. 127), В. С. Готт и А. Ф. Перетуриин пишут [6]: «... в этой аргументации обнаруживается противопоставление абсолютного относительному и общего отдельному и особенному... Поскольку противопоставление абсолютного относительному является незаконным, постольку незаконным является и основанный на этом противопоставлении вывод о неизбежности ограничения закона сохранения и превращения энергии и открытия более общего закона». На этом основании отрицается не только неизбежность ограничения закона, но и возможность подобного ограничения. Строкой ниже указанные авторы пишут: «Декларирование возможности открытия закона сохранения, более общего, чем закон сохранения и превращения энергии... основывается не только на игнорировании абсолютных моментов в его содержании...» На наш взгляд, подобная позиция не согласуется именно с **диалектическим** пониманием соотношения общего и отдельного. Как известно, В. И. Ленин в фрагменте «К вопросу о диалектике» пишет, что в любых предложениях — Иван есть человек, Жучка есть собака — «... есть диалектика: отдельное есть общее» [9]. Если к этим примерам применить ход рассуждений В. С. Готта и А. Ф. Перетурина, то мы должны были бы сказать: дабы не противопоставлять общее отдельному, нужно сделать вывод, что всякий человек неизбежно должен быть Иван, а всякая собака — Жучка.

В защиту точки зрения об абсолютности закона сохранения и превращения энергии часто ссылаются на предшествующую практику науки и производства. На эти доводы уже убедительно ответил В. С. Барашенков ([3], стр. 81). Хотелось бы здесь подчеркнуть нашу солидарность со следующим высказыванием В. С. Барашенкова: «Было бы весьма прискорбно сводить роль философии к интерпретации и осмысливанию уже известных экспериментальных фактов (тем более, что после того, как явление обнаружено на опыте, вопрос о его принципиальной возможности теряет интерес)». Отметим со своей стороны, что точки зрения, где абсолютизируется достигнутый научный уровень, не только делают философию бесполезной, но и могут ориентировать исследователей на выдвижение гипотез *ad hoc*, чтобы спасти существующую точку зрения.* Подчеркивая роль научного эксперимента, наблюдения для установления того или иного закона, нельзя забывать и об относительной самостоятельности теории, нельзя забывать того, что через

* Такая тенденция, на наш взгляд, намечается у В. Н. Веселовского ([4], стр. 19—20).

теорию наука связана и с философией и тем самым и с практикой науки в целом, практикой не только прошлой, но и в известном смысле и будущей, которой предстоит оправдать или опровергнуть наши общие положения.

Вышесказанное не следует понимать как отрицание всяческих философских «запретов». Но «запреты», которые ставятся, должны быть хорошо обоснованы, не должны относиться к запретам типа: «Этого не может быть, потому что этого не может быть».

Разберем теперь и гораздо более серьезные доводы.

«Принцип сохранения энергии действует там и тогда, где имеет место качественное превращение форм движения материи. А где есть движение материи, там всегда имеет место превращение форм ее движения. Закон применим не только к известным ныне превращениям формы движения, но ему будут подчиняться и другие, не известные сейчас формы движения и их превращения, поскольку это будут формы движения материи. Конечно, могут быть открыты новые формы проявления этого закона, не известные ныне» (см. [2], стр. 85—86). С аналогичными точками зрения выступают и другие авторы.

Подобные утверждения требуют определенного уточнения. Во-первых, возникает вопрос: к каким формам движения материи данное утверждение относится? Этот вопрос возникает в связи с тем, что в марксистской литературе к формам движения материи относят как биологическую, так и социальную формы ([10], стр. 395—396). По понятным причинам это утверждение не относится к двум высшим формам движения материи. Это не означает, конечно, что мы утверждаем, что существование этих форм движения связано с нарушением закона сохранения энергии. Этот закон действует, безусловно, в низших формах движения, входящих как в живые организмы, так и в общество, и никто не сомневается, что превращения энергии являются основой их существования. Речь идет о том, что мы не знаем никаких специфических биологических или социальных форм энергии, не сводящихся к тем формам, которые известны в неорганическом мире.* Конечно, сказанное здесь представляет из себя весьма тривиальное утверждение, но в то же время для обсуждаемой проблемы весьма знаменательное. Мы видим, что универсальность принципа сохранения энергии ограничена, по крайней мере, с одной стороны.** Тем самым, ут-

* Энгельс, говоря о формах движения материи в связи с законом сохранения энергии, упоминает только формы, свойственные неорганическому миру.

** То, что во всех дискуссиях на это обстоятельство не обращают внимания, может быть, на наш взгляд, объяснено тем, что материальный мир все еще ассоциируется с его природной и даже неорганической формой.

верждение о связи энергии с любым превращением форм движения материи относится к неорганическому миру.

И теперь возникает вопрос: на каком основании мы можем это утверждать? Сказать, что мы утверждаем это исходя из определения энергии как меры «движения вообще, поскольку имеет место процесс качественного превращения формы движения» ([2], стр. 84), значит, конечно, уклониться от ответа. Обратим внимание на следующее обстоятельство: в рамках физики, несмотря на то, что энергия есть физическое понятие, на этот вопрос ответить нельзя. Как мы уже указывали, закон сохранения энергии не есть просто опытный факт. Его становление неотделимо от определенных философских, методологических предпосылок. Так может быть можно найти ответ на интересующий нас вопрос путем исследования этих предпосылок? На этот путь и встает Н. Ф. Овчинников. Мы будем исходить из проделанного им анализа ([2], стр. 80—86). Г. Лейбниц при доказательстве того, что в качестве меры движения должна приниматься величина mv^2 , с одной стороны, опирался на известные из механики соотношения между начальной скоростью и высотой подъема тела и, с другой стороны, на положение, согласно которому «... если одно и то же действие... получено по видимости различными путями, то в сущности здесь должна действовать одна и та же причина» (см. [2], стр. 80—81; [11], стр. 76—77; [12], стр. 409). При подъеме тел будет совершаться одинаковая работа (т. е. одно и то же действие) только в том случае, если квадраты начальных скоростей будут обратно пропорциональны массам тел; тем самым общим в различных по формам причинах оказывается величина mv^2 .^{*} Таким образом, устанавливается, что различные механические движения могут быть эквивалентными по mv^2 и что такая эквивалентность не есть нечто внешнее, случайное, а существенное свойство механического движения тела, ее способность производить работу. Аналогичным рассуждением устанавливается величина, соответствующая тепловой, электрической и другим видам энергии. Единственное принципиальное отличие заключается в том, что если при установлении меры механического движения можно было исходить из законов механики, то для установления закона сохранения энергии при превращениях форм движения исторически требовалось эмпирическое подтверждение равенства действия. Таким образом, мы видим, что закон сохранения энергии имеет двух «родителей»: философский принцип, который Лейбниц формулировал

* В этой роли, конечно, может выступать и некоторая функция от mv^2 ; позднее, когда энергию стали измерять количеством работы, установили вид

функции как $\frac{mv^2}{2}$

как начало достаточного основания, принцип равенства причины и действия и эмпирический факт, отождествляющий различные действия.

Ситуация, где может встать вопрос о действии, существовании закона сохранения и превращения энергии, может возникнуть (как это неоднократно бывало) в том случае, если эмпирически фиксируется некоторое действие (работа), для которого существующая теория не указывает причины в виде энергии. Для наглядности рассмотрим этот случай на более простом примере, где ситуация изоморфна предыдущей. Рассмотрим равновесие рычага. Действующим фактором, причиной в этом случае выступает момент сил, тождественность действия этих моментов устанавливается фактом равновесия рычага.

Допустим, что рычаг, который до сих пор находился в равновесии, неожиданно пришел в движение — положение, аналогичное тому, которое создалось в результате измерения энергии электронов при β -распаде. Перед нами стоит задача: объяснить факт движения рычага. Первое предположение, которое в этом случае возникает, заключается в том, что нарушилось равенство сил. Это могло произойти или в силу изменения грузов (например, на один из них села муха), или в результате смещения центра тяжести. Допустим далее, что исследование средствами, не зависящими от закона рычага, никаких подобных явлений не обнаружило. Можем ли мы признать, что закон рычага недействителен, констатировать это как факт и на этом остановиться? Такое решение может удовлетворить разве только самого плоского эмпирика. Дело в том, что если остановиться на простой констатации эмпирического факта, будет нарушен один из основных законов нашего мышления, о котором уже шла речь выше, нарушение закона, согласно которому равные основания должны вызвать равные следствия. Понятно, что отказаться от такого закона, считать его неприложимым к объективной действительности, равносильно признанию ее недетерминированности. В таком случае становится невозможным не только научное познание, но и практическая деятельность. В чем же выход? Мы должны будем признать, что принятая нами система абстракции для описания возникшей ситуации недостаточна, что положение о зависимости движения рычага только от момента сил и независимости от остальных условий неприменимо к данной ситуации (см. по этому поводу [13], гл. I, II и [14], стр. 107).

При оценке этих влияющих факторов мы можем исходить из принципа симметрии П. Кюри, согласно которому симметрия причины должна обнаруживаться в действии и асимметрия (диссимметрия по терминологии П. Кюри) действия в причине, т. е. действие не может быть асимметричнее причины (см. [15], стр. 102). Этот принцип можно рассматривать как конкретиза-

цию положения о равенстве причин.* Принцип П. Кюри применим тогда, когда мы можем характеризовать причину и действие с точки зрения симметрии, т. е. в большинстве случаев в физике. Это положение указывает на то, что причину нарушения равновесия необходимо искать среди факторов, несимметричных по отношению к плечам рычага. Указанная несимметричность может быть связана с появлением нового фактора и с появлением асимметрии в факторе, который до сих пор был симметричным.

Как мы уже говорили, рассмотрение этой воображаемой ситуации с рычагом приведено здесь из соображений наглядности. Оно имеет прямое отношение и к случаю, когда на основании существующих представлений фиксируется несоответствие действия и затраченной энергии. Точно так же, как в случае с рычагом нарушение равновесия при равенстве моментов сил влечет за собой нарушение принципа Кюри, и нарушение «равновесия» энергии (если энергия признается единственным фактором) приводит нас к индетерминизму.**

В случае с рычагом мы могли восстановить эквивалентность причин и следствия в отношении симметрии введением нового фактора. В случае превращения энергии мы должны предположить существование нового фактора, ответственного за данное действие. Конечно, это не всегда должна быть некоторая новая сохраняющаяся величина, с помощью которой разрешается возникшая ситуация. Может быть (и так было до сих пор) мы имеем дело с новой формой энергии, неизвестной частицей и т. д. Точно также изменение равновесия рычага может быть объяснено новыми силами, например, локальным изменением давления воздуха. Но мы видели, что принцип симметрии Кюри может выполняться не только в случае, когда единственным действующим фактором будет момент сил. Точно также принцип равенства причины может выполняться и в том случае, когда энергия не окажется единственной действующей величиной, вызывающей некоторое эмпирическое явление, относящееся к классу тех эмпирических явлений, которые мы в настоящее время рассматривали как действие энергии.

