

ФОТОНИКА¹

Кузнецов Побиск Георгиевич, доктор физико-математических наук, специалист по системам целевого управления и планирования, один из основоположников физического подхода к экономическим системам, последний из Генеральных конструкторов СССР

PHOTONICS

Kuznetsov Pobisk Georgievich, Doctor of Physics and Mathematics, specialist in systems of management by objectives and planning, one of the founders of physical approach to economic systems, the last of the general designers of the Soviet Union

Введение

Необходимость создания новой научной теории связана с потребностью предъявить действительную ТЕОРИЮ, а не разрозненные положения, связанные с отдельными экспериментальными данными и их локальным описанием. Мы используем термин *фотоника*, введенный А.Н. Терениным, поскольку работы последнего по фотохимии красителей были исходной точкой работ автора в 1949-1953 гг.

Следует отметить, что сам автор был очень удивлен, что многие экспериментальные данные лежат за рамками того, что можно описывать математической физикой. Существует какой-то «дефект» математического описания, когда со ссылкой на математическую физику, принято считать эти экспериментальные данные чем-то, «чего не может быть».

Само собою разумеется, что наличие экспериментальных данных с одной стороны, и невозможность их теоретического обоснования в математической физике — с другой стороны, ставит нас перед естественным вопросом: как должна быть изменена ТЕОРИЯ, чтобы:

1. она СОХРАНЯЛА действующую ТЕОРИЮ там, где ее выводы соответствуют (и нашли экспериментальное подтверждение) наблюдаемым фактам;
2. она ИЗМЕНЯЛА действующую ТЕОРИЮ там, где ее выводы не соответствуют некоторой группе экспериментальных данных (лежащих за ГРАНИЦЕЙ существующей ТЕОРИИ).

Не подлежит никакому сомнению, что подобное РАСШИРЕНИЕ действующей теории должно включать в себя (но уже на правах ЧАСТНОГО СЛУЧАЯ) уже СУЩЕСТВУЮЩУЮ теорию (теории).

Ответ на поставленные вопросы лежит не в области физики, а в области математики. Мы должны РАЗЛИЧАТЬ те положения, которые принадлежат миру МАТЕМАТИКИ, от

¹ Текст публикуется согласно изданию: Громыко Ю.В. Мета-предмет «Проблема». Учеб. пособие для учащихся ст. классов. — М.: Ин-т учебников «Пайдейя», 1998. — С. 237-286.

тех положений, которые связаны с ФИЗИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИЕЙ математической теории.

Изучение этой проблемы показало, что существуют и такие «физики-теоретики», которые имеют слабое представление об устройстве математических теорий, полностью перенося выводы аксиоматики математических оснований на реальный мир. Для математической теории нет и не может быть ГРАНИЦ применимости: в математической теории ВСЕГДА получаемые выводы находятся в соответствии с принятыми ПРЕД-посылками. Это соответствие СЛЕДСТВИЙ принятым ПРЕД-посылкам называется ИСТИННОСТЬЮ математической теории. В этом смысле математик может заменять некоторые предпосылки на то, что раньше называлось следствием, но при этом сама математическая теория не теряет своей истинности. Такую переработку некоторых математических теорий совершила группа, публиковавшая свои материалы под псевдонимом Н. Бурбаки. Многотомное издание современной математики группой Н. Бурбаки имело своим основанием своеобразный «стандарт» или «технические условия» — которым должна удовлетворять любая МАТЕМАТИЧЕСКАЯ теория. Этот же «стандарт» — применяется и при переходе от одной теории к другой теории.

Интерпретация математической теории ВСЕГДА имеет границы применимости, ибо однозначное соответствие получаемых СЛЕДСТВИЙ принятым АКСИОМАМ (другое название ПРЕД-посылок) соответствует ЛИНЕЙНОМУ МИРУ, а физическая реальность поражает нас своей существенной НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ. Этот факт и вносит кардинальное различие между миром математики и реальностью, отражаемой математической ФИЗИКОЙ. Мы нуждаемся в таком МАТЕМАТИЧЕСКОМ определении НЕЛИНЕЙНОСТИ, которое, будучи перенесенным в прикладную область, позволяло ИЗМЕНЯТЬ АКСИОМЫ (ПРЕД-посылки), сохраняя старую теорию в тех границах, где она соответствует наблюдаемым фактам. Простейшим примером, о котором известно всем, является создание НЕЕВКЛИДОВОЙ геометрии Н.И. Лобачевским и Я. Бойяи. Такое изменение АКСИОМ сохраняет старую теорию и, в то же время, позволяет существовать НОВОЙ теории.

Мы предполагаем, что изменение ТИПА физической теории соответствует в основаниях математики — СМЕНЕ АКСИОМ. Внутри самой ФИЗИКИ данное явление проявляет себя так, что при простом изменении некоторого параметра поведение системы РЕЗКО ИЗМЕНЯЕТСЯ. Предсказания старой теории в этой области перестают соответствовать экспериментальным данным, наблюдаемым в этой области. Такое изменение поведения системы при изменении некоторого параметра можно называть

«бифуркацией», описывать подобные изменения особой теорией («теория катастроф»), но существо дела этим не объясняется.

Поскольку мы не собираемся заниматься основаниями математики, а только теорией скоростей химических реакций, то мы получим право называть ФОТОНИКУ — ТЕОРИЕЙ лишь тогда, когда она удовлетворяет как требованиям МАТЕМАТИЧЕСКОЙ теории, так и требованиям физической ИНТЕРПРЕТАЦИИ. Это приводит нас к необходимости изложить:

1. требования математической ТЕОРИИ;
2. требования физической ИНТЕРПРЕТАЦИИ.

Лишь при выполнении этих требований мы можем рассчитывать на появление действительно НОВОЙ ТЕОРИИ.

Глава 1. Требования математической теории

§1. Возникновение идеи о «единстве» всей математики

Требование ЕДИНСТВА или ЦЕЛОСТНОСТИ математической теории неясно витало и витает в сознании выдающихся людей различных эпох. Уже в своеобразном «манифесте» группы Н. Бурбаки мы встречаем крушение замысла унификации всей математики у пифагорейцев — «все вещи суть числа», но открытие иррациональности — отвергло эту попытку унификации. Хотя и принято считать, что унификации математики посвящено многотомное издание Н. Бурбаки, мы хотели бы выделить Эрлангенскую программу Ф. Клейна в качестве первой современной попытки унификации ВСЕЙ МАТЕМАТИКИ (1872 г.).

Догадка, которой руководствовался Ф. Клейн, состояла в том, что ВСЯ математика может быть представлена как разновидности ПРОЕКТИВНОЙ ГЕОМЕТРИИ. Он писал:

«Между приобретениями, сделанными в области геометрии за последние пятьдесят лет, развитие *проективной геометрии* занимает первое место. Если в начале казалось, что для нее недоступно изучение так называемых метрических свойств, так как они не остаются без изменения при проектировании, то в новейшее время научились представлять и их с проективной точки зрения, так что теперь проективный метод охватывает всю геометрию» (Об основаниях геометрии. — М.: ГИТТЛ, 1956. — С. 399). Ф. Клейн считал, что ему удалось специфицировать типы геометрий с помощью ГРУПП ПРЕОБРАЗОВАНИЙ КООРДИНАТ.

Не очень бросается в глаза, что метрика, доступная проективной геометрии — это метрика, которая позволяет разделить на две равные части отрезок или увеличить отрезок в два раза. Таким образом, эта метрическая шкала состоит из чисел, которые кратны 2^n или 2^{-n} .

Само собою разумеется, что это дискретная шкала, которая (в прикладных теориях, использующих вычислительные машины) вполне достаточна для всех технических приложений.

Другой подход к единству ВСЕЙ ГЕОМЕТРИИ был продемонстрирован Д. Гильбертом в его работах по основаниям геометрии. Гильберт положил в основу различия геометрий — различие в использовании АКСИОМ. Рассматривая каждую аксиому и ее отрицание, Гильберт предъявил не только неевклидовы геометрии, но и недезарговы, неархимедовы, непаскалевы и др. геометрии. У Гильберта было введено 16 аксиом. Если считать, что все приведенные им аксиомы НЕЗАВИСИМЫ, то мы должны обозревать и «узнавать в лицо» — 2^{16} геометрий, каждая из которых может быть выделена последовательностью из нулей и единиц (в зависимости от принятия данной аксиомы — 1, а если данная аксиома отрицается, то 0) — 65 536 различных геометрий. При интерпретации каждой в той или иной предметной области — мы можем получить такое количество качественно различных физических теорий.

Третий подход к единству ВСЕЙ ГЕОМЕТРИИ идет от О. Веблена. Не задерживаясь на антагонизме геометрий Клейна и Римана, блестяще разобранных Э. Картаном в его работе «Теория групп и геометрия» (1927 г.), существование римановых геометрий, которые лежат за рамками Эрлангенской программы Ф. Клейна, привело О. Веблена и Дж. Уайтхеда к работе «Основания дифференциальной геометрии». Там О. Веблен упоминает о своем докладе на международном математическом конгрессе в Болонье. О. Веблен ожидал синтеза всех геометрий, как «...теорию пространств с инвариантом». Мне кажется, что О. Веблен и использовавший его работы Г. Крон, сделали шаг в правильном направлении. Здесь мы встречаемся с понятием «РАЗМЕРНОСТЬ», которое будет иметь весьма важное значение в нашем последующем изложении. Развитием этого направления служит четырехтомное издание работ японской ассоциации прикладной геометрии (RAAG), изданных в 1955-1968 гг.

