

## **Действующие и целевые причины в принципе наименьшего действия.**

Терехович Владислав Эрикович

Кафедра философии науки и техники, Философский факультет,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
[v.terekhovich@gmail.com](mailto:v.terekhovich@gmail.com)

*В физическом принципе наименьшего действия одновременно используются два типа описания – через действующие и через целевые причины. Если этот принцип рассматривать не как удобный математический формализм, а как частный случай квантовых «интегралов по траекториям» в их реалистической интерпретации, то вместо действующей или целевой причинности можно рассматривать причинность вероятностную, а детерминизм и телеологию заменить интерференцией возможных движений.*

### **Введение.**

Экстремальные принципы в природе – одна из областей знания, где наука и философия не могут обойтись друг без друга. Экстремальные принципы<sup>1</sup>, как известно, используются в большинстве областей знания. Их можно объединить простой формулировкой: действительное состояние любой системы реализуется при экстремальных значениях ее основных характеристик [2, с. 205]. Самый известный экстремальный принцип – принцип наименьшего действия – находится в основании всех современных физических наук: классической, релятивистской и квантовой механики, электродинамики, термодинамики, теории поля, космологии и т.д.<sup>2</sup>

Почти все варианты этого принципа можно свести к общей форме: действительное состояние или траектория движения физической системы отличаются от всех состояний или траекторий, возможных при данных условиях тем, что величина действия<sup>3</sup> является

---

<sup>1</sup> Эти принципы еще называют вариационными, поскольку их практическое применение основано на вариационном исчислении.

<sup>2</sup> В «Энциклопедии физики» утверждается, что этот принцип находится в ядре большей части современной физики [42, р. 840-842]. Даже закон сохранения энергии и другие законы сохранения могут быть получены из действия и вариационных принципов [39].

<sup>3</sup> Для разных форм движения действие вычисляется различными способами, но его размерность всегда одна и та же – «энергия × время».

стационарной (не меняется во времени)<sup>4</sup> и принимает экстремальное значение. Иначе говоря, система ведёт себя таким образом, чтобы ее действие было минимальным (или максимальным) из всех возможных при данных условиях.

Одна из причин, по которой к философским обобщениям принципа наименьшего действия всегда относились насторожено, – призрак целевой причины. Обоснование принципа простотой и совершенством природы, понимаемыми телеологически, не вписывалось ни в одну научную парадигму, и постепенно принцип превратился в эвристическое правило, формально требующее от ученых в любых явлениях искать простоту и экономию, можно сказать, «простота осталась без природы» [2, с. 217]. Налет мистической телеологии – до сих пор одна из причин слабого интереса к экстремальным или вариационным принципам. Вся история развития данных принципов связана с попытками отстоять или опровергнуть их телеологическую интерпретацию. Ученые все еще не могут объяснить, каким образом, не нарушая научной строгости, совместить в принципе наименьшего действия два типа описания – причинное через действующие причины и целевое через причины конечные? Так и неясно – какое из них первично? Особенно много споров вызывает проблема соотношения действующих и конечных причин применительно к неживым объектам.

Поскольку принцип наименьшего действия – один из наиболее общих физических принципов природы, можно предположить, что решение проблемы соотношения действующей и целевой причинности для этого принципа поможет решить эту же философскую проблему в целом. Один из вариантов такого решения описан ниже.

### **Принцип наименьшего действия.**

Принципом наименьшего действия восхищались и посвящали ему отдельные научные работы Л. Эйлер, Ж. Лагранж, Ж. Даламбер, У. Гамильтон, К. Гаусс, Г. Герц, Г. Гельмгольц, А. Пуанкаре, А. Эйнштейн, Э. Шредингер, М. Планк, Р. Фейнман и многие другие<sup>5</sup>. По мнению Эйнштейна, всю общую теорию относительности можно разработать на основе именно этого «одного-единственного вариационного принципа» [37, с. 524]. Из принципа наименьшего действия легко выводятся все законы геометрической оптики. Уравнения движения в механике Ньютона являются следствием этого принципа. Движение заряженной релятивистской частицы в любом поле просто и элегантно описывается одним этим принципом [14, с. 102-105]. Наконец, используя этот принцип, Р. Фейнман предложил

---

<sup>4</sup> Поэтому его иногда называют принципом стационарного действия.

<sup>5</sup> Большинство этих работ и их анализ содержатся в исследованиях Л.С. Полака [6], [25].

