

UNITED WISDOM

Обратимость законов и необратимость событий

Мир и сознание

Andrey Zarinsh & Maria Evilkut

W-12-N04 · RU

@andrey.zarinsh @ilkutki

Обратимость законов и необратимость событий

Эпиграф

> *они допускают оба порядка.*

Джоэл Л. Лебовиц, «Boltzmann's Entropy and Time's Arrow», с. 34. Собственный перевод точной части предложения «these permit either order.». «Они» — выбранные динамические законы в обсуждаемой модели. Это не утверждение об обратимости абсолютно всех физических законов или о доступности любого обратного процесса.

О чём эта статья

Если выбранное уравнение допускает обратный ход, почему обычное событие не получается просто прокрутить назад? Вопрос становится яснее, когда мы называем, что именно обращается: математическая траектория, состояние физической системы, доступное преобразование или запись произошедшего. Статья рассматривает эти различия на ограниченном материале статистической механики и равновесной термодинамики. У Лебовица важны различие микросостояния и макроскопического описания, подготовка и начальные условия. У Либа и Ингвасона — определённое отношение адиабатической доступности между состояниями. Эти подходы сравниваются без обещания воспроизвести доказательства или расчёты. Затем вводится отдельный современный пример UW: отменить ошибочную запись, восстановить часть условий и работать с последствиями — разные действия. Физическая теория не решает нравственный вопрос, не обосновывает фатализм и не измеряет духовность. Для направления «Путь» ценность состоит в точности доступного шага: что можно исправить сейчас и какое прошлое событие этим исправлением не превращается в никогда не происходившее.

I. Что означает обратить

Начнём с собственной математической иллюстрации. В идеальной модели точка движется по прямой с постоянной скоростью: $x(t) = x_0 + vt$. За интервал T она приходит в $x(T)$. Если новую задачу начать там со скоростью $-v$, её положение через интервал s будет $x(T) - vs$. При $s = T$ получается x_0. Это проверка двух записанных выражений, а не эксперимент с настоящим телом. Она показывает, какие условия были изменены: выбрано новое начало и обращена скорость. Без этих действий одно желание вернуться к прежней координате не составляет обратную траекторию и не меняет описание задачи.

Даже в такой простой иллюстрации нужно назвать предмет восстановления. Через T точка имеет прежнюю координату, но скорость у неё теперь $-v$. Возврат положения не означает тождества всех переменных. Можно определить другую задачу, где интересует только координата, и тогда назвать её результат достигнутым. Но это будет ограниченный критерий, а не возвращение всего состояния без оговорок. Различие не требует сложной физики. Оно следует из самих выражений и выбранных переменных. Перед словом «восстановлено» полезно спросить, что вошло в критерий и какие величины остались за его пределами, чтобы частичный успех не получил полномочия полного.

Ещё один предмет — внешняя запись движения. Если удалить отметку конечного положения, это изменит документ, но не проведёт точку по обратной траектории. Если показать последовательность кадров в обратном порядке, это изменит способ просмотра, но не установит возможность соответствующей подготовки системы. Здесь рассматриваются разные операции: вычисление, физическое действие и представление. Слово «назад» подходит ко всем в обычной речи и поэтому легко скрывает переход. Чтобы переход стал содержательным, нужно указать, какое действие связывает операции. Без этого обратный просмотр остаётся обратным просмотром, даже если изображённый процесс кажется убедительным и знакомым по обычному опыту.

Наконец, выбранная модель имеет границу. Постоянная скорость и отсутствие учитываемых взаимодействий заданы как условия иллюстрации; они не описывают все тела и все процессы. Статья не выводит из неё обратимость природы целиком. Вопрос к модели ограничен: что следует при этих условиях и что потребуется для другой постановки? Такая точность полезна при чтении научного текста. Удобный пример позволяет понять структуру операции, но не освобождает от проверки области применения. Чем сильнее вывод о реальном событии, тем важнее назвать дополнительные переменные, взаимодействия и возможность подготовить нужное состояние вместо переноса результата из идеальной задачи одним словом «следовательно».

