

# Заключительное замечание О.Коста де Боргара (теоретическая физика)

О. Коста де Боргар

## I. ЭФФЕКТ КЕРВРАНА

Когда, вот уже несколько более десяти лет тому назад, г-н К.-Л.Кервран доставил мне свои книги: 'Биологические трансмутации' (1962 г.), 'Нерадиоактивные естественные трансмутации' (1963 г.), 'Трансмутации при слабых энергиях' (1964 г.), моей первой реакцией, читатель будет этим удивлен, было недоверие. Это показалось мне из серии 'Научная фантастика' для простого чтения, чтобы развлечься. А г-н Кервран не захотел мне рассказать о себе, со всей дружеской искренностью, так что часть его объяснительных рассуждений того времени остается в моих глазах и сегодня, в 1974 г., как научная фантастика.

Но главное состоит не в этом. Главное состоит в том, что г-н Кервран, опытный химик и эксперт по производственной профилактике, по гигиене, по сельскому хозяйству, то есть, короче говоря, в свойственной только ему манере, прекрасно подготовленный биохимик добился особой заслуги тем, что выявил единственно приемлемое эмпирическое объяснение множества загадок, существующих в тех дисциплинах, о которых только что шла речь и к которым сейчас присоединилась геология. Это объяснение состоит в том, что он называет нерадиоактивными трансмутациями при слабых энергиях, трансмутациями, обычно (но, может быть, не обязательно всегда) 'катализируемыми' живыми организмами. Если г-н Кервран прав (а мое личное убеждение говорит сегодня, что он прав), то его имя будет связано с научным открытием первой величины.

Говоря выше о том, что общее объяснение, выдвинутое г-ном Кервраном для громадного набора загадок биохимии и геологии, является эмпирически единственно приемлемым, я не сказал, что оно было вследствие этого теоретически приемлемым, то есть, явно связано со сводом теоретических принципов, который было бы дерзостью оспаривать. Долгое время имелась налицо серьезная трудность, к которой я еще возвращусь и которая лежит в основе неприятия, направленного против г-на Керврана, со стороны единого фронта

Исходная публикация: К.Л. Кервран. Доводы в биологии трансмутаций при слабых энергиях. Русский перевод издания Coentim Louis Kergran 'Preuves en Biologie de Transmutations a Faible Energie. Paris, 1975' (печатается в сокращении). См. полную версию: <http://prosolver.kiev.ua/biblio.html>

потомков Лавуазье и Резерфорда. Его оппоненты хотели заключить г-на Керврана в следующей дилемме: или же вы занимаетесь ядерной физикой, и тогда при испускаемых или поглощаемых энергиях порядка 10 или 100 МэВ это не пройдет незамеченным: там будет избыток  $\gamma$ -фотонов, нейтронов, не говоря об остальном, а как сможет существовать несчастное живое существо в среде этого космического смерча? Или же вы говорите об этих мягких реакциях, гибко контролируемых, подходящих для живых существ; тогда задействованные энергии будут порядка эВ, и вы будете иметь дело с органической химией, что включает сохранение элементов. Что касается г-на Керврана, уверенного во впечатляющем перечне наблюдений, то он упорствует в утверждении существования 'третьего пути', типа 'северо-восточного прохода', очевидно использованного некоторым числом ферментов и микроорганизмов, которые остается открыть физикам и химикам. Он хотел таким образом разъединить союз единого фронта.

Однако нужно признать, что выдвинутая им с этой целью идея имела основания заставить завопить его противников - не говоря также о его друзьях - так как это означало ни много, ни мало, как просто 'отправить на каникулы' принцип Эйнштейна и Ланжевена эквивалентности между энергией и массой в связи с  $c^2$ . Предлагая перечень реакций трансмутации, включающих обмен энергией порядка 10 МэВ, но, что прошло совершенно незамеченным, г-н Кервран заявил, вполне искренне, что эта энергия не существует, что ни один физик не мог принять. Естественно, имеется другой возможный постулат, для того чтобы доказать существование скрытого 'северо-восточного прохода', тот, который привлек Ферми для исключения явного дефицита в балансах импульс-энергия и спина при радиоактивных распадах: постулат об ускользающей частице с очень слабыми взаимодействиями с веществом. Так, например, родился нейтрино, реальность которого сегодня с лихвой доказана не только при испускании, как при визите взломщика, но также при приеме, как при прибытии важного гостя.