способ, как можно объяснить связь классического и квантового описания физического мира [40, p. 119]. За использование этой идеи в создании квантовой электродинамики в 1965 году ему присудили Нобелевскую премию.

Несмотря на такую универсальность принципа наименьшего действия, остается загадкой, на каком основании мы можем так широко его использовать и доверять получаемым результатам? Л.С. Полак заметил, что «мы не знаем еще, почему из известных нам физических явлений природы значительная часть укладывается в вариационную схему» [25, с. 258]. По мнению Л.Н. Цехмистро, несмотря на всю исключительность принципа стационарности действия, в настоящее время не существует никаких теоретических разъяснений поразительной успешности и плодотворности его применения, им просто пользуются, ибо реальное движение в физических системах всегда подчиняется ему, а почему — неизвестно [34]. В.П. Визгин говорит о непостижимой эффективности аналитической механики, главным ядром которой стали лагранжевы и гамильтоновы формализмы, а также серия вариационных принципов [7, с. 17].

На протяжении двух с половиной столетий использование принципа наименьшего действия было основано на универсальном научном методе – аналогии. В разное время это были: оптико-механическая аналогия, аналогия математическая или геометрическая и, наконец, аналогия вероятностная. Однако любая аналогия должна иметь какое-то основание [27, с. 63-69]. Интересно, что ни одна область науки не считает принцип наименьшего действия предметом своего исследования, принимая его либо как аксиому, либо как проверенный временем формальный метод. Причина в том, что по своей сути это принцип философский и изучаться может путем философского обобщения [31].

### **Действующая и целевая причины.**

Со времен Аристотеля в природе принято выделять четыре вида причин: действующая, материальная, формальная и конечная (целевая) [1, с. 146]. В зависимости от соотношения видов причин различные философские концепции условно делятся на телеологию и детерминизм<sup>6</sup>. В отличие от детерминизма, телеология или учение о целях утверждает, что возникновение и существование любых объектов и их свойств определяются не действующими, а конечными причинами или целями. Сторонники детерминизма не отрицают существования причин конечных, а сторонники телеологии не отрицают существования действующих причин. Но детерминизм настаивает на том, что там, где на

---

<sup>6</sup> О типах и проблемах телеологии и детерминизма см. работы М. Бунге [5], Д. Бома [3], Я. Лукасевича [17], Е.А. Мамчур [18, с. 248].

поверхности мы видим действие конечных причин или целей, в глубине надо искать действующие причины. Противоположное утверждает телеология: там, где на поверхности мы видим действующие причины, в глубине надо искать действие конечных причин или целей.

По источнику конечных причин телеологию можно разделить на два направления. В первом считается, что любой объект природы действует сообразно с внутренними конечными причинами или целями. Это относится как к живым, так и к не живым объектам. Например, Лейбниц считал, что существуют только атомы-субстанции (монады), которым присущи внутренние стремления, составляющие принципы изменений [16, с. 404]. Получается, что активная сила или способность действовать присуща всякой телесной субстанции [16, с. 246]. И поэтому «многие действия природы могут быть доказаны двояким путем, именно исходя из действующей причины и затем отправляясь от конечной причины» [16, с. 146].

Во втором направлении телеологии внутренние цели и стремления признаются только у человека и частично у животных. В этом случае для неживых объектов приходится признать внешнюю, божественную конечную причину или целеполагающую силу. Так телеология переходит в теологию. Существует и промежуточная точка зрения. В ней допускается наличие целей и свободной воли у людей (и у некоторых животных), как их неотъемлемого свойства, но не связанного с каким-то внешним источником. Для всех прочих объектов допускается исключительно детерминизм действующих причин.

Например, И. Кант считал, что живые организмы следует понимать как цели природы, и их нельзя мыслить по аналогии с физическими вещами, именно поэтому организмы дают понятию цели объективную реальность и тем самым естествознанию – основу для телеологии [12, с. 401]. Кант выдвинул идею двух типов причинности. Естественная причинность – это связь одного состояния с другим в мире явлений. Свободная причинность вещей в себе – это способность самопроизвольно начинать состояние. В первой – явления прошедшего времени определяют всякое явление в последующем времени так, что если дано предшествующее состояние, то определенное событие неизбежно и необходимо следует за ним [11, с. 266]. Во второй, наоборот, объяснение природы через конечные или целевые причины исключает объяснение из настоящего в будущее. Он признает, что два различных способа объяснения совместимы, но принцип их соединения является трансцендентным. Причем каждый из этих способов в отдельности, всегда будет недостаточен для объяснения природы [12, с. 441].