Мы не желаем здесь ни в коей мере предрешать судьбу принципа сохранения энергии. Мы считаем, что принцип сох-

* Здесь и в дальнейшем под этим мы будем иметь в виду принцип, согласно которому равные, тождественные действия вызываются равными причинами.

** В явлениях, где имеет место превращение энергии, не всегда применим принцип симметрии Кюри. Но тогда мы имеем дело с принципом равенства причин при тождественном действии (то, что, видимо, Г. Лейбниц называл началом достаточного основания), который лежит в основе принципа Кюри. Именно уверенность в неизблемости этого принципа заставляет физиков биться над решением проблемы электрона и μ -мезона (см., напр., [16]).

ранения энергии уже принципа причинности, он является результатом некоторого синтеза принципа причинности (в том виде, как он здесь излагался) и определенного эмпирического материала. Рассматриваемый принцип причинности согласуется не только с принципом сохранения энергии, он требует признания принципа сохранения вообще, т. е. мы согласны с выводом Н. Ф. Овчинникова ([2], стр. 127): «... абсолютен не тот или иной конкретный принцип сохранения, а абсолютен сам принцип сохранения...»*

С этой точки зрения споры о том, будем ли мы, в случае обобщения закона сохранения энергии, иметь дело с более общей формой этого закона или новым законом, представляются спорами не об объективном содержании, а спорами о словах. Целесообразность того или другого названия будет определяться тем, сколь значительными будут различия между прежним и обобщенным законами и теми классами явлений, формами движений, которые эти законы объединяют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Кондаков. Введение в логику. М., 1967.
2. Н. Ф. Овчинников. Принципы сохранения. М., 1966.
3. В. С. Барашенков. Развитие физики и законы сохранения. — «Вопросы философии», 1967, № 6, 81.
4. В. Н. Веселовский. Философское значение законов сохранения материи и движения. М., 1964.
5. В. С. Готт, А. Ф. Перетурин. К вопросу о всеобщем характере закона сохранения и превращения энергии. — «Философские науки», 1963, № 2.
6. В. С. Готт, А. Ф. Перетурин. Абсолютное и относительное в законе сохранения и превращения энергии. — «Вопросы философии», 1967, № 3, 80.
7. В. С. Готт. Философские вопросы современной физики. М., 1967.
8. Н. Ф. Овчинников. О классификации принципов сохранения. — «Вопросы философии», 1962, № 5, 75.
9. В. И. Ленин. Соч., т. 29, 318.
10. Философская энциклопедия, т. 5. М., 1970.
11. Г. Лейбниц. Избранные философские сочинения. М., 1908.
12. К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 20.

* Может возникнуть вопрос: абсолютен ли сам принцип сохранения? Чтобы ответить на этот вопрос необходимо, прежде всего, уяснить, что понимается под принципом сохранения. Речь может идти о философском положении, согласно которому «... ни одна область природы не может не содержать устойчивых, сохраняющихся вещей, свойств или отношений...» ([2], стр. 127). В этом случае, в качестве альтернативы, возможен только крайний релятивизм, исходя из которого невозможно построить какое-либо знание.

Если же речь идет о той форме законов сохранения, которую они имеют в современном научном знании, то утверждать, что эта форма абсолютна, нет, очевидно, никаких оснований. В частности, концепция дискретного пространства-времени требует переосмысления понятия сохранения физических величин (см., напр., [17] и [18], раздел 13-й).

13. М. А. Розов. Научная абстракция и ее виды. Новосибирск, 1965.
14. Ф. Франк. Философия науки. М., 1960.
15. П. Кюри. Избранные труды. М.—Л., 1966.
16. К. Форд. Мир элементарных частиц. М., 1965.
17. Н. А. Вяльцев. Дискретное пространство-время. М., 1965.
18. Б. Г. Кузнецов. Этюды об Эйнштейне. М., 1965.

Поступила в редакцию 12 июня 1972 г.

ENERGIA JÄÄVUSE SEADUSE UNIVERSAALSUSE KÜSIMUSEST

J. Tammaru

Resümee

Antud artiklis lähtume sellest, et teaduslikus tunnetuses on vajalik eristada printsiibid ja seadused. Teaduse seadus on universaalne otsustus paratamatutest seostest, mis eksisteerivad teaduse objektis. Printsiibi all tuleb mõista seisukohta, mis eelneb teooriale, on teooria ülesehitamise programmiks. Printsiip laieneb ka seni tundmatutele nähtustele. Küsimus energia jäävuse universaalsusest on kõigepealt küsimus vastava printsiibi üldkehtivusest.

Energia jäävuse printsiibi tekkimine on seotud nii füüsika empiiriliste andmetega kui ka üldfilosoofiliste seisukohtadega.

Seetõttu energia jäävuse printsiibi universaalsuse poolt või vastu saab tuua ka filosoofilised argumendid.

Töö autor leiab, et argumente, mida nimetatud printsiibi üldkehtivuse kasuks tuuakse, ei saa pidada küllaldasteks. Mõningad nendest argumentidest on seotud üldise ja üksiku dialektika väära mõistmisega. Teiste argumentide lahtimõtestamisel tuleb lähtuda sellest, et energia jäävuse printsiip tugineb filosoofilisele põhjuslikkuse printsiibile ja füüsikalisele empiirilisele materjalile. Energia jäävuse printsiip on kitsam kui filosoofiline põhjuslikkuse printsiip (ehk Leibnizi küllaldase aluse põhimõte). Energia jäävuse printsiibi mittekehtivus ei pea tähendama nimetatud filosoofilise põhimõtte mittekehtivust; seega, lähtudes ainuüksi filosoofiast, ei ole võimalik ette määrata energia jäävuse printsiibi saatust.

Argumendid energia jäävuse põhimõtte universaalsuse kasuks võivad olla seotud mõistete liialt laia kasutamisega ning sellisel juhul võib kogu vaidlus taanduda vaidlusele vastavate terminite otstarbekusest.

ON THE UNIVERSALITY PROBLEM OF THE ENERGY CONSERVATION LAW

J. Tammaru

Summary

The author distinguishes between the principles of science and the laws of science. A law of science is a universal statement of necessary relationships in the object of science. A principle of science is a point of view that precedes theory and is a programme for constructing a theory. A principle is also applicable to yet unknown phenomena. The problem of the universality of energy conservation is, basically, the problem of the universal applicability of the energy conservation principle.

Philosophical arguments for or against the energy conservation principle make sense because both philosophic arguments and empirical data of physics serve as reasons for its formulation.

Nevertheless, usual arguments for the universal applicability of the energy conservation principle are shown to be insufficient by the author. The first type of those arguments is based on the wrong interpretation of the dialectics of the general and the particular. To interpret the second type of the arguments for the said principle, we have to proceed from the fact that the energy conservation principle is based both on the empirical data of physics and on the causality principle of philosophy. The energy conservation principle is less general than the causality principle of philosophy (or the Leibniz principle of sufficient reason). The failure of the energy conservation principle does not entail the failure of the causality principle in philosophy, i. e. it is not possible to foresee the future of the energy conservation principle by philosophic reasons alone.

The arguments for the universality of the energy conservation principle may sometimes be the result of the notions being used rather loosely and not in their strict sense. In that case the discussion can be reduced to that about the expediency of a terminology.

ПРОБЛЕМА АКТИВНОСТИ СУБЪЕКТА И ОБЪЕКТИВНОСТИ ЗНАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ФИЗИЧЕСКОМ ПОЗНАНИИ

В. П. Хюгг

«Различие субъективного от объек-
тивного есть, **НО И ОНО ИМЕЕТ
СВОИ ГРАНИЦЫ.**»

В. И. Ленин

1. Объективное и субъективное в знании. Постановка про- блемы.

Известно, что целью науки является получение объективной истины, то есть такого содержания наших знаний, которое не зависит от субъекта, не зависит ни от человека, ни от человечества. Но независимость содержания знания от человека можно понимать двояко. Во-первых, как независимость от сознания и познавательной деятельности (независимость от субъективности первого рода). Во-вторых, как независимость от практической, предметно-чувственной деятельности, независимость от практики (независимость от субъективности второго рода).

Весь пафос полемики В. И. Ленина с махистами был направлен против тезиса о зависимости объективной истины от сознания человека и человечества, так как в этом случае отрицается принцип отражения и, следовательно, само существование объективной истины и абсолютной природы ([1], стр. 138). Таким образом, содержание истинного знания не должно зависеть от субъективности первого рода.

Иначе обстоит дело в случае соотношения знания с практикой. К. Маркс подчеркивал необходимость подхода к действительности с точки зрения практической деятельности: «Главный недостаток всего предшествующего материализма — включая и фейербаховский — заключается в том, что предмет, действительность, чувственность берется только в форме *объекта*, или

в форме созерцания, а не как человеческая чувственная деятельность, практика, не субъективно.» ([2], стр. 1).^{*} В. И. Ленин указывал: «Необходимо соединение познания и практики.» ([3], стр. 198). Это соединение мыслилось так, что «вся живая человеческая практика врывается в самое теорию познания... Господство над природой, проявляющее себя в практике человечества, есть результат объективно-верного отражения в голове человека явлений и процессов природы, есть доказательство того, что это отражение (*в пределах того, что показывает нам практика*) есть объективная, абсолютная, вечная истина» ([1], стр. 198; курсив мой — В. Х.) Выделенные нами курсивом слова имеют то важное значение, что позволяют утверждать: абсолютная объективность знания понималась Лениным не как завершённый процесс, но на базе и в пределах продолжающегося процесса человеческой практики. Именно поэтому (т. е. в силу практической природы самого знания) в теории познания надо исходить из единства познания и практики: «Единство теоретической идеи (познания) и практики — это **НВ** — и это единство именно в теории познания» ([3], стр. 200). Как раз в этом плане теория познания марксизма противопоставлялась В. И. Лениным субъективно-идеалистической трактовке процесса познания, в которой «одно дело теория познания... и совсем другое дело практика.» ([1], стр. 198).