Не мог ли нейтрино Ферми быть решением загадки эффекта Керврана? Вот о чем я думаю сегодня вследствие разных подтверждений нейтральных токов, постулированных Вайнбергом (1967 г.), но считавшихся ранее несуществующими. Однако прежде чем прийти

к этому, я должен сначала описать, как очарование чтения Керврана подействовало и превратило читателя, настроенного немного язвительно к научной фантастике, каким я был вначале, в рассудок, восприимчивый к реальности важной проблемы и требующий адекватного решения.

Я совсем некомпетентен, это слишком очевидно, как химик, но, в конце концов, достаточно простого здравого смысла, чтобы понять, что если на влажной стене, которую тщательно отделили от почвы, образуется не сходя с места калий, содержащийся в селитре, тогда как вначале она содержала только кальций, находящийся в извести, то несомненно, что происходит что-то, не относящееся к химии. Аналогично, если курица, пища которой не содержит ни кальция, ни калия, несет яйца только без скорлупы, но если все становится в порядке, как только она может клевать слюду, которая содержит калий, но не кальций, так что она тогда сносит каждый день яйцо в кальциевой скорлупе, это еще раз говорит о том, что происходит что-то, что не является химией. Я не возражаю больше против этих наблюдений (и многих других, сообщенных Кервраном), как против 'отрицательного результата' эксперимента Майкельсона, который я, однако, никогда не наблюдал сам.

И я сделал отсюда заключение совсем простое, что должно существовать удовлетворительное объяснение 'трансмутациям при слабых энергиях' Керврана, как оно существует для 'отрицательного результата' Майкельсона. Предложив это объяснение - и, может быть, тогда оно покажется 'тривиально очевидным' - я надеюсь на неизбежность исследования приложений из него, многие из которых могут оказаться новыми и имеющими большое значение.

Ядерные реакции, постулированные Кервраном, все происходят при переходе от одного стабильного нуклида к другому стабильному нуклиду посредством добавления или вычитания либо протона  ${}^1_1H$  (это случай, который я буду рассматривать в первую очередь), либо  $\alpha$ -частиц,  ${}^4_2He$ , либо ядра кислорода  ${}^{16}_8O$ ,  ${}^{17}_8O$  или  ${}^{18}_8O$ , либо, при случае, других атомных ядер. Во всех случаях, которые он рассмотрел, высвобожденная или поглощенная энергия составляет порядок, скажем, 0,01 а.е.м., или 20 собственных масс электронов, или 10 МэВ, или  $1,6 \cdot 10^{-12}$  джоулей. Это, скажем еще раз, гигантская величина в понятиях химии Лавуазье, но самая скромная величина в понятиях ядерной физики и элементарных частиц или физики космических лучей.

Первая типичная черта этих 'реакций Керврана', предполагаемых истинными, состоит в том, что высвободившаяся энергия в экзотермических реакциях уходит совершенно незамеченной и что, наоборот, поглощенная энергия в эндотермических реакциях также не создает проблемы: все происходит так, как будто она имеется в распоряжении и как если бы ее поглощение также проходило незамеченным. Конечно, в этих обоих случаях этот 'дефицит энергии' вычислен по формуле эквивалентности между энергией и массой  $W = c^2m$ , исходя из масс принимавших в реакции элементов. Эти

массы существуют, это несомненно, но между ними имеется дефицит, который нужно объяснить. Недостающая масса не является по крайней мере ненаблюдаемой (на первый взгляд), как ее энергетический эквивалент. Откуда следует, что давая отставку эйнштейновской эквивалентности между энергией и массой, г-н Кервран дал отставку также принципу Лавуазье. В этом вопросе никто не мог последовать за ним.

В одной корреспонденции с г-ном Кервраном релятивист, которым я был всегда, высказал свое негодование таким дерзким предположением, равноценным лишению Теоретической физики одного из ее краеугольных камней. Я попытаюсь дальше дать понять этот вопрос читателю неспециалисту. Поэтому я сказал г-ну Керврану, что 'недостающим звеном' его объяснения является несомненно испускание или поглощение чрезвычайно скрытой частицы, какой является нейтрино Ферми. А почему бы именно не само нейтрино?

Очень просто, так как к 1962-1964 гг. было общепринятым, что 'слабые' реакции, к которым принадлежит  $\beta$ -распад, заключают в себе одновременно нейтрино и заряженную частицу, электрон (отрицательный или положительный) или  $\mu$ -мезон (отрицательный или положительный). Например, реакция распада нейтрона записывается

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} \quad (1)$$

и читается 'нейтрон дает (в среднем, за 1000 секунд) протон + электрон + антинейтрино'. Совершенно не подозревалась возможность реакций типов

$$p + \nu \leftrightarrow p' + \nu' \quad (2)$$

или

$$p \leftrightarrow p' + \bar{\nu} + \nu' \quad (3)$$

с участием *двух нейтрино* (различных энергий) и *двух протонов* (различных энергий, один, например, свободный, а другой связанный в ядре). Именно на этом типе реакции я предлагаю сегодня основывать объяснение 'эффекта Керврана' по причинам, о которых я скажу, которые сегодня являются общепринятыми, но тогда таковыми не были.

