

**А.П. Щербаков**  
molnija2@inbox.ru

## **Вариационный Принцип и Самоорганизация систем**

### **Аннотация**

*В статье. в простом, научно-популярном изложении рассматривается Вариационный Принцип минимума затрачиваемой энергии (наименьшего действия) для стационарных и нестационарных систем и в процессах самоорганизации, играющих ведущую роль в структуре Мироздания.*

**Ключевые слова:** синергетика, самоорганизация, аттрактор, бифуркация, вариационный принцип

### **Введение**

Современной науке известно, что эволюция протекает по максимально экономной траектории в направлении минимума затрачиваемой энергии. Траектория, соответствующая этому, является экстремумом определённого математического выражения, называемого функционалом (функцией от ещё некой функции, а не от числа), отражающего затрачиваемую энергию. Нахождение траектории соответствующей этому экстремуму применяется в физических расчётах, а также для получения новых физических законов, и носит название «Вариационный Принцип» [1]. Как мы знаем, Вариационный Принцип является часто используемым в современной науке. В то же время известно, что максимально экономное состояние достигается при согласованности, синхронности энергообменных процессов, их взаимном дополнении и уравнивании и при отсутствии конфликтов и противостояний как основных источников энергозатрат. Такое состояние взаимодействия мы обычно называем словами «Любовь» или «Гармония».

### **1. Немного истории о Вариационном Принципе**

В первых главах [2] приведён хороший исторический обзор о том как зарождался Вариационный Принцип (Принцип наименьшего действия) в физике. Отдельной темой здесь был поиск математического определения количества действия, но на этой теме мы здесь останавливаться не будем. У истоков Принципа наименьшего действия стояли Лейбниц, Бернулли, Мопертюи, Эйлер, Лагранж, развивая два мировоззренческих направления. Первое состояло в более общем — идеалистическом, теологическом и метафизическом взгляде (Мопертюи, Лейбниц). Разрабатывая Вариационный Принцип они с

самого начала исходили из того что Всевышний, Высший Разум не может допускать нецелесообразные траты энергии. Второе — это попытки науки выйти из под опеки религий и теологии. Эйлер, Лагранж и др. в целом, не возражали, но стремились не тащить теологию туда где это излишне, и где ей нет места. Таким образом, мы видим, что вопрос об общности принципа наименьшего действия уже ставился. В результате оба направления грешили крайностями. В непреодолимом желании уйти от теологии, Лагранж выражал мнение том что Вариационный принцип не более чем способ удобно описать процесс, явно занижая общность и величину своих результатов. В качестве авторитета большего значения, он ссылаясь на Мопертюи, по видимому ещё и из личного дружеского отношения и искреннего уважения к Мопертюи (президенту Физико-математического класса Берлинской Академии). Правильный ответ мы получим если соединим оба мнения. Так, для Высшего Разума нецелесообразно тратить энергию на управление процессами, а более экономно было бы заложить самоуправление процессов ещё на стадии конструирования, используя физические законы обеспечивающие эволюцию. Но с другой стороны, Высшему Разуму для самого себя должно быть целесообразно самому участвовать в этой эволюции, в том числе через нас как Его частиц.

В итоге Вариационный принцип был применён для корпускулярного описания преломления света (принцип Ферма). В квантовой механике Вариационные расчёты используются для стационарных колебательных систем, исходя из факта, что система принимает состояние с минимальной энергией. Это же происходит и формировании электронных оболочек. Но для открытых систем приходится решать уравнение Шрёдингера зависящее от времени, и это требует других подходов. Случаи открытых, диссипативных (рассеивающих) систем мы рассмотрим далее.

## **2. Самоорганизация систем частиц**

Синергетика - это область науки [3], изучающая поведение систем, состоящих из большого числа одинаковых подсистем, таких как электроны, атомы, клетки, животные и даже люди. При определённых условиях взаимодействие таких подсистем приводит к образованию пространственных, временных или пространственно-временных структур, заметных в макроскопических масштабах. Синергетика изучает принципы, управляющие процессами самоорганизации, безотносительно к природе подсистем. Открытые системы, находящиеся под влиянием внешней среды, поддерживают свою целостность и внутреннее равновесие посредством постоянного интенсивного энергообмена с ней, находясь при этом в состоянии самоподдерживающейся Гармонии (резонансе) с собой и с окружающим пространством. Эти состояния меняются дискретно, подобно номеру резонансной гармоник, в зависимости от изменений внешней среды. Эволюционный процесс, согласно Синергетике, а также согласно источнику [3-4], представляет собой периодические переходы (бифуркации) системы между разными состояниями

самоорганизации, своего рода «собственными состояниями» по аналогии с собственными состояниями стационарных колебательных систем, или *аттракторами* (точками притяжения), каждое из которых отличается своим собственным упорядочением внутренних процессов.