Сказанное позволяет сделать вывод: практическая деятельность является не только критерием истины, но и неотъемлемым определяющим элементом самого содержания истинного знания. Знание, будучи объективным по содержанию, в то же время не может быть независимым от субъективности второго рода, и в этом смысле само содержание знания нельзя назвать абсолютно объективным. Тем самым ставится проблема соотношения объективного и субъективного в знании. С этой проблемой связана полемика вокруг вопроса об активной роли субъекта в современном физическом познании, в частности при квантовомеханическом описании реальности.

С тем, что активность субъекта играет все возрастающую роль в современном физико-теоретическом познании, согласны все. Разногласия начинаются, однако, сразу же в понимании самой природы и последствий этой активности: оставляет ли

^{*} В цитированном издании тезисы Маркса публикуются с некоторыми редакционными изменениями Энгельса. Оригинальный текст Маркса опубликован на русском языке в [4]. Здесь после слова «практика» Марксом поставлена точка с запятой (а не просто запятая, как у Энгельса). Это обстоятельство указывает на оттенок мысли Маркса — «чувственно-человеческая деятельность», практика рассматривается им в качестве особого рода субъективности. Мы обозначили это как субъективность второго рода.

активность субъекта какой-либо «след» в содержании квантово-теоретического знания или связанный с этой активностью момент субъективности начисто элиминируется в итоге? По этому вопросу в советской литературе имеются две точки зрения. С первой из них связан выдвинутый Б. Я. Пахомовым т. н. «принцип объективизации знания». Как подчеркивает автор принципа, смысл термина «объективное знание» (под которым подразумевается понятие объективной истины) состоит в том, что «в содержании этого знания выражен способ действия самой природы, отношения вещи к другой вещи, имеющие место безотносительно к человеку, способам и средствам его познавательной деятельности или труда.» ([5], стр. 60). Далее автор утверждает, что именно такое независимое как от субъективности первого рода, так и от практической (трудовой) деятельности знание, дает квантовая физика. Такое знание можно назвать абсолютно-объективным.

С противоположной точкой зрения, представленной П. С. Дышлевым и П. В. Копниным, дело обстоит иначе: «Релятивистская и квантовая методология даже сохраняет тезис о возможности абсолютно-объективного описания в физике, однако рассматривает этот тезис как идеал, к которому стремится физическое познание и который реализуется в каждой (новой) конкретной теории и в каждом конкретном способе описания лишь частично, неполно, относительно». ([6], стр. 66). Итак, дает ли квантовая механика абсолютно-объективное знание о микромире или требование такого знания есть лишь идеал, относительно реализуемый «квантовой гносеологией»? Нам представляется, что только вторая точка зрения согласуется с выводом о практической природе познания и знания. К доказательству этого утверждения на основе анализа «конкретной логики конкретного предмета» (Маркс) мы и переходим.

2. Основная особенность современного естественнонаучного познания и ее выражение в квантовой механике.

Характерной чертой современного естественнонаучного познания является использование все более абстрактного математического аппарата. Абстрактность означает в данном случае, с одной стороны, — отсутствие непосредственной связи между математическими структурами и реальностью. Эта связь в большинстве случаев многократно опосредована познавательными процедурами интерпретации. С другой стороны, — математика стала более абстрактной в смысле непривычности типа отношений между элементами математического формализма: связь элементов математических структур непосредственно не

фундируется простым отношением вещей повседневной практики. Психологическое влияние данного обстоятельства на исследователя передают слова М. Борна: «Я никогда не забуду нервную дрожь, охватившую меня, когда я достиг сжатого выражения идей Гейзенберга о квантовых условиях в виде таинственного уравнения $pq - qp = h/2\pi i$ » ([7], стр. 211).

Основой такого изменения роли математики в современных научных теориях служит тот факт, что познающее человечество столкнулось с особыми объектами, которые с трудом поддаются описанию в рамках обычных наглядных представлений. Кажется, что из знания начисто элиминируются элементы, связанные с чувственно-образной деятельностью субъекта. Но эта элиминация лишь кажущаяся, поскольку связанная с ней тенденция является только одной стороной процесса развития познания.

Другой стороной возникновения нового знания выступает противоположная тенденция возврата в сферу конкретно-чувственного, сохраняя результаты предшествующего логического познания: «это *необходимый* (курсив мой. — В. Х.), но наиболее трудный этап развития познания» ([8], стр. 107). Именно на этом этапе **вторичной конкретности** (или вторичной наглядности) восстанавливается соотносительность знания с образностью и наглядностью, но уже на новой основе — на базе абстрактного познания и при участии его элементов в наглядной модели. Новые физические идеи рождаются на основе этой вторичной конкретности и специфической наглядности. **Феномен вторичной конкретности (наглядности) — основная специфическая особенность современного естественнонаучного познания.**

В современном физическом познании указанная основная особенность находит воплощение в концепции Н. Бора, связанной с интерпретацией квантовой механики («дополнительный способ мышления»). В основе методологии Н. Бора лежит факт цельности, индивидуальности квантовых явлений — существует предел детального (в смысле классической физики) подразделения опыта над микрообъектами. При более детальном подразделении эксперимента (например, при попытке проследить, через какую щель прошел фотон при интерференционном опыте с экраном с двумя щелями), утрачивается специфика квантовомеханического поведения микрообъекта (исчезает интерференционная картина). Отсюда непосредственно следует необходимость ссылки на условия познания, в частности на то, какого типа прибор служит регистрирующей частью эксперимента при описании опытов над микрообъектами (принцип относительности к средствам наблюдения, акад. В. А. Фок). Но прибор «на выходе» описывается классически, а понятия классической физики неадекватны микромиру. Привычным образом связанная с

этими понятиями наглядность как бы должна вытесняться из знания о микромире. Но этого не происходит. Упомянутая наглядность возвращается, а неадекватность в известной мере снимается в соответствии с принципом **дополнительности** — для исчерпывающего описания квантовых явлений необходимы две взаимоисключающие, с точки зрения классики, но равноценные системы классических понятий и соответствующих модельных представлений. Кроме физического обоснования принципа **дополнительности** чертой индивидуальности, цельности квантовых явлений, Н. Бор выдвинул в поддержку этого принципа другое, эпистемологическое требование в качестве обязательного условия всякого физического описания: «как бы далеко ни выходили явления за рамки классического физического объяснения, все опытные данные должны описываться при помощи классических понятий.» ([9], стр. 60). Данное требование получило название **принципа Бора**. Крупнейший советский физик-релятивист А. З. Петров отмечает: «... принцип Бора означает, что теории должна стать такой теорией, которая ... может быть сопоставлена с терминологией, понятиями и информацией об экспериментах, которыми пользуется экспериментатор. Такой подход... оставляет физику весь набор понятий математического аппарата и возможность сравнения с опытом — необходимые и достаточные условия существования реальной физической теории.» ([10], стр. 66—67).

Принцип Бора и принцип **дополнительности** свидетельствуют о том, что познавательному процессу в современной физике не соответствует более простая схема: субъект познает объект. Вместо этого мы имеем трехчленную структуру: физический объект — условия познания — субъект ([6], стр. 66—67). Такая структура более соответствует ленинскому пониманию диалектики познавательного процесса: «Тут *действительно*, объективно **три** члена: 1) природа; 2) познание человека, = = **мозг** человека (как высший продукт той же природы) и 3) форма отражения природы в познании человека» ([3], стр. 164). Новое, даваемое «квантовой гносеологией», здесь состоит в акценте на условия познания, представляющие собой опредмеченные формы экспериментальной и теоретической активности субъекта. Существенно при этом, что данные условия познания определяют не только сам процесс познания, но и входят в его результат, в научную теорию. В случае квантовомеханического описания реальности это вхождение осуществляется таким образом, что *квантовая механика, взятая вместе с ее интерпретацией, является одновременно теорией микромира и его познания*. В этом отношении она представляет собой новый, существенно неклассический тип физической теории.

3. Идея гносеологической активности субъекта и квантовая механика.

Особенность создания квантовой механики связана с неожиданным для традиционной физики поворотом мысли. Попытки представить скрытое поведение микрообъекта наподобие волны или частицы приводили к абсурдным противоречиям. Поэтому сама проблема теоретического воспроизведения микрореальности была переформулирована: «Вместо того, чтобы спрашивать, как можно данную экспериментальную ситуацию описать с помощью известной математической схемы, ставится другой вопрос: верно ли, что в природе встречается только такая экспериментальная ситуация, которая выражается в математическом формализме квантовой теории?» ([11], стр. 23). Другими словами, вместо того, чтобы подгонять эмпирические данные под математическую схему, не лучше ли попытаться воссоздать этот ускользающий от созерцания микромир путем построения научной теории, беря за исходное некоторые математические соотношения (соотношения неопределенностей)? Такая постановка вопроса (в природе могут происходить только такие явления, которые соответствуют данной математической схеме) несомненно навеяна идеей И. Канта, с философией которого В. Гейзенберг был знаком. Кант исходил из того, что наши знания (математические, например) обладают свойством необходимости и всеобщности. Это нельзя объяснить, исходя из тезиса об обусловленности знания эмпирическим предметом — ведь никакой опыт не дает необходимости и всеобщности. Поэтому немецкий философ и предположил, что предметы опыта должны соотносываться с познанием, а не наоборот. Эту свою идею И. Кант считал «коперниковским переворотом в философии» и утверждал, что научное познание всегда бессознательно покоилось на этом фундаменте: «... даже физика обязана столь благоприятной для нее революцией в способе своего мышления исключительно лишь (счастливой) догадке — соотносительно с тем, что сам разум вкладывает в природу, искать (а не придумывать) в ней то, чему он должен научиться у нее и чего он сам по себе не познал бы.» ([12], стр. 86).

Аналогия с идеей В. Гейзенберга не вызывает сомнений: в обоих случаях утверждается активная роль субъекта в познании. У Канта идея активности субъекта была связана с субъективно-идеалистическими и агностическими выводами (априоризм, непознаваемость «вещи в себе»). В советской философской литературе гениальная догадка Канта получила материалистическое обоснование и развитие. Дело в том, что в процессе познания при построении знания предметы природы как **объекты познания** отображаются в виде идеальных **объектов знания** (материальная точка, идеальный газ и т. д.). К этим

идеальным объектам знания и относятся непосредственно законы науки (а через это опосредование данные законы есть также и законы объектов природы).

