

С.И. Якушко

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОНЯТИЙ «ИНФОРМАЦИЯ» И «ЭНТРОПИЯ» В СВЕТЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

*Мы захлёбываемся информацией,  
но жаждем знания.  
И. Дробинин*

Трудно найти понятия более общие для всех наук (не только естественных) и, вместе с тем, иногда носящих оттенок загадочности, чем энтропия и информация.

Мир полон информации! Вся Вселенная переполнена информацией.

В современном мире информация представляет собой один из важнейших ресурсов и, в то же время, одну из движущих сил развития человеческого общества. Информационные процессы, происходящие в материальном мире, живой природе и человеческом обществе, изучаются (или, по крайней мере, учитываются) всеми научными дисциплинами от философии до маркетинга.

Как научная категория информация составляет предмет изучения для самых различных дисциплин: информатики, кибернетики, философии, физики, метеорологии, биологии, теории связи и т.д. Несмотря на это, строго научного определения, что же такое информация, до настоящего времени не существует, а вместо него обычно используют понятие об информации. Понятия отличаются от определений тем, что разные дисциплины в разных областях науки и техники вкладывают в него разный смысл, с тем, чтобы оно в наибольшей степени соответствовало предмету и задачам конкретной дисциплины. Имеется множество определений информации – от наиболее общего философского (*информация есть отражение реального мира*) до наиболее частного прикладного (*информация есть сведения, являющиеся объектом переработки*).

Несмотря на широкую распространенность, понятие информации остается одним из самых дискуссионных в науке, а термин может иметь различные значения в разных отраслях человеческой деятельности. Так, академик Н.Н. Моисеев даже полагал, что в силу широты этого понятия нет и не может быть строгого и достаточно универсального определения информации.

Согласно современным представлениям, информация считается нематериальной, а то, что содержится в структуре объектов, принято называть данными.

Так что же такое «информация»? Попробуем разобраться в этом вопросе в свете системного подхода.

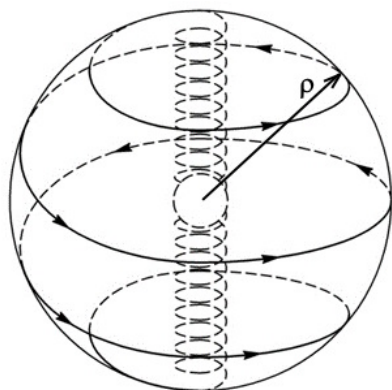
Все что нас окружает – это системы. Мы сами и окружающий нас мир – огромный набор многочисленных систем. Понятие «система» пронизывает все, что наполняет Мир, в котором мы существуем и развиваемся.

Поскольку системы – это всеобщее свойство проявленного мира, то в основе образования систем должен быть единый процесс развития, который реализуется на всех его уровнях! Такой процесс развития детально рассмотрен в монографии «Фундаментальный код Природы» автора статьи [12]. Согласно этому процессу происходит развитие мира, начиная с вакуума (эфира) и заканчивая образованием Вселенной. Это дало возможность сформулировать *Закон развития*, в основе которого и лежит данный процесс. По мере развития процесса путем вращения радиус-вектора вокруг оси выделенного направления формируется система, состоящая из двух подсистем: начальной системы, с которой и началось развитие, и новой системы, находящейся на следующем иерархическом уровне. В целом они образуют новую двойную систему, связанную суммарным электромагнитным вектором  $\rho$  (см. рис. 1).

В результате процесса развития образуется элементарная физическая система (см. рис. 1), которая, как показано в монографии автора [12], лежит в основе образования материального мира. Это так называемые «...опорные элементы мира, которые сочетают в своей структуре две вихревые формы материи – тороидальную и сферическую» [7].

Поскольку «информация фиксируется только на носителе информации» [8], рассмотрим, является ли таким носителем внутренней спиральный объект данной системы, который представляет собой электромагнитную спираль с переменным постоянно уменьшающимся шагом, образуемую суммарным электромагнитным вектором (детальное описание см. монографию автора [12]).

Можно утверждать, что данная спираль обладает свойствами носителя информации.



