

Происхождение жизни и второй закон термодинамики¹

Проблема происхождения органической жизни из неживой природы относится к числу тех научных проблем, которые требуют нового научного вооружения. Это новое научное вооружение проникает в научное мировоззрение через изобретательский процесс создания новой техники, изобретательский процесс создания новых научных теорий. Как происхождение новой техники, так и создание новых научных теорий могут служить примерами РОЖДЕНИЯ НОВОГО, т.е. того, чего раньше не было. Сама проблема происхождения органической жизни также относится к этому классу — необходимо раскрыть суть того, как рождается то, чего до сих пор еще не было.

Современное естествознание, которое принято отождествлять с теоретической или математической физикой, уже осваивает это новое вооружение. Мы имеем в виду работы нашего советского физика-теоретика Г.А. Зайцева. Подобно тому, как в современной математике работами группы Н. Бурбаки был совершен предельный синтез всех направлений математической науки, так в работах Г.А. Зайцева был совершен предельный синтез современных физических теорий. Было показано, что все современные физические теории могут рассматриваться как различные виды универсальных алгебр. Ретроспективный взгляд на эволюцию математики и подобный взгляд на эволюцию физики позволяет наметить пути анализа эволюционного процесса возникновения и развития процесса органической жизни, охватывающего все живое вещество нашей планеты на протяжении всей его эволюции от простейших до самых развитых форм современной общественной ЖИЗНИ.

¹ Автор: П.Г. Кузнецов. Текст публикуется согласно изданию: Журнал ВХО им. Менделеева. Т. XXIV, №4. — М., 1980.

Этот ретроспективный анализ эволюции математики и физики показывает особое место и особую роль второго начала или закона термодинамики среди всех известных законов физики.

В настоящей работе мы не можем рассчитывать на сколь-нибудь полное раскрытие проблемы происхождения жизни, но можем указать на ее тесную связь с понятием термодинамической необратимости. Само понятие «термодинамической необратимости» и составляет подлинную душу второго закона термодинамики.

Исходное понятие «закона» в физических теориях, как и во многих других науках, базируется на «повторяемости» некоторого круга явлений, эта «повторяемость» некоторого круга явлений приводит к поиску и открытию инвариантов, т.е. тех или иных физических величин, которые остаются постоянными в определенном классе явлений природы. В рамках «школьной» физики эти инварианты известны как различные «законы сохранения» — закон сохранения импульса, закон сохранения момента количества движения, закон сохранения энергии и т.д. Тенденция в развитии науки вынуждала (и до сих пор вынуждает) некоторых представителей науки искать в проблеме жизни подобного рода сохраняющихся величин. Эта тенденция научного поиска и приходит в противоречие с отмеченной выше «необратимостью» хода исторического времени.

Возникновение термодинамики ввело в теоретическую физику некоторую величину — энтропию — относительно которой делается только одно утверждение — величина энтропии не уменьшается с течением исторического времени. Противоречие между законами сохранения и законом монотонного увеличения одной из физических величин всегда порождало и порождает до сих пор массу спекулятивных

конструкций. В этой обстановке нам не остается ничего другого, как уточнить формулировку проблемы происхождения жизни перед фактом противоречия физики сохраняющихся величин и физики монотонно возрастающих величин.

В области общественных наук известна другая величина, которую называют «производительностью труда в системе общественного производства», которая ведет себя подобно физической энтропии — эта величина также не уменьшается по ходу исторического времени. Проведенный нами анализ этого понятия общественных наук на языке физических измеряемых величин показывает, что в явлениях общественной жизни мы имеем дело с «необратимостью» нового типа. Этот тип «необратимости» и является предметом обсуждения в проблеме происхождения органической жизни.

Этот тип «необратимости» в самое последнее время стал предметом научного интереса такого специалиста по термодинамике необратимых процессов, как И. Пригожин.

ВЕТВЯЩИЕСЯ ГРУППЫ И ВЕТВЯЩИЕСЯ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ АЛГЕБРЫ.