Хотя японская ассоциация пользовалась работой Г. Крона «Нериманова динамика вращающихся электрических машин» (1934 г.), только в Японии мы находим развитие идей Г. Крона. Я (являясь редактором книги Г. Крона «Тензорный анализ сетей» — М.: Сов. радио, 1978) не могу отказать себе в удовольствии процитировать его предисловие 1939 г. Многие ли математики в то время были знакомы с возможными обобщениями N -мерных пространств, о которых пишет Г. Крон: «... N -мерные пространства можно обобщать до бесконечномерных пространств. Кроме того, вместо использования только четырех-, пяти- и

вообще целочисленно-размерных пространств можно использовать $2/3$ -, $4,375$ - или π -мерные пространства, включающие все типы сложных структур. Эти пространства используются в исследовании более фундаментальных электродинамических явлений» (стр. 12). Исследование фракталей стало модным лишь в последнее время, а что касается π -мерных пространств, то здесь мы имеем дело лишь небольшим числом пионерских работ.

§2. «Стандарт» математической теории по Бурбаки

Теперь мы можем обратиться и к тому «стандарту», который предложен группой Н. Бурбаки. Первая глава книги «Теория множеств» носит название «Описание формальной математики». Здесь не место для изложения, которое удовлетворяет строгости, с которой она изложена авторами Трактата. Ее суть можно представить следующим образом.

Всякая математическая теория состоит из:

1. языка формальной теории;
2. аксиом;
3. правил вывода.

Наличие указанных трех составных частей характеризует ЛЮБУЮ МАТЕМАТИЧЕСКУЮ ТЕОРИЮ.

Указанные составные части сами имеют некоторое членение.

Рассмотрим первую составную часть Теории — ЯЗЫК. Последний сам состоит из трех составных частей:

- 1.1. АЛФАВИТ — это буквы и знаки, которые будут использоваться для написания текста данной теории. Мы, с учетом дальнейших примирений, будем рассматривать БУКВЫ отдельно от ЗНАКОВ. Это различие не очень существенно для математики, но полезно для будущих приложений.
- 1.2. СЛОВАРЬ — это или БУКВА или последовательность БУКВ, с помощью которых мы будем писать ИМЕНА ОБЪЕКТОВ, которые будут рассматриваться в данной теории. Обратим внимание читателя, что после введения СЛОВАРЯ — ВСЕ ВЫСКАЗЫВАНИЯ или УТВЕРЖДЕНИЯ данной теории можно формировать ТОЛЬКО из данного словаря. Другое название ИМЕН ОБЪЕКТОВ — ТЕРМЫ или ТЕРМИНЫ. Мы видим, что в разных предметных областях используются разные термины, что и должно давать РАЗЛИЧИЕ в словарях различных теорий.
- 1.3. Нет названия всей области, но здесь мы имеем дело с соединением ТЕРМОВ со ЗНАКАМИ. Такое соединение дает ФОРМУЛЫ и СООТНОШЕНИЯ, которые понимаются как ВЫСКАЗЫВАНИЯ или УТВЕРЖДЕНИЯ соответствующие данной

предметной области.

Мы предлагаем всю совокупность ФОРМУЛ или СООТНОШЕНИЙ, которую можно образовать из данного СЛОВАРЯ и данной совокупности ЗНАКОВ — называть ФОРМУЛИЗМОМ. Было бы естественнее назвать все возможные высказывания конкретного математического языка — ФОРМАЛИЗМОМ, но... этот термин уже используется математикой для обозначения всей теории в целом.

Обращаем внимание, что число высказываний, утверждений (формул или соотношений) внутри данного языка — ЧЕТНО: эта четность порождается знаком ОТРИЦАНИЯ, который сопровождает каждую математическую теорию. Наряду с высказыванием A всегда существует его отрицание $\neg A$ (или — НЕ- A).

Мы видим, что по способу образования сам по себе математический язык допускает любые утверждения из любой предметной области. Он ровно ничего не говорит об ИСТИННОСТИ или НЕ-ИСТИННОСТИ тех или иных утверждений или высказываний (формул или соотношений).

Различие ИСТИННЫХ и НЕ-ИСТИННЫХ высказываний определяется второй составной частью математической теории — ее АКСИОМАМИ.

2) АКСИОМЫ. Мы предпочитаем различать АКСИОМЫ двух типов:

1.1 АКСИОМЫ, которые в данной теории имеют ПОСТОЯННОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

1.2 АКСИОМЫ, которые в данной теории могут изменять свое ЗНАЧЕНИЕ.

Предлагаемое различение аксиом в нормальной математике не делается, но нам необходимо это различие, поскольку в прикладной области сохранение ПОСТОЯННЫХ АКСИОМ означает, что сохраняются утверждения, которые мы объявляем ЗАКОНАМИ данной предметной области. Изменение этих ПОСТОЯННЫХ АКСИОМ означает, что мы ИЗМЕНИЛИ ТЕОРИЮ. С другой стороны, изменение тех аксиом, которые могут менять свое значение — соответствует изменению УСЛОВИЙ, в которых используется данная теория. Практически речь идет о граничных, краевых, начальных и тому подобных УСЛОВИЯХ, которые сопровождают применение теории.

Иногда в роли ПОСТОЯННЫХ АКСИОМ выступают КОНСТАНТЫ, более известные как ИНВАРИАНТЫ данной предметной области. Эти же ИНВАРИАНТЫ в физике выступают в роли ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ.

Последним элементом любой математической теории являются ПРАВИЛА ВЫВОДА. Это формулы и соотношения, которые позволяют заменять одно высказывание на другое без потери ИСТИННОСТИ. О правилах вывода можно сказать так — ЭТО ОДНО и

ТО ЖЕ, но выраженное в двух различных формах.

Перечислив составные части любой математической теории, мы можем рассмотреть вопрос о том, что называется ВЫВОДОМ, получаемым как СЛЕДСТВИЕ из принятых АКСИОМ (или ПРЕД-посылок).

Используя аксиомы и условия, мы можем вычлениить из списка утверждений данной теории (то есть из списка, названного формулизмом):

1. Одно и только одно утверждение (соотношение). Это ОДНОЗНАЧНОЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ означает, что список аксиом и условий является для получения предсказания — НЕОБХОДИМЫМ и ДОСТАТОЧНЫМ.
2. Вместо одного утверждения (соотношения) несколько: отсутствие однозначности предсказания свидетельствует о том, что нам НЕДОСТАЕТ каких-то условий для получения однозначных предсказаний.
3. Не существует ни одного утверждения в языке данной теории, которое удовлетворяет как исходным аксиомам, так и условиям. В таких случаях принято говорить, что условия противоречивы.

Поскольку все случаи, которые могут встретиться при извлечении следствий из принятых предпосылок, нами разобраны, то и понятен образ действий в каждом случае. Однако чтобы избежать «описок» при получении следствий, желательно каждую теорию сдавать в машинную систему, которая гарантирует нас от ссылок на интуицию и дает только то, что следует из данной конкретной теории.

Очевидно, что неоднозначность предсказания свидетельствует о том, что НЕТ (НЕДОСТАЕТ) каких-то УСЛОВИЙ.

Противоречивость может свидетельствовать о необходимости замены некоторых аксиом или условий.

Решив вопрос с аксиомами и условиями, обратимся к правилам вывода.

Правила вывода могут в физических приложениях играть роль УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ. Сохранение ФОРМЫ уравнений движения является задачей, которая решается при использовании МЕТОДА Г. Крона.

Практически это все, что необходимо знать ФИЗИКУ или ХИМИКУ об устройстве всех математических теорий. В списке постоянных аксиом содержатся УТВЕРЖДЕНИЯ, которые КОНСТРУКТОР ТЕОРИИ объявил ИСТИННЫМИ. Мы подчеркиваем это обстоятельство, так как развитие теории требует ИЗМЕНЕНИЯ ПОСТОЯННЫХ АКСИОМ, которые были объявлены ИСТИННЫМИ. По отношению к физике — это означает, что

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ являются не более, чем ПРАВИЛАМИ для вычисления ПРЕДСКАЗАНИЙ с достаточной для практики точностью.

Возможная величина невязки этих СОХРАНЯЮЩИХСЯ ВЕЛИЧИН может выражаться в двадцатом знаке, что может не иметь значения из-за значительной большей погрешности в методах измерения.

§3. Отличие математического языка от естественного языка

Введенный группой Н. Бурбаки язык — язык теории множеств — являясь унифицированным языком математики, имеет кардинальное отличие от естественного языка. В математической теории не только следствия находятся в однозначном соответствии с принятыми предпосылками, но имеется такое же взаимно однозначное соответствие между ТЕРМОМ (или термином) и обозначаемым этим термом математическим ОБЪЕКТОМ.