Задача В. Гейзенберга — построение знания о микромире — была не обычной задачей. Объект познания — в данном случае микромир — не дан непосредственно в восприятии и созерцании. Классические образы волны и частицы суть снимки с макрореальности и, вообще говоря, неадекватны микрообъекту. Задача построения квантовой теории заключалась не в попытке наглядного представления объекта теории (объекта познания), а в построении совокупности законов идеального объекта знания, который не имеет адекватного модельного представления. Это требовало особых усилий воображения и в частности осознания исследователем активной роли субъекта в виде переформулировки вопроса, сделанной В. Гейзенбергом. Как известно, идея В. Гейзенберга оказалась весьма плодотворной. Основные законы квантовой (матричной) механики были найдены.

Итак, содержанием идеи активности субъекта в квантовой механике выступает идеальное воссоздание объекта познания в качестве объекта знания, не имеющего адекватного наглядного образа. Это воссоздание (путем построения законов квантовой механики) осуществляется с учетом ограничений, накладываемых на применение классических понятий при описании ими микрообъектов. Отсюда следует, что содержание полученного таким образом знания зависит не только от свойств самого микрообъекта, но определяется также средствами и условиями познания.

Недостижимость абсолютно объективного описания микромира «самого по себе» можно усмотреть также непосредственно из физических соображений. Действительно, абсолютно объективное описание выражается здесь векторами в пространстве Гильберта. Такое описание не содержит ссылок на условия физической констатации объекта (измерения) и на условия познания вообще. Но именно поэтому данное знание «абстрактно и нефизично», ибо принципиально не связано с возможным экспериментом ([13], стр. 41). Так, в мысленном эксперименте А. Эйнштейна с отражением фотона от полупрозрачного зеркала математический аппарат квантовой механики описывает фотон как бы находящимся частично в отраженной, частично в прошедшей волне. В то же время эксперимент позволяет обнаружить фотон только в одном из лучей. Анализ этого и других подобных парадоксов приводит к выводу о том, что уравнение Шредингера представляет, правда, абсолютно объективное, полностью независимое от условий познания описание потенциальных возможностей микрообъектов, но не описывает фактического хода событий (так наз. редукция волнового пакета). Описание микрообъекта «самого по себе» в принципе

возможно, но представляет описание лишь потенциальных возможностей его физической констатации и без соотнесения с самим актом «актуализации» (то есть измерения) лишено физического содержания. Поэтому «... важно понять... что ни один результат опыта, касающегося явления, в принципе лежащего вне области классической физики, не может быть истолкован как дающий информацию о независимых свойствах объектов (свойствах объектов самих по себе).» ([9], стр. 42—43).

В основе специфики роли субъекта в квантовой механике по сравнению с механикой классической лежит то фундаментальное обстоятельство, что в случае первом в качестве объекта познания выступает мир *иной онтологической природы*, в то время как базис познания остается прежним, геоцентрическим [14]. Этим объясняется также весьма важный факт уникального соотношения механики квантовой и классической механики. С одной стороны, классическая механика не является обычным (аналогично теории относительности) предельным случаем механики квантовой. Уравнение Шредингера не переходит в общем случае в уравнение Гамильтона-Якоби: «Классическая механика должна рассматриваться как нечто **существенно отличное** от механики квантовой, но не как предельный случай последней.» ([15], стр. 599). Эти две теории следует рассматривать как два различных по типу представления физической реальности. В этом смысле Н. Бор, по свидетельству Крамерса, говорил о квантовом и классическом способах описания как о своего рода «кариكاتур» на физическую реальность ([16], стр. 559).

С другой стороны, — и в этом суть дела — «квантовая теория предполагает существование классических явлений и общую правильность классических понятий при описании этих явлений.» ([17], стр. 715—716). Итак, квантовая механика **одновременно и отрицает механику классическую и предполагает ее в качестве своей основы.**

Гносеологический смысл актуализации (процесса и теории измерения) состоит в обосновании квантовой системы понятий понятиями классической физики в квантовомеханическом способе описания физической реальности. Квантовые понятия необходимо обосновываются классическими, но не сводятся к ним! Этот особый гносеологический феномен, выражающий своеобразие «квантовой гносеологии», свидетельствует о некоей рефлексивности знания — новое, квантовомеханическое знание приобретает смысл только после своего рода «отражения» в классическом знании. Суть феномена **рефлексивности знания** состоит в том, что с изменением объекта познания на негеоцентрический появляется новая форма осознания объекта (качественно новая форма реконструкции естественного объекта в идеальный объект знания), которая, хотя и не сво-

дится к предшествующей, но обосновывается ею и без этого обоснования не может рассматриваться в качестве знания.

В квантовой механике содержание идеи активности субъекта конденсируется в феномене рефлексивности знания и конкретизируется следующими факторами:

1) особенность построения предметной области квантовой механики: закономерности поведения идеального объекта данной предметной области (аналогичного, например, материальной точке классической механики) формулируются без адекватного модельного представления о самом объекте. Закономерности формулируются с учетом ограничений, накладываемых на применение классических понятий. Наглядное представление поведения объекта создается после формулирования законов на базе специфической, вторичной конкретности и уникальным, дополнительным способом в соответствии с принципом дополненности;

2) в квантовой теории существует проблема измерения. Кратко она состоит в том, что не удается описать сам процесс измерения в терминах этой же физической теории удовлетворительным образом. Понятия теории обосновываются нефизическими постулатами и принципами, связанными с учетом реального исхода измерения. Квантовая теория в этом пункте как бы разорвана. В ее «тело» входят чужеродные с точки зрения классики элементы философского и методологического порядка (принципы соответствия и дополненности, постулат необходимости понятий классической физики);

3) если ранее, в классической физике, такого рода философско-методологические принципы играли роль лишь «строительных лесов» теории и казались ненужными после построения самой теории, то в случае квантовой механики без них невозможно понимание физического смысла теории и, следовательно, само ее существование. Характерно при этом, что указанные принципы входят в самое физическую теорию, сохраняя свой **методологический и гносеологический характер**, то есть входят в качестве **принципов познания**. Поэтому квантовая механика является одновременно **теорией микромира и теорией его познания**. В этом состоит наиболее специфическое (с гносеологической точки зрения) отличие теории микромира от всех прежних теорий физики;

4) если в классике идеальные объекты знания зачастую отождествлялись с реальностью и это было незаметно, или, по крайней мере, несущественно для физического познания, то в квантовой механике именно сознательный учет несоответствия конструкции-отражения и реальности есть существо дела в построении интерпретации теории (а без интерпретации квантовая теория не физическая теория, а лишь голый математический формализм).

Особенность гносеологической активности субъекта в связи с интерпретацией квантовой механики не следует понимать в смысле протаскивания в физическую теорию сознания и воли «наблюдателя». Характерно, что уже в первых дискуссиях В. Гейзенберг возражал против подобного внесения субъективных элементов в мир объективных физических процессов ([18], стр. 183—188). Н. Бор старательно подчеркивал, что необходимая линия раздела между классическим описанием прибора и квантовым описанием объекта устанавливается объективно «посредством экспериментальных средств» и резко возражал против субъективно-идеалистической интерпретации этого гносеологического факта ([19], стр. 334). Позднее он так характеризовал гносеологический аспект применения понятий относительности и дополнительности: «Решающим является, однако, то обстоятельство, что ни в одном из этих случаев расширения рамок наших понятий не предполагается какой-либо ссылки на наблюдающий субъект» ([9], стр. 147).

Разумеется, уникальность ситуации в период создания квантовой механики оставляла и продолжает оставлять теперь место для разного рода идеалистических спекуляций «по поводу». В. И. Ленин вскрыл гносеологическую основу подобных спекуляций: «Чтобы свободнее двигаться в этом новом, еще темном, гипотетическом, долой «материализм», долой «связывающие» старые идеи («молекулы»), назовем по-новому (биоген), чтобы вольнее искать новых знаний! *NB.* К вопросу об источниках и *живых* побудительных мотивах современного «идеализма» в физике и естествознании вообще» ([3], стр. 354).

4. Проблема единства моментов объективности и субъективности в знании.

Итак, квантовая механика не дает знания о микрообъектах «самих по себе», то есть в отрыве от средств и условий познания. Согласуется ли это с утверждением об объективности квантовомеханического знания? Данный вопрос непосредственно приводит к проблеме единства объективного и субъективного в квантовомеханическом описании реальности. Для начала напомним, что объективность истины следует понимать как независимость знания от сознания и воли субъекта, но не от практики, обосновывающей все познание и знания. Далее следует уточнить смысл понятия «само по себе». Это понятие употребляется в нашем случае как синоним понятия «абсолютно». В работе автора [20] показано, что понятие «само по себе» есть лишь одна сторона реального содержания категории абсолютного. Второй стороной категории абсолютного выступает «взятость во всех отношениях». Поэтому, когда мы толкуем о микромире, существующем безотносительно, абсолютно, то его не

следует все-таки трактовать в качестве односторонней абстракции отрыва от всего существующего. Ибо в этом случае окажется, что подразумеваемый таким образом микромир «сам по себе» есть лишь продукт односторонней абстракции, абстрактный микромир, то есть микромир в абстракции, оторванной от человека и его практической деятельности и противопоставленный ей. «Но и *природа*, взятая абстрактно, для себя (*für sich*), фиксированная в оторванности от человека, есть для человека (*für den Menschen*) *ничто*.» ([21], стр. 252). На наш взгляд именно это имел в виду Г. В. Плеханов, утверждая, что «материалисты никогда не утверждали, что мы знаем, каковы вещи сами по себе, т. е. независимо от их действия на нас, а только утверждали, что эти вещи известны нам именно потому, что они действуют на наши органы чувств, и именно в той мере, в какой они на них действуют.» ([22], стр. 478). В. И. Ленин соглашался с этой мыслью Г. В. Плеханова о том, что вещи помимо действия на нас никакого «вида» не имеют, и возражал лишь против того, чтобы отсюда делали выводы о несуществовании вещей природы независимо от человека и его деятельности ([1], стр. 80).

Реальный микромир, познаваемый при помощи приборов и описываемый квантовой механикой, не есть лишь абстракция «самого по себе». Он существует в его отношении к макромиру и познается посредством неустраняемого влияния средств и условий познания, то есть под формой чувственно-предметной деятельности общественного человека. На невозможность получения «истинного в чистом виде», даже если мы знаем способ действия орудий познания, указывал еще Гегель: «Ведь если мы отнимем от сформированной вещи то, что сделало с ней орудие, то эта вещь... предстанет перед нами опять в том же самом виде, в каком была и до этой, стало быть, ненужной работы.» ([23], стр. 42).