**Рис. 1 – Элементарная физическая система в равновесном состоянии**

Это подтверждается рядом факторов:

– во-первых, указанная спираль имеет электромагнитную основу. Учеными уже давно установлено, что материальным носителем информации в физическом мире являются электромагнитные волны. Электромагнитный спектр (спектр простых синусоидальных колебаний) представляет своеобразный язык, на котором осуществляются передача и прием информации между физическими системами, в том числе и живыми организмами;

– во-вторых, спиральные формы записи информации широко представлены в природе. Можно с уверенностью сказать, что спиральные структуры – самый распространенный «архитектурный элемент», характерный, прежде всего, для биологических молекул и живых структур [2]. На сегодняшний день наука

только подбирается к этому пониманию, стоит на пороге познания тайн спиралевидной структуры, которая в немалом количестве имеется и в человеке: спиральная структура ДНК является хранителем наследственной информации.

Что же определяет запись такого большого объема информации на молекулы ДНК? Здесь оказывают влияние несколько факторов. Прежде всего, это объемная запись информации, т.е. не на плоскости, как это происходит в современных носителях информации, а в объеме. Именно сложная внутренняя структура данного образования позволяет ему быть носителем значительных объемов информации. Молекула ДНК, по мнению академика Н. Левашова, «представляет собой две спирали, смещенные друг относительно друга по оси. Каждая из этих спиралей создает свой отпечаток на эфирном уровне. Каждый отпечаток в отдельности полностью повторяет форму спирали на физическом уровне. Витки одной спирали заполняют промежутки между витками другой. Вместе они создают своеобразный цилиндр. Причем, поверхность «цилиндра», создаваемая спиралью молекулы ДНК, будет близка к поверхности геометрического цилиндра» [3], что полностью совпадает с рассматриваемым электромагнитным образованием (см. рис. 1)!

Это так называемые объемно-резонирующие структуры, у которых ко всем предыдущим носителям информации можно добавить диаметр, шаг спирали и поляризацию по кругу, что позволяет значительно расширить информационную емкость объемно резонирующих молекул, в том числе и ДНК [4].

Исходя из этого, именно объемная спираль является созданной самой природой структурой, которая обладает возможностью указанной записи информации, поскольку при этом эффективно используется весь объем и структура носителя. Ведь именно пространственная организация определяет ее свойства. И молекула ДНК является вещественным подтверждением этого.

Все это говорит о том, что рассматриваемая электромагнитная спираль является информационно-матрицей с записанной на ней программой развития – внутренний «скелет мира». Она соединяет отдельные точки мгновенных событий в единое целое. Так создаются «каркасы устойчивости», которые еще не проявились как внешние тела, поскольку пространство еще не оформилось [9].

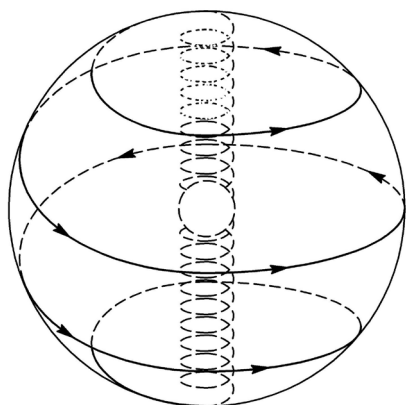
Таким образом, описываемая в настоящей монографии *пространственная электромагнитная спираль является первичным природным носителем информации*, где спиралевидная структура – одна из наиболее удобных форм долговременного хранения информации!

Значит, в рассматриваемой элементарной физической системе заложена Программа ее развития. Отсюда следует, что искомая нами *информация о данном объекте – это реализованная на данный момент Программа его развития*. А поскольку все естественные объекты представляют собой Системы, значит это определение относится ко всем объектам во Вселенной.

Вся указанная спираль заключает в себе информацию о заложенной Программе существования данного объекта от момента его образования до его окончания. Поскольку мы рассматриваем существующий на данный момент объект, значит Программа его развития до конца еще не выполнена (невыполненная часть изображена пунктирной линией на рис. 2).