II. Траектория и доступное преобразование

В статье Лебовица, с. 33–35, обращение скоростей рассматривается в выбранной динамике вместе с различием микросостояния и макросостояния. Автор прямо ограничивает обсуждение, оставляя за рамками релятивистские вопросы и нарушения временной инвариантности слабых взаимодействий. Поэтому выражение «законы допускают оба порядка» нельзя переносить на абсолютно любую физическую ситуацию. В работе Либа и Ингвасона, с. 4–6, другой предмет — адиабатическая доступность равновесных состояний при определённых условиях. Это разные отношения, а не два несовместимых ответа на один совершенно одинаковый вопрос.

Различие можно рассмотреть через язык задачи. «Есть решение с обратным порядком переменных» не равно «мы умеем подготовить это решение». Между утверждениями стоят условия начала, способ воздействия и границы системы. Если воображаемая инструкция говорит обратить все нужные скорости, её содержание ещё не устанавливает наличие такого устройства. Математическое разрешение и доступное действие должны проверяться отдельно. Это не означает, что модель бесполезна: она объясняет структуру вопроса и позволяет точно назвать недостающее условие. Но превращать описание подготовки в подтверждение выполненной подготовки нельзя, даже когда сама инструкция выглядит краткой и использует только знакомые слова.

Для преобразования состояния важно также, какие вспомогательные изменения разрешены. Представим собственный условный договор: можно изменить основную систему, если после операции выбранное вспомогательное устройство возвращено в начальное состояние. Если устройство остаётся изменённым, выполнена другая задача. Это логический пример роли условия, а не новый термодинамический опыт. Он помогает понять, почему простой итог «основной объект выглядит как раньше» может быть недостаточным. Действие оценивается по определённой границе: что считается системой, что входит в окружение и что должно быть восстановлено. Менять границу после результата ради удобного слова «обратимо» — значит менять вопрос.

Именно поэтому вопрос о возможности нуждается в полном дополнении. Возможно математически? Возможно при данном классе операций? Возможно с доступным аппаратом? Возможно восстановить только одну переменную? Ответы могут различаться без противоречия. В научном разговоре полезно сначала определить отношение, а затем обсуждать конкретный случай. Нельзя доказать ошибочность ограниченной теории, предъявив действие, которое нарушает её исходное условие и потому относится к другой постановке. Нельзя и объявить практическую невозможность вечной невозможностью только потому, что сейчас не назван подходящий способ.

Каждое утверждение должно сохранять ту область, для которой действительно представлены основания и условия проверки.

III. Подробное состояние и укрупнённое описание

В собственной иллюстрации представим перечень точек с координатами и скоростями и отдельно итоговую характеристику: сколько точек находится в каждой половине области. Второе описание сохраняет определённые сведения и теряет другие. Два разных перечня способны дать одинаковый итог. Отсюда не следует, что один из них ложен. Они отвечают на разные вопросы. Если задача касается распределения по половинам, итог может быть достаточным. Если требуется обратиться к каждому движению, его недостаточно. Это пример различия уровней описания, без численного расчёта физической энтропии и без утверждения, что произвольная таблица уже является термодинамической системой.

При укрупнённом описании одинаковое настоящее может скрывать разные детали подготовки. Чтобы восстановить подробную последовательность, нужно больше сведений, чем содержится в итоговой характеристике. Здесь важно не приписывать исчезнувшему из описания физическое исчезновение. Координата могла не быть записана, хотя точка имела определённое положение в выбранной модели. Неполнота документа и свойство системы — разные предметы. Из того, что запись не позволяет выполнить операцию, не следует, что уравнение запрещает её. И из допускающего уравнения не следует, что недостающие сведения легко получить. Это две отдельные границы, которые могут одновременно влиять на доступное действие.

Представим, что человек знает конечное распределение точек, но не их скорости. Он предлагает «вернуть всё обратно» и задаёт каждой точке произвольное новое движение. Такое действие может изменить распределение, однако это не воспроизведение точно определённого обращения исходного состояния. Чтобы назвать его так, нужно проверить соответствие переменных. Даже если результат по одному укрупнённому критерию совпал с прежним, вопросы о подробной траектории остаются открытыми. Этот пример не устанавливает вероятность совпадения. Он лишь показывает, почему совпадение ограниченного итога не даёт автоматически доказательства тождества процесса и почему отчёт должен назвать проверенный критерий вместо обещания полного восстановления.

