

## Энтропия и фракталы

Кораблев Г.А., Кораблев Р.Г.  
ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА  
Петрова Н.Г.

Агентство информатизации и связи УР

**Аннотация.** Резонансное стационарное состояние структурных процессов происходит при равенстве степеней корпускулярных и волновых взаимодействий.

Формирование фрактальных структур идет при условии равновесного статистического взаимодействия энтропийных и неэнтропийных характеристик всех частиц. Такой принцип в макромире выполняется не только для снежинок Коха, но и во многих других явлениях природы, например при образовании облаков и даже при концентрации пыли в помещении. Это условие выполняется и в микромире, что подтверждается уравнением постоянной Планка [2], уравнениями постоянной тонкой структуры и для числа  $\pi$ .

**Ключевые слова.** Пространственно-энергетический параметр, структурные взаимодействия, энтропийные номограммы, законы термодинамики, обратимые и необратимые процессы, фрактальные системы.

## Entropy and fractals

Korablev G.A., Korablev R.G.  
Izhevsk State Agricultural Academy  
Petrova N.G.

Informatization and Communication Agency of the Udmurt Republic

**Abstract.** The resonance stationary state of structural processes takes place under the condition of equality of degrees of corpuscular and wave interactions. The fractal structures are formed under the condition of equilibrium statistic interaction of entropic and negentropic characteristics of all particles. Such principle is realized not only for snowflakes but also in many other natural phenomena, for example, during the cloud formation and even during dust concentration in premises.

This condition is also fulfilled in microworld that is confirmed by the equations of Plank's constant, fine structure constant and for  $\pi$  number. The conclusions obtained can be used in practice to search for optimal technological solutions.

**Keywords:** spatial-energy parameter, structural interactions, entropic nomograms, laws of thermodynamics, reversible and irreversible processes, fractal systems.

### Введение

В статистической термодинамике энтропия (S) изолированной и находящейся в равновесии системы равна логарифму вероятности нахождения ее в определенном макросостоянии [1]:

$$S = k \ln W, (1)$$

где W -термодинамическая вероятность, равная числу микросостояний, отвечающих данному макросостоянию; k – постоянная Больцмана.

Понятие энтропии вытекает из второго закона термодинамики как критерий направленности процесса и степень неупорядоченности системы. Для оценки направленности термодинамических процессов был проведен анализ характера изменения величины потенциальной энергии по ее знаку для различных потенциальных полей. Было получено:

В системах, в которых взаимодействие идет по градиенту потенциала (корпускулярные процессы), результирующая потенциальная энергия находится по принципу сложения обратных значений соответствующих энергий подсистем. Аналогично рассчитывается приведенная масса для относительного движения изолированной системы двух частиц.

В системах, в которых взаимодействие идет против градиента потенциала (волновые процессы) выполняется алгебраическое сложение их масс и также – соответствующих энергий подсистем (аналогично гамильтониану). Анализ данных положений применительно к фрактальным системам имеет особое значение, поскольку фракталы выполняют важную роль во многих явлениях природы.

В данной работе делается попытка применения понятия энтропии к оценке структурных взаимодействий в процессах конформации фрактальных систем.

### 1. Пространственно-энергетические процессы

Максимальная степень структурного взаимодействия, оцениваемая через коэффициент  $\alpha$ , определяется условием минимального значения  $\alpha$ , которое представляет собой относительную разность эффективных энергий внешних орбиталей взаимодействующих подсистем:

$$\alpha = \frac{P' - P''}{P' + P''} 200\% \quad (2),$$

где P – пространственно-энергетический параметр [2]

Применяя надёжные экспериментальные данные, получена номограмма зависимости степени структурных взаимодействий ( $\rho$ ) от коэффициента  $\alpha$ , единая для широкого класса структур (рис.1). Данный подход дал возможность оценить степень и направление структурных взаимодействий процессов фазообразования, изоморфизма и растворимости в многочисленных системах, в том числе в молекулярных [3-10].

Этот вид номограммы и ее зеркально-симметричный вариант (рис. 2) широко применяются для характеристики многих процессов и явлений в природе, в технике и даже в экономике [11-14].