### **Причинность и принцип наименьшего действия.**

Вернемся к принципу наименьшего действия, согласно которому физическая система перемещается из начального состояния в конечное таким образом, чтобы вдоль этого пути действие было минимальным (реже максимальным). Но откуда система заранее «знает», какой путь ей следует выбрать? Создатель принципа П. Мопертюи был уверен, что именно количество действия является истинной тратой природы, и именно оно как можно более ею выгадывается [20, с. 27]. Источник такой экономии Мопертюи видел в мудрости Творца и целесообразности природы. Поэтому любые физические явления можно объяснить с точки зрения конечных причин природы. С ним соглашался Л. Эйлер [36, с. 746], утверждая, что существует два равноправных пути познания природы – через производящие и через конечные причины [2, с. 22].

Однако уже Ж. Лагранж отказался от любого телеологического и телеологического толкования принципа наименьшего действия, считая его лишь простым и общим выводом из законов механики [13, с. 320]. Такого же мнения придерживался Ж. Д'Аламбер [6, с. 115]. У. Гамильтон не признавал телеологичность своего варианта этого же принципа, поскольку «величина, которая претендует на то, чтобы быть сэкономленной, в действительности часто расточительно расходуется» [2, с. 38]. Г. Герц основывал критику телеологической интерпретации на том факте, что из своего геометризованного варианта принципа он вывел другие принципы наименьшего действия – в формах Мопертюи-Лагранжа, Гамильтона-Остроградского и Якоби. А поскольку в движении по геодезическим линиям не заложено предвидение будущей цели, то и во всех частных случаях этого принципа не может быть скрыта некая цель достижения кратчайшего пути, наименьшей траты энергии или минимального времени.

Подобная точка зрения в рамках парадигмы механического детерминизма господствовала до начала XX века. С развитием термодинамики, биологии, психологии и особенно квантовой механики в XX веке некоторые ученые вновь вернулись к проблеме соотношения действующих и целевых причин в вариационных принципах. Большинство продолжало возражать против их телеологической трактовки. Среди них были А. Эйнштейн и Э. Мах, утверждавший, что «принцип наименьшего действия, как и все прочие принципы механики, исходящие из минимума, выражает одно, а именно, что в соответствующих случаях происходит только то, что при данных условиях может происходить, что ими определено и притом однозначно» [19, с. 324]. С другой стороны, Г. Вейль писал в 1928 году, что нельзя установить никакого различия между причинностью и целесообразностью. А поскольку целесообразность относится не к естественнонаучному, а к метафизическому

истолкованию, то она наряду с причинностью сохраняет полное право на существование [2, с. 185]. М. Планк в работе 1937 года предлагал рассматривать как величайшее чудо, что самая точная формулировка принципа наименьшего действия создает впечатление того, что природа как будто бы управляется разумной, целесообразной волей. Анализируя принцип Ферма, Планк делает вывод, что фотоны ведут себя как разумные существа [43]. По его мнению, речь идет о другой по форме, но, по сути, равноправной точке зрения на причинность. По мнению Дж. Уитроу, раз вариационные и дифференциальные законы могут быть выведены друг из друга, то вариационные принципы физики не обнаруживают преимущества ни перед причинностью, ни перед целесообразностью [30, с. 354-355].

Л.С. Полак отмечал, что в первом и втором законах Ньютона заложен принцип причинности, сформулированный на языке механики и «в то же время эта аксиома Ньютона получается из принципа наименьшего действия, которому усиленно придавалось телеологическое истолкование и который действительно долго сохранял некоторый неприятный привкус «конечных причин». По мнению Полака телеология должна быть отброшена уже потому, что принципы действия являются не минимальными, а вариационными принципами..., т.е. может иметь место минимум, максимум или даже ни минимум и ни максимум» [24, с. 362]. О.С. Разумовский также критиковал телеологический подход к экстремальным принципам, которые, по его мнению, следуют из принципа взаимосвязи категорий наименьшего и наибольшего, основанного на принципах диалектического материализма [27]. В.А. Ассеев считает, что «описание с помощью понятия «конечная причина», опирающееся на интегральные вариационные принципы, является спекуляцией на существовании закономерной связи между начальными и конечными состояниями системы. Более того, описание через конечные состояния является лишь следствием обычного причинного описания, а поэтому вторично по отношению к последнему» [2, с. 194]. Поскольку направленность процессов является результатом действия обычных причинных связей. Ассеев приходит к выводу, что под целеподобными (телеономными) системами и процессами следует понимать системы и процессы, детерминированные их конечными («целевыми») состояниями. Тогда простота природы – частный случай экстремальных принципов, а не наоборот, так же как целесообразность природы – следует из экстремальных закономерностей, выражающих направленность природных процессов, а не наоборот [2, с. 218-228].