Каждый объект, как обособленная система, существует, пока идет процесс его развития в соответствии с заложенной Программой. Казалось бы, время существования данного объекта ограничено временем, отпущенным на реализацию данной Программы.

Оказывается – нет! Это имеет место только для изолированных систем. В термодинамике постулируется (как результат обобщения опыта), что изолированная система постепенно приходит в состояние термодинамического равновесия, из которого самопроизвольно выйти не может. Это так называемое нулевое начало термодинамики, согласно которому всякое начальное состояние системы, представляющее нарушенное равновесие, приводит в конце концов к равновесному состоянию (изображено на рис. 1).



**Рис. 2 – Элементарная физическая система в неравновесном состоянии**

Согласно первому постулату нулевого закона термодинамики, макроскопическая система, находящаяся в неизменных внешних условиях, всегда приходит самопроизвольно (?) в состояние термодинамического равновесия.

Слово «самопроизвольно» говорит о том, что до сих пор данное понятие не рассматривалось с физической точки зрения.

На рис. 1 изображена физическая система в состоянии равновесия, т.е. Программа развития данной системы выполнена. К этому приходит любая изолированная физическая система, у которой отсутствует энергоинформационный обмен с окружающей средой.

На рис.2 изображена та же система в неравновесном состоянии (реализованная часть Программы показана сплошной линией, а нереализованная – прерывистой).

Это вариант реальной физической системы, далекой от состояния равновесия. В таком состоянии находятся большинство реальных систем, у которых выполнение Программы находится на разной стадии реализации.

Предложенный подход позволяет сформулировать понятие информация.

Выше было показано, что реализованная часть Программы развития системного объекта несет всю информацию о данном объекте – она показывает, какую часть Программы объект реализовал на данный момент своего существования.

Это дает возможность сформулировать понятие информация в свете системного подхода: *Информация – это величина реализованного на данный момент алгоритма развития системного объекта относительно изначально заданного.*

Обсуждая понятие «информация», невозможно не затронуть другое смежное понятие – «энтропия», поскольку понятие энтропия является базисным понятием всей теории информации.

Энтропия – пожалуй одно из самых сложных для понимания понятий, с которым можно встретиться в курсе физики, по крайней мере если говорить о физике классической [5].

Термин entropia составлен из греческих слов en и tropê, что означает поворот, превращение. Это понятие было введено Клаузиусом, чтобы количественно описать необратимые превращения механической энергии в тепловую, регулируемые вторым началом термодинамики.

В современной науке считается твердо установленным, что энтропия принимает максимальное значение в наиболее неупорядоченных (хаотичных) ансамблях и минимальное – в наиболее упорядоченных.

В настоящее время предложено много трактовок понятия энтропия. Более всего прижилась массовая трактовка энтропии как меры беспорядка.

К сожалению, многие из трактовок понятия энтропия либо ошибочны, либо неточны (размыты), либо тавтологичны. И в этом нет ничего удивительного. Как показывает история науки, формулировка фундаментальных законов природы дело сложное и трудоемкое, требующее развития соответствующего понятийного аппарата не только данной конкретной области, но, как правило, далеко за ее пределами, на что порой уходят века. Поэтому большое число существующих сегодня формулировок трактовок понятия энтропии говорит именно о том, что это понятие до сих пор находится на стадии становления [6].

В Свободной энциклопедии термин энтропия обозначают как меру необратимого рассеивания энергии или бесполезности энергии (потому что не всю энергию системы можно использовать для превращения в какую-нибудь полезную работу).

Предлагается видеть смысл энтропии как скорости ее роста: это величина, скорость возрастания которой является мерой скорости (интенсивности) процессов необратимого превращения друг в друга разных форм энергии. Поскольку потребление энергии означает превращение одной ее формы в другую, т.к. скорость возрастания энтропии характеризует скорость потребления энергии.

В теории информации, энтропия Шеннона – это мера неопределенности, связанной со случайной величиной; определяет количество информации, содержащейся в сообщении.

Встречается еще отождествление энтропии и сложности процесса. Но это не одно и то же.

В настоящее время на практике используют энтропию термодинамическую, алгоритмическую, информационную, дифференциальную, топологическую и др.