Математический объект всегда выведен из-под действия ВРЕМЕНИ. Это выражается в том, что некоторые формулы принято называть в математике АТОМАМИ (или АТОМАРНЫМИ ВЫСКАЗЫВАНИЯМИ). Атом несет в себе два значения: неделимый и объект, который не изменяется с ходом действительного времени. Последнее должно означать, что обозначенный этим термом или соотношением объект так же не изменяется, как не изменяется (по написанию) его «имя». Поскольку это положение известно лишь очень ограниченному кругу математических логиков (таких как, например, был П.С. Новиков) — мы можем это положение найти и в трактате Н. Бурбаки. В сводке результатов есть, например, и такой:

«Некоторые свойства, например $x = x$, истинны для ВСЕХ элементов из E ; любые два таких свойства эквивалентны; определяемая ими часть, называемая иногда ПОЛНОЙ ЧАСТЬЮ множества E , есть не что иное, как само множество E .

Напротив, некоторые свойства, например $x \neq x$, не истинны ни для какого элемента из E ; любые два таких свойства тоже эквивалентны; определяемая ими часть называется ПУСТОЙ ЧАСТЬЮ множества E и обозначается \emptyset .

Заметим, что E и \emptyset являются дополнениями одно для другого» (С. 355).

Такие математические объекты, как квадрат, окружность или прямая линия не могут быть ФИЗИЧЕСКИ ИЗГОТОВЛЕННЫ, так как имеют место несоизмеримость стороны и диагонали квадрата или длины окружности и диаметра, однако, существуя лишь в сознании индивида — эти объекты самым бережным образом транслируются из головы в голову на протяжении тысячелетий. Существует некоторая потребность Человечества как в

существовании самих математических объектов, так и в сохранении подобных свойств. Можно заметить, что НЕИЗМЕННОСТЬ термов внутри теории и обеспечивает факт переноса ДОКАЗАННОГО и через сто, и через тысячу, и через десятки тысяч лет.

Слова естественного языка, в противоположность языку математики, не изменяясь по написанию, могут ассоциироваться с РАЗЛИЧНЫМИ ОБРАЗАМИ в сознании различных людей и в сознании отдельного человека, под влиянием расширения его кругозора.

Глава 2. Требования физической интерпретации

Между языком математики и физической реальностью существует непримиримое противоречие: объекты математической теории — тождественны сами себе, а физическая реальность представляет пестрый мир изменений и действительного развития. Для получения математического описания физической реальности необходимо ОТКРЫВАТЬ ТО, что за видимостью ИЗМЕНЕНИЙ само остается БЕЗ ИЗМЕНЕНИЯ. Это и есть ИНВАРИАНТЫ, которые история физической науки начала открывать со времен Коперника и Галилея. Сюда относятся ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА.

Если положение, что «радиус-вектор планеты за равные промежутки времени заметает равные площади» сохранило свое значение и в наши дни, то другое положение Кеплера «отношение куба радиуса планеты к квадрату периода обращения есть величина постоянная» — пришлось корректировать. Это и было сделано Ньютоном. Хотя указанное отношение и остается постоянным для каждой планеты, но сами ПОСТОЯННЫЕ — РАЗЛИЧНЫ для различных планет. Если эти различные постоянные назвать МАССАМИ этих планет, а массы планет считать различными, можно получить механику Ньютона. Это обстоятельство и привело к исторической традиции считать МАССУ величиной постоянной, что вызвало массу недоразумений в момент возникновения специальной теории относительности. Физическая интерпретация математических теорий требует наличия некоторой системы ИНВАРИАНТОВ, которые могут играть роль физических законов СОХРАНЕНИЯ. Путь в этом направлении лежит через забытую ФОРОНОМИЮ Германа (1716 г.). В наше время форономию заменил термин КИНЕМАТИКА. Последняя позволяет записать любую траекторию движения ТОЧКИ через разложение в бесконечный ряд.

§1. Кинематическая система физических величин

В основе кинематической системы физических величин лежит понятие РАЗМЕРНОСТИ физической величины. Хотя о теории размерностей принято говорить еще со времен Фурье, мы должны обратить внимание, что для становления теории необходимо возникновение ТЕРМИНА и его ЗНАКОВОЕ ВЫРАЖЕНИЕ. Такое знаковое выражение

теория размерностей получила от Максвелла, который ввел специальный символ для обозначения размерности физической величины — квадратные скобки $[L^r T^s]$ — где r и s целые (положительные или отрицательные числа), а L и T — длина и время соответственно. Сам Максвелл рассмотрел два способа выражения силы и восстановил из понятия массы Ньютона скрытый за нею закон Кеплера.

Сравнивая два выражения для СИЛЫ:

$$f = m \cdot a \text{ и } f = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

он получил (считая гравитационную постоянную безразмерной величиной) размерность массы в виде:

$$m = [L^3 \cdot T^{-2}] \text{ — что и соответствует закону Кеплера.}$$

Зная эту связь, можно утверждать, что при Кеплеровых движениях масса остается ПОСТОЯННОЙ, но для других движений — она может оказаться величиной ПЕРЕМЕННОЙ.

Размерность СИЛЫ, следующая из этих выражений, имеет вид:

$$[f] = [m] \cdot [a] = [L^3 \cdot T^{-2}] \cdot [L \cdot T^{-2}] = [L^4 \cdot T^{-4}]$$

Фотохимические процессы и равновесия

Воздействие на скорость химических реакций резонансным излучением от веществ, являющихся участниками этой же химической реакции.

Часть I. Теоретические основы химии фотонов

§1. Взаимодействие фотонов и атомов (молекул)

Взаимодействие молекул с излучением требует рассмотрения механизма взаимодействия фотона с молекулой. Этот механизм требует рассмотрения двух процессов:

1. Почему некоторые фотоны поглощаются, а некоторые фотоны не поглощаются?
2. Почему некоторые из поглощаемых фотонов приводят к химической реакции, а некоторые фотоны дают только возбуждение молекул, и теряются, передаваясь другим молекулам при ударах второго рода или излучаясь в виде люминесценции?

Ответ на первый вопрос довольно прост — каждая молекула поглощает те и только те фотоны, которые соответствуют спектру поглощения этой молекулы. Этот эффект ярко выражен только в газовой фазе и снижается при конденсации молекул в жидкой фазе и еще более снижается при образовании твердой фазы. Фазовые переходы сопровождаются изменением спектра поглощения молекулы. Даже в газовой фазе наиболее эффективное

(резонансное) поглощение наблюдается при минимальных температурах, допускаемых данным газом.

Ответ на второй вопрос сравнительно прост для атомарных спектров благородных газов, где он проявляется в чистом виде.

Если резонансный фотон не достигает энергии фотоионизации, то мы имеем дело с физическим процессом, который является эффектом НАГРЕВАНИЯ. Энергия поглощенного фотона будет обнаруживаться как КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ молекулы.

Если резонансный фотон соответствует частоте фотоэффекта, то наблюдается ХИМИЧЕСКИЙ процесс, так как из электрохимии известно, что процессы потери или приобретения электронов являются ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКЦИЯМИ. Энергия поглощенного фотона будет обнаруживаться как ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ молекулы.

Для многоатомных газов к спектру поглощения, связанному с поглощением света и переходом электрона в возбужденное состояние, дополняется переходами не только электронов, но вращательными и колебательными спектрами этой молекулы. Однако и в этом случае, хотя число спектральных линий резко возрастает, имеет место поглощение фотона только тех частот, которые соответствуют спектру (резонансным частотам) той же самой молекулы. Здесь химическая реакция может быть связана не только с чистым фотоэффектом по отношению к электрону, но с фотодиссоциацией молекул.

Описанный выше эффект возможности передачи энергии от молекулы к молекуле в соответствии со спектром поглощения является основанием к наблюдаемому эффекту ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ГАЗА.

Известно, что закон парциального давления газа был установлен Дальтоном, который пытался объяснить выпадение дождя, когда барометрическое давление падает. Дальтона, как и его современников, мучил вопрос: «Почему при падении барометрического давления собственное давление паров воды может увеличиваться и достигать точки росы, что и приводит к выпадению дождя?».

Дальтон ввел ДВА предположения:

1. Каждый из газов в атмосфере состоит из определенного вида АТОМОВ (Дальтон рассматривал как ПРОСТЫЕ, так и СОСТАВНЫЕ атомы). Это положение Дальтона и привело к нашим представлениям об атомарном строении вещества. Но из этого предположения выпадение дождя вовсе не следует. Суть в том, что это было не ЕДИНСТВЕННОЕ предположение.
2. Каждый вид атомов оказывает ОТТАЛКИВАТЕЛЬНОЕ действие только на подобные

себе атомы, что дает возможность каждому виду атомов иметь ДАВЛЕНИЕ, которое не зависит от давления атомов другого вида.

Это предположение Дальтона вызвало критику и было отвергнуто. Сам Дальтон предполагал, что эти специфичные отталкивательные силы, которые действуют между атомами одного вида, напоминают магнитную силу, которая действует на одни тела и не оказывает действия на другие. Все попытки Дальтона защитить второе предположение оказались неудачными.

Наука сохранила только первое предположение и отвергла — второе. Ведь из второго предположения следовало, что существует столько разновидностей отталкивательных сил, сколько существует разных видов атомов.

Изложенное выше о возможности поглощения только резонансных фотонов, соответствующих собственным частотам данной молекулы, ОПРАВДЫВАЕТ и второе предположение Дальтона. Не следует забывать, что предположения Дальтона были предметом дискуссии в 1801-1807 годах, когда в физике господствовал ТЕПЛОРОД, а в химии — ФЛОГИСТОН. За прошедшие два столетия только Б.М. Кедров проявил интерес к этой истории в связи с открытием Менделеева.