Такой язык удерживает два полезных вида точности. Подробное описание уточняет, что потребовалось бы для выбранной операции. Укрупнённое описание уточняет, какой результат наблюдается или рассматривается. Их не нужно объявлять конкурентами в поиске единственного истинного рассказа. Для разных задач нужны разные сведения. Ошибка возникает при незаметном переносе ответа: одинаковый итог объявляется

одинаковой подготовкой, а возможная траектория — уже доступным событием. В этой статье физический вопрос рассматривается через названные уровни. Из него не выводится, что человек обязан подробно контролировать каждую часть своей жизни или что всякий неполный рассказ является нарушением точности.

IV. Условия начала и сила вывода

Закон, состояние и выбранная процедура выполняют разные роли. Закон задаёт отношения в модели. Начальное состояние задаёт, откуда рассматривается развитие. Процедура указывает, какое изменение пытаются осуществить. Если вопрос касается конкретного процесса, одной записи закона недостаточно для ответа о его подготовке. И наоборот, подробная история подготовки не заменяет понимания того, какие отношения допускает модель. Для собственной иллюстрации прямолинейного движения нужен и знак скорости, и начальная координата. Одинаковая формула с разными значениями не даёт одного и того же результата. Это проверяемое различие задачи, а не доказательство полного устройства мира.

У Лебовица статистическое объяснение связывает макросостояние с областью совместимых микросостояний. После снятия ограничения доступная область может стать значительно обширнее; типичное развитие объясняется через относительные размеры таких областей, а не запрет обратной траектории. Направленность требует также низкоэнтропийной подготовки в прошлом: один закон её не задаёт. Это ограниченный пересказ аргумента, с. 34–36, без воспроизведения чисел. «Не ожидается при этих условиях» отличается от «запрещено законом». Для более сильного вывода нужно проверить подготовку и смысл вероятности. Статья не переносит эту оценку на человеческие решения. Типичность отвечает определённой физической задаче, а не устанавливает невозможность любого специального случая или обязанность принять жизненное событие.

Обратная подготовка может быть крайне специальной именно по отношению к состоянию, которого мы хотим достичь. Недостаточно назвать её произвольным изменением параметров. Если условие требует точного соответствия многих переменных, частичное соответствие отвечает другой задаче. При этом статья не предлагает общего количества усилий, необходимого для реального устройства, и не утверждает, что все специальные состояния невозможно приготовить. Конкретная инженерная возможность потребовала бы отдельного рассмотрения. В пределах примера мы различаем существование описания и наличие подтверждённого способа подготовки. Такое различие защищает и от преждевременного обещания, и от преждевременного отказа, когда не проверено, что именно требуется.

Начальные условия не следует превращать в нравственное объяснение. Даже если физический процесс требует определённой подготовки, это не устанавливает, кто виноват в жизненном событии и что должен сделать участник. Для такого вывода нужны сведения о действии, условиях, договорённости и последствиях. Физическая модель помогает различить вопросы, но не поставляет готовую оценку намерения. Поэтому в последующем применении UW используется только ограниченная аналогия: назвать желаемый результат и условия его изменения. Она не объясняет человека набором частиц и не требует от него невозможного контроля, чтобы заслужить право исправить ошибку или попросить о доступной помощи.

V. Энтропия требует определения и границы

Либ и Ингвасон формулируют принцип энтропии для сравнимых равновесных состояний и определённой доступности; рядом стоят аддитивность, масштабирование и явные предпосылки. Лебовиц различает макроскопическое описание и другие способы задания энтропии. Употребить одно слово ещё не значит получить одну и ту же величину во всех задачах. Перед утверждением о возрастании нужно определить систему, состояния и рассматриваемый процесс. В статье не воспроизводятся доказательство теоремы, повреждённые при распознавании формулы или количественные примеры. Ни косметический беспорядок, ни путаница в мысли не принимаются за измеренную физическую энтропию; аналогия не создаёт единицы измерения.

Собственный условный пример границы можно сформулировать без расчёта энтропии. Два связанных объекта меняются, а отчёт описывает только один. Даже если для общего итога установлено определённое условие, оно не обязано быть таким же отдельным условием для каждой части. Прежде чем судить об одной части, нужно выяснить отношение к другой и сам предмет отчёта. Это логика составного описания, а не вывод о конкретном организме или доме. Она предупреждает о переносе общего утверждения на выбранный фрагмент без дополнительного основания. Если система в вопросе изменилась, необходимо заново назвать, что именно утверждается и какие данные теперь нужны.