Я также предложил тогда г-ну Керврану гораздо более романтическую идею обратиться к столь же дискретной частице, как и нейтрино, но с целым спином, предпочтительно нулевым: например, состояние со спином 0 гипотетического *гравитона* Мадам Тоннла или состояние со спином 0 гипотетического фотона с собственной ненулевой массой Луи де Бройля. Почему частица с целым спином? Очень просто, потому что если *одна единственная* скрытая частица испускалась или поглощалась в реакциях типа Керврана, то сохранение углового момента требует, чтобы она имела целый спин (в спиновых единицах  $h/2\pi$ ). Я добавлю, что мой интерес к проблемам г-на Керврана, хотя и истинный, не был сильным. Я не чувствовал себя

лично озабоченным и я думал о своих собственных проблемах.

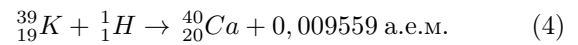
Однако переписка между г-ном Кервраном и мной, хотя и с промежутками, не прекращалась. Вот примерно год, как он напомнил о своих проблемах, если мне не изменяет память, и уточнил, по моей просьбе, порядок задействованных энергий. В конце концов, говорил я себе, космическое излучение является источником (и колодецем) вездесущей и, как правило, совершенно скрытой энергии. А ведь на своем верхнем пределе (еще неизвестном), несомненно выше ГэВ, или миллиард электронвольт на частицу, мы находимся значительно выше порога, необходимого для того, чтобы смочь учесть эффект Керврана. Более того, между тем появился новый важный элемент: гипотеза, подтвержденная затем экспериментально, существования нейтральных токов (Вайнберга). Она позволяет теперь записать члены квантового взаимодействия, подтверждающие реакции типов (2) и (3), приведенные выше, к тому же без того, чтобы эти формулы были ограниченными. Можно было бы, например, иметь аналогичные формулы с участием, вместо электрона,  $\mu$ -мезона со связанным с ним типом нейтрино (отличным от такового электрона).

Проблема экзоэнергетических реакций Керврана также, вероятно, разрешена. Нейтрино, частица со спином  $1/2$ , подчиняется статистике Ферми, где число заполнения какого-либо состояния может быть либо 0 (незанятое состояние), либо 1 (однажды занятое состояние). При каждой температуре  $T$  (а температура космоса является низкой, порядка  $3^\circ\text{K}$  по электромагнитным измерениям) имеется также озеро Ферми занятых состояний с энергией ниже  $3kT/2$  и пространство незанятых состояний с энергиями выше  $3kT/2$ ; впрочем, граница несколько расплывчата; принята к сведению  $k$  - универсальная константа Больцмана. Таким образом, испускание пары нейтрино + антинейтрино при повышенном состоянии энергии, порядка  $5 \text{ МэВ}$ , по реакции (3) не представляет никакой проблемы. А также испускание нейтрино (или антинейтрино) высокой энергии, порядка  $10 \text{ МэВ}$ , исходя из нейтрино (или антинейтрино) очень низкой энергии, взятого в 'озере', которое является скорее 'океаном'. В этих двух случаях свойственная ей слабость константы взаимодействия Ферми с лихвой компенсируется громадным числом 'доступных' состояний нейтрино согласно принятому жаргону.

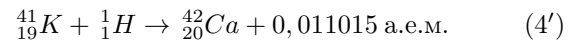
Требуется рассмотреть еще одну вещь. В реакциях Керврана с участием протона ( $p \equiv {}^1_1\text{H}$ ) одно из двух состояний протона свободно, а другое связано. В ныне рассмотренном случае это может быть либо таковое первого члена, либо таковое второго члена формул (2) и (3): все зависит от атомного номера  $N$  рассматриваемых ядер и от того, что кривая энергия связи  $W(N)$  будет возрастающей или ниспадающей для рассматриваемого значения  $N$ . Во всяком случае остается, что протон, который переходит из состояния  $p$  в состояние  $p'$ , должен пересечь потенциальный барьер одного из

двух атомных ядер, причем энергетически экономным способом это сделать является, очевидно, туннельный эффект.