Уточним формулы, которые должны описывать химические процессы, проходящие под действием резонансных фотонов, то есть такого излучения, которое соответствует спектру поглощения участников реакции. Мы будем исходить из ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ, так как многоступенчатые переходы приводят к тому же эффекту.

Так как отсутствует название для фотохимических реакций, где уравнения и константы равновесия пишутся с участием фотонов определенных длин волн или определенных частот, то теоретическое описание таких реакций мы будем называть ФОТОНИКОЙ.

Запишем традиционно химическую реакцию между АТОМАМИ натрия и хлора:



Запишем константу равновесия:

$$K_{хим} = \frac{[NaCl]}{[Na^0][Cl^0]} + Q \quad (2)$$

Здесь Q — тепловой эффект реакции.

Как отмечалось выше, эта запись химической реакции страдает отсутствием ПОЛНОТЫ. В ней нет места излучению, которое является неперенным участником ЛЮБОЙ химической реакции. Фотохимическое равновесие предполагает наличие

непрерывного потока лучистой энергии с заданной частотой или длиной волны. Физический смысл новой константы равновесия — поперечное сечение захвата фотона. Аналогичное понятие пока существует лишь в ядерной физике, где поперечное сечение захвата нейтрона зависит от энергии нейтрона, которую тоже (по соотношению де Бройля) можно рассматривать как частоту или длину волны, связанную с нейтроном. Подобно тому, как существуют резонансы в ядерной физике, существуют подобные резонансы и в обычной химии: спектр резонансных частот и есть действительный спектр соответствующей молекулы.

Хотя это было очень давно, но один из физиков-теоретиков отрицал возможность поглощения фотонов отдельными атомами, ссылаясь на геометрическую оптику: длина волны во много раз больше поперечного сечения любого атома и такая волна «должна огибать препятствие столь малого размера». Мне пришлось сослаться на атомный абсорбционный анализ, где излучение натриевой лампы почти в три тысячи раз больше размера атома или иона натрия, но поперечное сечение захвата столь велико, что резонансная линия сильно поглощается натрием из пламени, расположенного между лампой и приемником излучения. Поскольку речь идет о весьма уважаемом физике-теоретике, то сколь маловероятно знание такого рода фактов из физических методов химического анализа для рядовых физиков. Другим примером являются оптико-акустические газоанализаторы. Это приборы, которые преобразуют резонансное излучение, различное в различных камерах, в колебания мембраны, то есть в звуковой эффект.

Запишем уравнение реакции между фотоном и нейтральным атомом натрия:

Полная запись с участием фотонов приобретает вид:



Сделанная запись показывает, что атом натрия (свободный) не может сам отдать электрон и превратиться в ион натрия, так как отрыв электрона требует выполнения «работы выхода», которая и совершается под действием фотона с частотой ν_1 . Нижний индекс 1 характеризует частоту, которая необходима для отрыва электрона.

Запишем константу фотохимического равновесия для этой стадии химического процесса:

$$K_{\text{фотохим}} = \frac{[Na^+][e^-]}{[Na^0][h\nu_1]} = K_{\text{фх1}} \quad (4)$$

Запись справа является сокращением записи константы слева, так как левая требует

слишком много букв. Но это не значит, что у новых констант фотохимического равновесия не было отличия от традиционной записи.

Запишем уравнение реакции между свободным электроном и нейтральным атомом хлора. Полная запись с участием фотонов приобретает вид:



Здесь захват электрона нейтральным атомом хлора связан с выделением «энергии сродства к электрону», которая высвечивается в виде фотона с частотой ν_2 .

Запишем константу фотохимического равновесия для этой стадии химического процесса:

$$K_{\text{фотохим2}} = \frac{[Cl^-][h\nu_2]}{[Cl^0][e^-]} = K_{\text{фх2}} \quad (6)$$

Последняя стадия этого химического процесса состоит в образовании связи между ионами натрия и хлора, а энергия образовавшейся связи выделяется в виде фотона с частотой ν_3 :



Запишем константу фотохимического равновесия и для этой стадии химического процесса:

$$K_{\text{фотохим3}} = \frac{[NaCl][h\nu_3]}{[Na^+][Cl^-]} = K_{\text{фх3}} \quad (8)$$

Последняя константа фотохимического равновесия отличается от обычной константы, принятой в химии, тем, что в знаменателе стоят ионы, а не свободные атомы натрия и хлора. Но, пользуясь выражениями (4) и (6), можно совершить замену. Используя формулу (4), находим выражение для иона натрия, фигурирующего в формуле (8):

$$Na^+ = \frac{K_{\text{фх1}}[Na^0][h\nu_1]}{[e^-]} \quad (4^*)$$

Подставим это значение в формулу (8) и получим:

$$K_{\text{фотохим3}} = \frac{[NaCl][h\nu_3][e^-]}{K_{\text{фх1}}[Na^0][h\nu_1][Cl^-]} \quad (8^*)$$

Подобным образом из формулы (6) находим:

$$Cl^- = \frac{K_{\text{фх2}}[Cl^0][e^-]}{[h\nu_2]} \quad (6^*)$$

Подставим и это значение в формулу (8*):

$$K_{\text{фотохим}} = \frac{[NaCl][h\nu_3][e^-][h\nu_2]}{K_{\text{фх1}}[Na^0][h\nu_1]K_{\text{фх2}}[Cl^0][e^-]} \quad (8^{**})$$

Нетрудно видеть, что, перенося в левую часть формулы (8**) все, что не входит в запись формулы (2), и, сокращая концентрацию электронов, получим:

$$K_{\text{фх1}} \cdot K_{\text{фх2}} \cdot K_{\text{фх3}} \frac{[h\nu_1]}{[h\nu_2][h\nu_3]} = K_{\text{хим}} = \frac{[NaCl]}{[Na^0][Cl^0]} \quad (2^{**})$$

Полученный результат показывает, что полное выражение урезанной константы химического равновесия, игнорирует излучение, которое используется в химическом процессе.

Окончательно — полное выражение для константы равновесия имеет вид:

$$K_{\text{хим}} = K_{\text{фх1}} \cdot K_{\text{фх2}} \cdot K_{\text{фх3}} \frac{[h\nu_1]}{[h\nu_2][h\nu_3]} \quad (9)$$

Но до сих пор эта урезанная запись не приводила к особым недоразумениям. Это так и будет, если излучение соответствует формуле Планка, дающей распределение излучения в спектре абсолютно черного тела. Если же, под действием внешних источников, плотность излучения отличается от того, что следует из формулы Планка, то мы и обнаруживаем несостоятельность обычной константы.

Мы еще не выразили тепловой эффект химической реакции Q через участников реакции при полном описании. Нетрудно видеть, что тепловой эффект химической реакции легко выражается через фотоны. Алгебраическая сумма поглощенных и излученных фотонов дает выражение для теплового эффекта реакции.

$$Q = N \cdot (h\nu_1 - h\nu_2 - h\nu_3)$$

где Q — тепловой эффект реакции; N — число Авогадро; $h\nu_i$ — энергия фотонов, участвующих в реакции.

В нашем описании отсутствует понятие ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ; роль этой величины играет энергия первого фотона. В экзотермических реакциях энергия этого фотона МЕНЬШЕ, чем энергия выделившихся фотонов. В эндотермических реакциях энергия первого фотона БОЛЬШЕ, чем энергия выделившихся фотонов. Из этого следует, что эндотермические реакции предполагают использование дальнего ультрафиолета, которого сейчас на поверхности планеты практически нет. По утверждению В.И. Вернадского вся атмосфера Земли биогенного происхождения. Это означает, что в отсутствие Жизни этот ультрафиолет доходил до поверхности планеты и мог обеспечить протекание реакций

синтеза органических веществ из неорганических.

§2. Электромагнитное излучение в пространстве

Хотя лучистую энергию, которая рассеивается звездами, принято называть ТЕПЛОТой — мы считаем это утверждением некорректным. Это электромагнитное излучение ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ТЕПЛОТУ тогда и только тогда, когда прошел эффект поглощения этого электромагнитного излучения ВЕЩЕСТВОМ (в газовой, жидкой или твердой фазе). Теплота нагретых тел, в какой бы фазе эти тела не находились, опять излучается в виде электромагнитного излучения в соответствии с законом Стефана-Больцмана, пропорционально четвертой степени абсолютной температуры.

Таким образом, в нашем рассмотрении участвуют одни и те же фотоны в двух формах:

1. В форме электромагнитного излучения в свободном пространстве (в вакууме) с той или иной длиной волны или с той или иной частотой;
2. В форме теплоты, когда эти фотоны претерпели эффект превращения в ТЕПЛОТУ, но только после поглощения их тем или иным ВЕЩЕСТВОМ.
3. В форме химической потенциальной энергии, когда эти фотоны вызвали фотоэффект или фотодиссоциацию. В последнем случае реизлучение уже не следует закону Стефана-Больцмана.

Отсюда возникает вопрос: не является ли кинетическая энергия молекул лишь проявлением поглощенных ФОТОНОВ?