Поэтому фраза «энтропия должна возрастать» без дополнений может потерять существенные условия. В ключевой цитате сохранено слово «адиабатический» и указана область авторского принципа. Исключить это условие ради звучного афоризма значило бы изменить содержание. Даже читатель без математической подготовки может заметить роль ограничения: утверждение относится к определённому классу процессов, а не ко всему, что меняется со временем. Чтобы расширить его, нужны новые основания. В этой статье расширения нет. Вопрос о восстановлении части результата

рассматривается отдельно от универсального лозунга о том, что любое исправление якобы противоречит природе или заранее обречено остаться бесполезным.

Граница понятия позволяет сохранить научное содержание без обещания общего жизненного закона. Можно изучать направленность определённого физического преобразования и не выводить из неё обязательное духовное развитие. Можно признать трудность подготовки обратного процесса и не заключать, что человеческое действие предрешено. Можно различить локальное изменение и общий учёт, не объявляя любой порядок сознания следствием термодинамики. Эти переходы являются новыми тезисами, которым в прочитанном материале нет достаточного основания. Отказ от них не обесценивает физику. Он удерживает её точный предмет и освобождает современный разговор о жизни от чужого доказательства, которое ему только кажется принадлежащим.

VI. Исправить часть и восстановить всё

Представим отдельный современный пример: в общем расписании указали неверный час. Исправление возвращает правильную цифру в документ. Но сообщение с прежней цифрой уже могло быть отправлено, и кто-то мог распланировать день по нему. Поэтому изменение записи, уведомление участников и решение о последствиях — разные задачи. Это оригинальная аналогия UW, а не термодинамический процесс, для которого рассчитана энтропия. Она нужна лишь для ясного критерия: что мы хотим восстановить? Точное расписание, общее знание нового срока или доступность встречи? Ответы могут потребовать разных действий, хотя в обычной речи все называют исправлением одной ошибки.

Удалить неверную строку иногда полезно для будущего использования документа. Это не означает удалить событие прежней передачи. Чтобы разобраться с последствиями, нужна подходящая информация: кто получил сообщение, что теперь известно и какой шаг доступен. Необязательно расследовать всё, если ошибка никого не затронула и нужный вопрос уже решён. Но нельзя считать отсутствие строки достаточным подтверждением отсутствия последствий. Такая граница относится к конкретному примеру. Из неё не выводится обязанность хранить каждую личную запись навсегда или возвращаться к любому прошлому поступку. Выбор дальнейшего рассмотрения зависит от задачи, значимости и условий участников.

Восстановление также может иметь несколько критериев. Исправлена цифра — один результат. Участники подтвердили новый срок — другой. У одного осталась невозможность приехать — отдельное условие. Назвав их раздельно, можно избежать ложного отчёта о полном завершении. Это не требование найти идеальное решение, которое устранит любой след события. Иногда доступны только частичное изменение и

честное сообщение о пределе. Чужая потеря времени не исчезает от нашего желания закрыть вопрос. Но она также не доказывает бесполезность последующего действия. Уместность компенсации, новой договорённости или отказа обсуждается по конкретным последствиям, а не по физическому образу движения назад.

Если участники не согласны с предложенным исправлением, одна сторона не может объявить их состояние восстановленным. Другой человек вправе назвать своё условие, предложить иной срок или отказаться от продолжения. В этом примере согласие является самостоятельным фактом, которого нет в исправленной цифре. Поэтому практический вопрос обращён к нынешним возможностям: какая договорённость реально доступна и кому нужно уточнение? Он не требует, чтобы все одинаково переживали произошедшее. Отношение к событию и рабочая договорённость могут различаться. Их обсуждение принадлежит участникам, а философская аналогия не назначает обязательное прощение, забвение или эмоциональное принятие ради восстановления общего плана.

VII. Необратимость не предписывает фатализм

Утверждение «прошедшее действие уже произошло» не равно утверждению «любое дальнейшее действие бесполезно». В примере расписания вчерашнее сообщение нельзя сделать никогда не отправлявшимся, но можно уточнить нынешнее знание, исправить документ и обсудить следующий шаг. Эти действия не нуждаются в обещании полного возвращения. Их критерий относится к текущей задаче. Такой вывод строится на устройстве примера и доступных условиях. Он не выводится из энтропии как нравственный закон. Именно разделение предметов позволяет назвать ограничение прошлого, не превращая его в оправдание бездействия там, где изменение последствий всё ещё возможно и уместно.