Один из учеников проф. Г.А. Зайцева, работающий в области теории элементарных частиц, обратил мое внимание на тот факт, что теория элементарных частиц создается как теория «сохранения», а не как теория «эволюции». Кто высказал утверждение, что все элементарные частицы даны «все сразу», в то время как можно ожидать существование их собственной «истории»?

И в этом аспекте мы снова возвращаемся к классу теорий, где по ходу исторического времени должен меняться весь спектр элементарных частиц. Философская культура необходима для правильной постановки вопросов, но правильная постановка вопроса еще не является его решением.

Встал вопрос о том типе математического аппарата, который необходим для описания процессов развития, процессов происхождения «нового». Такой математический аппарат — теория ветвящихся групп и ветвящихся универсальных алгебр и является предметом разработки школы проф. Г.А. Зайцева.

Работу этого нового математического инструмента можно проследить на примере трех различных (по внешнему виду) проблем, связанных с эволюцией

1. элементарных частиц,
2. биологических видов,
3. технических средств (новой техники).

Во всех случаях мы имеем дело со множествами, число членов которых не остается постоянным. Для тех читателей, кому ближе язык «линейных пространств» можно заметить, что речь идет о «линейных пространствах» переменного числа измерений. Эмпирически этот тип математического аппарата был рожден работами советского авиаконструктора В.Ф. Болховитинова и американского инженера Г. Крона. Мы рассмотрим процесс рождения этого математического аппарата на примере работ В.Ф. Болховитинова.

Перед авиаконструктором В.Ф. Болховитиновым стояла проблема разработки теории летательных аппаратов, которая должна охватывать все типы летательных аппаратов: как те, которые уже существуют, так и те, которые будут созданы в будущем. По отношению к эволюции биологических видов этот вопрос должен означать теорию, где найдут свое место как те биологические виды, которые уже являются предметом палеонтологии, так и те, которых еще нет, но которые должны появиться в будущем. В области новой техники подобная теория должна охватывать, как те технические средства, которые были

созданы по ходу истории, так и те, которые люди создадут в будущем.

Первый шаг в разработке теории В.Ф. Болховитиновым состоял в том, что он предложил рассматривать каждый летательный аппарат, как «список свойств», которыми этот летательный аппарат обладает. Каждое «свойство» летательного аппарата возникает по «требованию» авиаконструктора, но за возникновение каждого «свойства» авиаконструктор должен «заплатить» весом соответствующего технического средства. Так, например, за такое «свойство», как «движение самолета по заданному курсу без вмешательства пилота», авиаконструктор должен заплатить весом технического средства, которое имеет вид автопилота. Составляя полный список заказанных свойств, и составляя сумму весов всех технических средств — мы получаем физическую величину — «взлетный ВЕС летательного аппарата». Если теперь разделить вес каждого технического средства, которым мы оплатили каждое «свойство» на полный взлетный вес летательного аппарата, то мы получим сумму «весовых долей», равную единице. Два самолета, которые имеют один и тот же набор «свойств», могут различаться друг от друга «весовыми долями», которыми в них оплачены различные свойства. Вся совокупность подобных летательных аппаратов, которые имеют одни и те же «свойства», образует «линейное пространство» одной и той же размерности. Размерность линейного пространства численно равна числу различных «свойств». Очевидно, что если имеются аппараты, у которых то или иное «свойство» отсутствует, то доля этого свойства считается равной нулю.

Представим себе, что появился новый летательный аппарат, который может летать в верхних слоях атмосферы. Этот аппарат должен получить «новое свойство» — обеспечить

нормальное дыхание пилоту, что требует введения кислородного прибора. За это новое свойство конструктор платит весом кислородного прибора. До какого-то времени это свойство ЕЩЕ НЕ СУЩЕСТВОВАЛО ни в одной конструкции летательных аппаратов. Появление нового свойства требует расширения линейного пространства, т.е. введения «новой оси». Эта операция изменение размерности линейного пространства возникает при любом описании объектов, которые имеют изменяющееся с течением времени число «свойств» Новое «свойство», как нетрудно заметить, представляет собою новое «качество». В классической математике сама размерность линейного пространства представляла собою пример «топологического инварианта», т.е. неизменное свойство самого понятия «линейное пространство».

