

# ФОРМАЛИЗМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОЦЕНКИ ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ

Макаров Л.М. Email: Makarov1165@scientifictext.ru

*Макаров Леонид Михайлович – кандидат технических наук, профессор,  
кафедра конструирования и производств радиоэлектронных средств,  
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,  
г. Санкт-Петербург*

**Аннотация:** рассмотрена процедура формирования оценки сложности – эмерджентности различных объектов Природы на основе физических концепций о пространственно-временном континууме, понятий и определений абсолютного пространства, обладающего способностью постоянно увеличивать показатель энтропии, который является основополагающим в определении информационного показателя, отражающего эволюционный характер развития пространственно-временных событий материальных объектов. Представлено формальное выражение вычислительной процедуры формирования оценки сложности системы, объекта или процесса.

**Ключевые слова:** сложность – эмерджентность, вычислительная процедура, количественная оценка сложности.

## EMERGENCE EVALUATION CALCULATION FORMALISM

Makarov L.M.

*Makarov Leonid Mikhaylovich - PhD in System analysis, Associate Professor,  
DEPARTMENT OF DESIGNING AND PRODUCTION OF RADIO-ELECTRONIC MEANS,  
ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS OF THE PROF. M.A. BONCH-BRUYEVICH,  
ST. PETERSBURG*

**Abstract:** the procedure of forming a complexity assessment - the emergence of various objects of Nature on the basis of physical concepts about the space-time continuum, concepts and definitions of absolute space, having the ability to constantly increase the entropy index, which is fundamental in determining the information indicator reflecting the evolutionary nature of the development of space-time events of material objects, is considered. A formal expression of a computational procedure for forming an estimate of complexity of a system, object or process is presented.

**Keywords:** complexity - emergence, computational procedure, complexity quantification.

УДК 519.61 + 539.1

Многосторонние представления об окружающем мире создавались человеком на основе наблюдений и сенсорного восприятия. Обобщая накопленный опыт познания, актуализировалась проблема понимания сложности наблюдаемых объектов и процессов. В обозримом периоде эволюции фундаментальных научных концепций эмерджентность, как формальная оценка сложности различных объектов, постоянно актуализировала проблему создания вычислительной процедуры.

Научный социум, развивая средства наблюдения и привлекая к анализу природных объектов и процессов прогрессивные методы, формирует концепцию естествознания, оперирующую как терминами философии, так и математики [1]. Определяя материю как универсальную объективно существующую реальность, очень часто научная мысль ограничивалась существующим потенциалом знаний, способных объяснить и сопоставить различные процессы и явления, распространенные в Природе. Наличие тонких и мало различимых процессов в Природе, фактически не доступных сенсорному восприятию человека, актуализировало развитие вычислительных методов, способствующих формированию убедительных суждений о пространственно-временном континууме. На основе представлений об атоме, базовых понятиях квантовой механики формируется единый концептуальный космологический постулат о происхождении материальных тел и реально наблюдаемых полевых эффектов в Природе. В таком понимании материя является обобщением понятия вещественного и идеального, в силу их относительности [2].

Современные представления о физической форме материи представлены простым уровнем – набором лептонов и кварков, который дополняется уровнем элементарных частиц – протонов и нейтронов, образующих пространственные кластеры атомов и более сложных ансамбли – метagalактики [1]. Физические основы позиционирования материи представлены в двух формах - вещества и поля, которые постулируют наличие массы и энергии, некоторым образом распределенных в пространстве. В теоретической модели пространства допускается наличие изотропных свойств, однако, только при определенных условиях.

Фундаментальная естественная связь массы и энергии определяется известным соотношением Эйнштейна, устанавливающим возможность изучения окружающего мира в терминах энтропии. Энтропия

является хорошим показателем сложности систем. Так, например, в терминах энтропии сложность системы представляется возможным оценить, при условии наличия полного описания всех возможных состояний системы. Практическое осуществление этой процедуры позволяет получить оценку дескриптивной сложности системы. Следует отметить, что получение абсолютного значения искомой оценки сложности, с использованием теоретических основ энтропии, не представляется возможным. Фактически это означает отсутствие верхнего предела оценки сложности, именно для Природных систем. Для искусственно воспроизводимых систем, в ряде случаев, оказывается возможным найти предельную максимальную оценку сложности.