Как пример экзотермической реакции Керврана рассмотрим 'проблему яйца и курицы', где имеем



или может быть также



Перенесемся тогда к данным II главы настоящего труда. Пусть курица, по гипотезе Керврана, синтезирует за сезон носки  $2,5 \text{ г Ca}$  в день, то есть  $10^{17}$  атомов  $\text{Ca}$  в секунду. По моей гипотезе это составляет, на  $10^3 \text{ см}^2$  курицы, поток нейтрино (в  $10 \text{ МэВ}$  или выше) в  $10^{14}$  на  $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ , порядок вполне сравнимый с таковым существующего естественного потока нейтрино (главным образом, из-за космического излучения) в среде атмосферы. Экспериментально определить поток нейтринного излучения на курицу было бы поэтому чрезвычайно тонким физическим экспериментом. Ничуть не было бы легче, если бы то же излучение испускалось в форме фотонов. По энергии этот же поток соответствует в действительности  $10^{15} \text{ МэВ см}^2 \cdot \text{с}$  или  $160 \text{ ватт на см}^2$ : к такой курице было бы опасно приблизиться! Напротив, все тела, и наше в частности, почти полностью прозрачны для нейтрино, откуда следует, что мы можем без всяких помех приближаться к курице керврановского типа.

Однако есть еще кое-что, что следует рассмотреть. Почему  $\text{K}$ , содержащийся в слюде, потребленной курицей, спонтанно не разлагается на  $\text{Ca}$  и нейтрино. *Mutatis mutandis* проблема аналогична такой: я пишу в данный момент на деревянной доске в среде атмосферы, содержащей  $1/5$  кислорода; почему моя доска не загорается самопроизвольно? Я могу ее заставить гореть (действительно грубый метод), разрезав ее на кусочки и помещая их в печь, содержащую раскаленные угли, и хорошо работающую. С другой стороны (изопренный метод), если в моем столе есть черви, то они сжигают его (свой лес) при низкой температуре и в прекрасно контролируемой степени, соответственно их метаболизму. Обобщая, можно сказать, что все происходит так, как будто Жизнь обладает необыкновенными катализаторами, которыми она управляет с чрезвычайной ловкостью.

Если моя гипотеза истинна, тогда я с необходимостью прихожу к тому, чтобы добавить, что она включает и то, что Жизнь оперирует не только в молекулярном масштабе (что хорошо известно) и не только в атомном масштабе, но даже (в известных случаях) в ядерном масштабе. Она 'катализирует' 'мягкие' реакции Керврана с такой же эффективностью и с такой же сноровкой, с какими она это делает с реакциями обычной химии. Как? В настоящее время невозможно пытаться сказать об этом подробно. В принципе можно, однако, сказать так: контроль ядерных реакций,

в мелком масштабе, является проблемой квантовой механики и, более точно, проблемой пробабилитета *suī generis* Квантовой Механики. Это проблема контроля информации в двух аристотелевских аспектах: процесс познавательного типа, или превращение предсуществующей негэнтропии в информацию-знание; и процесс волевого типа, или о превращении предсуществующей информации в макроскопическую негэнтропию. В экзотермических реакциях Керврана мы имеем дело, согласно моей гипотезе, с переходом первого типа.

Тогда обсудим проблему реакции эндотермического типа, беря в качестве примера пару взаимных реакций (4) и (4'). Согласно Керврону они проходят под действием микроорганизмов, производящих селитру исходя из извести. Кервран не дал, как мне кажется, абсолютной оценки массы Са, трансмутированного в К на мг и в день на стене влажного типа. В этой гипотезе (которую я выдвигаю безвозмездно), где она составила бы 2,5 грамма, мы снова касаемся порядков величины, указанных в предыдущем случае. Ответственные за это явление микроорганизмы нашли бы в достатке при естественном излучении провизии из нейтрино с 10 МэВ и больше, в которых они нуждаются (в случае реакции (2)). Уменьшение этого питания состояло бы в численно равном потоке нейтрино очень низкой энергии, чтобы найти им место в свободных промежутках естественного распределения. Это проблема симметричной информации предыдущего случая, где (в термодинамических понятиях) различие между 'теплом', заимствованным у горячего источника (нейтрино высокой энергии), и таковым, принесенным от холодного источника (нейтрино низкой энергии), превращается не в работу, а во внутреннюю энергию или собственную массу механизма, который не является циклическим. Воображаемым понятиям, которыми я только что пользовался, не нужно следовать слишком буквально, так как проблема информации, которая обсуждается, является более фундаментальной, чем таковые классической Термодинамики. Она имеет отношение к природе вполне *suī generis* проблематики Квантовой Механики и связи, равным образом *suī generis*, между психикой и материей, которая ее заключает. Для углубленной дискуссии по этому вопросу я отсылаю к моему докладу от 19.2.73 на Бостонском коллоквиуме по философии науки, который находится в печати в Actes Коллоквиума, также как и в журнале Foundations of Physics. Аналогичные замечания относятся к случаю реакции (3) с участием поглощения пары нейтрино + антинейтрино со средней энергией в 5 МэВ.