Есть и противоположная ошибка: требовать исправления, которое восстановит всё без остатка. Такой критерий иногда делает доступный шаг невидимым. Человек способен изменить запись, но не чужой прошедший день. Он может предложить новый срок, но не гарантировать согласие. Если конечная цель не полностью достижима, полезно назвать достижимую часть и решить, имеет ли она смысл. Это не обязанность удовлетвориться любым малым действием. Иногда часть не отвечает существенному вопросу и нужно другое решение. Оценка зависит от ситуации, а не от общей похвалы постепенности, терпения или принятия, которую можно было бы ошибочно приписать физической теории.

Ограничение может быть материальным. Нужный ресурс отсутствует, другой участник недоступен, срок уже прошёл. В таком случае ясное намерение не создаёт возможность автоматически. Можно сообщить о пределе, проверить альтернативу или признать, что

сейчас нет подходящего действия. Это точнее требования найти скрытый внутренний резерв. Человек не обязан доказывать свободу от законов природы, чтобы изменить план или попросить помощи. И невозможность определённого исправления не подтверждает общего бессилия. В направлении «Путь» полезен вопрос о доступной области действия, который допускает честный отрицательный ответ по одному предмету и открытый поиск по другому без обещания обязательного успеха.

Научное сравнение остаётся содержательным, когда не решает эти вопросы вместо человека. Обратимость выбранного описания, специальная подготовка и определённая доступность помогли различить слова. Современный пример затем показал, что восстановление может быть частичным и иметь несколько критериев. Между ними нет численного термодинамического вывода. Нравственная оценка, обязанность и согласие требуют своих оснований. Такое чтение сохраняет уважение к физике и к самостоятельности участников. Оно допускает дальнейшее размышление, но не требует принять универсальное учение о судьбе, духовном порядке или неизбежном прогрессе, чтобы воспользоваться одним точным вопросом о последствиях конкретной ошибки.

VIII. Точный критерий следующего шага

Начать можно с формулировки результата. «Хочу вернуть всё» иногда означает «хочу исправить неверный срок», «хочу уточнить, кто получил сообщение» или «хочу договориться о новой встрече». Когда предмет назван, видно, какое свидетельство подтвердит его достижение. Исправленная запись подтверждает изменение записи. Ответ участника может подтвердить его нынешнее согласие. Наличие ответа не доказывает, что он не потратил время раньше. Такое разделение не усложняет задачу без необходимости. Оно помогает выбрать нужную проверку и остановить её там, где исходный вопрос уже решён, вместо бесконечной попытки доказать полное исчезновение всех последствий.

Далее полезно назвать условия действия. Что доступно сейчас? Нужен ли другой участник? Можно ли изменить документ? Осталась ли реальная возможность встречи? Эти вопросы относятся к современной ситуации. Ни уравнение обратного движения, ни цитата об энтропии не дают ответа. Если условие не выполнено, шаг можно изменить или отложить с честным описанием стадии. Если выполнено, действие ещё предстоит совершить и проверить. Намерение, выполненная операция и подтверждённый результат остаются разными сообщениями. Такая точность делает предложение конкретным и обсуждаемым, сохраняя возможность, что другой человек оценит результат по иному важному для него критерию.

При проверке не следует незаметно менять цель. Если обещали уведомить участников, одной новой цифры недостаточно. Если обещали лишь поправить личную запись, не

нужно представлять это восстановлением общей договорённости. В обоих случаях критерий определяет предел честного отчёта. Возможное дополнительное действие можно предложить отдельно, если оно нужно и доступно. Это авторское применение UW без установленной эффективности. Оно не превращает человека в систему, которую необходимо оптимально обратить. Его предмет — соразмерный разговор о том, что сделано, что подтверждено и какой остаточный вопрос стоит обсуждать сейчас при согласии участников.

Обратимость и необратимость поэтому перестают быть общей загадкой с одним ответом для всех областей. В модели спрашивают о траектории и переменных. В термодинамической постановке — о состояниях, доступности и границе. В современном жизненном примере — об исправлении, последствиях и согласовании. Каждый предмет сохраняет свои основания. Для «Пути» это даёт возможность выбрать следующий шаг без обещания удалить прошлое и без вывода о бесполезности будущего. Можно изменить доступную часть, признать предел и остановиться, когда вопрос решён. Физика помогает уточнить различия; что считать значимым действием в конкретной жизни, человек решает в её условиях.