Номограмм №1 может быть представлена [2] и в виде логарифмической зависимости:

$$\alpha = \beta (\ln \rho)^{-1}, \quad (3)$$

где коэффициент  $\beta$  – постоянная величина для данного класса структур. Таким образом, величина  $\alpha$  обратно пропорциональна логарифму степени структурных взаимодействий и поэтому может характеризоваться как энтропия пространственно-энергетических взаимодействий атомно-молекулярных структур:  $\alpha \equiv S$ .

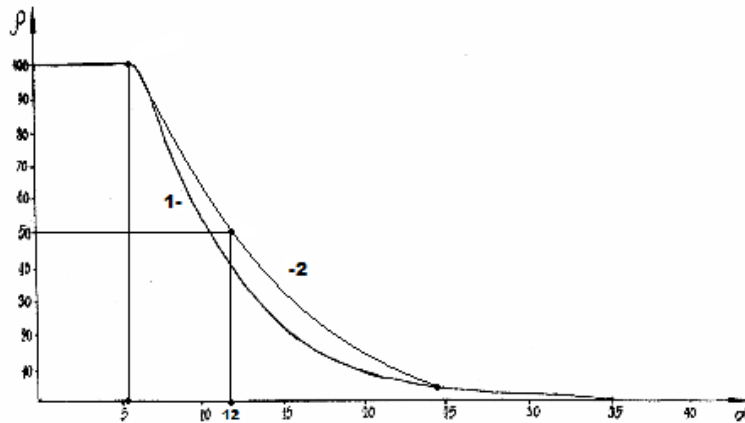


Рис. 1. Номограмма зависимости степени структурных взаимодействий ( $\rho$ ) от коэффициента  $\alpha$

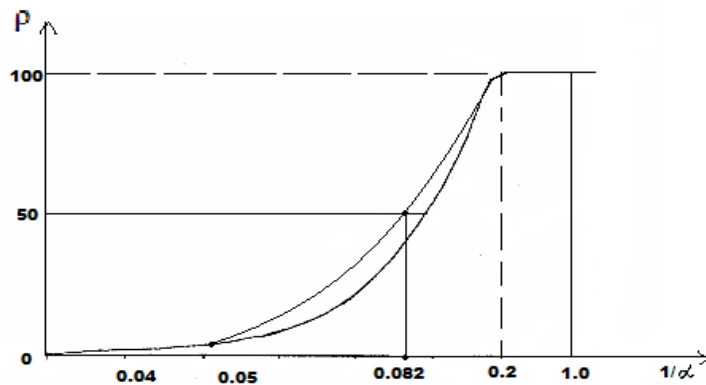


Рис. 2. Номограмма зависимости степени структурных взаимодействий ( $\rho$ ) от коэффициента  $1/\alpha$

### 3. Корпускулярно-волновой механизм и энтропия

По второму началу термодинамики в изолированной системе возможны только те процессы, которые идут с возрастанием энтропии ( $ds$ ):

$$ds \geq dQ/T \quad (4)$$

Где  $dQ$  – изменение тепловой энергии,  $T$  – термодинамическая температура.

В термодинамике различают обратимые и необратимые процессы. Так при необратимом расширении газ переходит от состояния менее вероятного к более вероятному, то есть этот процесс идет по градиенту вероятности. Аналогично необратимым является переход тепла от тела более горячего к более холодному, который тоже идет по градиенту температуры. Как уже было показано корпускулярные взаимодействия идут так же по градиенту поля. Поэтому возникает предположение, что энтропия может является теоретической концепцией корпускулярных процессов.

В открытой системе идет взаимодействие с внешней средой и общее изменение энтропии ( $ds$ ) выражается уравнением:

$$ds = ds_i + ds_e,$$

Здесь  $ds_i$  изменения энтропии в результате процессов внутри системы, по номограмме №1

$ds_e$  изменения неэнтропии, обусловленные взаимодействием с внешней средой по номограмме №2. Тогда за время  $dt$ :

$$\frac{ds}{dt} = \frac{ds_i}{dt} + \frac{ds_e}{dt},$$

Где  $\frac{ds}{dt}$  - общая скорость изменения энтропии открытой системы

$\frac{ds_i}{dt}$  - продукция энтропии,  $\frac{ds_e}{dt}$  - поток энтропии (негэнтропия)

Для динамического стационарного состояния общая скорость изменения энтропии должна быть равна нулю:  
 $ds/dt=0$

И тогда

$$\frac{ds_i}{dt} = -\frac{ds_e}{dt} \quad (5)$$

Таким образом продукция энтропии в стационарном состоянии полностью компенсируется потоком негэнтропии.