Описывая кибернетические системы, У. Эшби отмечал, что «целенаправленное поведение является примером поведения, устойчивого около некоторого состояния равновесия» [38, с. 120], а именно такое поведение описывается вариационными

принципами. М. Бунге указывал, что экстремальные принципы не более чем другие физические законы, указывают на целесообразное поведение, и сопоставление интегралов цели или намерения принадлежит к тому же самому сорту смешения размерностей языка, что и связывание дифференциальных уравнений с причинением [5, с. 102-103]. Рассуждая о соотношении телеологии и принципа наименьшего действия, Л.Н. Цехмистро пишет, что проблема телеологии снимается, если в качестве онтологического основания принципа стационарности действия рассматривать свойство конечной физической неделимости и неразложимости мира. Объективно не может быть иных траекторий, кроме единственной, отвечающей принципу стационарности действия, поскольку остальные как варьирующие величину действия несовместимы с фундаментальным свойством конечной неделимости мира и, следовательно, фиктивны [34, с. 30]. Р. Кунс идет дальше и указывает на прямую связь принципа наименьшего действия с телеологическим объяснением явления жизни [41].

В неравновесной термодинамике и синергетике существует та же проблема, что и в принципе наименьшего действия – проблема соотношения действующих и целевых причин. И это не удивительно, ведь там тоже действуют экстремальные принципы<sup>7</sup>. По мнению И. Пригожина именно «экстремумы термодинамических потенциалов задают состояния-аттракторы, к которым самопроизвольно стремится система» [26, с. 118]. С одной стороны, И. Пригожин считает, что сложность в природе невозможно свести к некоторому принципу глобальной оптимальности. С другой, считает, что в своей погоне за сложностью природа занимает «прагматическую» позицию, в которой существенную роль играет поиск устойчивости [22, с. 88]. При этом «в рамках детерминистического описания проблему возникновения и существования согласованности не удастся даже сформулировать» [22, с. 177]. Чтобы оставаться в рамках господствующей научной парадигмы и преодолеть обвинения в телеологии, синергетика объявляет, что стремление к суператтрактору обусловлено стремлением системы к максимальной устойчивости, а такое стремление является более общим понятием, чем стремление к цели [4, с. 89]. В.С. Степин, анализируя области применения различных типов причинности, отмечает, что для саморазвивающихся систем «уже не хватает ни вероятностной причинности, ни лапласовского детерминизма. Нужно ввести еще понятие целевой причинности. Аттрактор всегда втягивает систему в определенное русло развития, меняя вероятности первоначальных сценариев как возможных направлений эволюции системы. И эти особенности могут быть охарактеризованы как целевая причинность» [29].

---

<sup>7</sup> Например, принципы Дж. Гиббса, Л. Онсагера, И. Пригожина, И. Дьярмати и др. [9].

### **Переход к вероятностной причинности.**

Обобщая, можно заключить, что на сегодня не существует общепризнанного подхода, снимающего противоречия детерминистического описания физических объектов через действующие причины и описания сложных саморазвивающихся систем через целевые причины. Однако, решение, возможно, существует. Как известно, движение физических объектов можно описать несколькими способами [33, с. 154]. С одной стороны, это способ дифференциальных уравнений, опирающийся на детерминизм действующих причин. С другой, это использование принципа наименьшего действия, объединяющее как действующие, так и конечные причины. Уравнения обоих способов эквивалентны и выводятся друг из друга [15, с. 12]. Существует еще один способ, который может не только математически объединить первые два, но и объяснить их. Это, известный всем квантовым физикам, метод «интегралов по траекториям» Р. Фейнмана. Согласно этому методу луч света (точнее, составляющие его фотоны) всегда «выбирает» путь с минимумом действия и минимумом затраченного времени<sup>8</sup> вовсе не потому, что он заранее «знает», каким должен быть этот путь. Оказывается, фотоны движутся сразу по всем возможным траекториям, во всех возможных направлениях, а путь с минимумами действия и времени образуется путем интерференции (или сложения фаз) всех этих возможных траекторий, вне зависимости от «желаний» каждого фотона. В классическом пределе, когда размеры объекта много больше размера квантовых частиц (а величина действия много больше постоянной Планка), метод «интегралов по траекториям» переходит в принцип наименьшего действия. Поскольку в соответствии с указанным методом, траектория с минимальным действием является траекторией с максимальной вероятностью, то именно ее мы наблюдаем как действительную [32, с. 111].