Что это значит на практике

Выберите одну ситуацию, где хотите что-то восстановить: запись, договорённость или доступное условие. Не используйте физические понятия как оценку чужого характера. Это оригинальное предложение UW, без установленного эффекта и без обязательства возвращаться к прошлому, которое сейчас не требует рассмотрения.

Назовите результат буквально. Какая переменная, запись или договорённость должна измениться? Отдельно укажите, что этим действием не будет восстановлено. Если вопрос уже решён, дальнейшая проверка не нужна. Если важны последствия для другого человека, не объявляйте их исчезнувшими по одному изменению документа.

Уточните доступные условия и нужное согласие. Выберите действие: исправить запись, сообщить уточнение, предложить новый срок или признать ограничение. Различайте предложение и подтверждение. Отсутствие полного возвращения не является доказательством бесполезности каждого частичного шага; полезность оценивается по выбранной задаче и реальным возможностям.

После действия проверьте именно обещанный результат. Назовите оставшийся вопрос, если он существенен. Можно остановиться, когда ответа достаточно, или сохранить неопределённость там, где сведений нет. Практика уточняет текущую область действия и не требует прощения, обязательного урока, контроля над всеми последствиями или единого рассказа участников о событии.

Ключевая цитата

> *энтропия должна возрастать в необратимом адиабатическом процессе.*

Elliott H. Lieb и Jakob Yngvason, «A Guide to Entropy and the Second Law of Thermodynamics», с. 6, комментарий к принципу энтропии. Собственный перевод завершённой части предложения «entropy must increase in an irreversible adiabatic process.». Сохраняются определённая доступность и область равновесных состояний; это не утверждение о каждой открытой подсистеме.

Связи между традициями

Вопрос сравнения	Что утверждают выбранные тексты	Сходство и значение для темы	Точная граница
Обращение траектории и доступность преобразования	У Лебовица, с. 33–34, обращение всех скоростей в выбранной микроскопической динамике даёт обратное прохождение траектории. Либ и Ингвасон, с. 4–5, определяют адиабатическую доступность через допустимое преобразование равновесных состояний с оговорённым вспомогательным устройством.	Оба текста требуют назвать состояния и операцию, прежде чем говорить о возврате. Для темы статьи это различает симметрию описанного движения и возможность преобразования при определённых условиях.	Микроскопическая траектория и отношение доступности не один предмет: наличие обращённого решения не доказывает доступность любого обратного термодинамического перехода.
Определение энтропии и предмет утверждения	Лебовиц, с. 34–35 и 37, связывает энтропию Больцмана с макроскопическим описанием микросостояния и отличает её от энтропии Гиббса для ансамбля. Либ и Ингвасон, с. 1–4, начинают с равновесных состояний системы и задачи определить термодинамическую энтропию через отношения между ними.	В обоих подходах утверждение об изменении зависит от того, к какому описанию относится величина. Это объясняет, почему слово «энтропия» само по себе ещё не определяет предмет разговора об обратимости.	Макросостояние, ансамбль и равновесное термодинамическое состояние не взаимозаменяемы без дополнительного основания; статья не доказывает тождество всех соответствующих определений.

Вопрос сравнения	Что утверждают выбранные тексты	Сходство и значение для темы	Точная граница
Статистическая типичность и условная теорема	Лебовиц, с. 35, объясняет типичное увеличение через относительные объёмы совместимых областей микросостояний и более раннюю подготовку с низкой энтропией. Либ и Ингвасон, с. 6–8 и начало с. 9, связывают монотонную, аддитивную энтропию с адиабатическим порядком при A1–A6 и гипотезе сравнимости CH.	Направленный вывод в обоих случаях опирается на названные условия, а не на одно слово «необратимость». Сопоставление показывает два разных способа обосновать, почему выбранный переход имеет направление.	Типичность при подготовке не равна аксиоматической эквивалентности порядка и энтропии. Теорема прочитана как утверждение с предпосылками, без независимого воспроизведения её доказательства.
Подготовка и восстановление одной величины	Лебовиц, с. 35–37, рассматривает роль начальных условий и подготовку микросостояния для обращения скоростей. Либ и Ингвасон, с. 5, на примере газа и поршня показывают, что возврат прежнего объёма не означает возврата всего состояния и всех вспомогательных изменений.	Общий механизм сравнения — различить наблюдаемое совпадение отдельной величины и восстановление оговорённого набора условий. Так становится точнее вопрос, какой именно процесс в статье называют обратным.	Точная подготовка обращённого микросостояния и газовое преобразование с устройством — разные операции; ни одно рассуждение не обещает практически восстановить любую прежнюю ситуацию.