Процессы, происходящие в открытой системе – обратимые. К ним, например, относятся все механические процессы, идущие без трения. Но в реальных процессах есть трение и идет переход механической работы в тепло, а это уже необратимый процесс [15]. В тепловой машине есть переход тепла от более холодного тела к более горячему. В этом случае и во всех обратимых процессах выполняется работа против градиента поля. И энтропия соответствующая этим процесса получила названия негэнтропия (отрицательная энтропия). Как было показано, работа системы против градиента поля соответствует волновым процессам, например, в генераторе получения электрического тока.

Такая аналогия в направлениях энтропийных и корпускулярных- волновых процессов позволяет предположить, что энтропия является теоретической концепцией корпускулярных взаимодействий, а негэнтропия- концепцией волновых взаимодействий. Кроме того эта аналогия дает возможность использовать энтропийное уравнение стационарного состояния открытых систем для соответствующих корпускулярно волновых процессов. При этом в тепловой машине выполняется соотношение: «При круговом процессе увеличение энтропии системы от притока теплоты полностью компенсируется уменьшением энтропии при отдаче теплоты, а суммарное значение энтропии равно нулю» [16]:

$$\sum \frac{dQ_1}{T_1} = \sum \frac{dQ_2}{T_2} \quad ds=0 \quad (6, 7)$$

Применительно к корпускулярно волновым процессам условие динамического стационарного состояния есть условие равенства их степеней структурных взаимодействий:

$$\rho_k = \rho_v \quad (8)$$

Графически это условие получается при наложении номограммы №1 (энтропия) на номограмму №2 (негэнтропия), которое дает значение

$$\rho = 50\%.$$

Такое равенство корпускулярных и волновых взаимодействий определяет резонансное стационарное состояние системы, и оно соответствует наиболее оптимальным технологическим вариантам.

Математически и графически (рис.1 и рис.2) стационарное состояние выполняется по уравнению

$$\ln\left(\frac{\rho}{\alpha}\right) = \operatorname{tg}\varphi \quad (9)$$

Где,  $\varphi = 54^\circ 44'$  - геодезический угол

Так, например, для постоянной тонкой структуры это уравнение имеет вид

$$\ln\left(\alpha \frac{P_p}{P_e}\right) = \operatorname{tg}\varphi \quad (10)$$

Здесь:  $P_p = W_p R = 938.2756 \text{ МэВ} \times 0.856 \text{ фм} = 803,107 \text{ МэВфм}$

$$P_e = W_e r = 1.43998 \text{ МэВфм}$$

$\alpha$  - постоянная тонкой структуры

$P_p$  и  $P_e$  - энергетические параметры свободных протона и электрона

$W_p$  и  $W_e$  их энергетические массы

$R$  – размерная характеристика протона [17]

$r$  – классический радиус электрона

Уравнение (10) выполняется в пределах точности исходных данных.

Аналогично получены уравнения для числа  $\pi$ :

$$\ln\left(\frac{4\pi}{3}\right) = \operatorname{tg}\varphi \quad \ln\left(\frac{4\pi^2}{9}\right) = \operatorname{tg}\varphi \quad (11,12)$$

Уравнения (11,12) выполняются с точностью до 1%. Но такие возможные отклонения графически показаны в номограммах №1 и №2.

#### 4. Энтропийные фрактальные системы

Основное определение фрактала следующее: «Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому» [18]. Фракталы широко проявляют себя в природе. Например, облака, морские берега, кора и кроны деревьев. Имеются они и в структурных образованиях: кластеры, полипептидные цепи, плазма. Фрактальная геометрия природы достаточно сложна и разнообразна. Ее изучение и моделирование широко внедряются в различных областях науки и техники. Например, в процессах диффузии и адсорбции, турбулентного течения

жидкости, горения. Исходя из определения фрактала, и с точки зрения физико-химии, электростатически разнородные системы не являются фракталами. Фракталами могут быть или электронейтральные, или одноименно заряженные системы.