Каким же образом знание о микромире, взятое под формой практической деятельности (под формой активности субъекта), дает тем не менее образ объекта, каким он существует независимо от человека и человечества? При ответе на этот вопрос следует учесть специфику человеческой деятельности. Основным здесь является учет того, что деятельность человека носит универсальный характер: «Человек воспроизводит всю природу... Человек умеет производить по мере (*nach dem Maß*) любого вида, всюду он умеет прилагать к предмету присущую ему (*inhärente*) меру.» ([23], стр. 158).* Следовательно, воссоздавая идеально объект знания, субъект воспроизводит его согласно

* В указанном русском переводе слово *inhärente* передано как «соответствующий», что неточно передает мысль Маркса. (*Inhärent* — присущий, органически свойственный, неотделимый, неотъемлемый).

его внутренним, присущим ему самому и неотъемлемым от него формам и законам. Объективное здесь находится в единстве с субъективным. Именно потому, что природа, действительность не дана человеку непосредственно *sub specie aeternitatis* (под формой вечности), а выступает под формой преобразующей предметной деятельности общественного человека, именно поэтому объективная истина зависит по содержанию от всеобщих и универсальных форм деятельности субъекта. Более того, «само по себе» в чистом виде актуально не осуществляет в природе: «В неочеловеченной природе собственная форма и мера вещи «загорожена», «осложнена» и «искажена» более или менее случайными взаимодействиями с другими такими же вещами... Все определения природы самой по себе суть прямо и непосредственно определения очеловеченной и очеловечиваемой природы.» ([25], стр. 77). Так, например, инерциальное движение (абсолютно равномерное и прямолинейное) нигде в природе не осуществляется в «чистом», то есть абсолютно строгом виде. Впервые эта «скрытая» сторона природы получает свое точное отображение в результате выработки соответствующей абстракции.

В качестве вывода сформулируем **единство субъективного (активного) и объективного моментов** в практической и познавательной деятельности: субъективность (активность) и объективность — две стороны одного и того же процесса познания и освоения природы, рассматриваемого как объективный процесс ее очеловечения. Разумеется, что это единство сохраняется и в продуктах этой продолжающейся деятельности — знаниях, технике, предметах культуры. Думается, что такое решение проблемы соответствует ленинскому требованию диалектического понимания соотношения активности и объективности. Критикуя одного из буржуазных профессоров начала 20 века, В. И. Ленин писал: «Пленге не может понять, как совмещается «материализм» с *революционностью* (называя ее «идеализмом» и т. п.) и *злится* на свое непонимание!!!» ([3], стр. 360).

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18.
2. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч. т. 3.
3. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29.
4. К. Маркс и Ф. Энгельс. Фейербах. Противоположность материалистического и идеалистического воззрений. Госполитиздат, М., 1966.
5. Б. Я. Пахомов. Ленинская концепция объективной истины и современная физика. — «Вопросы философии», 1970, № 1, 57.

Известный советский философ В. А. Лекторский пишет: «... активная деятельность субъекта есть не что иное, как движение по объективному содержанию, расчленение объекта по тем линиям, по которым он сам внутренне расчленен.» ([24], стр. 64).

6. П. В. Копнин, П. С. Дышлевый. Идеи В. И. Ленина о всесторонней гибкости понятий и современное физическое познание. — Сб. «Ленин и современное естествознание». «Мысль», М., 1969.
7. M. Jammer. The Conceptual Development of Quantum Mechanics. New York, 1966.
8. Л. О. Вальт. Познавательное значение модельных представлений в физике. Уч. зап. ТГУ, вып. 153. Труды по философии, VIII. Тарту, 1964.
9. Нильс Бор. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961.
10. А. З. Петров. Построение теории гравитационных волн и физический эксперимент. — Сб. «Методологические проблемы теории измерений». «Наукова думка», Киев, 1966.
11. В. Гейзенберг. Физика и философия. М., 1963.
12. И. Кант. Соч., т. 3. «Мысль», М., 1964.
13. В. Гейзенберг. Развитие интерпретации квантовой теории. — Сб. «Нильс Бор и развитие физики». М., 1958.
14. В. П. Бранский. Движение в микромире. Сб. «Философские вопросы современного учения о движении в природе». ЛГУ, 1963.
15. N. Rosen. American Journal of Physics. 1964, vol. 32, No. 8, 597.
16. «Die Naturwissenschaften», 1923, N. 27.
17. Д. Бом. Квантовая теория. Физматгиз, М., 1961.
18. «Erkenntnis», 2. Band. (1931) N. 2—3.
19. «Erkenntnis», V. 6. (1937) N. 5/6.
20. В. П. Хютт. Категории «абсолютное» и «относительное» в историко-философском освещении. Уч. зап. ТГУ, вып. 165. Труды по философии, VIII. Тарту, 1965, 89.
21. К. Маркс. Ökonomisch-philosophische Manuskripte. Leipzig, 1968. Русский перевод: К. Маркс и Ф. Энгельс. Из ранних произведений. М., 1956, 517—642.
22. Г. В. Плеханов. Избр. филос. произведения, т. 1. М., 1956.
23. Гегель. Соч., т. IV. М., 1959.
24. В. А. Лекторский. Проблема субъекта и объекта в классической и современной буржуазной философии. «Высшая школа», М., 1965.
25. Э. В. Ильенков. Об эстетической природе фантазии. Сб. «Вопросы эстетики», вып. 6. М., 1964.

Поступила в редакцию 6 июня 1972 г.

SUBJEKTI AKTIIVSUSE JA TEADMISE OBJEKTIIVSUSE PROBLEEM NÜUDISAEGSES FÜSIKALISES TUNNETUSES

V. Hütt

Resümee

Artiklis näidatakse, et teadmise absoluutse objektiivsuse nõue on ideaal, mis nüüdisaja füüsikateooriates realiseerub ainult osaliselt. Näiteks reaalsuse kvantmehaanilises kirjelduses sisaldub välistamatu subjektiivsuse element, mis seondub sellega, et teadmise sisu sõltub olulisel viisil nii tunnetuse tingimustest ja vahenditest kui ka subjekti tegevusest. Artiklis põhjendatakse väidet subjektiivsuse ja objektiivsuse ühtsusest tunnetuses ja selle tulemustes.

THE PROBLEM OF THE SUBJECT'S ACTIVITY AND OBJECTIVITY OF KNOWLEDGE IN MODERN PHYSICAL COGNITION

V. Hütt

Summary

It is shown that the demand of absolute objectivity of physical description is but an ideal which is not completely realized in modern physical theories. In particular quantum-mechanical description of physical reality contains a non-expelling element of subjectivity in the sense that knowledge essentially depends upon conditions and tools of the subject's epistemological activity. The principle of unity of subjectivity and objectivity in epistemological activity is substantiated.

ОБ ОНТОЛОГИЧЕСКОМ СТАТУСЕ МОДЕЛЕЙ

И. С. Алексеев

В обширной литературе, посвященной анализу природы моделей и их роли в научном познании, давно сложилось и закрепилось представление о модели как некотором объекте, замещающем в процессе научного исследования другой объект (оригинал). По этому вопросу взгляды представителей самых различных школ и направлений обнаруживают завидное и редкое для логики и методологии единодушие.

Однако уже в понимании характера замещения оригинала моделью единодушие отсутствует. Одни авторы считают, что модель всегда некоторым образом отражает или воспроизводит оригинал, так что ее можно рассматривать как более или менее точную копию оригинала (см., например, [1], стр. 8—12, [4], стр. 6), т. е. считать знание о модели (а иногда даже саму модель) некоторой формой знания об оригинале. Другие авторы, отказываясь рассматривать модель как знание об оригинале, считают ее средством получения знаний об оригинале ([2], стр. 28, [3], стр. 83). Но и они убеждены в том, что для того, чтобы выступать в качестве модели, объект обязательно должен быть аналогичным объекту-оригиналу, соответствовать ему (имитировать его) (см. [1], стр. 8, [2], стр. 30, [3], стр. 83, [4], стр. 6). Лишь при выполнении этого условия знание о модели может быть перенесено на оригинал, представлено как знание об оригинале.

Только что описанное понимание замещения «модель-оригинал» изображено на рис. 1. Над объектом-моделью (М) совершаются некоторые познавательные процедуры Δ , результатом которых является знание о модели Σ_H , которое затем можно отнести к объекту-оригиналу О, потому что между М и О существует соответствие, носящее характер сходства (\approx).

Для дальнейшего существенно, что переносить знания с М на О можно именно благодаря предположению о наличии такого сходства — предположение о сходстве обосновывает перенос

знаний с модели на оригинал. Само это предположение кажется самоочевидным и не нуждающимся в обосновании.

Вследствие широкой распространенности, подобного рода понимание характера соответствия М—О можно назвать каноническим. Выражаясь несколько метафорически, его можно еще

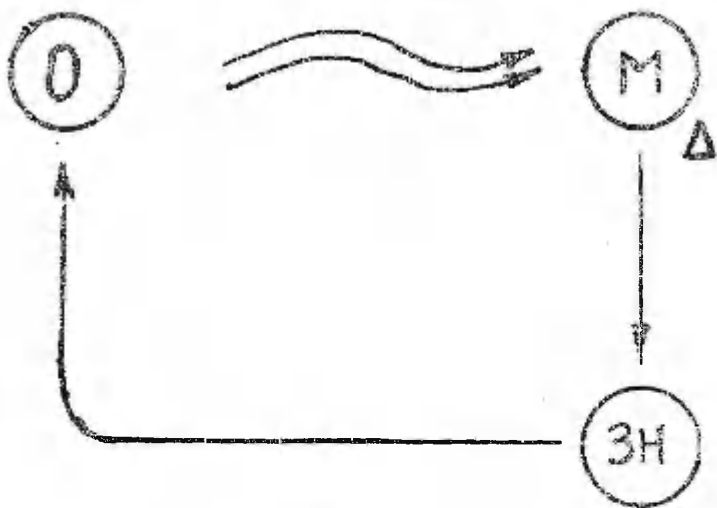


Рис. 1.

назвать концепцией «отражения в мутном зеркале» — исходные знания о модели служат как бы неполной, иногда нечеткой, но все же копией знаний об оригинале (модель соответствует оригиналу!) — только поэтому они могут стать основой для получения новых знаний об оригинале.

Очевидно, что такая постановка вопроса с самого начала предполагает (не всегда явно), что оригинал обязательно уже существует как некоторый объект (либо в материальной действительности, либо в знании). При этом он в какой-то мере уже считается известным — предполагается, что существует некоторое знание о нем, на базе которого и строится модель как средство получения новых знаний, которые, будучи получены как знания о модели, затем относятся к этому же самому оригиналу. В любом случае как минимум считается, что наличие имеется знание о существовании объекта-оригинала (а иногда — и о способе его существования). Онтологические знания об оригинале таким образом оказываются необходимо первичными по отношению к онтологическим знаниям о модели, и характер сходства М—О определяется оригиналом (на рис. 1 это изображено соответствующим направлением стрелок в знаке сходства).