Другой принцип оценки сложности системы реализуется на основе вычисления неопределенности структурных свойств, которые в самом общем понимании характеризуют сложность познания. Недостаточность знаний о структуре изучаемой системы также характеризуется уровнем энтропии. Эта оценка сложности системы естественным образом дополняет дескриптивную оценку. Взаимная обусловленность двух принципов синтеза оценки сложности очевидна. Энтропия и количество информации в задачах оценки систем, создают основы конструирования формального правила синтеза суждения о сложности системы.

В качестве основы положим, что методология построения суждения использует общие физические принципы, реализуемые в пространстве наблюдения. Так, принимая тезис об однородности пространства, декларируется неизменность свойств в установленном объеме наблюдения. Дополняя этот тезис о наличии изотропного свойства пространства, декларируется равнозначность всех векторов, обладающих единым началом.

С позиции математического описания пространства, однородное пространство обладает очень большим количеством точек (элементов), свойства которых абсолютно одинаковые [3]. Типичным примером для плоскости является линия, элементы которой – точки, обладают равными свойствами. Для трехмерного пространства характерно рассмотрение поверхности сферы произвольного радиуса. Это пространство, где каждая точка поверхности характеризуется положительным значением кривизны. Обобщая эти представления, можно сказать, что сферическую поверхность, с условием наличия некоторых ограничений, можно рассматривать как простую типовую модель физического пространства, в котором проводятся наблюдения. Типичным физическим процессом в таком пространстве является распространение света – инициализация светового потока. Модель такого процесса с большой точностью воспроизводит как квантовая механика, в терминах энтропии, так и классическая физика – оптика.

Свет – это электромагнитная волна, характеризуемая вектором напряженности электрического поля  $E$  и вектором напряженности магнитного поля  $H$ . В соответствии с теорией Максвелла, световые волны поперечны. Это значит, что векторы  $E$  и  $H$  взаимно перпендикулярны и колеблются перпендикулярно вектору скорости, направленному к наблюдателю. В плоскости наблюдателя, перпендикулярной вектору скорости, световой вектор трансформируется в зависимости от свойств среды распространения.

Естественный свет отождествляется с оптическим излучением, где колебания светового вектора  $E$  осуществляются во всевозможных направлениях, в плоскости перпендикулярной к вектору распространения светового луча. В плоскости наблюдателя такой световой поток не имеет уникального направления вектора  $E$  и характеризуется окружностью, когда компоненты результирующего вектора  $E_0$  равны.

$$E_x = E_y = E_m$$

Для окружности, как образа лучистого потока, отсутствие возможности выбора наилучшего по направлению вектора  $E$  характеризуется максимальным уровнем неопределенности, что адекватно максимальному значению энтропии. Такое понятие о энтропии хорошо согласуется с теорией Гиббса и Больцмана.

Выделение некоторого направления вектора  $E$  в световом потоке осуществляется процедурой поляризации [1], следствием которой является формирование эллиптического образа, в соответствии с выражением:

$$\begin{aligned} E_x &= E_m \cos(\omega t) \\ E_y &= E_m \cos(\omega t + \varphi), \end{aligned}$$

где:  $E_m=1.0$  ;  $\omega=\pi$  ;  $\varphi=(0, \pi)$

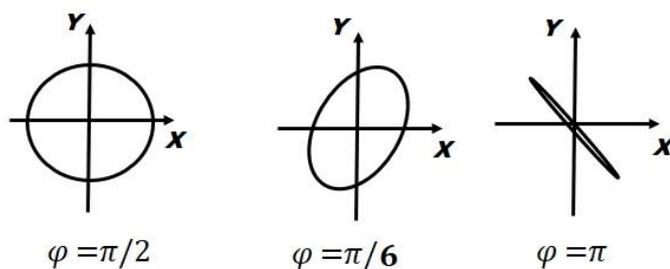


Рис. 1. Поляризация материального светового потока

Среди всех замкнутых кривых с одинаковой длиной, окружность имеет наибольшую площадь. Длина периметра окружности определяется по выражению:

$$L = 2\pi E_m$$

Длина периметра эллипса определяется по выражению:

$$L_p = a(2,28 \left(\frac{b}{a}\right)^{1,308} + 4) \quad (1)$$

Где  $a$  – большая полуось и  $b$  – малая полуось эллипса. При условии  $a=b=1$ , что соответствует  $E_m=1$ , имеем  $L_p \cong 2\pi$ . В случае когда  $a \neq b$  имеем  $L_p \cong \pi$

Выражение (1) позволяет проводить вычисления периметра для разных модификаций окружности на плоскости. Опираясь на представления о материальности лучистого потока, отмечаем, что материя как вещество и поле как электромагнитное излучение являются фундаментальными физическими понятиями. Физические параметры лучистого потока в пространстве, представленные в модели, создают в плоскости наблюдателя геометрический образ. Геометрический образ характеризующий изотропность свойств физического пространства, а следовательно, и высокий уровень энтропии, представлен окружностью. Дуализм понятия материального и полевого фактора создается с использованием естественной константы – числа  $\Pi$ , формирующей базовые понятия о изотропности пространства и законе сохранения момента импульса [1].