Поэтому можно предположить, что основным условием формирования фракталов должно быть примерное равенство их соответствующих энергетических характеристик. В данном подходе степень структурного взаимодействия оценивается через относительную разность энергетических параметров частиц - коэффициент структурного взаимодействия ( $\alpha$ ) по уравнению (2). Очевидно, по этому условию и происходит формирование многих органических структур, в частности полипептидных цепей, которые можно рассматривать как фрактальное образование [2, 4].

На основе уравнений (5) и (8) стабильное состояние каждой отдельной частицы определяется условием равенства ее энтропийной и негэнтропийной составляющих:

$$\Delta S_f = \Delta S_e \quad (13)$$

При статистическом множестве таких же частиц энтропия данной частицы взаимодействует с негэнтропией соседней частицы (с одной стороны), а ее негэнтропия взаимодействует с энтропией соседней частицы (с другой стороны) – рис.№3 по уравнениям:

$$\Delta S'_e = \Delta S''_e \quad \Delta S'_i = \Delta S''_i \quad (14; 15)$$

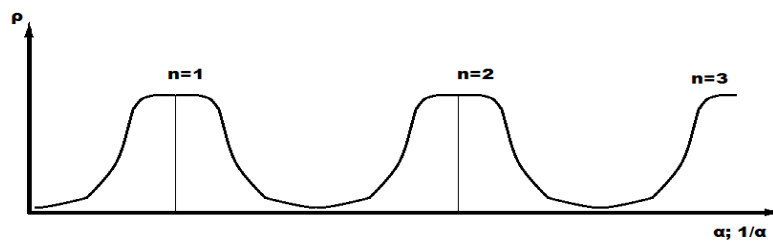


Рис.3. Статистическое взаимодействие энтропийных и негэнтропийных характеристик частиц.

На рис.3 возрастающая часть графика соответствует негэнтропии, а убывающая часть – энтропии. Очевидно, суммарные значения этих параметров определяют изменение общего контура образующейся структуры, который может формально повторяться и в новых более крупных фракталах. Есть различные виды фрактальных кривых на плоскости (Леви, Минковский, Гильберт). Особо популярной и цитируемой является кривая Коха (снежинка Коха). На рис.4 показано поэтапное образование фрактала [19; 20]. Исходным элементом является треугольник ( $n=1$ ), который поэтапно вводится в генератор конформации. Боковые стороны этого треугольника в данном подходе соответствуют энтропийным и негэнтропийным характеристикам частицы. В целом, кривая Коха коррелирует с графиком изменения энтропийных характеристик (рис.3), как по отдельным фрагментам, так и по более крупным образованиям.

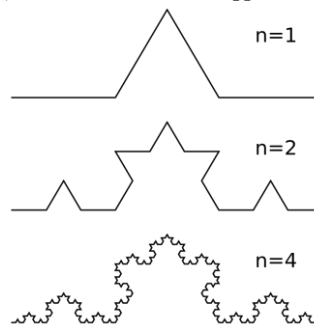


Рис.4 Построение кривой Коха

### Выводы

Резонансное стационарное состояние структурных процессов происходит при условии равенства степеней корпускулярных и волновых взаимодействий – уравнения (5, 8).

Формирование фрактальных структур идет при условии равновесного статистического взаимодействия энтропийных и негэнтропийных характеристик всех частиц. Такой принцип в макромире выполняется не только для снежинок Коха, но и во многих других явлениях природы, например при образовании облаков и даже при концентрации пыли в помещении. Это условие выполняется и в микромире, что подтверждается уравнением Планка [2], уравнениями постоянной тонкой структуры (9) и для числа  $\pi$  (11,12). Однако все факторы, дающие великолепное разнообразие фрактальных картин еще предстоит оценить.

### Литература:

1. Л.А. Грибов, Н.И. Прокофьева. Основы физики. М.: Высшая школа, 1992, 430 с.
2. Кораблев Г.А., Пространственно-энергетические взаимодействия. Монография. Старый Оскол:ТНТ,2018, 132 с.
3. Г.А Кораблев, Р.Я Дебердеев, О.В Стоянов Энергия активации диффузии атомов и молекул в биосистемах, Вестник казанского технологического университета, №5, 2012, с. 133-120.
4. Кораблев Г.А., Заиков Г.Е. Биоструктурные энергетические критерии функциональных состояний. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012, №1(2), с. 118-124