Простой мысленный эксперимент подтверждает эту гипотезу. Если закрыть Землю оболочкой, которая изолирует Землю от действия лучистой энергии Солнца, и охладить Землю до абсолютного нуля температур, то вся газовая оболочка нашей планеты превратится в твердое тело с лужицами гелия. Естественно, что в этом мысленном эксперименте мы пренебрегаем теплотой, которая идет из глубинных слоев земного шара.

Этот мысленный эксперимент снимает мысленный штамп, связанный со статистическим описанием газа атмосферы, как «бильярдных шаров, находящихся в состоянии хаотического беспорядочного движения». При абсолютном нуле этого хаотического беспорядочного движения молекул не наблюдается, то есть такое движение не является СОБСТВЕННЫМ СВОЙСТВОМ молекул. Однако достаточно убрать преграду к доступу солнечного света — то довольно быстро восстановится наблюдаемая нами атмосфера, где над каждым квадратным сантиметром поверхности находится столб весом в килограмм.

Это позволяет нам сделать следующий вывод: кинетическая энергия молекул есть не что иное как энергия фотонов, поглощенная атмосферой и другими веществами поверхности планеты. Теперь существует термин для этого излучения — «плененное излучение». Наибольшее количество накопленной лучистой энергии связано с водой океана.

Именно признание факта, что кинетическая энергия молекул НЕ ЕСТЬ собственное свойство молекул, а результат поглощенных фотонов — позволяет рассматривать кинетическую энергию молекул, как энергию «плененного излучения» — этот термин не придуман автором, а введен в теории лазеров по отношению к накапливаемому излучению.

С другой стороны, отказываясь от гипотезы бильярдных шаров, мы должны будем признать, что кинетическая энергия молекул, поглощающих в соответствии со спектром поглощения, КВАНТУЕТСЯ. Это являет себя в процессе излучения газов в виде специфического спектра излучения. Гипотеза бильярдных шаров находится в противоречии с наблюдаемыми СПЕКТРАМИ самих атомов и молекул.

Именно это квантование кинетической энергии и обеспечивает наличие парциального давления газа, которое мы обсуждали в предыдущем параграфе.

* * *

Это квантование кинетической энергии проявляется в несколько непривычном эффекте — в квантовании температуры отдельных молекул газа.

Здесь можно обеспечить безупречный мостик между статистической физикой и классической кинетической теорией. Известно, что первый шаг в этом направлении сделал в 1905 г. А. Эйнштейн. Однако, введенное им понятие квантов энергии было встречено с недоверием ведущими физиками того времени. В работе М.Д. Клейна, опубликованной в «Эйнштейновском сборнике» за 1966 год под названием «Первая работа Эйнштейна по квантам», сказано:

«Даже в 1913 г. Макс Планк мог включить следующее замечание в письмо, в котором он предлагал избрать Эйнштейна членом Прусской академии наук и всячески превозносил его труды и дарования: «То, что он иногда бьет мимо цели в своих соображениях, как, например, в связи с гипотезой световых квантов, не может быть поставлено ему в минус» (С. 261).

Более того, именно Эйнштейн и был тем человеком, который связал фотоэффект с химической реакцией. Так появилась радиационная теория катализа, ныне уже забытая. Теория фотоэффекта получила свое подтверждение только в 1916 году после работ Милликена. Таким образом, в момент становления квантовой статистики многие положения радиационной теории катализа казались весьма спорными.

Настоящая работа преследует цель — восстановить в правах радиационную теорию катализа (следует заметить, что автор обсуждал в личной беседе с академиком А.А. Баландиным все, что относится к ПОПОЛНЕНИЮ записи уравнений и констант равновесия с записью в них фотонов. А.А. Баландин предлагал написать отзыв, но я сказал, что мне важнее его личное мнение).

Наиболее ярким представителем этой теории был В. Мак-Льюис, опубликовавший книгу, переведенную на русский язык С.А. Щукаревым под названием «Теория квант в физической химии» (Петроград, 1924 г.).

Радиационная теория катализа встретила с ОДНИМ противоречием: скорости химических реакций оказались ВЫШЕ, чем требовалось от теории, которая действовала в то время. Вычисляя плотность лучистой энергии в сфере химической реакции, приходили к выводу, что такая плотность фотонов в сфере реакции НЕДОСТАТОЧНА для наблюдаемых скоростей реакции. В. Мак-Льюис использовал для «спасения» теории рассчитанную им плотность энергии, используя значение диэлектрической постоянной воды, которая равна 81. Поскольку диэлектрическая постоянная равна квадрату показателя преломления, то он учел значение показателя преломления n , равное 9. Вводя показатель преломления в предэкспоненциальный множитель закона излучения абсолютно черного тела Планка в кубе, он получил плотность энергии, которая в 729 раз выше, чем в вакуумной полости. Однако этого увеличения оказалось мало, так как относительно плотности излучения в вакууме требовался множитель порядка 10^6 .

С другой стороны, эта теория была опровергнута «экспериментально». Опровержение выглядело так. Определяем энергию активации для некоторой химической реакции. Делим полученное выражение на число молекул и вычисляем энергию активации отдельной молекулы. Считаем, что для каждой молекулы требуется излучение с частотой или длиной волны, равной энергии активации. Частота излучения, полученная этим вычислением, оказалась фотохимически неактивной. На таком опровержении и закончилась история радиационной теории катализа.

В настоящее время, когда мы знаем, что резонансная частота должна задаваться с точностью до 10^{-10} , а точность вычисления энергии активации не превосходит 5%, никакой проверки «экспериментально» не могло производиться вообще!

Более трудным, но правильно решенным Мак-Льюисом вопросом был вопрос о введении показателя преломления n в предэкспоненциальный множитель в формуле Планка.

Если для вакуума скорость света зависит ТОЛЬКО от длины волны и частоты:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

где c — скорость света, λ — длина волны, ν — частота, то с учетом показателя преломления n — либо длина волны, либо частота имеет своим множителем этот показатель преломления.

$$c = n \cdot \lambda \cdot \nu$$

Для вакуума предэкспоненциальный множитель имеет вид:

$$(\rho, U) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3},$$

то с учетом показателя преломления n — она примет вид:

$$(\rho, U) = \frac{8\pi h \nu^3 n^3}{c^3}$$

Теперь, чтобы получить плотность энергии, согласованную со скоростью реакции, то есть множитель 10^6 — достаточно, чтобы показатель преломления имел значение порядка 10^2 .

Поскольку речь идет о РЕЗОНАНСНОМ поглощении, то есть поглощения света, совпадающего с собственной частотой, то на собственных частотах, как известно, показатель преломления стремится к бесконечности (формально из математической формулы), а реально может заметно превосходить величину 10^2 . Таким образом, как теоретически (плотность излучения), так и «экспериментально» — радиационная теория катализа Эйнштейна выдержала испытание временем.

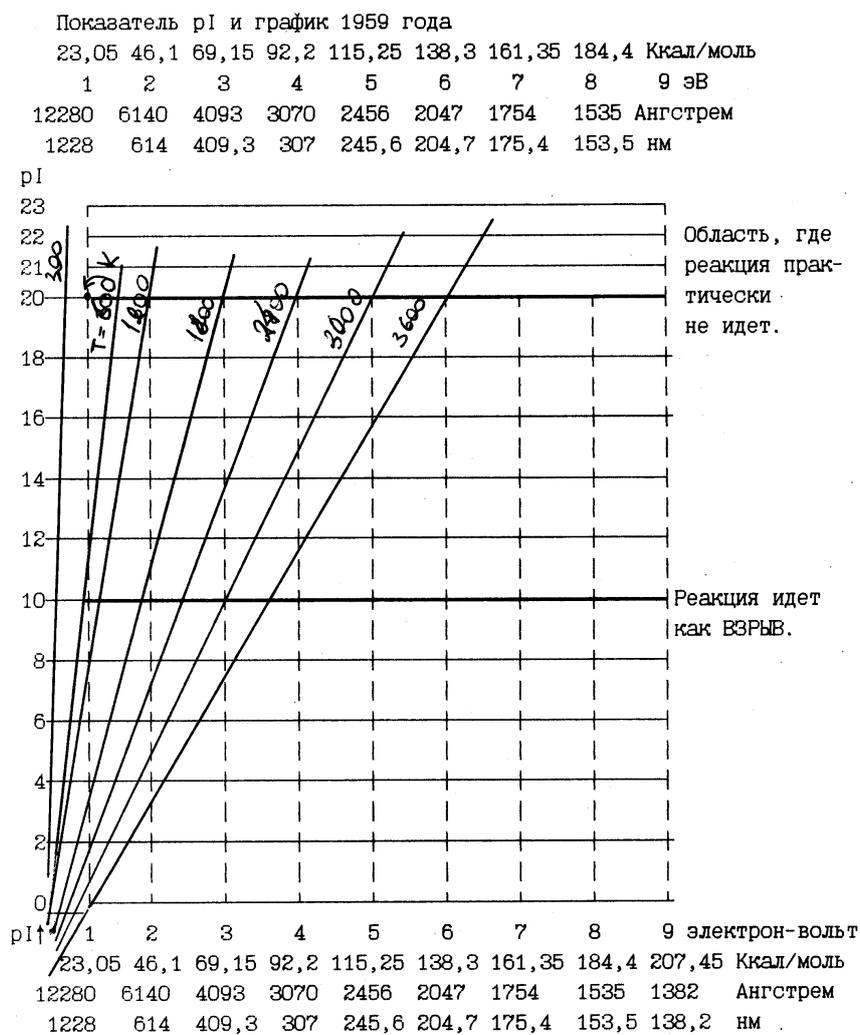
Относительно энергий фотодиссоциации и соответствующих энергий и частот (или длин волн) можно привести таблицу.