Формализм этих понятий объединяется в оценке длины дуги образа, перпендикулярного вектору распространения светового луча, выраженной в угловых единицах радианах.

Действительно, замкнутая линия - периметр окружности, обладает набором точек, трек которых задается с использованием иррационального числа. Это свойство длины окружности аксиоматически устанавливает суждение об отсутствии вычислительного предела длины трека. А следовательно, и об отсутствии возможности приобретения абсолютного знания о размере трека. При этом в случае круговой поляризации, характерной для естественного лучистого потока, отсутствует возможность выбора доминирующего направления вектора  $E$ , что означает наличие высокого уровня энтропии.

С другой стороны, модификация светового потока – переход от классической окружности, в плоскости наблюдателя, к набору эллиптических образов, трансформирует внутреннее пространство окружности – изменяет форму трека периметра. Изменение протяженности периметра окружности можно характеризовать компрессией ( $\frac{b}{a} = \delta$ ) (латинское название *compressio* - сжатие), которая численно определяется соотношением осей  $a$  и  $b$  эллипса. Это характеристика деформации идеализированного пространства с максимальным значением энтропии.

Такая модификация окружности, как базового образа, в котором имеем равенство размеров полуосей, соотносится образом эллипса, характеризующим понижением энтропии. В последующих модификациях окружности можно формировать линейный образ лучистого потока или в пределе получить образ точки, с бесконечно малым радиусом.

Представленные суждения со всей очевидностью убедительно показывают неразрывность определенных энтропии и количества информации. Устанавливая с заданной точностью некоторую базовую оценку энтропии и сопоставляя текущее расчетное значение энтропии для реального объекта, представляется возможным оценить информационную сложность объекта, процесса или явления.

Положим,  $L_0 = \pi$  - базовая оценка сложности системы. Тогда оценка сложности Природного объекта или процесса вычисляется по выражению:

$$L_L = \log_2 \frac{L_0}{L_p} \quad [\text{бит}] \quad (2)$$

Природные объекты, различные по физическим свойствам обладают информационным описанием, а, следовательно, характеризуются определенным показателем сложности  $L_L$ . Размерность  $L_L$  показателя сложности выражается в информационных единицах – битах.

Такая процедура вычисления оценки сложности некоторой системы или объекта создана на классических физических положениях. Идеализируя базовый образ Природного объекта - лучистого потока, мож-

но указать на естественный свет, обладающий круговой поляризацией. Сочетая материалистические и полевые понятия такой образ можно рассматривать как первоисточник современных квантовых концепций эволюции окружающего мира. Опираясь на материальный объект, обладающий высоким уровнем энтропии, в идеализированном представлении, реализованном в форме окружности, формируется процедура неограниченной трансформации формы объекта, которая по физической концепции рассматривается как возможность создания многочисленного набора объектов с эллиптической поляризацией. По существу, такая процедура эквивалентна некоторому модельному изменению материального потока с круговой поляризацией. В таком понимании синтез многочисленных объектов с эллиптической поляризацией следует рассматривать как возможность создания множества объектов, с меньшим уровнем энтропии и большим информационным показателем. Этот тезис достаточно полно реализован в вычислительной процедуре (2), что обеспечивает возможность построения оценок сложности для любых объектов. Выбор естественного Природного объекта – светового потока и создание формального описания в терминах термодинамики и теории информации, убедительно демонстрирует наличие возможности вычисления оценки сложности для обширного списка процессов и явлений.

#### *Список литературы / References*

1. *Савельев И.В.* Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. Т. 3. М.: Наука, 1970.
2. *Макаров Л.М.* Алгоритм позиционирования атомов химических элементов EUROPEAN RESEARCH: INNOVATION IN SCIENCE, EDUCATION AND TECHNOLOGY. Collection of scientific articles XXXIX International scientific and practical conference, 2018. С. 9-16.
3. *Макаров Л.М.* Метрическое пространство атомарных конструкций химических элементов. Наука, техника и образование, 2018. № 8 (49). С. 5-9.