В основном мой тезис здесь состоит в том, что Жизнь является психической сущностью и что она подвергается действию квантовой информации, и это происходит на уровне ядерной физики в случае трансмутаций Керврана. Она там действует без шума, с той же самой сдержанностью, которой она пользуется на уровне молекулярной химии. Поэтому, и хотя она использует с той же сноровкой две возможные стрелки

перехода

негэнтропия ↔ информация

она всегда находит решение с наименьшим усилием, когда естественно существует довольно обильный 'горячий источник', а также, в случае необходимости, 'холодный источник' обширный, как океан, так что ее соглашения в одном или другом направлениях совсем не возмущают космическое состояние вещей. Так, фотосинтез, при значительности, который он имеет в палеонтологии, в экологии, в человеческой экономике, в малой степени участвует в глобальном термодинамическом балансе Земли. Таким же образом, и если моя гипотеза точна, чрезвычайная сдержанность высоко значимых (в предыдущем смысле) трансмутаций Керврана объясняется тем, что они используют такой горячий обильный источник как гейзер (нейтрино средней энергии космического излучения в среде атмосферы) и такой громадный холодный источник как океан, 'озеро Ферми' нейтрино очень низкой энергии. Достаточно сказать, что при современном состоянии физики исследование прямой экспериментальной проверки моей гипотезы было бы очень трудным.

Теперь я должен вернуться к вопросу, который ранее только затронут - вопрос протона, обменивающегося в реакциях Керврана типа 'Н'. В одном из своих состояний он связан с атомным ядром; в другом он не является строго свободным, но связан с молекулой воды или углевода (например), что, на рассматриваемом энергетическом уровне, является пренебрежимым. Более серьезным является вопрос, что если в одном направлении мы имеем реакцию с двумя телами (начальными), то есть нейтрино - ядро, содержащее названный протон, то в другом направлении мы имеем реакцию с тремя телами (начальными), то есть нейтрино - свободный протон - ядро, не содержащее названного протона. Согласно принципу умножения независимых вероятностей, предсказательная вероятность второго процесса несравнимо более слабая, чем таковая первого процесса. И это, я повторяю, не зависит от того, является ли реакция экзо- или эндоэнергетической и не зависит от знака  $dW/dN$  и наклона кривой зависимости энергии ядерной связи от атомного номера.

Мой тезис состоит в том, что возражение, которое можно было бы на первый взгляд извлечь из предыдущего замечания, не годно по следующей существенной причине: диссимметрия, которая констатирована, связана с принципом, что выполняют расчет вероятности слепого предсказательного типа, используя гипотезу по праву делать слепой предсказательный расчет симметричный предыдущему. Это исключительно поэтому свойство диссимметрии является главным, а не по праву (если воспользоваться словами Вайнберга). Этот вопрос широко обсуждался в 1960-х годах Вананабе, Райхенбахом, Вайнбергом, Гринбаумом, Фон Вейцеккером, мною и еще другими. Главный вывод этих дискуссий заключается в том, что Второй принцип термодинамики, а также (в Квантовой механике)

макроскопический принцип испускания волн, и один, и другой выводятся из принципа запрещенного слепого излучения. Но вывод состоит также в том, что этот принцип является 'по факту', а не 'по праву'. Это принцип мертвой материи, но не живой материи.

Микроорганизмы, которые трансмутируют кальций в калий, выполняют свою работу на ядерном уровне; они вылавливают на влажной стене ядра водорода, которые там находятся. Они 'мягко' проводят эти протоны через потенциальный барьер ядер кальция.

Если Кервран прав, то Жизнь действует на ядерном уровне, и остается, следовательно, объяснить всю ядерную биофизику.

## II. ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ МЕЖДУ ЭНЕРГИЕЙ И МАССОЙ

Теперь мне хотелось бы объяснить, настолько просто, насколько возможно, почему совершенно исключается, чтобы кто-нибудь 'дал отставку' принципу эквивалентности Эйнштейна между энергией и массой, выражению

$$W = c^2 m. \quad (5)$$

Этот принцип существует уже в классическом электромагнетизме, и удивительно, что нужно было дожидаться Ланжевена, чтобы там его прочесть, в то же время, когда Эйнштейн сформулировал его в самом общем виде.