Таблица электромагнитного излучения в области от 100 до 1 000 нанометров или от 1 000 до 10 000 Å

| Спектр электромагнитного излучения | | | | | |
|------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|
| длина волны, нм | длина волны, Å | энерг. фотона, эВ | энерг. связей, эВ | вид связи | ккал/моль |
| 1000 | 10000 | 1,24 | | | 29 |
| 600 | 6000 | 2,06 | | | 48 |
| 590,5 | 5905 | | 2,1 | C-N | 49 |
| 500 | 5000 | | 2,5 | C-C | 58 |
| 400 | 4000 | 3,1 | | | 72 |
| 300 | 3000 | | 4,4 | C=C | 102 |
| 253,7 | 2537 | 4,9 | | | 113 |
| 200 | 2000 | 6,2 | | | 143 |
| 196,8 | 1968 | | 6,3 | C=O | 146 |
| 111,7 | 1117 | | 11,1 | C-H | 256 |
| 100 | 1000 | 12,4 | | | 286 |

Приведенная таблица показывает энергию диссоциации (ионизации) некоторых химических связей.

Таблица показывает, что фотохимические процессы требуют фотонов из ультрафиолетовой области, с длинами волн меньше, чем 190 нм.



ρI — показатель ионизации — введен мною в 1959 г. вместо числа молекул, обладающих энергией, превосходящей величину энергетического барьера.

$\Delta N = N_0 e^{-\frac{E^*}{RT}}$ — это традиционное для химии уравнение Аррениуса.

Но такой же результат следует и из уравнения Планка для распределения энергии в излучении твердого тела:

$$\rho(\nu, U) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \Leftrightarrow const \cdot e^{-\frac{h\nu}{kT}}$$

Нетрудно видеть, что самые прозрачные материалы (самый прозрачный — LiF)

пропускает свет до 1100 Å. Вслед за ним идут другие фториды (фторид кальция, стронция, бария). Можно упомянуть и фторид натрия, пропускающий до 1300 Å. Спектральная аппаратура базируется преимущественно на кварце, который начинает заметно поглощать уже ниже 1900 Å. Это означает, что наличие экспериментальных работ у физиков заметно ограничено использованием кварцевой оптики. С другой стороны, мы должны располагать материалами, которые способны пропускать излучение в области дальнего ультрафиолета (менее 200 нм). Одним из подходящих материалов является флюорит (фтористый кальций). Почти подобными свойствами обладают фториды других двухвалентных элементов той же группы (стронций, барий).

Мы не можем, пока не получим экспериментальных данных, ориентироваться на более прозрачные материалы, чем кварцевая оптика. Тем не менее мы можем получить ожидаемый эффект и при кварцевых газоразрядных лампах.

§3. Митогенетическое излучение и теория биологического поля А.Г. Гурвича

В свое время было много дискуссий, связанных с митогенетическим излучением А.Г. Гурвича. В собственных публикациях А.Г. Гурвича считается, что это открытие сделано в 1924 году. В «Собрании сочинений» академика П.П. Лазарева, бывшего главным биофизиком нашей страны, это открытие им отнесено к 1923 году. В сочинениях П.П. Лазарева этому излучению отводится весьма заметная роль, и приведены экспериментальные данные Г.М. Франка, получавшего спектры митогенетического излучения с использованием биологических детекторов.

Если использовать ПОЛНУЮ запись уравнений химических реакций с участием фотонов, то нет никакого сомнения, что такое хемилюминесцентное излучение должно сопровождать ВСЕ химические реакции, образующие понятие ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ в любом живом организме. Более того, это хемилюминесцентное излучение со строго определенными длинами волн для каждой химической реакции позволяет понять такие нарушения обмена веществ как авитаминозы или отсутствие незаменимых аминокислот. Допустим мы рассматриваем цингу, как следствие авитаминоза С (отсутствие аскорбиновой кислоты). В свете изложенного выше это нарушение обмена веществ связано с тем, что для синтеза некоторых видов тканей в организме необходимо хемилюминесцентное излучение, сопровождающее распад аскорбиновой кислоты. Если этого излучения нет, то организм не способен осуществлять некоторые виды синтеза тканей, что и проявляется в клинической картине цинги. Здесь последовательно проводится фотохимическая точка зрения на протекание всех процессов обмена веществ в организме. Автор (будучи в местах не столь

отдаленных) писал о методах хемилюминесцентного анализа крови, как метода диагностики видов нарушения обмена веществ. Надо сказать, что после официального отзыва из Сибирского филиала АН СССР и проверки самостоятельности в написании этой работы профессором Орловым (специалистом по катализу), ведомство Берия довольно быстро отреагировало на наличие некоторых нетривиальных результатов одного из заключенных. Меня спецконвоем отправили в Москву. Нужно заметить, что мои интересы не совпали с проблематикой радиационного поражения, которые в то время были в центре внимания, и на шарашку я не попал.

Это не помешало мне работать над этой проблематикой уже в Норильске, где я одно время работал в Опытно-Металлургическом цехе в обществе многих выдающихся ученых. П.И. Левин, мой непосредственный начальник, встретился мне в Москве, заведая аспирантурой в институте химфизики.

В работах по разделению редких земель в ГИРЕДМЕТЕ, которые основывались на разделении в поле градиента pH , я встретился с удивительным фактом, который привел меня в некоторое замешательство. Одним из фундаментальных положений теории поля в физике является положение о том, что поле — это часть пространства, где на пробное тело действует сила. Но никто не утверждает, что на поддержание стационарного поля необходимо расходовать МОЩНОСТЬ. Если я, на своей экспериментальной установке, отключаю источник напряжения, с ним вместе исчезает поле градиента pH . Любой градиент температур, давлений и пр. в технологических процессах поддерживается непрерывным расходом МОЩНОСТИ (потоком тепла, работой компрессора и т.д.) Аналогичный расход мощности поддерживает простой обмен веществ в живых организмах. Это положение и отличает теорию биологического поля А.Г. Гурвича от того, что господствует в теории поля теоретической физики.

Итак, мы встречаемся в биологии и практической жизни с двумя видами полей:

1. Поле, для поддержания которого не надо расходовать МОЩНОСТЬ;
2. Поле, для поддержания которого надо расходовать МОЩНОСТЬ.

С принципом, играющим роль ЗАКОНА — ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ МОЩНОСТИ, автор встретился в работах Г. Крона (автор — один из редакторов его фундаментальной работы «Тензорный анализ сетей», изданной у нас в 1978 г.). В последующем автор нашел этот закон у Дж.К. Максвелла, а затем и у Лагранжа в 1788 году. Этот принцип отсутствует в учебниках физики не только России, но и Европы и Америки, но известен в Японии.

Принцип сохранения МОЩНОСТИ является тем малоизвестным фактом, который

тесно связан с теорией биологического поля всех живых организмов. ВСЕ живые организмы нуждаются просто для своего сохранения, то есть нормального обмена веществ, в постоянном притоке ЭНЕРГИИ. Этот ПОТОК ЭНЕРГИИ и есть МОЩНОСТЬ. Но только ли живые организмы и технологические процессы связаны с потоком энергии или мощностью. Рассмотрим простой факт СУЩЕСТВОВАНИЯ поля температур вокруг Солнца. Это поле температур измеряется с помощью болометра и вычисляется из величины падающей на единицу поверхности (по закону Стефана-Больцмана) мощности. Само Солнце на ПОДДЕРЖАНИЕ этого поля температур расходует до четырех миллионов тонн массы, которую уносит в каждую секунду электромагнитное излучение. Часть этого потока падает на поверхность нашей планеты. Величина мощности, которая непрерывно падает на нашу планету, составляет 10^{14} киловатт!

Часть этого потока, перехватывается фотосинтезом растений и служит источником мощности, поддерживающим существование всей биосферы, то есть всей совокупности всех форм ЖИЗНИ нашей планеты.

Некоторое усилие разума должно помочь осознать тот простой факт, что при неизменном притоке лучистой энергии от Солнца, часть этого потока энергии, вовлекаемая в сферу ЖИЗНИ по ходу эволюции (с ходом действительного времени), непрерывно возрастает!

В этих условиях теория биологического поля как биосферы, так и всех живых организмов, характеризуется УВЕЛИЧЕНИЕМ ПОТОКА ЭНЕРГИИ, отвлекаемой явлениями жизни.

Возвращаясь к хемилюминесцентному излучению, сопровождающему обмен веществ в любом живом организме, мы можем рассматривать совокупность химических реакций, которые предшествовали возникновению самой жизни на нашей планете. Многие синтезы органических соединений уже осуществлены из неорганических веществ под действием ультрафиолетового излучения, которое доходило до поверхности планеты в отсутствие атмосферы. В.И. Вернадский считал, что вся атмосфера Земли — биогенного происхождения. Автор считает возможным синтез любых органических веществ из неорганических под действием ультрафиолета соответствующих длин волн или частот.