Все они различаются с одной стороны, и имеют общую основу с другой. Конечно, каждый вид применяется для решения определенных задач. И, к сожалению, даже в серьезных работах встречаются ошибки в интерпретации результатов расчета. А все связано с тем, что на практике в 90% случаев мы имеем дело с дискретным представлением сигнала непрерывной природы, что существенно влияет на оценку энтропии. Более того, бытует мнение, что, родившись в физике, понятие энтропии в общем случае физическим не является, в равной мере оно является химическим, биологическим или социальным [6].

Несмотря на это, предложим физический подход к объяснению понятия энтропия.

На рис. 2 изображена физическая система в неравновесном состоянии, где реализованная часть Программы развития данного системного объекта показана сплошной линией, а нереализованная – прерывистой.

Выше было показано, что реализованная часть Программы развития системного объекта несет всю информацию о данном объекте. Тогда что же собой представляет нереализованная часть Программы развития системного объекта?

Она показывает, какую часть Программы должен реализовать объект, чтобы перейти в равновесное состояние и на этом закончить свое существование.

Указанный подход позволяет дать физическое объяснение понятию энтропия:

***Энтропия – это величина отношения изначально заданного алгоритма развития системного объекта к нереализованной на данный момент его части.***

Как показано выше, существование любого объекта обусловлено заданной Программой его развития. При этом возникает вопрос: «Развитие объекта происходит постоянно и равномерно, или темп его развития меняется?»

Для этого рассмотрим живые системы, существование которых резко отличается от объектов физики – неживых систем. Живые системы – это открытые системы, через которые проходят потоки вещества и энергии; эти системы находятся в динамическом стационарном состоянии, но в то же время отграничены от окружения структурами, которые затрудняют обмен веществами, сводят к минимуму потери веществ и служат для поддержания пространственного единства системы. Для жизни необходимо также целесообразное, т.е. способствующее сохранению системы, реагирование на воздействия внешней среды. Это основано на способности живых систем к разделению энтропии. Согласно второму закону термодинамики, в природе в целом и в каждой изолированной системе энтропия всегда увеличивается. А так как величина энтропии характеризует степень неупорядоченности, упорядоченность всегда уменьшается. В настоящее время системы, которые способны самостоятельно поддерживать и увеличивать свою очень высокую степень упорядоченности, принято называть живыми. К таким системам относятся прежде всего живые существа. Но живые системы, расходуя энергию, не только поддерживают присущее им состояние упорядоченности – степень организованности, но и еще увеличивают его, например, при росте. Это означает, что в живых организмах энтропия уменьшается [11].

Вот что об этом писал Питер Урон в книге «College Physics» [13]: «Некоторые люди ошибочно применяют второй закон термодинамики, выраженный в терминах энтропии, желая сказать, что существование и эволюция жизни нарушают закон и потому требовали божественного вмешательства... Это правда, что эволюция жизни из мертвой материи до своих нынешних форм являет собой большое убывание энтропии в живых системах».

Эрвин Шредингер, опираясь на уравнения Больцмана, считал, что для упорядочения в открытую систему должна поступать некая «энтропия со знаком минус» («неэнтропия») или какой-то ее носитель, или должна экспортироваться энтропия. Проще говоря, энтропия может убывать в открытой системе, если она вытесняется за пределы системы, или если в эту систему поступает энергия или материя, но не какая угодно, а лишь *способная упорядочить*.

В своей книге «Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки» Э. Шредингер писал: «Каждый процесс, явление, событие, назовите это как хотите, короче говоря, все, что происходит в природе, означает увеличение энтропии той части мира, где это происходит. При этом только живой организм непрерывно производит положительную энтропию». Костяк концепции Э. Шредингера составляют две идеи. Согласно первой, живая система отличается от неживой тем, что является существенно неравновесной, избегая перехода в инертное равновесное состояние.

Далее он говорит: «Именно в силу того, что организм избегает быстрого перехода в инертное состояние «равновесия», он кажется столь загадочным». Если же, пишет он, изолировать или поместить в однородные условия, то «всякое движение очень скоро прекращается в результате разного рода факторов: разности электрических и химических потен-

циалов выравниваются, вещества, которые имеют тенденцию образовывать химические соединения, образуют их, температура становится однообразной благодаря теплопроводности. После этого система в целом угасает, превращается в мертвую массу материи» [10].