Уравнения электромагнитного поля Максвелла влекут за собой существование энергетической плотности поля, в материальном вакууме, равной  $1/2(E^2 + H^2)$ ;  $E$  обозначают электрическое поле,  $H$  - магнитное поле, и используют 'смешанные единицы' Гаусса. Из этих самых уравнений выводят, вместе с Пойнтингом, что  $cE \times H$  является плотностью потока энергии поля, а также (тензорная теория Максвелла), что  $c^{-1}E \times H$  является плотностью импульса, или количеством движения, содержащегося в поле; Пуанкаре привлек внимание к этой концепции.

Чтобы быть более наглядным, я собираюсь продолжать, используя концепцию, с избытком выраженную в фактах, фотона Эйнштейна. Энергия электромагнитной волны, на монохроматическом уровне, с временной частотой  $\nu = \omega/2\pi$  и пространственной частотой  $\vec{k}/2\pi$  ( $2\pi k$  является длиной волны), переносится со скоростью  $c$ , квантами. Обозначая  $h$  константу Планка, получаем квант энергии  $W$  равным  $h\nu = (h/2\pi)\omega$  и квант импульса  $p = (h/2\pi)\vec{k}$ .

Имея импульс, фотон, следовательно, имеет массу. Какова эта масса? Самым простым, конечно, является думать, что традиционное отношение  $P = mv$  остается здесь истинным. А ведь поскольку мы имеем, в световой волне, соотношение

$$\omega = ck \quad (6)$$

и, разумеется,  $v = c$ , то можно последовательно записать для величины импульса фотона,

$$P \equiv mc = (h/2\pi c)\omega$$

откуда

$$m = (h/2\pi c^2)\omega \equiv h\nu/c^2 \equiv W/c^2 :$$

масса фотона с частотой  $\nu$  равна его энергии  $W$ , умноженной на  $1/c^2$ .

В других понятиях, каждый раз, когда фотон испускается (или поглощается) в виде монохроматической волны, он уносит (или приносит) импульс  $(h/2\pi)\vec{k}$ , энергию  $h/2\pi\omega \equiv h\nu$  и массу  $h\nu/c^2$ . Не только этот тройной закон находится в связи со всем, что известно кроме того, но сверх того, он был прямо проверен; для многочисленных ядерных реакций квант  $h\nu$  является достаточно большим, чтобы быть не только измеренным по энергии, но также взвешенным по массе  $h\nu/c^2$ . На техническом жаргоне это дефект масс эквивалентный энергии электромагнитной связи.

Если изменяют систему координат, то частота  $\nu$  изменяется (эффект Доплера), а также пространственная частота  $k \equiv \omega/c$ . Напротив, скорость света  $c$  остается по существу постоянной (частный принцип относительности Эйнштейна), и на эту тему полезно сказать несколько слов.

Двумя недавними решениями (1960 и 1967 гг) Международное бюро мер и весов (МБМВ) установило, что узаконенным эталоном длины является длина волны определенной полосы криптона 86, а узаконенным эталоном времени - период определенной полосы цезия 133. Почему не использован один и тот же атом для одновременного определения двух эталонов - длины и времени? Исключительно по временным технологическим причинам: неизвестно, как уверенно 'обращаться' с чрезвычайно высокой временной частотой эталона, подходящего для длины.

Но сегодня технология продвигается очень быстро. На своем собрании в октябре 1973 г. МБМВ рекомендовало использование различных атомных полос, стабилизирующих гелий-неоновый лазер и позволяющих определить эталон длины и скорости света с одинаковой относительной точностью (очень высокой)  $4 * 10^{-9}$ . Рекомендованным значением для скорости света является

$$c = 299\,792\,458 \text{ м/с.}$$

В то же время, эталон времени определен с еще более высокой относительной точностью  $10^{-12}$ .

Отметим, что по самому определению эталонов длины и времени  $c$  является абсолютной константой. Поэтому для длины и для времени по праву существует один единственный эталон; и право становится фактом с того дня, когда технология позволяет 'измерить' скорость света с той же точностью, что и наименьшая точность двух определений эталонов, длины или времени.

Мы только что увидели, что этот день пришел. И несомненно близко время, когда эталон длины будет свергнут в пользу эталона времени и декрета, утверждающего юридически выбранное значение для  $c$ .