Проведенное содержательное обсуждение рождения понятия «линейное пространство переменной размерности» содержит намек на способ математического описания процесса возникновения нового качества. Новое КАЧЕСТВО выражается математически через изменение КОЛИЧЕСТВА осей соответствующего линейного пространства. Этот результат не может рассматриваться как неожиданный: он является иллюстрацией довольно общей закономерности перехода КАЧЕСТВА в КОЛИЧЕСТВО.

С другой стороны, если имеет место подобный переход КАЧЕСТВА в КОЛИЧЕСТВО, то имеет место и обратное явление — переход КОЛИЧЕСТВА в КАЧЕСТВО. Вернемся еще раз к нашему исходному представлению летательного аппарата, как списка свойств, представленного в долях веса. Допустим, что конструктор автопилота нашел возможность использовать более легкие материалы и за счет введения нового понизил долю, которой оплачивается свойство двигаться по

заданному направлению без вмешательства пилота. Это чисто количественное изменение доли веса автопилота может наступить только тогда, когда конструктор сообщил автопилоту новое КАЧЕСТВО. В этом случае наблюдается обратный процесс — процесс перехода КОЛИЧЕСТВА в КАЧЕСТВО. Общее правило таково, каждый переход к новому качеству проявляет себя в форме количественного изменения и наоборот, каждое количественное изменение связано с изменением качества.

Удерживая это правило, мы можем говорить о КОЛИЧЕСТВЕННОМ изменении некоторой физической величины, совершенно ясно представляя связь количественных изменений с изменением КАЧЕСТВА. Возвращаясь к монотонно изменяющимся величинам, т.е. к величине энтропии и к величине темп роста производительности труда в системе общественного производства, мы теперь не потеряем из виду, что каждому КОЛИЧЕСТВЕННОЕ изменению этих величин соответствует (если его как следует поискать) некоторое КАЧЕСТВЕННОЕ изменение. В системе общественного производства эти новые качества имеет вид новых материалов, новых технических средств, новых технологических процессов. Эти новые элементы системы общественного производства приводят к изменению «физиологии» общественного организма. Видимый роста производительности труда в системе общественного производства имеет в своей основе эти разнообразные изменения КАЧЕСТВА.

Теория ветвящихся групп и ветвящихся универсальных: алгебр, как инструмент для описания развивающихся систем, строится на отрицании неявного постулата группы (и универсальной алгебры). Этим неявным постулатом любой группы является ЧИСЛО ЭЛЕМЕНТОВ ГРУППЫ — не имеет

значения — конечное или бесконечное число этих элементов. В конечных группах этот ИНВАРИАНТ группы обычно не присутствует в явной аксиоматике, так как он кажется естественным. Переменное число элементов группы означает отказ от классической аксиоматики теориям групп и образует фундамент понятия ВЕТВЯЩАЯСЯ ГРУППА (или ВЕТВЯЩАЯСЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ АЛГЕБРА). Этот неявный инвариант группы — число элементов группы — заменяется другим инвариантом — ТИПОМ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ. Этот тип физической величины, который приходит на смену инварианту числа членов группы, в проведенном выше содержательном рассмотрении имеет вид ВЕСА технических средств, которыми авиаконструктор оплачивает «свойства» летательного аппарата. Число технических средств становится переменной величиной, но их общая характеристика — «иметь ВЕС» обеспечивает существование МЕРЫ — т.е. существование аддитивной группы, являющейся признаком правильно используемой ВЕЛИЧИНЫ в смысле А. Лебега.