§4. Противоположность двух видов обмена веществ в живой и неживой природе

Хотя обмен веществ и считается одним из признаков жизни — это правда, но не вся правда. Обмен веществ осуществляется как в живой, так и в неживой природе. Результат обмена веществ имеет два противоположных результата:

1. Либо следствием обмена веществ является **УВЕЛИЧЕНИЕ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ**;
2. Либо следствием обмена веществ является **УМЕНЬШЕНИЕ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ**.

В эволюции неживой природы, предшествовавшей возникновению жизни, доминировали процессы **УМЕНЬШЕНИЯ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ**, что приняло форму **ВТОРОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ**. В эволюции живой природы доминируют процессы, которые приводят к **УВЕЛИЧЕНИЮ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ**, что справедливо для всех форм жизни, включая явления **ОБЩЕСТВЕННОЙ ЖИЗНИ**. В обыденной жизни этот принцип приводит к росту энерговооруженности труда, которая и наблюдается как **РОСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА** (в первом приближении). Само собою разумеется, что это термодинамически **ВЫНУЖДЕННЫЙ** процесс, который не может протекать самопроизвольно, но поток лучистой энергии Солнца, мощностью 10^{14} киловатт, и обеспечивает подходящие условия для подобного «принуждения».

Длительное изучение (заяввшее 50 лет жизни!) и позволяет автору высказывать **ДВА** утверждения, которые отличают его научную позицию от многих коллег:

1. Закон сохранения **МОЩНОСТИ** (установленный еще Лагранжем);
2. Кажущийся **КПД**, превосходящий 100%, (обнаруженный еще С.А. Подолинским в 1880 г.), получивший свое развитие в работах Э.С. Бауэра, как **ЗАКОН**, характеризующий понятие **ЖИЗНЬ**.

Указанные принципы и обеспечили спокойное объединение двух кинетических теорий газа: бильярдных шаров статистической физики и квантованных уровней кинетической энергии молекул. В настоящее время нет ни одного явления в кинетической теории газов, которое не следовало бы из моделей молекул с квантованием кинетической энергии.

Кажущаяся сложность понимания явлений жизни, явлений обмена веществ, условий протекания химических реакций (с целью управления этой скоростью), отсутствие необратимых химических реакций — все это и было отражено в докладе автора (с соавторами) на конференции по механизмам склеротических процессов и рубцевания. Начало работ по **ПОЛНОЙ** записи уравнений химических реакций — есть первый шаг на пути к восстановлению склеротически измененных тканей, на пути к сверхдолголетию активной жизни до 600 и более лет.

Мы находимся в начале этого пути, что позволяет надеяться на успех экспериментальных работ по резонансному воздействию на молекулы, которые вступают в

реакцию.

Переход от классической современной физики к фотонике

Поскольку в моем отчете по фотонике все излагается только через фотонный механизм, то желательно иметь такое дополнение к отчету, в котором осуществляется переход от классической физики к фотонике. Если бы автор оставался в пределах тех научных результатов, которые известны современной науке, то ничего существенно нового от него получить (услышать, прочесть) было бы невозможно. Я называю любую научную позицию либо **НОВОЙ**, либо **СТАРОЙ**.

Для **НОВОЙ** научной позиции необходимо указать те положения, которых в современной науке **НЕ БЫЛО**, а эта позиция отличает автора от всех известных работ. Если этих **НОВЫХ** положений нет, то мы имеем дело лишь с перестановками слов в известных (существующих) **ТЕОРИЯХ**.

Для **СТАРОЙ** научной позиции характерно то, что в рамках той или иной теории **ВЫВОДИМО** из ранее известных **ЗАКОНОВ** (или **АКСИОМ** — в математическом описании). Более того, автор старой научной позиции даже не всегда может назвать те аксиомы, на которых построена используемая им **ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ**.

Мне самому приходилось и приходится сталкиваться с людьми, которые считают, что они приходят ко мне с «новыми» научными результатами. В этом случае мне приходится задавать один и тот же вопрос: «Что Вам известно такого, что **НЕИЗВЕСТНО** в современной науке?».

Если мне не могут назвать таких положений, то я знаю, что от перестановки слов известной теории ничего нового получить нельзя. Очевидно, что спрашивая это у других людей, я сам должен отвечать на тот же вопрос. Поскольку речь идет о математической (или теоретической) физике, то **ВСЕ** правильно сделанные теории можно передать машинной информационной системе, а последняя должна выдавать **ПРЕДСКАЗАНИЯ** (подтверждаемые **ПРАКТИКОЙ**) при задании ЭВМ соответствующих **УСЛОВИЙ**.

Вообще говоря, нельзя рассчитывать на положение, как на **НОВОМ**, чтобы у этого положения не было научных предшественников, которые по тем или иным причинам не получили признания из-за ограниченности научных данных, которыми располагали предшественники.

Именно это положение и приводит к пословице: «Новое — это хорошо забытое старое».

Я назову **ТРИ ПОЛОЖЕНИЯ**, которые отличают автора от многочисленных

предшественников:

1. Автор пользуется СТАНДАРТОМ или ТЕХНИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ на приемку прикладных научных теорий;
2. Автор использует ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОЩНОСТИ, установленный еще Лагранжем и отсутствующий в учебниках физики высшей школы не только у нас, но и в Европе, и в Америке, но известный в Японии.
3. Автор пользуется своим определением понятия ЖИЗНЬ, с учетом различия в математической физике аксиоматики ЖИВОЙ и НЕЖИВОЙ природы.

Если все указанные положения не являются НОВЫМИ для читателя, причем не по одному, а в совокупности, то для такого читателя этот текст не несет новой информации.

Я назвал три положения, которые и обеспечивают особенность НОВОГО в работах автора. Знание этих трех положений необходимо, чтобы новая физика ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ приобрела достойный вид. Следует отметить, что всякая НОВАЯ теория включает классические теории на правах частного случая. Такой эффект достигается, когда в рамках старой теории, имеющей свои границы применимости, определяемые АКСИОМАМИ, одна из аксиом отрицается, а это позволяет распространить теорию на область, в которой старая теория была несостоятельна. В области чистой математики такой пример следует из работ Н.И. Лобачевского и Я. Бойяи.

Прежде чем излагать ДОКАЗАТЕЛЬСТВО истинности трех особенных положений, которыми автор пользуется в своих работах, мы хотели бы обратить внимание на одну «физическую константу», известную как константа Больцмана. Константа Больцмана $k = 1,38054 \cdot 10^{-16}$ эрг/град фигурирует в физике как постоянная и связывает классическую термодинамику со статистической физикой, как в классическом случае, так и в квантовой механике. Действительно ли это «физическая постоянная»?

Нетрудно показать, что это не так. Достаточно было бы в истории физики разбить шкалу термометра между точкой плавления льда и точкой кипения воды на десять или на тысячу частей, — как эта «константа» либо увеличилась бы в десять раз, либо уменьшилась бы в десять раз. Слепая уверенность в том, что эта величина от Бога, не позволяет увидеть в этой константе СОГЛАШЕНИЯ, принятого в истории физики. Считать эту величину константой — это не увидеть другие, не менее важные дефекты в физической теории.

Известно, что в школьной физике, да и в учебниках высшей школы, фигурирует формула:

$$E = pV = RT \quad (1)$$

Здесь E — энергия, накопленная в форме тепла в газе; p — давление газа; V — объем газа; R — газовая постоянная; T — температура газа.

Вообще говоря, такую зависимость теоретическая физика имеет для идеального газа.

Через некоторое время, когда было обнаружено, что теплоемкость газов различна, было принято соглашение, относить постоянную R не к одному молю газа, а относить на одну молекулу — это соглашение превратило «газовую постоянную» в «константу Больцмана». Эта последняя выражается отношением газовой постоянной к числу молекул в грамм-молекуле.

$$k = R : N = 1,38054 \times 10^{-16} \text{ эрг/град} \quad (2)$$

Некоторое время спустя эту константу начали умножать на множитель, зависящий от сложности молекул, вводя представление о степенях свободы. Формула (1) приобретает вид:

$$E = pV = n \cdot kN \cdot T \quad (3)$$

где E — энергия газа; p — давление газа; V — объем газа; $kN = R$ — газовая постоянная, отнесенная к одной молекуле; n — множитель, учитывающий число степеней свободы и принимающий значения: $3/2$; $5/2$; $7/2$...

Через некоторое время спустя снова пришлось корректировать формулу теплоемкости газа, которая оказалась сама зависящей от температуры. Традиционный математический прием аппроксимации изменяющейся величины — это разложение в ряд по степеням независимой переменной. Возвращаясь снова к газовой постоянной (разложение в степенной ряд лишает эту величину статуса постоянной — теперь она переменная, представляемая суммой ряда), запишем разложение в ряд по степеням температуры:

$$E = pV = (R_0 + R_1T + R_2T^2 + R_3T^3 + \dots)T \quad (4)$$

Мы получили новый вид функции, выражающий ИЗМЕНЕНИЕ теплоемкости газа в зависимости от температуры, то есть мы установили, что газовая постоянная НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ПОСТОЯННОЙ, а что эта величина изменяется с изменением температуры. Формула (4) имеет очень громоздкий вид. Для уменьшения числа членов в степенном ряду можно заменить этот ряд некоторой новой буквой, заменяющей этот ряд. Выбираем для этого обозначения букву S .