Нужно ли из этого делать вывод, что теория частного принципа относительности, базовый постулат которой состоит в абсолютной константе  $c$ , является тавтологией. Не совсем, так как а priori не было очевидным, что  $c$  также была найдена константой (в принципе) при использовании вещественного эталона длины (скажем, старого метра из иридиевой платины) и астрономического эталона времени (скажем, старого среднего солнечного дня). Но с одной стороны, эксперимент Майкельсона и Морли, который экспериментально обосновал теорию относительности, точно показал (парадоксальный результат на то время!) абсолютную эквивалентность вещественного эталона и оптического эталона длины. С другой стороны, волновая механика Луи де Бройля, которая рассматривает твердое тело как 'стационарную вещественную волну', превращает в очевидную абсурдность всякое сомнение, касающееся абсолютной эквивалентности между этими двумя типами эталонов длины.

Эта же самая волновая механика, связывая двояко-однозначно инерциальное движение Галилея с плоскоотно-монокроматической природой связанной вещественной волны, также делает абсурдным всякое сомнение, касающееся абсолютной эквивалентности между старым механическим эталоном и новым электромагнитным эталоном времени. Таким образом, частный принцип относительности записан в законах Вселенной также крепко, как он сегодня присутствует в своде законов метрологии и хронометрии.

Возвратимся тогда к нашему фотону, у которого эффект Доплера одновременно изменяет временную частоту  $\omega/2\pi$  и пространственную частоту  $k/2\pi$ , полностью сохраняя соотношение  $\omega = ck$ , где  $c$  является абсолютной константой. Так как, впрочем, константа Планка тоже несомненно является абсолютной константой, то видно, что изменение системы координат изменяет также значение импульса  $(h/2\pi)k$  фотона и таковое его массы  $(h/2\pi c^2)/\omega$ . Уже в классической механике изменение системы координат изменяло величину импульса  $mv$ ; точнее, оно изменяло  $v$  и оставляло массу постоянной. Здесь же, с релятивистским фотоном, наоборот: изменение системы координат изменяет значение массы, сохраняя скорость  $c$  постоянной, что является вдвойне необычным.

Интересно отметить факт, что выражение

$$(h/2\pi)^2 [k^2 - \omega^2/c^2] \equiv c^{-2} p^2 - m^2 \equiv 0 \quad (7)$$

остаётся тождественно нулевым во всех системах координат. В понятиях пространственно-временной геометрии это выражает то, что длина четырехвекторной частоты волны и таковая четырехвекторного импульса-энергии (или импульса-массы) фотона являются тождественно нулевыми.

Такие квадживекторы нулевой длины являются, как говорят, изотропными. Так как длина квадричастоты является по определению собственной частотой волны и так как длина импульса-массы фотона есть по определению его собственная масса, то говорят, что собственная частота световой волны является тождественно нулевой и что собственная масса фотона является тождественно нулевой.

Известно, что с помощью своей волновой механики Луи де Бройль сделал универсальным соотношение Планка-Эйнштейна между импульсом-энергией (или импульсом-массой)  $\mathbf{p}$  частицы и квадричастотой  $\mathbf{k}$  связанной плоскостной волны (при инерциальном движении):

$$\mathbf{p} = (h/2\pi)\mathbf{k}; \quad (8)$$

мы отмечаем жирными буквами квадживекторы пространства-времени. Тем не менее, длины  $P_0$  и  $k_0$  этих двух квадживекторов, которые связаны согласно универсальной формуле

$$P_0 = (h/2\pi)k_0; \quad (9)$$

в общем случае не являются нулевыми. Обнаруживается, что, причем  $\vec{v} = c\vec{\beta}$  обозначает скорость частицы в обычном смысле, соотношение между длиной  $ct_0$  (постоянной для данной частицы) и 4-й составляющей  $p_4 = ct$  импульса-массы равно

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (10)$$

откуда вытекает, что масса является переменной, увеличивающейся со скоростью, тогда как собственная масса  $m_0$  является по сути константой. Разлагая в ряд формулу (10) находят

$$c^2 m = m_0(c^2 + (1/2)v^2 + \dots), \quad (11)$$

что выявляет два вклада в общую энергию с  $c^2 m$  скрытую энергию, или спрятанную в собственной массе,  $c^2 m_0$ , и кинетическую энергию  $(1/2)m_0 v^2 + \dots$

Подобным образом масса представляется как сумма собственной массы  $m_0$  и кинетической массы  $(1/2)m_0 \beta^2 + \dots$ .