Однако в реальной истории науки неоднократно имели место обратные ситуации — когда онтологические знания об оригинале формировались в самом процессе познания, возникая после специфической интерпретации (онтологизации) моделей, в роли которых выступали знаковые конструкции (фрагменты математического аппарата) или так называемые идеальные объекты особого рода. Эти знания оказываются, таким образом, вторичными по отношению к онтологическим знаниям о моделях. К тому же эти знаковые конструкции и идеальные объекты начинают выступать в функции моделей только после онтологизации, до осуществления которой они не являются моделями, т. к. оригиналы для них просто-напросто отсутствуют.

Подобное реально имеющее место в познавательной деятельности переворачивание канонических представлений о характере замещения $M-O$ (см. [2], стр. 229), приводящее к первичности онтологических знаний об объекте-модели по отношению к онтологическим знаниям об оригинале, делает невозможным универсальное последовательное проведение наивной методологической модели познания как «отражения в мутном зеркале», на которой фактически основывается фигурирующее в каноническом понимании модели предположение об определяющей первичной роли знаний об оригинале в установлении соответствия $M-O$. Это переворачивание требует для своего анализа выхода в более широкую методологическую модель процесса познания, основанную на концепции деятельности.

Ниже будет сделана попытка более развернутого обоснования этих тезисов на базе (по необходимости краткого) эмпирического методологического анализа четырех различных случаев возникновения и употребления моделей, взятых из реальной истории науки и техники.

Первый случай (техническое моделирование) можно назвать каноническим, ибо его анализ полностью укладывается в каноническое понимание моделирования, ни в чем не выходя за его рамки. При техническом моделировании (см. рис. 1) познавательные задачи, которые ставятся относительно оригинала O , затем переносятся на модель M , которая служит в дальнейшем объектом оперирования, над которым непосредственно совершаются эмпирические познавательные процедуры A . Тот факт, что по материалу модель может начать существовать раньше оригинала (как, например, при моделировании мостов или плетин перед началом их строительства), не устраняет онтологической первичности оригинала, ибо онтологические характеристики модели определяются на основании знаний об онтологических характеристиках оригинала, существующего в виде проекта. Они дают возможность получить онтологические знания о M и построить M в соответствии с проектом оригинала.

Степень сходства между M и O четко зафиксирована требованиями, регулируемые правилами типа теории подобия, которые определяют конкретный способ отнесения к O знаний $ЗН$, полученных в результате оперирования с M (управляют процессом переноса знаний с M на O).

Таким образом, смысл замещения оригинала моделью при техническом моделировании заключается в том, что M , кроме

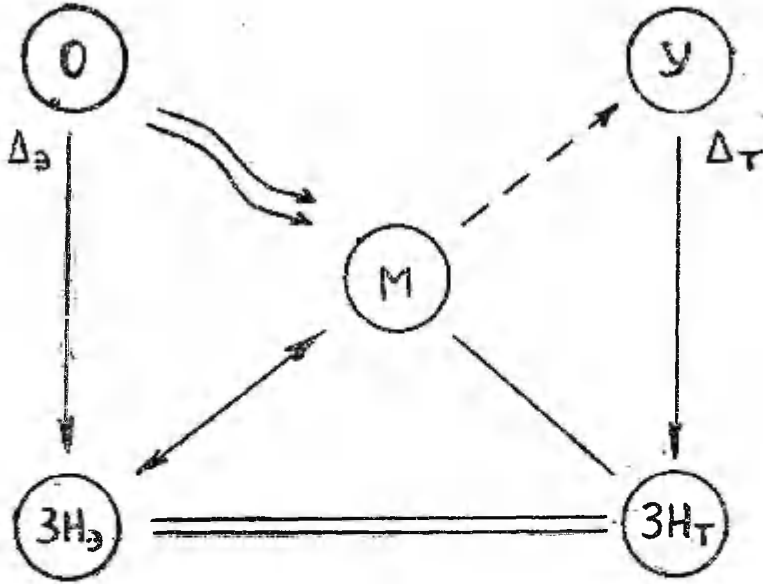


Рис. 2.

того, что она обладает сходством с O , выступает как объект оперирования, замещающего оперирование с O , являясь тем самым одним из средств получения знаний об O . Онтологические характеристики M полностью определяются знаниями об онтологических характеристиках O .

Второй случай (классическая механика) сохраняет онтологическую первичность O по отношению к M , хотя функционирование M гораздо сложнее, чем в каноническом случае (см. рис. 2).

В целях простоты анализ будет ограничен рассмотрением механики точки. Оригиналы — реальные движущиеся тела (например, планеты) — выступают в функции объекта исследования (O) — по отношению к ним ставятся познавательные

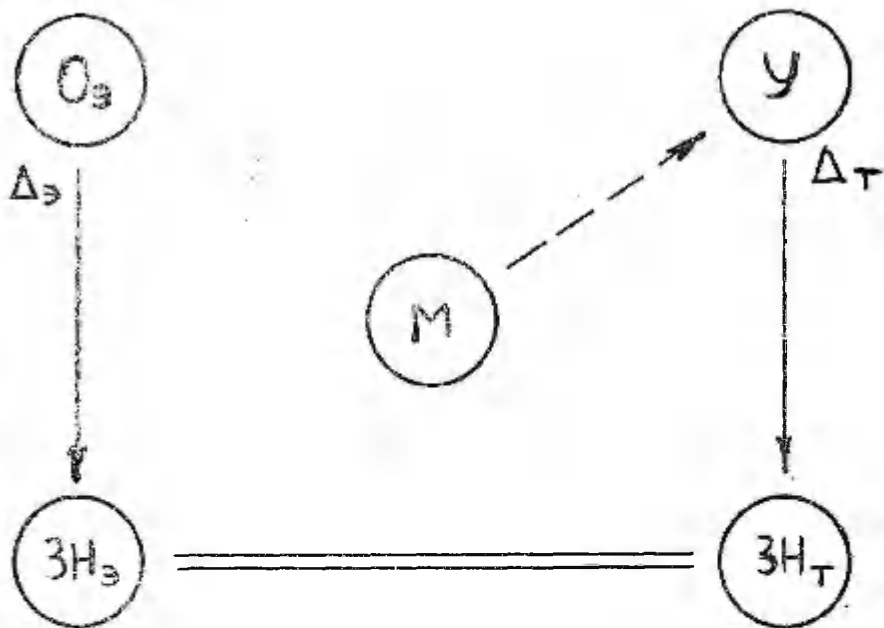
задачи. Характеристики оригинала ($ЗН_3$) получаются в результате эмпирических процедур Δ_3 и переносятся на M путем идеализации. Это обеспечивает как сходство $M—O$, так и онтологическую первичность O , требуемые каноническим пониманием. Однако, в отличие от канонического случая, процедуры Δ_T , имеющие целью получение нового знания об O , совершаются не над M , а над уравнениями $У$, которые являются, таким образом, объектом непосредственного оперирования. Модель M , представляющая собой идеальный объект или чертеж, функционирует при этом как средство управления оперированием с $У$ (связь управления изображена пунктиром). Новое знание $ЗН_T$, полученное в результате этого оперирования, относится сначала к M , а затем переносится на O . Существование, что $ЗН_T$ должны хотя бы в принципе допускать эмпирическую проверку — они представляют собой не что иное как предсказание результатов эмпирических процедур Δ_3 до совершения последних (типа предсказания результатов наблюдения положения планет или звезд). Совпадение $ЗН_T$ и $ЗН_3$, полученных после фактического совершения Δ_3 (на рис. 2 обозначено двойной чертой), подкрепляет утверждение о сходстве $O—M$, определяемом оригиналом, и, тем самым, укрепляет каноническое понимание модели.

Тот факт, что $У$, являющиеся объектом оперирования в процессе получения новых знаний об O , теряют сходство с O , а M , сохраняющее это сходство, перестает быть объектом оперирования, порождает некоторую нечеткость в употреблении термина «модель». В данной статье этот термин сохранен для наименования объекта, сходного с оригиналом. Иногда моделью называют объект оперирования в процессе получения новых знаний $ЗН_T$ (в данном случае уравнения $У$), — когда говорят, например, о знаковых, логических или математических моделях (см. [3], стр. 85, [2], стр. 99). Однако вне зависимости от терминологии приходится констатировать, что в данном случае замещение оригинала моделью утрачивает простой характер, зафиксированный в каноническом понимании и имевший место в случае технического моделирования, где объект, замещающий оригинал в оперировании, сохранял за собой сходство с оригиналом.

Еще более сложный характер носит происхождение и функционирование моделей в науках с «двойной онтологией» типа кинетической теории газов. В этом случае нельзя говорить, что сходство $M—O$ определяется оригиналом. Имеет место обратная ситуация, когда онтологические знания о модели оказываются первичными по отношению к онтологическим знаниям об оригинале.

Кинетическая теория представляет собой механическую теорию теплоты (так, кстати, она и называлась при своем возникновении). Объектами эмпирического исследования O_3 (см. рис.

За) являются макроскопические количества газа, характеризующиеся объемом, давлением, температурой и т. д. $ЗН_0$ типа закона Бойля-Мариотта, связывающие между собой изменения указанных характеристик, могут быть получены на эмпирическом уровне исследования без использования моделей. Тео-



Р и с. 38

ретический вывод этих законов был осуществлен при помощи оперирования с уравнениями механики $У$ под управляющим влиянием $М$ — представления газа как системы материальных точек, движущихся по законам механики. Существенно, что онтологические знания о $М$ были просто перенесены из механики, постулированы. В самой кинетической теории они носили характер гипотетических. Никакой процедуры, похожей на идеализацию O_3 в кинетической теории не было — поэтому на стадии развития ее, изображенной на рис. 3а, объект $М$, строго говоря, нельзя называть моделью, ибо ничего похожего на оригинал для него в кинетической теории тогда не существовало. Поэтому концепция «отражения в мутном зеркале» оказывается здесь абсолютно непригодной для объяснения происхождения $М$, которое может быть дано только на базе концепции деятельности.