Законы квантового уровня природы имеют принципиально вероятностную форму. Следовательно, можно предположить, что «интегралы по траекториям» дают основание новой – вероятностной трактовке принципа наименьшего действия. Можно также предположить, что существует возможность распространения вероятностного подхода квантовой механики в варианте Фейнмана на все области физики, полагая, что соответствующие этим областям экстремальные принципы также выражают максимальную вероятность той или иной формы движения<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Для фотонов существует две разновидности этого принципа – принцип Ферма и принцип максимального собственного времени.

<sup>9</sup> Идею А. Эддингтона [35, с. 177] о том, что принцип наименьшего действия – это принцип максимальной вероятности подробно развивал Г.Я. Мякишев [21].

С точки зрения действующей причины, тело, брошенное под углом к горизонту, летит по параболе потому, что на него действуют сила тяжести и сила инерции (наличие прочих сил для наших рассуждений не имеет значения). С точки зрения целевых причин, тело летит по параболе потому, что оно стремится к определенной цели – минимизировать свое действие<sup>10</sup>. С точки зрения «интегралов по траекториям», тело максимально использует свою свободу для одновременного движения по всем возможным в данных условиях траекториям<sup>11</sup>. Парабола – всего лишь траектория с максимальной вероятностью – результат интерференции всех возможных траекторий. В последнем способе описания отпадает необходимость в таких привычных понятиях как сила тяготения, инерция и энергия.

Если метод «интегралов по траекториям» рассматривать не как удобный математический формализм, а как онтологическую гипотезу о сущности движения объектов (не только квантовых, но и классических), то вместо действующей или целевой причинности удобнее рассматривать причинность вероятностную, а вместо детерминизма и телеологии – интерференцию возможных движений. Точнее, действующая причина (стремление тела изменять и сохранять свое состояние) и целевая причина (стремление тела максимально использовать свою свободу) остаются. Но к ним добавляются, если следовать терминологии Аристотеля, причина формальная (механизм интерференции возможных траекторий) и материальная (результат интерференции с максимальной вероятностью воспринимается как реальная траектория). Ни одна из четырех причин не имеет привилегии, все работают одновременно.

Однако, решая одну философскую проблему, мы тут же сталкиваемся с другой. Что означает фраза – «одновременное движение по всем возможным траекториям»? Каким образом тело осуществляет это одновременно, т.е. с нулевой разницей во времени? Это одно и то же тело или, может быть, его проекции в разных «мирах»? Поскольку ответа на подобные вопросы пока нет, подавляющее большинство физиков считает, что и принцип наименьшего действия, и «интегралы по траекториям» – не более чем удобные математические формализмы, не имеющие реального физического смысла? В философском сообществе также не принято рассматривать экстремальные принципы даже в качестве кандидата на онтологическую или хотя бы методологическую основу для анализа связей причинности и вероятности<sup>12</sup>. Возможно, именно сейчас настало время для такой работы.

---

<sup>10</sup> В данном случае действие равно разности кинетической и потенциальной энергии тела.

<sup>11</sup> Как образно выразился М. Каку [10], обычное классическое тело успеваеет слетать даже к соседним галактикам.

<sup>12</sup> См. сборник статей «Спонтанность и детерминизм» [28]. В другом сборнике «Причинность и телеономизм в современной естественно-научной парадигме» только в одной статье [23, с. 87] упоминается о роли экстремальных принципов в описании причинности в квантовой физике.