Что касается импульса, то его можно записать

$$p = mv = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = m_0(v + \frac{1}{2c^2}v^2 + \dots) \quad (12)$$

Из предыдущего ясно, что эквивалентность между энергией и массой является важнейшей в волновой механике, которая сама тесно связана с релятивистской динамикой. Каковой бы ни была литературная интерпретация, которой подвергают тексты Эйнштейна или других авторов релятивистов, остаётся тот факт, что эквивалентность между энергией и массой записана в уравнениях механики (волновой и релятивистской). Соотношение Эйнштейна (5) с необходимостью входит в соотношение Эйнштейна-де Бройля (8).

### III. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До сих пор я высказывался так, как будто все предложенные Кервраном трансмутации были связаны с биологией. В действительности оказывается, что некоторые из них были связаны с геологией и что это предложение получило горячую поддержку многих видных геологов.

Например, трансмутация алюминия в кремний (еще одна с  ${}^1_1H$ ) было постулировано Г.Шубером в 1952 г., как являющаяся следствием образования гранитов под очень сильным давлением в глубине земли. Не говорит ли это о том, что реакции трансмутации (3) и (4), управляемые 'слабым взаимодействием' Ферми и недавно принятыми 'нейтральными токами', могли бы иметь место даже в отсутствие биологических 'каталитических' воздействий? С разных сторон начинают рассматривать возможность этого типа реакций, и, например, для лучшего понимания взрывов сверхновых звезд (1).

Я не буду распространять на формулы трансмутации Керврана реакции с участием, вместо протона  $p$  или  ${}^1_1H$ ,  $\alpha$ -частиц, обозначаемых  ${}^4_2He$ , или ядра кислорода  ${}^{16}_8O$ ,  ${}^{17}_8O$  или  ${}^{18}_8O$ . Здесь тоже гипотеза слабого взаимодействия с 'нейтральным током' при участии двух нейтрино подразумевается сама собой.

Остается, таким образом, сделать заключение.

Г-н Л.Кервран имел заслугу - и смелость - предложить общую гипотезу - трансмутации при слабых энергиях, с участием протона,  $\alpha$ -частицы, ядра кислорода и при необходимости некоторых других ядер - подержанную многочисленными примерами, заимствованными из разных дисциплин, и многие из которых показали мне чрезвычайно убедительными.

Сказать, что объяснение, по сути своей 'единственное', Керврана, является в то же время очень общим широким толкованием, это по сути сказать о его заслуге.

То, что гипотеза Керврана, вполне работающая, с точки зрения применений, как удовлетворительное объяснение, вызывает в то же время, со стороны фундаментальной теории, требующие преодоления трудности, само по себе ничего такого не имеет, что должно удивлять. Подобное обстоятельство часто имело место в истории Науки. Достаточно дать только один пример, недавнюю 'загадку тау- и тета-мезонов'. Чтобы разрубить этот гордиев узел, Ли и Янг предложили отказаться от постулата инвариантности зеркальной симметрии, что не замедлило поднять проблемы, может быть, не все разрешенные к нашему времени.

Не вдаваясь ни в какой подробный расчет, но главным образом из-за того, что, с одной стороны, многочисленные аргументы, которые Кервран основывает на своих наблюдениях (и таковых других исследователей), мне кажутся очень убедительными, и потому что, с другой стороны, мне кажется ясным, что, если 'эффект Керврана' существует, то существует достаточно

общий естественный закон, чтобы позволить ему существовать, я предлагаю здесь рабочую гипотезу, заключающуюся в том, что 'дефект массы' реакций Керврана обнаруживается как разница энергий (или кинетических масс) двух нейтрино, которые оба испускаются или поглощаются, или один испускается, а другой поглощается. Это объяснение, следовательно, основано в сущности на слабом взаимодействии Ферми и на недавнем приобретении, так называемых 'нейтральных токах'. Оно обращается к существованию - достоверному - 'горячего источника', 'гейзера' нейтрино высокой энергии (тех, которые существуют в нашей атмосфере как следствие космического излучения) и 'холодного источника', 'океана Ферми' нейтрино очень низкой энергии (который имеет теоретическую достоверность). Наконец, невероятная прозрачность любого вещества по отношению к нейтрино объясняет квазискрытый характер внесения или уноса энергии при трансмутациях Керврана; здесь налицо новый пример, представляющий на рассмотрение чрезвычайную сдержанность, которую проявляет Жизнь в своем использовании физико-химии. Однако тот факт, что есть основания думать, что трансмутации Керврана происходят в известных случаях в геологии без всякого вмешательства микроорганизмов, свидетельствует, может быть, что, несмотря ни на что, нейтрино, этот Ариэль, играет роль в земной Физике, как он это делает в звездной Физике.

*Марлотт, 07.12.1974*

*О. Коста де Боргар*