Действительно, знания $ЗН_T$, полученные в результате оперирования с $У$ под управлением $М$, носят характер предсказания

новых $ЗН_3$ — результатов будущих Δ_3 и относятся в конце концов к O_3 , с которыми у M нет абсолютно никакого сходства в объектном смысле. Сходство (носящее характер совпадения) требуется и осуществляется не между M и O_3 , а между результатами деятельности с $У$ и результатами деятельности с O_3 . Наличие такого сходства свидетельствует о пригодности M к выполнению функции управления в оперировании с $У$ с целью получения $ЗН_Т$. Оно же обосновывает гипотезы о характеристиках M .

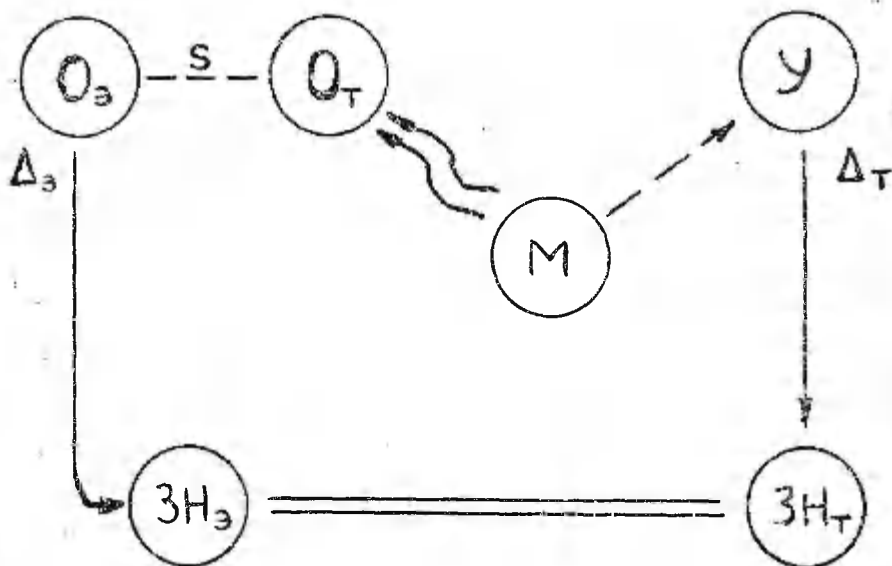


Рис. 36

Вообще говоря, рассуждая чисто логически, этим можно ограничиться и не требовать от M никакого сходства в объектном смысле ни с каким другим объектом. Это отнюдь не превратило бы M в методологическую фикцию, как считали ученые типа Маха и Оствальда. Однако методологическая традиция считать M моделью, т. е. приписывать объекту, управляющему оперированием Δ_T , обязательное сходство с некоторого рода реально существующими объектами, которые были бы оригиналами по отношению к M , в реальной истории науки взяла верх (см. рис. 36). Было предположено и зафиксировано в соответствующем онтологическом знании, что газы реально состоят из молекул и атомов (O_T). Последние стали играть роль оригиналов по отношению к объекту M , который в результате этого стал моделью реальной атомно-молекулярной структуры газа (на рис. 36 структурная связь изображена линией с буквой

5). Онтология науки стала «двойной» — наряду с эмпирической онтологией (знаниями о способе существования реальных газов O_9) в ней появились знания о способе существования атомов O_T — оригиналов для M , а также о способе структурной связи между O_T и O_9 .

Таким образом, знания о существовании атомов и молекул (онтологическое знание об оригинале O_T), полученные в результате онтологизации M , были достаточно надежно обоснованы лишь после того, как на практике было подтверждено совпадение $3N_T$ и $3N_9$.

Под онтологизацией здесь понимается процедура постулирования реального (материального) существования оригинала для объекта M , выполняющего функцию управления оперированием с U . Эта процедура автоматически обеспечивает сходство $O—M$, которое, однако, становится определенным не O , как в первых двух рассмотренных случаях, а M (на рис. 3б это изображено соответствующим направлением стрелок в знаке сходства). Очевидно, что онтологические знания об оригинале, возникшие таким путем, оказываются вторичными по отношению к онтологическим знаниям об объекте M , который становится моделью только после онтологизации.

После осуществления онтологизации, когда онтологические знания о реальном существовании атомов теряют гипотетичность, становятся частью общепринятой физической картины мира и значительно обогащаются, направление стрелок в знаке сходства на рис. 3б меняется на противоположное, переход от знаний об O_T к знаниям о M трактуется как идеализация, и сходство $M—O_T$ снова, как и в первых двух рассмотренных случаях, рассматривается как определенное не M , а O_T . В результате для объяснения сходства $O_T—M$ вновь может быть использована концепция «отражения в мутном зеркале» и вновь вступает в силу каноническое понимание модели типа, описанного во втором случае.

Четвертый случай (квантовая механика) характерен тем, что в формировании математического аппарата (U) этой науки и оперирования в нем объекты типа M вообще не играли серьезной роли. Управление операциями Δ_T над U на первых стадиях оформления квантовой механики в ее современном виде осуществлялось в значительной мере сугубо математическими требованиями, предъявляемыми к виду матриц, операторов, волновых функций и уравнений. Эти требования имели целью получение в результате Δ_T таких знаний $3N_T$, которые совпадали бы с $3N_9$. Поэтому можно говорить, что функции управления Δ_T исходили от $3N_9$ (см. рис. 4а). Объекты типа M , которые осуществляли бы управление операциями Δ_T , вначале отсутствовали. Эта стадия развития квантовой механики зафиксирована В. Гейзенбергом в следующих словах: «Математическое воору-

жение новой квантовой теории... было завершено в своих наиболее важных частях к середине 1926 г., но физический смысл ее был еще в высшей степени неясным» (см. [5], стр. 24). Неясность физического смысла означала отсутствие в схеме квантовой механики представлений типа M , которые позволили бы дать ответ на вопрос «как понимать в теории термин «состояние»» ([5], стр. 25). С течением времени «появились совершенно отличные друг от друга простые картины (M_1 и M_2 —

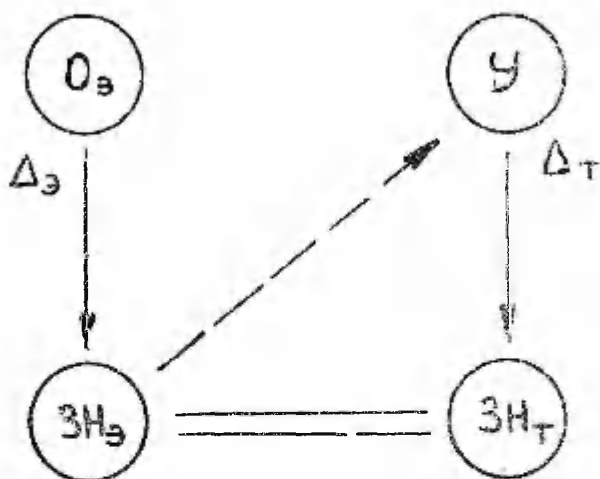
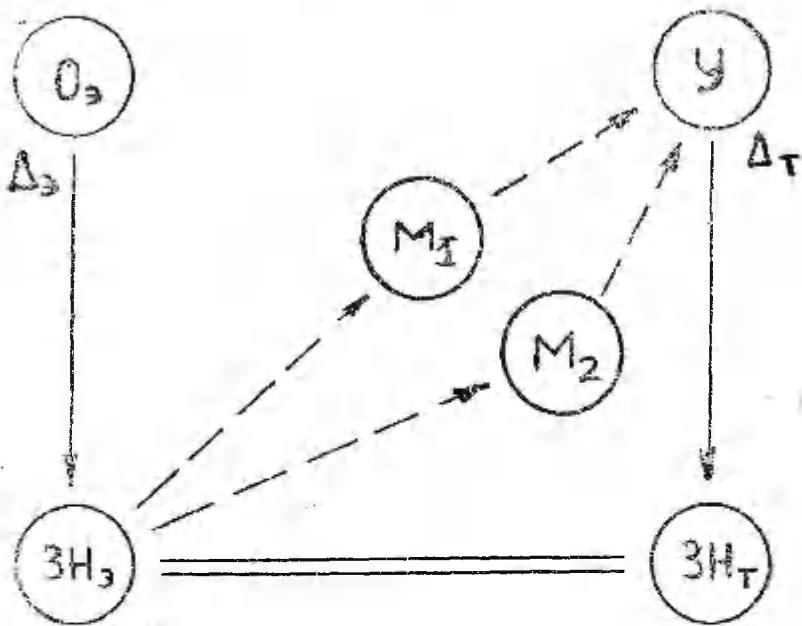


Рис. 4а

И. А.), которые были «дополнительными» и которые могли сосуществовать без противоречий только в том случае, если их область применимости была ограничена» ([5], стр. 27) — известные представления о микрочастице как о корпускуле (M_1) и волне (M_2). Эти представления, по традиции названные моделями, взяли на себя функцию управления оперированием $\Delta_т$, хотя по сути дела они были всего лишь посредниками в управлении $\Delta_т$ со стороны $ЗН_э$ (рис. 4б).

В дальнейшем одна линия в интерпретации квантовой механики (копенгагенская) ограничилась этим методологическим уровнем — модели M_1 и M_2 существовали без оригиналов (т. е. по сути дела не являлись моделями с точки зрения принятого здесь употребления термина). Э. Шредингер описывает их статус следующим образом: «Эти картинки (M_1 и M_2 — И. А.) представляют собой лишь мысленные вспомогательные промежуточные средства, с помощью которых из результатов экспериментов, которые уже были проделаны ($ЗН_э$ — И. А.), выво-

дятся разумные ожидания относительно результатов новых экспериментов, которые мы планируем ($3H_T$ — И. А.). Мы планируем их с целью увидеть, подтверждают ли они наши ожидания и, таким образом, ... являются ли картинки или модели, которые использовали, адекватными. Заметим, что мы предпо-



Р и с. 46

читаем говорить «адекватными», но не «истинными», ибо для того, чтобы описание могло быть истинным, оно должно допускать непосредственное сравнение с действительными фактами. В случае наших моделей обычно дело обстоит не так» ([6], стр. 22).

Другая линия интерпретации квантовой механики, следуя традиции канонического понимания модели, пошла по пути конструирования оригиналов O_3^1 и O_T^2 для объектов M_1 и M_2 способом, аналогичным описанному для третьего случая (рис. 4в). Именно таким путем в литературу вошли утверждения о двойственной, внутренне противоречивой природе микрообъектов.