## Литература.

1. Аристотель. Сочинения. Т. 1. – М., 1975.
2. Ассеев В.А. Экстремальные принципы в естествознании и их философское содержание. – Л., 1977.
3. Бом Д. Причинность и случайность в современной физике. – М., 1959.
4. Бранский В.П. Философия физики XX века. Итоги и перспективы. – СПб., 2003.
5. Бунге М. Причинность: Место принципа причинности в современной науке. – М., 1962.
6. Вариационные принципы механики / Под ред. Л.С. Полака. – М., 1959.
7. Визгин В.П. Непостижимая эффективность аналитической механики в физике // Философия физики: Актуальные проблемы. Материалы научной конференции 17–18 июня 2010 года. – М., 2010.
8. Даламбер Ж. Космология // Вариационные принципы механики / Под ред. Л.С. Полака. – М., 1959.
9. Дьярмати И. Неравновесная термодинамика. Теория поля и вариационные принципы. – М., 1974.
10. Каку М. Параллельные миры. Об устройстве мироздания, высших измерениях и будущем Космоса. – М., 2008.
11. Кант И. Соч. в 6 Т. Т. 3. – М.: Мысль, 1966.
12. Кант И. Соч. в 6 Т. Т. 5. – М.: Мысль, 1966.
13. Лагранж Ж. Аналитическая механика. Т. 1. – М.-Л., 1950.
14. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 Т. Т. 2.– М., 2003.
15. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 Т. Т. 1.– М., 2004.
16. Лейбниц Г.В. Соч. в 4 Т. Т. 1. – М., 1982.
17. Лукасевич Я. О детерминизме // Вопросы философии. – 1995. – № 5.
18. Мамчур Е.А. Спонтанность и телеологизм // Спонтанность и детерминизм / В.В. Казютинский, Е.А. Мамчур, Ю.В.Сачков, А.Ю. Севальников и др. Ин-т философии РАН. – М., 2006.
19. Мах Э. Механика. – СПб., 1909.
20. Мопертюи П. Согласование различных законов природы, которые до сих пор казались несовместимыми // Вариационные принципы механики / Под ред. Л. С. Полака. – М., 1959.
21. Мякишев Г.Я. Динамические и статистические закономерности в физике. – М., 1973.
22. Николес Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. – М., 1990.
23. Овчинников Н.Ф. Ограниченность причинности как принципа объяснения // Причинность и телеологизм в современной естественно-научной парадигме / Отв. ред. Е.А. Мамчур, Ю.В.Сачков. – М., 2002.
24. Полак Л.С. Вариационные принципы механики их развитие и применения в физике. М., 2010.
25. Полак Л.С. Гамильтон и принцип стационарности действия. – М.-Л., 1936.
26. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М., 2003.
27. Разумовский О.С. Современный детерминизм и экстремальные принципы в физике. – М., 1975.
28. Спонтанность и детерминизм / В.В. Казютинский, Е.А. Мамчур, Ю.В. Сачков, А.Ю. Севальников и др.; Ин-т философии РАН. – М., 2006.
29. Степин В.С. Творчество А.А. Зиновьева и любовь к мудрости. Доклад на международной конференции «Зиновьевские чтения в Московском университете». 6-7 ноября 2008 года, см.: <http://www.zinoviev.ru/ru/conference/stepin.html>
30. Уитроу Дж. Естественная философия времени. – М., 1964.
31. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 3. – М., 2004.
32. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 6. – М., 2004.
33. Фейнман Р. Характер физических законов. – М., 1987.
34. Цехмистро И.З., Штанько В.И. и др. Концепция целостности. – Харьков: Изд-во Харьковского гос. ун-та, 1987.
35. Эддингтон А. Пространство, время и тяготение. – М., 2003.
36. Эйлер Л. Письмо к Мопертюи от 10 декабря 1745 // Вариационные принципы механики / Под ред. Л. С. Полака. – М., 1959.
37. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в 4 Т. Т. 1. – М., 1965—1966.
38. Эшби У. Введение в кибернетику. – М., 1959.
39. Brizard A.J. An Introduction to Lagrangian Mechanics. – World Scientific, Singapore, 2008.
40. Feynman R. The principle of Least Action in Quantum mechanics // Feynman's thesis: A new approach to quantum theory / Ed.: L. M. Brown. – Hackensack, N.J. et al.: World scientific, 2005. XXII.
41. Koons Robert C. Functionalism without Physicalism: Outline of an Emergentist program. PCID. Journal of ISCID Vol. 2.3., 2003 см.: [www.newdualism.org/papers/R.Koons/Koons\\_NeoFunctionalism\\_103103.pdf](http://www.newdualism.org/papers/R.Koons/Koons_NeoFunctionalism_103103.pdf)
42. Moore Thomas A. in the entry on “least-action principle” in Macmillan Encyclopedia of Physics. Simon & Schuster Macmillan, New York. – 1996. – Vol. 2.
43. Plank M. Religion und Naturwissenschaft. – Leipzig, 1952.