Имеем:

$$S = R_0 + R_1T + R_2T^2 + R_3T^3 + \dots \quad (5)$$

Подставляем это значение в формулу (4), но не будем забывать, что скрывается за

символом S :

$$E = pV = ST \quad (6)$$

Сравним формулу (6) с формулой (1) и зададимся вопросом: «На какой же формуле базируется статистическая физика?». Ведь нельзя ПОСТУЛИРОВАТЬ в рамках одной и той же теории в качестве ИСТИННЫХ — ДВЕ различные формулы для одной и той же энергии газа. Образованный физик сразу же поймет, что буква S выбрана не случайно — да, это и есть ЭНТРОПИЯ. Нетрудно убедиться в этом, записывая выражение для «свободной энергии»:

$$F = pV - ST \quad (7)$$

Дифференцируя это выражение, мы получим хорошо известную формулу изменения свободной энергии:

$$dF = pdV + Vdp - SdT - TdS \quad (8)$$

Интеграл от этого полного дифференциала возвращает нас к формулам (7) и (6). Для начала заметим, что для равновесных систем свободная энергия равна нулю. С другой стороны, обращаясь к формуле (1) и к формуле (6), зададимся не традиционным вопросом: «Что такое ЭНТРОПИЯ?», а вопросом: «Что мы измеряли, когда измеряли температуру?». Ведь измерение температуры задавалось правилом, что при постоянном давлении между температурой и объемом термометрического тела существует ЛИНЕЙНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ, которая и выражается ГАЗОВОЙ ПОСТОЯННОЙ. Это означает, что приращение энергии газа выражается через приращение температуры. В настоящее время мы знаем целое МНОЖЕСТВО ТЕМПЕРАТУР: цветовая, вращательная, колебательная и другие и плюс к этому «абсолютная отрицательная температура».

Небольшое размышление показывает, что исторически термин «температура» связан с изменением объема термометрического тела и ПРЕДПОЛОЖЕНИЕМ О ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГИИ ТЕЛА ОТ ЕГО ОБЪЕМА.

В этом случае в формуле (1) приращение энергии можно выразить через приращение объема, то есть:

$$dE = RdV \quad (1^*)$$

Здесь мы показываем, что измеряемой физической величиной, которую измеряла классическая физика и называла ТЕМПЕРАТУРОЙ, была величина изменения ОБЪЕМА термометрического тела, что мы делаем и в наши дни при использовании термометров расширения. Обратимся к формуле (6) — здесь та же ситуация, только вместо буквы R стоит

буква S . Но физический смысл остается без изменения — эта теперь переменная величина связывает между собою энергию и объем термометрического тела. Имеем:

$$dE = SdV \quad (6^*)$$

При обсуждении парадоксального положения, связанного с использованием в основаниях статистической физики ДВУХ ВЗАИМОИСКЛЮЧАЮЩИХ ФОРМУЛ, мне приходилось слышать, что величина S существенно ПОЛОЖИТЕЛЬНА. И это положение не выдерживает критики: достаточно заполнить термометр расширения водой и нагревать от 0° до 4° по Цельсию; чтобы получить положительную величину прироста энергии (при уменьшающемся объеме), необходимо считать значение S — ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ. Поскольку мы теперь знакомы и с отрицательными абсолютными температурами, то автор еще в 1961 г. рассматривал в одной из своих публикаций абсолютные отрицательные температуры при фазовых переходах, в окислительно-восстановительном потенциале и при фотохимических реакциях.

Поскольку при публикации необходимо было отказаться от формул, то мы их воспроизведем здесь.

Рассматривая убывающую часть функции распределения скоростей (соответственно ЭНЕРГИЙ) молекул при заданной температуре имеем общее выражение для числа молекул в зависимости от их энергии:

$$dN = N_0 \cdot e^{-\frac{E}{kT}} = N_0 \cdot \exp\left(\frac{-E}{kT}\right) \quad (9)$$

Это соотношение и задает зависимость между числом молекул, находящихся на нижнем и верхнем энергетическом уровне при заданной температуре. Используем это выражение для вычисления числа молекул на нижнем и верхнем энергетическом уровнях. Полагая, что E_1 меньше, чем энергия E_2 , будем иметь:

$$dN_1 = N_0 \cdot \exp\left(\frac{-E_1}{kT}\right) \quad (10)$$

Мы записали выражение для доли молекул, находящихся на нижнем энергетическом уровне. Сделаем то же самое для доли молекул на верхнем энергетическом уровне:

$$dN_2 = N_0 \cdot \exp\left(\frac{-E_2}{kT}\right) \quad (11)$$

Возьмем отношение числа молекул на нижнем уровне к числу молекул на верхнем энергетическом уровне. Учитывая, что физический смысл левых частей выражений (10) и (11) — есть просто ЧИСЛА молекул на соответствующих уровнях, можно отказаться от

символа d , который заменял отсутствующую у меня букву греческого алфавита дельта. Поскольку общее число молекул N_0 сократится, мы будем иметь:

$$\frac{N_1}{N_2} = \exp\left(\frac{-E_1}{kT}\right) - \exp\left(\frac{-E_2}{kT}\right) = \exp\left(\frac{E_2 - E_1}{kT}\right) \quad (12)$$

Полученное выражение показывает, что в числителе стоит разность энергий верхнего и нижнего энергетических уровней, то есть величина существенно ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ. Для того чтобы освободиться от вхождения \exp , прологарифмируем обе части соотношения (12).

Получим:

$$\ln\left(\frac{N_1}{N_2}\right) = \frac{E_2 - E_1}{kT} \quad (13)$$

Левую часть выражения (13) можно представить как разность логарифмов:

$$\ln N_1 - \ln N_2 = \frac{E_2 - E_1}{kT} \quad (14)$$

Наш следующий шаг состоит в получении зависимости температуры от населенности верхнего и нижнего энергетических уровней (такой способ измерения температуры применяется в спектроскопии, где рассматривается отношение интенсивностей двух спектральных линий — соответствующих различным значениям энергии). Окончательно имеем:

$$T = \frac{E_2 - E_1}{k \cdot (\ln N_1 - \ln N_2)} \quad (15)$$

Не сразу бросается в глаза, что выражение в скобках, характеризующее разницу логарифмов частиц на нижнем и верхнем уровнях, — наша старая знакомая энтропия, точнее, ее дифференциал, умноженный на константу Больцмана. Если разницу энергий обозначить как dQ , не использовать постоянной Больцмана, то выражение (15) преобразуется в:

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad (16)$$

Этого следовало ожидать, так как в статистической термодинамике в полученное выражение от логарифма функции распределения множитель k принято добавлять «руками», поскольку эта размерная физическая величина не присутствует в стандартной теории вероятностей.

Вернемся к выражению (15), где фазовые переходы, редокс-потенциал и фотохимические процессы (типа фотосинтеза), связаны с абсолютными отрицательными

температурами, что и было отмечено некоторыми учеными через два года после публикации автора.

Рассмотрим превращение льда в воду. Обычный термометр расширения на протяжении всего фазового перехода показывает нуль градусов по Цельсию. Совсем иначе ведет себя «статистический термометр». Естественно, что молекула воды в состоянии льда находится на более низком энергетическом уровне, чем тогда, когда она находится в жидкой фазе.

Разница энергий есть то, что принято называть скрытой теплотой плавления. Пока в смеси воды со льдом число молекул в виде льда много больше, чем молекул в жидкой фазе, и числитель, и знаменатель выражения (15) оба положительны, и температура тоже положительна. В тот момент, когда число молекул в твердой и жидкой фазе становятся РАВНЫМИ друг другу, знаменатель выражения (15) обращается в нуль и вычисляемой значение температуры становится равным бесконечности. По мере нарастания числа молекул в жидкой фазе, теперь уже численно доминирующих, в твердую фазу мы идем через область абсолютных отрицательных температур. После превращения всего льда в воду функция температуры со стороны отрицательных значений устремляется к нулю и здесь претерпевает разрыв, так как логарифм нуля (для твердой фазы) равен бесконечности.

Аналогичное положение имеет место при рассмотрении окислительно-восстановительных потенциалов. Если мы имеем раствор, в котором находятся ионы двух- и трехвалентного железа, то когда число молекул того и другого рода равны друг другу, то вычисляемая температура равна бесконечности, а обычные химики называют это состояние «нормальным редокс-потенциалом».

Вообще, абсолютные отрицательные температуры появляются там, где возможно устойчивое существование микрочастиц на верхнем и нижнем энергетических уровнях — приведенные выше фазовый переход и окислительно-восстановительный потенциал (железо-3 — более высокий энергетический уровень, чем железо-2). Наконец фотосинтез: продукты фотосинтеза занимают более высокий энергетический уровень, чем исходные вещества.

Известна работа Э. Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики?». В ней Шредингер делает заявление, что растение питается «отрицательной энтропией» — и все поверили ему. Автор проверил это утверждение прямым расчетом, и оказалось, что Шредингер прав тогда и только тогда, когда температура листа растения имеет абсолютное отрицательное значение. Таким образом, эффект «отрицательной энтропии» имеет ту же природу, что и абсолютные отрицательные температуры.