Вопрос сравнения	Что утверждают выбранные тексты	Сходство и значение для темы	Точная граница
Чувствительность и направленное отношение	Лебовиц, с. 32 и 38, отличает хаотическое поведение систем с малым числом степеней свободы от макроскопической необратимости и обсуждает типичное, а не только усреднённое поведение. Либ и Ингвасон, с. 2–4, формулируют отношение доступности между заданными состояниями и отдельно задают составление и масштабирование систем.	Оба подхода требуют структуры описания, но отвечают на разные вопросы: как поведение зависит от подготовки и какие преобразования считаются доступными. Для темы это препятствует подмене термодинамического направления одной непредсказуемостью.	Чувствительность к возмущению не является отношением адиабатической доступности. Хаос сам по себе не задаёт стрелу времени, а правила масштабирования нельзя переносить на личное решение.
Граница системы и общий учёт	Лебовиц, с. 36–37, включает экспериментатора и аппарат в обсуждение описания процесса и различает используемые энтропии. У Либа и Ингвасона, с. 6–7, энтропия составной системы аддитивна, а направленное ограничение относится к оговорённому общему преобразованию.	Сходство состоит в необходимости определить, что вошло в рассматриваемое целое. Оно помогает отделить локальное восстановление от утверждения о совместном изменении системы и участвующих средств.	Монотонность общей величины не требует одинакового знака каждого слагаемого. В этой статье из неё не выводится измеренная энтропия дома, сознания или отношений; предмет и предпосылки физического учёта сохраняются.

Вопрос сравнения	Что утверждают выбранные тексты	Сходство и значение для темы	Точная граница
Критерий полного возврата и отдельная аналогия UW	Лебовиц, с. 37, оговаривает обращение скоростей и условия изоляции при обсуждении обратного движения. Либ и Ингвасон, с. 4–5, требуют возвращения вспомогательного устройства в исходное состояние, допуская оговорённое изменение положения груза.	Оба источника делают критерий возврата зависимым от явно названных переменных и средств. Статья использует это различение как повод отдельно назвать критерии исправления записи, уведомления и согласия в собственном примере UW.	Жизненный пример не следует из физической теоремы. Ответственность и доступное исправление требуют собственных оснований; энтропия не предписывает принятие, прощение или фатализм.

Первоисточники

1. Joel L. Lebowitz. Boltzmann's Entropy and Time's Arrow. Physics Today, 46, сентябрь 1993, с. 32–38; оригинальный английский текст, институциональная копия. Обратимость и макроскопическое описание; релятивистские вопросы исключены, космологические предположения не принимаются как текущий результат.

2. Elliott H. Lieb, Jakob Yngvason. A Guide to Entropy and the Second Law of Thermodynamics. Авторский препринт, arXiv:math-ph/9805005v1, 6 мая 1998; заголовок рукописи 27 февраля 1998. С. 1–8 и начало с. 9: равновесные состояния, доступность, предпосылки и формулировка теоремы 1. Полное доказательство и остальная работа вне статьи.

Теги

обратимость, необратимость, время, физика, статистическая механика, термодинамика, энтропия, микросостояние, макросостояние, траектория, начальные условия, подготовка, доступность, равновесие, адиабатический процесс, граница системы, Лебовиц, Либ, Ингвасон, модель, направление времени, критерий результата, последствия, исправление, Путь, согласие, пределы аналогии, фатализм

Про авторов

Andrey Zarinsh — автор и основатель проекта United Wisdom. Исследует темы внутренней трансформации, единства традиций, межкультурного диалога и современной духовной дисциплины. Instagram: @andrey.zarinsh.

Maria Evilkut — соавтор United Wisdom. Помимо исследовательской работы, она стремится проверять эти идеи на практике и наблюдать, как принципы единства и взаимопонимания работают в реальной жизни между людьми и культурами. Instagram: @ilkutki.