Само собою разумеется, что возможно наличие ветвящихся групп и ветвящихся универсальных алгебр, которые имеют в качестве инварианта в виде физической величины не ВЕС, а величину ЭНЕРГИЙ или МОЩНОСТИ и т.д. Система физических величин, каждая из которых может служить МЕРОЙ в теории ветвящихся групп и ветвящихся универсальных алгебр, включающая в качестве частного случая все quadriруемые гиперобъемы по А. Лебегу, дана в нашей работе с Р.О. ди Бартини.

СОСУЩЕСТВОВАНИЕ ДВУХ ПРОТИВОПОЛОЖНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ.

Широкий круг изученных процессов в эволюции природы использует в явном виде тенденцию к росту энтропии.

Принято считать, что каждый эволюционный процесс, который сопровождается ростом энтропии получил свое научное объяснение. Этот факт не подлежит никакому сомнению, хотя использовать понятие «научного объяснения» в этих случаях было бы преждевременно. Таким образом мы просто выделяем широкий класс явлений, в котором ДОМИНИРУЕТ тенденция к росту энтропии. Каждый исследователь, который обладает философской культурой, должен обладать сознанием, что доминирование одной тенденции еще не исключает широкого круга явлений, где доминирует противоположная тенденция. Эта противоположная тенденция характерна для всей совокупности явлений жизни на пути ее исторического развития.

Сосуществование двух противоположных тенденций в каждом процессе и в каждом явлении природа проявляется как ДОМИНИРОВАНИЕ не в первом, а в ТРЕТЬЕМ ПОРЯДКЕ, что приводит к математическому описанию природных процессов системой дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка. Регулярных методов решения таких систем уравнений еще не знает современная математика и физика. Тем не менее, если обе тенденции просто уравнивают друг друга, то имеет место понижение порядка системы дифференциальных уравнений в частных производных до второго порядка.

Описываемое сосуществование двух противоположных тенденций, где доминирование одной из них наблюдается лишь в третьем порядке, давно известно в науке о мышлении, как закон борьбы противоположностей. Внутренним основанием этого закона эволюции и является сосуществование этих противоположных тенденций. Отсутствие регулярных методов решения систем дифференциальных уравнений в частных

производных третьего порядка приводит к тому, что исследователь старается «упростить» описание и сводит решение системы к системе уравнений первого порядка. Этот прием исправно работает, пока тенденция сохраняет свой односторонний монотонный характер.

В самое последнее время (каких-нибудь 50–80 лет тому назад) этот способ описания был заменен более совершенным способом описания. Мы имеем в виду использование уравнения Больцмана-Гамеля для описания систем передачи МОЩНОСТИ в электроэнергосистемах. Этот результат впервые имелся в работе Г. Крона «Нериманова динамика вращающихся электрических машин», опубликованной в 1934 г. Большинство разделов современной теоретической (и математической) физики является развитием разделов классической небесной механики, т.е. механики КОНСЕРВАТИВНЫХ СИСТЕМ.

Инвариантом в группе движений такой системы является величина энергии. В работе Г. Крона было показано, что динамика машин и механизмов является динамикой НЕКОНСЕРВАТИВНЫХ, НЕГОЛОНОМНЫХ систем. В этих системах, математическое описание которых приводит к неинтегрируемым уравнениям Пфаффа, имеет место односторонний поток энергии от источника к нагрузке. Мы не случайно упомянули, что неголономные системы приводят к неинтегрируемым уравнениям Пфаффа. Мало кому известно, что лучшая аксиоматика современной термодинамики была предложена Каратеодори. Эта аксиоматика использует «лемму из теории уравнений Пфаффа», т.е. эта аксиоматика строится на гипотезе, что термодинамические системы являются системами ГОЛОНОМНЫМИ. Переход к динамике неголономных систем открывает новое направление в развитии термодинамической теории и допускает ДВА противоположных вида эволюции.

Классический тип обратимых процессов классической термодинамики, который можно назвать термодинамикой РАВНОВЕСНЫХ СИСТЕМ, соответствует тому частному случаю, когда обе тенденции уравнивают друг друга — эта сбалансированность противоположных тенденций эволюции и известна в настоящее время как термодинамика РАВНОВЕСНЫХ систем. Равновесные системы характеризуются максимумом энтропии и не изменяются с течением времени — это класс систем, к которым неприменимо понятие эволюция.

