

УДК 1 (54)

## ВРЕМЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКЕ

Н.М. Черемных

Предпринимается попытка выявить гносеологические особенности временных представлений, формирующихся в химической термодинамике.

*Ключевые слова:* химическая термодинамика; необратимость; направление времени; ньютоновская картина мира.

---

## THE TIME IN CHEMICAL THERMODYNAMICS

N.M. Cheremnykh

The article makes an attempt to reveal epistemological features of temporal representations, which are formed in chemical thermodynamics.

*Keyword:* chemical thermodynamics; irreversibility; direction of time; the Newtonian picture of the world.

Историческое развитие химии можно представить как последовательный переход от классической к неклассической и затем к постнеклассической химии. Каждый этап характеризуется определенными идеалами и нормами мышления, разными типами изучаемых объектов, специфическими закономерностями химических взаимодействий, различными представлениями о пространственно-временной структуре реальности. Границы каждого исторического этапа развития химии (условные, конечно) одновременно являются границами различных концепций времени в химии [1].

С этой точки зрения интерес представляет химическая термодинамика. С одной стороны, ее достаточно трудно отнести к какому-либо этапу в развитии химии. Считается, что термодинамика как раздел физики возникла в стороне от химических задач; она представляет собой универсальный математический метод, в равной степени приложимый ко многим областям научного знания. Возникновение химической термодинамики описывается следующим образом: физика дала метод, а химия – материал для его приложения и понятия о химическом равновесии и энергии химической реакции [2, с. 344]. Вопрос о включении химической термодинамики в общую систему химических теорий до сих пор остается открытым, хотя успехи химии, связанные с системой концепций химической термодинамики, хорошо известны. Например, теоретический синтез формально-кинетических и термодинамических представлений привел к созданию теорий современной химической кинетики,

таких как теория соударений и теория абсолютных скоростей реакций.

В статье предпринимается попытка выявить гносеологические особенности временных представлений, формирующихся в химической термодинамике. Обогащает ли термодинамика концепцию времени в химии, вводя понятие направления времени?

В категориальной структуре равновесной термодинамики понятие времени отсутствует, поскольку классическая (равновесная) термодинамика описывает систему, находящуюся в состоянии покоя, состоянии “здесь и теперь”. Впрочем, равновесная термодинамика может описать систему, отклонившуюся от равновесия, но и в этом случае ее интересуется не процесс в своем изменении во времени, а только другое, равнозначное “здесь и теперь”; она не учитывает ни пути перехода от одного состояния к другому, ни направления этого перехода. Как отмечает О.Т. Бенфи, время в равновесной термодинамике лишь подразумевается [3, с. 187].

Другое дело – второе начало термодинамики, которое, постулируя необратимое возрастание энтропии при переходе от одного состояния к другому, вводит критерий отличия их друг от друга. Оно составляет теоретическое ядро линейной (слабо-неравновесной) термодинамики, описывая уже не равновесие, а процессы. Второе начало термодинамики дает точную формулировку условий, определяющих направление процесса. На этом основании утверждается, что именно второе начало термодинамики вводит понятие асимметрии времени, его

направленности (“стрелу времени”, А. Эддингтон) в теоретическое описание [4, с. 48].

Остановимся на двух аспектах этой проблемы. Во-первых, действительно ли термодинамика, обнаруживая необратимость, вводит так называемое “направление времени”?

В современной методологии науки проблема “направления времени” ставится следующим образом: действительно ли время имеет одно направление, и имеются ли в распоряжении науки средства, позволяющие это обосновать? Выделяют эмпирическое и номологическое обоснования. Эмпирическое обоснование предполагает нахождение объективных, необратимо протекающих процессов, поскольку направление времени всегда связывается с необратимостью. Номологическое обоснование предполагает поиск ответа на вопрос: существуют ли законы, запрещающие обратимое протекание процессов? В этом и заключается основная проблема, поскольку все известные до недавнего времени законы, начиная от классической механики и кончая квантовой электродинамикой и релятивистской космологией, совершенно безразличны к знаку обращения времени. Как ни странно, в поисках номологического обоснования обращаются к физическим теориям, индифферентным к направлению времени.