Картина (теория) Ландау-Хопфа, описывает последовательность бифуркаций из тора в тор, в некотором фазовом пространстве состояний. При бифуркациях изменяется мерность этих колебаний (а значит и мерность тора в фазовом пространстве). Таким образом, картина Ландау-Хопфа описывает путь к турбулентности — бесконечномерному фрактальному вихрю. На практике, система частиц входит в неупорядоченное, хаотичное движение после достижения определённой моды (мерности тора) с достаточно невысоким номером. В зависимости от свойств системы частиц, этот хаос может наступать раньше, или наоборот позже, после прохода системой нескольких собственных состояний.

В качестве хорошего и крайне простого примера таких состояний может служить многомодовый лазер. Такая система перестраивается в одну из определённых мод (режимов), в зависимости от ряда условий.

Процесс Самоорганизации в незамкнутых, диссипативных системах, находящихся в динамическом равновесии за счёт активного метаболизма, имеет общие закономерности безотносительно к типу Пространства, в котором он происходит. Так, в работе Германа Хакена [4], этот процесс наглядно демонстрируется на переходах между аллюрами лошадей. При увеличении скорости движения, начиная с некоторого порога, лошадь резко переходит с шага на «рысь», а при достижении следующего порога — на галоп. Каждый из этих типов движения является самым целесообразным и привычным, отточенным для определённого интервала скорости, учитывающим все колебательные резонансные свойства конечностей, определяемые их длиной, массой и прочими характеристиками. Одним из ведущих параметров, определяющих переходы между состояниями самоорганизации, здесь также является скорость движения. Исследования с помощью электроэнцефалограмм и магнитоэнцефалограмм описанные в работе [4] показали, что процесс формирования «шаблонов» состояний возбуждения в клеточном пространстве нейронов в процессе обучения, и переходы между ними, происходят по подобию процесса самоорганизации в других системах. Эти «шаблоны» не являются какой-либо неспецифической фоновой активностью, а непосредственно связаны с решаемой задачей и «реализуются не отдельными клетками, а являются свойством всей нейронной системы, подобно тому, как характерные структуры в жидкости обусловлены поведением всех молекул» [4, с. 241]. В работе [4] отмечено, что активность головного мозга по сложности неизмеримо превосходит простые физические явления, как тепловая конвекция или когерентное лазерное излучение, **но все эти системы обладают способностью порождать явления, отличающиеся высокой когерентностью в пространстве и времени.** Проявление и наблюдение приборами этих общих закономерностей в разных по сложности системах объясняется единством энергетических законов и ограничений, и единства ряда системных законов Пространства и его геометрии.

### 3. Принцип максимума информации

Данный принцип введён в работе [3]. Главная идея здесь в том что Природа (система) выбирает такие состояния, в которые она может прийти наибольшим количеством способов (траекторий, переходных процессов), но не потому что выше вероятность этого состояния, а потому что при этом рождается больше новой информации. По аналогии с каналом связи — если за один раз можно передать одно из  $N$  состояний, то переданное количество информации, очевидно, будет «один из  $N$ », т. е. прямопропорционально  $N$ . Автор [3], в своём изложении аппарата и принципа Максимума Информации, использует Теорию Информации, и конкретно — энтропийную меру количества информации. Далее, применяя аппарат Вариационного исчисления, множители Лагранжа и т. д., автор проводит вывод, на основе Принципа Максимума Информации, нескольких известных фундаментальных физических соотношений, в качестве примера.

Данная идея является на данный момент новой и нуждается в дальнейшей проработке. Но интересна сама идея о первичности информационных предпосылок в протекании физических процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трифонов, Е. Д. Вариационные принципы в физике / Е. Д. Трифонов // Соросовский образовательный журнал. — 1998. — № 6. — С. 106-111. — Текст : непосредственный.
2. Л.С.Полак. Вариационные принципы механики, их развитие и применение в физике. От классической механики до квантовой теории поля. «Книжныйдом «ЛИБРОКОМ»», 2009, 2017
3. Хакен, Г. Синергетика. Принципы и основы. Перспективы и приложения : монография : в 2-х частях. Часть 1 : Принципы и основы : неравновесные фазовые переходы и самоорганизация в физике, химии и биологии / Г. Хакен ; Штутгартский университет ; пер. с англ. канд. физ.-мат. наук В. И. Емельянова и канд. физ.-мат. наук В. О. Малышенко ; под ред. и с предисл. доктора физ.-мат. наук Ю. Л. Климонтовича, доктора физ.-мат. наук С. М. Осовца. — 2-е изд., доп. — Москва : «URSS : ЛЕНАНД», 2015. — (Синергетика: от прошлого к будущему). — 448 с. — ISBN 978-5-453-00065-4. — Текст : непосредственный.
4. Хакен, Г. Принципы работы головного мозга: синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности. - Издательство: ПЕР СЭ, - 351 с. - ISBN 5-9292-0047-5. — Текст : непосредственный.