В итоге мы видим, что тенденция к лишению объектов M статуса моделей в каноническом понимании этого термина (к лишению их оригиналов, с которыми они имели бы сходство), четко прослеживающаяся при последовательном рассмотрении случаев 1—4 и наблюдающаяся в истории современной физики

(еще более явно она проявляется в аксиоматическом подходе к построению квантовой теории поля), делает бессмысленным вопрос об их отношении к оригиналу, если эти оригиналы специально затем не конструируются путем онтологизации объектов M . Это выбивает опору из-под наивной теории «отражения в мутном зеркале» в истолковании онтологического ста-

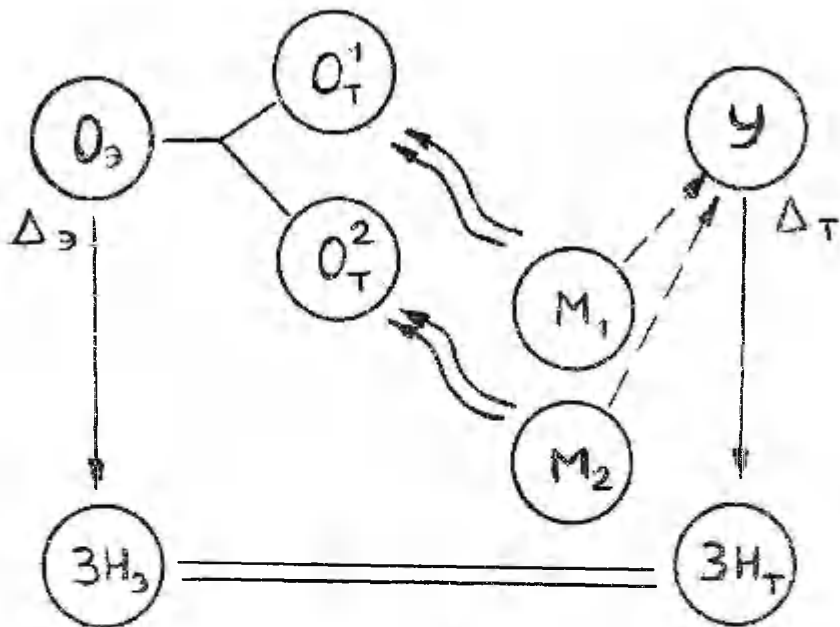


Рис. 4в

туса объектов M , по традиции продолжающих называться моделями. Существование объектов типа M оказывается чисто функциональным и может быть адекватно проанализировано лишь на базе концепции деятельности, в которой соответствие (сходство) ZH_T (результатов оперирования с Y под управлением ME) и ZH_3 (результатов оперирования с O_3) вовсе не требует объектного сходства M ни с каким другим объектом.

Если же методологическая традиция конструирования оригинала (O_T) сходного с M в объектном смысле все же осуществляется (это позволяет применять каноническое понимание модели), то необходимо помнить, что онтологические знания об оригинале O_T оказываются вторичными по отношению к онтологическим знаниям о модели M .

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Штофф. О роли моделей в познании. Л., 1963.
2. Б. А. Глинский, Б. С. Грязнов, Б. С. Дынин, Е. П. Никитин. Моделирование как метод научного исследования. М., 1965.
3. А. А. Зиновьев, И. И. Ревзин. Логическая модель как средство научного исследования. — «Вопросы философии», 1960, № 1, 82—90.
4. Л. О. Вальт. Познавательное значение модельных представлений в физике. Автореферат диссертации. Тарту, 1963.
5. Нильс Бор и развитие физики. Сб. статей. М., 1958.
6. E. Schrödinger. Nature of our "Models" "in" "Science and Humanism". Cambridge, 1952.

Поступила в редакцию 25 июня 1971 г.

MUDELITE ONTOLOOGILISEST STAATUSEST

I. Aleksejev

Resümee

Näidatakse, et kõrvuti olukordadega, kus originaal eelneb olemisses mudelile, esinevad tunnetusprotsessis sageli vastupidised olukorrad, kus mudel on originaali suhtes ontoloogiliselt primaarne.

ABOUT THE ONTOLOGICAL STATUS OF MODELS

I. Aleksejev

Summary

It is demonstrated that together with situations in which the existence of the original precedes the existence of the model there are often in the course of the process of cognition opposite situations in which the model is ontologically primary as regards the original.

СОДЕРЖАНИЕ

П. Г. Кард. К обоснованию принципа тождественности массы и энергии	3
P. Kard. Massi ja energia identsuse printsiibi põhjendamisest. <i>Resümee</i>	11
P. Kard. Zur Begründung des Prinzips der Identität von Masse und Energie. <i>Zusammenfassung</i>	12
А. А. Коппель. О необходимости «перенормировки» научных понятий	13
A. Koppel. Teaduslike mõistete «ümbernormeerimise» paratamatusest. <i>Resümee</i>	25
A. Koppel. On inevitability of the "renormalization" of scientific concepts. <i>Summary</i>	25
Ю. В. Таммару. К вопросу об универсальности закона сохранения энергии	26
J. Tammaru. Energia jäävuse seaduse universaalsuse küsimusest. <i>Resümee</i>	34
J. Tammaru. On the universality problem of the energy conservation law. <i>Summary</i>	35
В. П. Хютт. Проблема активности субъекта и объективности знания в современном физическом познании	36
V. Hütt. Subjekti aktiivsuse ja teadmise objektiivsuse probleem nüüdisaegses füüsikalises tunnetuses. <i>Resümee</i>	48
V. Hütt. The problem of subject's activity and objectivity of knowledge in modern physical cognition. <i>Summary</i>	49
И. С. Алексеев. Об онтологическом статусе моделей	50
I. Aleksejev. Mudelite ontoloogilise staatusest. <i>Resümee</i>	61
I. Aleksejev. About the ontological status of the models. <i>Summary</i>	61

К ОБОСНОВАНИЮ ПРИНЦИПА ТОЖДЕСТВЕННОСТИ МАССЫ И ЭНЕРГИИ.

Таммару Ю. В. «Уч. записки Тартуского гос. ун-та», 1974, вып. 331, стр. 3—12.

В литературе по теории относительности закон эквивалентности массы и энергии $E = mc^2$ рассматривается обычно как соотношение, связывающее две различные по своему существу величины — массу и энергию. Принципиальная тождественность этих величин чаще всего игнорируется, а в лучшем случае лишь молчаливо предполагается, но прямо не высказывается. На самом же деле формула $E = mc^2$ выражает полную тождественность обеих величин. В этом проще всего можно убедиться, рассматривая неупругие соударения тел. При этом обнаруживается, что полное кинематическое описание таких процессов требует только учета законов сохранения массы и импульса, тогда как понятие энергии оказывается излишним. Следовательно, введение понятия энергии с самого начала невозможно иначе, как только в смысле величины, тождественной массе. Ненужность понятия энергии при наличии понятия массы вытекает также из того, что релятивистская работа выражается через кинетическую массу. Последняя является, таким образом, мерой работы. Множитель пропорциональности c^2 , отличающий по традициям энергию от массы, не играет никакой принципиальной роли; он вводится лишь по соображениям размерности и гарантирует получение в пределе $c \rightarrow \infty$ обычной нерелятивистской формулы кинетической энергии. Вопрос о существовании энергии покоя является тривиальным, поскольку масса покоя существует, а энергия есть масса. Поэтому несостоятельно широко распространенное мнение, будто только процессы аннигиляции имеют решающее значение для доказательства существования энергии покоя. Эти процессы являются, правда, в высшей степени неупругими, но тождественность массы и энергии вытекает уже из рассмотрения любого неупругого процесса.

Библ. 12 назв. Рез. зст., нем.

О НЕОБХОДИМОСТИ «ПЕРЕНОРМИРОВКИ» НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ.

Коппель А. А. «Уч. записки Тартуского гос. ун-та», 1974, вып. 331, стр. 13—25.

В статье указываются метафизические предрассудки, мешающие усвоению современного содержания физических понятий. Ставится задача обсуждения некоторых аспектов диалектики эволюции научных понятий, в частности физических (вес, масса, энергия).

Подчеркивается, что возникновение новых областей знания с необходимостью требует наряду с введением совершенно новых научных понятий также переосмысления и уточнения старых. Содержание понятий в процессе уточнения неизбежно преобразуется, происходит, так сказать, их «перенормировка».

Для правильного раскрытия современной сущности физических понятий нужно в основу их понимания принять всю современную физику как единую систему знаний, базирующуюся на немногих фундаментальных теориях. Так, раскрытие современного содержания понятий веса, массы и энергии возможно только на основе общей и специальной теории относительности. Тем самым выявляется диалектика развития этих понятий.

Библ. 16 назв. Рез. зст., англ.

УДК 118

К ВОПРОСУ ОБ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ. Гаммару Ю. В. «Уч. записки Тартуского гос. ун-та», 1974, вып. 331, стр. 26—35.

Обсуждается вопрос о существовании границ применимости принципа сохранения энергии. По мнению автора, философские аргументы, приводимые в пользу точки зрения об универсальности указанного принципа, недостаточны. Сохранение энергии следует из философского принципа причинности и эмпирических данных физики. Тем самым принцип сохранения энергии уже философского принципа причинности. Ввиду указанных обстоятельств, автор приходит к выводу, что единственно философских аргументов недостаточно для решения вопроса о судьбе принципа сохранения энергии.

Библ. 18 назв. Рез. эст., англ.

УДК 100.75 + 530.145

ПРОБЛЕМА АКТИВНОСТИ СУБЪЕКТА И ОБЪЕКТИВНОСТИ ЗНАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ФИЗИЧЕСКОМ ПОЗНАНИИ. Хютт В. П. «Уч. записки Тартуского гос. ун-та», 1974, вып. 331, стр. 36—49.

Показано, что требование абсолютной объективности знания есть лишь идеал, неполно реализуемый в современных физических теориях. Так, квантовомеханическое описание реальности содержит неэлиминируемый элемент субъективности в смысле существенной зависимости содержания знания от средств и условий познания, а также от деятельности субъекта. Уникальность квантовой теории состоит в том, что это есть первая физическая теория, которая является одновременно и теорией объекта (микромира в его отношении к макромиру) и теорией его познания. Обосновывается тезис о единстве субъективного и объективного в познавательной деятельности и ее результатах.

Библ. 25 назв. Рез. эст., англ.

УДК 001.54

ОБ ОНТОЛОГИЧЕСКОМ СТАТУСЕ МОДЕЛЕЙ. Алексеев И. С. «Уч. записки Тартуского гос. ун-та», 1974, вып. 331, стр. 50—61.

Показывается, что, наряду с ситуациями, в которых существование модели следует за существованием оригинала, в процессе познания часто имеют место обратные ситуации, в которых модель онтологически первична по отношению к оригиналу.

Илл. 7. Библ. 6 назв. Рез. эст., англ.