По такому пути пошел, например, Л. Больцман. Он попытался обосновать необратимость, фиксируемую на макроуровне вторым началом термодинамики, более фундаментальными закономерностями микроуровня. С этой целью Больцман проинтерпретировал второй закон термодинамики на основе молекулярно-кинетической теории, после чего он стал звучать так: любая замкнутая или изолированная система автоматически стремится к равновесному состоянию с максимальной вероятностью, если оно еще не находится в этом состоянии. Больцман считал, что такая интерпретация придает смысл направлению времени [5, с. 356–357].

Статистическое объяснение Больцманом понятия времени было подвергнуто критике как логически несостоятельное. И. Лошмидт сформулировал так называемый “парадокс обратимости”, согласно которому любому поведению системы, приводящему к возрастанию энтропии со временем, можно противопоставить поведение системы, сопровождающееся равновероятным понижением энтропии [5, с. 357]. Иначе говоря, поскольку уравнения молекулярно-кинетической теории симметричны относительно обращения времени, то каждому динамическому процессу с обратным временем должен соответствовать и термодинамический процесс с обратным временем.

Термодинамическое номологическое обоснование направления времени оказалось неудачным,

но оно и не могло быть удачным вследствие самого характера обоснования. Положив в основу интерпретации необратимости молекулярно-кинетическую теорию, Больцман попытался термодинамику обосновать динамикой, а номологическая обратимость времени в динамике неустраима. Кстати, еще М. Смолуховский свыше полувека назад заметил, что процесс релаксации – перехода замкнутой системы в наивероятное равновесное состояние – может сопровождаться и убыванием энтропии. Отсюда следует вывод о неправомерности привязки направления времени к направлению возрастания энтропии.

На мой взгляд, неправомерно вообще говорить о существовании у времени некоего “направления”. Направление имеет отношение к движению, но время не есть движение или “течение”. Направлением, строго говоря, обладает движение одного тела относительно движения другого тела или относительно некоего “нулевого” направления [6, с. 206]. Известно, что в обыденном мышлении продолжает существовать субстанциальное понимание времени и, по привычке исходя из неявного допущения времени как субстанции, мы легко представляем себе его “течение”.

Мне представляется, что понятие “направление времени” является отголоском прежних, принадлежащих классической науке, концепций, точно так же, как метафорическое понятие “стрела времени”. О “направлении” можно говорить только по отношению к независимо от каких бы то ни было процессов равномерно текущему времени, времени “самому по себе”, то есть ньютоновскому абсолютному времени. Абстрагированное от механического движения как мера его длительности абсолютное время, “протекающее равномерно”, имманентно включает в себя представление о направлении этого “протекания”. Можно предположить, что проблема “направления времени” возникла еще в рамках концепции временной длительности (классическая механика, формальная химическая кинетика) как попытка каким-то образом выразить идею временной последовательности, т. е. сделать шаг вперед в научном освоении времени. С возникновением термодинамики появилась возможность придать этому направлению физический смысл, а именно: за направление времени было принято направление, в котором энтропия возрастает. Таким образом, положение о том, что термодинамика вводит “стрелу времени”, фактически означает, что линия, служащая геометрической моделью ньютоновского абсолютного времени, получает теперь условное направление.

Несмотря на то что понятие направления времени не выражает сущности вводимых термодинамикой концептуальных инноваций, термодинамика

играет действительно ключевую роль в изменении концепции времени. Здесь можно сослаться на высказывание И. Пригожина, который заметил, что в истории науки можно указать считанное число случаев, когда новая перспектива была столь же многообещающей, как и та, которая открылась при непосредственном столкновении двух миров: мира динамики и мира термодинамики [4, с. 275]. Динамический мир формальной кинетики столкнулся с термодинамикой, которая ввела в теорию понятие необратимости. Обычно понятия “направление времени” и “необратимость времени” рассматриваются как однопорядковые, даже тождественные, но, если говорить об изменениях, к которым в собственном смысле могут быть отнесены эти понятия, то различие между необратимостью и направленностью изменений становится очевидным. Направленностью обладают и обратимые, и необратимые изменения.