Для неравновесных систем, по крайней мере в возможности, существуют ДВА пути эволюции: эволюция К состоянию равновесия и эволюция ОТ состояния равновесия.

В первом случае эволюционный процесс сопровождается ростом энтропии и, соответственно, уменьшением свободной энергии, т.е. уменьшением способности системы к совершению внешней работы.

Во втором случае, при эволюции системы от состояния равновесия, эволюционный процесс сопровождается уменьшением энтропии, увеличением свободной энергии, т.е. увеличением способности системы к совершению внешней работы. Этот эффект увеличения способности к совершению внешней работы и известен в общественных науках под названием закона «роста производительности труда в системе общественного производства по ходу исторического развития».

Классическая термодинамика неравновесных систем была построена как математическая теория первого типа, т.е. неявной аксиомой этой теории являлось утверждение о том, что ВСЯКАЯ НЕРАВНОВЕСНАЯ СИСТЕМА эволюционирует к состоянию равновесия. Как отмечалось выше, в Нобелевской речи И. Пригожина был отмечен тот удивительный факт, что

СУЩЕСТВУЮТ системы, которые эволюционируют от состояния равновесия. Мы полагаем, что знакомство с этим классом систем пришло под влиянием французского экономиста Перу, который давно интересовался использованием термодинамических моделей в социально-экономических системах. Несколько лет тому назад была получена, оказавшаяся неработоспособной, термодинамическая модель экономической системы М.А. Лихнеровича. Это модель Лихнеровича использовала принцип эволюции к равновесию, которой казался принципом эволюции к равновесию системы рыночных цен.

Сам класс социально-экономических систем, т.е. систем, где доминирует тенденция ухода от состояния равновесия, очень хорошо иллюстрирует наличие этой тенденции в третьем порядке. Если тенденции к равновесию — в виде всевозможных разрушений технических средств — компенсируется трудовыми усилиями, то имеет место равенство противоположных тенденций, дающее экономическое состояние простого воспроизводства. Рост производительности труда в этом случае равен нулю. В других природных явлениях, которые могли бы сопровождаться ростом энтропии — это соответствует состояниям, когда энтропия остается неизменной.

Историческое развитие, сопровождающееся ростом производительности труда, может демонстрировать этот эффект, когда над простым воспроизводством создается некоторый излишек. Этот излишек, в виде прибавочного продукта, и является предметом анализа политической экономии. Энергетический кризис со всей очевидностью продемонстрировал роль энергетики в мировой валютной системе. На этом мы закончим эти интересные и важные термодинамические соображения, относящиеся к эволюции социально-экономических систем.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЖИЗНИ — ВОЗНИКНОВЕНИЕ УСТОЙЧИВОЙ ТЕНДЕНЦИИ К РОСТУ СПОСОБНОСТИ СОВЕРШАТЬ ВНЕШНЮЮ РАБОТУ.

В настоящее время, когда не существует установившегося ТЕРМИНА, который выражает наличие у системы устойчивой (относительно!) тенденции к росту способности совершать внешнюю работу, роль этого термина в различных спекуляциях играют слова — «организация», «информация», «управление» и др. Строятся «теории» организации, информации, управления, каждая из которых претендует на «универсальное» значение. Философский вопрос: «Что такое жизнь?» — в этом рассмотрении обычно игнорируется. Забывают, что все эти теории предназначены для использования в явлениях ОБЩЕСТВЕННОЙ ЖИЗНИ и должны выражать объективные тенденции исторического развития человеческой популяции. Поразителен и другой факт. Создаются космологические теории, которые исключают из рассмотрения процесса эволюции природы совокупность явлений жизни! Не вредно в рамках космологических теорий попытаться дать ответ на вопрос: «Зачем в космологии существует МЫШЛЕНИЕ?». Пока его роль сводится к созданию научно-фантастических романов на космологические темы.