Вторая идея, лежащая в основании концепции Шредингера: «Живая система сохраняет неравновесность за счет среды, черпая в ней необходимую неупорядоченность, т.е. негэнтропию». Организм, питаясь, может избежать состояния максимальной энтропии, которое представляет собой смерть, т.е. «оставаться живым, только путем постоянного извлечения из окружающей его среды отрицательной энтропии, которая представляет собой нечто весьма положительное... Отрицательная энтропия – вот то, чем организм питается. Или, чтобы выразить это менее парадоксально, существенно в метаболизме то, что организму удается освободить себя от всей той энтропии, которую он вынужден производить, пока он жив».

То есть все живые системы, являющиеся открытыми, могут импортировать энергию в процессе взаимодействия с внешней средой и тем самым избегать энтропии. Благодаря этому они способны не только выживать, но и образовывать новые, более устойчивые состояния, видоизменяясь в соответствии с возникающими условиями и адаптируясь к ним, достигая негэнтропии.

Выдающимся математиком Н.Н. Моисеевым разработана теория коэволюции человечества и природы. Он подчеркивал: «Несмотря на то, что всякая материальная система, согласно второму началу термодинамики, стремится к состоянию хаоса, как к наиболее вероятному (с точки зрения термодинамики) состоянию, в котором энтропия максимальная, в реальном мире мы наблюдаем *острова стабильности*, то есть системы, чья сложность (организованность) с течением времени не только не уменьшается, но увеличивается». Именно к таким системам относятся все живые системы.

Таким образом, негэнтропия является мерой порядка, упорядоченности внутренней структуры, информации, наличествующей в данной системе, и ее не следует представлять, как энтропию с отрицательным знаком. Необходимо иметь в виду, что в реальной действительности, как в природной, так и в социальной, абсолютно безэнтропийных процессов не бывает. Следовательно, энтропийные потоки и негэнтропийные процессы надлежит рассматривать в их диалектическом взаимодействии. А их принципиальное различие заключается в том, что энтропия – это мера множественности тех состояний системы, о пребывании в которых система должна забыть, а негэнтропия, представляющая собой своеобразный сгусток информации, – это мера множества тех состояний, о пребывании в которых система должна помнить [1].

То есть активное взаимодействие системы с окружающей средой, направляющее полученную из нее информацию на преобразование Программы развития системы, имеет *антиэнтропийную направленность*.

Еще П. Флоренский рассматривал весь окружающий человека мир как арену непрестанной борьбы двух принципов – энтропии, всеобщего уравнивания, и эктропии (логоса), воплощающего в себе информационную энергию. Это энергия прирастающая.

Чернавский Д.С. утверждает, что в ходе эволюции имеет место уменьшение информационной энтропии и увеличение информации [8]. Получается, что справедлив *негэнтропийный принцип информации*.

Исходя из этого можно сделать вывод, что установленные законы для термодинамических систем являются частным случаем более широкого понятия – информационные системы, к которым относятся все естественные системы. Значит ***информационное обновление систем играет фундаментальную роль в долговременном существовании естественных систем мироздания.***

Во всех перечисленных примерах отмечается, что процессы в таких системах децентрализованы и постоянно изменяются. А это в общем случае говорит о том, что в ос-

нове этого лежит внешнее информационное воздействие, т.е. *поступающая в систему информация приводит к перестройке алгоритма развития данной системы, чем обусловлено замедление и даже приостановка процесса развития системного объекта.*

В этом и заключается физическая сущность негэнтропии.

Предложенный системный подход позволяет установить связь энтропии с информацией, отличающейся от принятой в настоящее время.