Можно утверждать, что термодинамические состояния действительно неравнозначны, небезразличны друг другу в отличие от безразличных, совершенно неразличимых моментов в концепции линейного времени формальной кинетики. М. Планк показал, что необратимость обосновывается исключительно фактом существования начального и конечного состояний, и в принципе неважно, сопровождается ли процесс перехода от начального к конечному состоянию возрастанием либо убыванием энтропии, – это определяется характером системы. Но в каждом конкретном случае, если после достижения состояния В возвращение к состоянию А невозможно, то процесс необратим, и, следовательно, состояние В отличается от состояния А определенными свойствами. Состояние В является конечным (более поздним) не потому, что так условлено, а потому, что возвращение к состоянию А (более раннему) невозможно, объективно “запрещено”. Или, как замечает Планк, природа отдает состоянию В большее предпочтение, чем состоянию А [7, с. 32–33].

Тем самым термодинамика близко подходит к теоретическому освоению временного порядка, поскольку идея порядка “по определению” предполагает именно неравнозначность состояний, предполагает такой переход от одного состояния к другому, который имеет свое начало и свой конец. Зависимостью этих моментов, формулой их связи друг с другом задается специфический характер временной упорядоченности. Появляется возможность представить время как форму связи одного состояния с другим, одной ступени процесса с предыдущей и последующей. Темпоральный характер понятия необратимости обусловлен невозможностью иного временного порядка (порядка связи состояний), чем тот, что задан в данной системе.

Необратимость выступает лишь одним из аспектов временного порядка, более богатой в концептуальном отношении модели времени в термодинамике по сравнению с моделью линейного (геометризованного) времени классической химии. Но отражает ли термодинамика сущность временного становления, описываемого посредством понятий прошлого, настоящего и будущего, тех неуловимых черточек времени, для которых, говоря словами Дж. Уитроу, не имеется пространственных аналогов [5, с. 397]?

Приходится констатировать, что этот понятийный ряд в термодинамике не представлен. Казалось бы, термодинамические соотношения описывают состояния как отличные друг от друга, которые выступают теоретическим коррелятом понятий прошлого и будущего. Однако термодинамика ничего не может сказать о роли “настоящего”, являющегося смыслообразующим звеном понятийной конструкции “прошлое-настоящее-будущее”. Как отмечал Н.Н. Семенов, термодинамика “ничего не может сказать о скорости и прочих особенностях живого процесса, самопроизвольно развивающегося, как это реально происходит в природе и на практике” [8, с. 67]. Определяя условия перехода от одного состояния к другому, термодинамика “схватывает” только его начало и конец, сам момент перехода теоретически не фиксируется.

Таким образом, термодинамика еще не преодолевает полностью концепции временной длительности, или линейного времени классической химии, но, вводя новые концептуальные элементы, создает предпосылки для теоретического освоения времени как становления, которое, по образному выражению А. Бергсона, “грызет вещи и оставляет на них отпечатки своих зубов” [9, с. 45]. Она находится лишь на пути к новому пониманию времени, намечая направление дальнейшего теоретического движения. Эстафету этого движения принимают современные кинетические теории (например, теория абсолютных скоростей реакций), которые широко используют термодинамические соотношения.

#### Литература

1. Черемных Н.М. Философские проблемы современной химии / Н.М. Черемных // Философия естественных наук. Глава 5. М.: Академический проект, 2006. 550 с.
2. Кипнис А.Я. Возникновение и начальный период развития химической термодинамики / А.Я. Кипнис // Труды института истории естествознания и техники. Т. 30. История химических наук. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 326 с.
3. Бенфи О.Т. Концепция времени в химии / О.Т. Бенфи // Методологические проблемы современной химии. М.: Прогресс, 1967. 207 с.

4. Пригожин И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
5. Уитроу Дж. Естественная философия времени / Дж. Уитроу. М.: Едиториал УРСС, 2003. 400 с.
6. Трубников Н.Н. Время человеческого бытия / Н.Н. Трубников. М.: Наука, 1987. 255 с.
7. Планк М. Единство физической картины мира / М. Планк. М.: Наука, 1966. 287 с.
8. Семенов Н.Н. К вопросу о соотношении между химическими и физическими процессами / Н.Н. Семенов // Природа. 1978. № 2. С. 64–75.
9. Бергсон А. Творческая эволюция / А. Бергсон. М.: Академический проект, 2015. 319 с.