Из определения информации следует, что информация объекта  $I_{об}$  показывает, какая часть первоначально заданного алгоритма ее развития уже реализована данной системой, т.е. насколько понижена неопределенность первоначально заданного алгоритма развития системы:

$$I_{об} = I_p / I_3$$

где:  $I_3$  – изначально заданный алгоритм развития системы;

$I_p$  – реализованная на данный момент часть заданной информации как программы развития объекта;

Из определения энтропии следует, что энтропия объекта  $H_{об}$  показывает, какова доля нереализованной части первоначально заданного алгоритма развития данной системы, т.е. отражает ту степень неопределенности, которую следует реализовать данному объекту за время его существования:

$$H_{об} = I_3 / I_{н.р.}$$

где:  $I_{н.р.}$  – не реализованная на данный момент часть заданной информации как программы развития объекта.

Поскольку, как следует из определения неравновесной системы (см. рис. 2)

$$I_p = I_3 - I_{н.р.}$$

определим связь энтропии с информацией:

$$I_{об} = I_p / (H \cdot I_3)$$

Отсюда следует, что по мере развития, т.е. существования системного объекта происходит одновременное возрастание как информации об этом объекте, так и его энтропия.

Казалось бы, неожиданный вывод, противоречащий установившемуся взгляду. Но давайте разберемся:

- первое: чем дольше существует объект в виде открытой либо закрытой системы, тем больше она накапливает о себе информации;

- второе: чем больше объект накапливает о себе информации, тем больше он приближается к равновесной системе, при достижении которой развитие данного объекта заканчивается.

То есть любая система, как открытая, так и закрытая, движутся к своему равновесному состоянию, когда прекращается всякая организованная активность; различие между ними заключается лишь в том, что из-за постоянного поступления новой информации процесс развития открытой системы замедляется, что обусловлено необходимостью перестройки алгоритма ее развития.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

1. Информация является одним из основных свойств материи, она вездесуща и содержится в каждом материальном объекте.
2. Информация и энтропия неразрывно связаны, потому что они представляют собой части одного физического процесса.

3. Существуют две взаимно дополнительные характеристики реальных явлений – негэнтропия, или информация, как мера упорядоченности, и энтропия как мера неупорядоченности.
4. Информационное обновление систем играет фундаментальную роль в долговременном существовании естественных систем мироздания.
5. Системный подход позволил дать физическое определение информации, энтропии и негэнтропии:
  - информация – это величина реализованного на данный момент алгоритма развития системного объекта относительно изначально заданного.
  - энтропия – это величина отношения изначально заданного алгоритма развития системного объекта к нереализованной на данный момент его части.
  - физическая сущность негэнтропии заключается в том, что поступающая в систему информация приводит к перестройке алгоритма развития данной системы, чем обусловлено замедление и даже приостановка процесса развития системного объекта.

### **Литература:**

1. Бабосов Е.М. Антиэнтропийная направленность человеческого бытия и социальная энтропия // Социология, № 1, 2011, С. 11-19.
2. Кизель В. А. Физические причины диссимметрии живых систем / В. А. Кизель. – Москва : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 120 с.
3. Левашов Н. Сущность и разум / Н. Левашов. – Москва : Золотой век, 2013. – Т. 1. – 512 с.
4. Мелхиседек Д. Многомерность [Электронный ресурс] / Д. Мелхиседек. – Режим доступа : URL: <http://melhisedek.ru/filosofia-i-mudrost/filosofia/6-mnogomernost>.
5. Тараненко Ю. Энтропия? Это просто. - <https://habr.com/ru/articles/447874/>.
6. Хайтун С.Д. Феномен человека на фоне универсальной эволюции. – М.: КомКнига, 2005. – 536 с.
7. Холманский А.С. Теофизика Солнца / А. С. Холманский // Квантовая магия. – 2007. – Том 4, вып. 2. – С. 2209–2226.
8. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. Динамическая теория информации. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.
9. Шнейдерман Г. А. За горизонтом осознанного мира / Г. А. Шнейдерман. – Изд. «Ника-Центр», 2000. – 608 с.
10. Шредингер Э. Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 92 с.
11. Юрченко В.А. Основы общей биологии. - <https://studfile.net/preview/5532296/>.
12. Якушко С.И. Фундаментальный код Природы. Том 1 // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.24665, 28.07.2018.
13. Paul Peter Urone, College Physics, Brooks/Cole, 2001.