5. Кораблев Г.А., Хохлаков Н.В., Заиков Г.Е., Васильев Ю.Г. Процессы трансформации высокоэнергетических связей в АТФ. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология// Иркутский государственный технический университет, выпуск 2(3), 2012, с. 114-123
6. Кораблев Г.А., Петрова Н.Г., Кодолов В.И., Кораблев Р.Г., Заиков Г.Е., Акмаров П.Б. Номограммы биофизических и экономических процессов. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2014. – № 2 (7). – С. 48–57.
7. Кораблев Г.А., Заиков Г.Е. Пространственно-энергетические характеристики фотосинтеза. Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология – 2014. – № 3 (8). – С. 53–66.
8. Korablev G.A., G.E.Zaikov, N.V. Khokhriakov. Calculation of Bond in Cluster Aqueous Nanostructures. Journal of Characterization and Development of Novel Materials: Volume 5, Number 3/4//Nova Science Publishers, Inc., 2013, pp. 213-218
9. Кораблев Г.А., Заиков Г.Е. Энергетические корреляции сродства к электрону со значениями пространственно-энергетического параметра. Химическая физика и мезоскопия, 2013, т. 15, №3, с. 447-456
10. Korablev G.A. On the equations of motion of planets. *Успехи современной науки*. 2017. Т. 1. № 5. С. 24-27.
11. Korablev G.A., N.G. Petrova A.K. Osipov, G.E. Zaikov. Diversified Demonstration of Entropy. Nev Book Announcement. Nanotechnologies to Nanoindustry. – USA, Winter 2013/14. – Chapter 8. P 120-130.
12. R.G. Korablev, N.G. Petrova, A.K. Osipov, G.E. Zaikov. Entropy Criteria of Structural Interactions and Business Quality. Journal of Nature Science and Sustainable Technology. – 2014. – Volume 8, № 3. – P. 461–468.
13. R.G. Korablev , P.L. Maksimov, E. Ktodzinska, G.E. Zaikov. Entropic nomograms and S-curves. Monomers, Polymers and Composites. Theory and practical applications. USA, Volume II, 2015, pp. 9-21
14. Кораблев Г.А., Васильев Ю.Г., Заиков Г.Е. Гексагональные структуры в наносистемах. Химическая физика и мезоскопия. 2015. Т. 17. № 3. С. 424-429
15. М.В. Чулановская, курс физики для биологов, часть 1, Ленинградский университет, 1972 г, 248.
16. Р.Г. Геворкян, В.В. Шепель Курс общей физики, Высшая школа, 1972 г., 600 стр.
17. Муродян Р.М. Физические и астрофизические константы и их размерные и безразмерные комбинации// ФЭЧАЯ. М.. Атомиздат. 1977. Т.8. В.1. С.175-192.
18. Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991, 260с.
19. Википедия. Фрактал <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Фрактал> 2019, 9с.
20. Фракталы и их прикладной аспект: Метод указания / А.Ф. Дресвянников, М.Е. Колпаков; Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2006. 28 с.

#### References:

1. L.A. Gribov, N.I. Prokof'eva. Osnovy fiziki. M.: Vysshaya shkola, 1992, 430 s.
2. Korablev G.A., Prostranstvenno-energeticheskie vzaimodejstviya. Monografiya. Staryj Oskol: TNT, 2018, 132 s.
3. G.A Korablev, R.YA Deberdeev, O.V Stoyanov Energiya aktivacii diffuzii atomov i molekul v biosistemah, Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, №5, 2012, s. 133-120.
4. Korablev G.A., Zaikov G.E. Biostrukturnye energeticheskie kriterii funkcional'nyh sostoyanij. Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2012, №1(2), s. 118-124
5. Korablev G.A., Hohryakov N.V., Zaikov G.E., Vasil'ev YU.G. Processy transformacii vysokoenergeticheskikh svyazev v ATF. Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya// Irkutskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, vypusk 2(3), 2012, s. 114-123
6. Korablev G.A., Petrova N.G., Kodolov V.I., Korablev R.G., Zaikov G.E., Akmarov P.B. Nomogrammy biofizicheskikh i ekonomicheskikh processov. Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. – 2014. – № 2 (7). – S. 48–57.
7. Korablev G.A., Zaikov G.E. Prostranstvenno-energeticheskie harakteristiki fotosinteza. Izvestiya Vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya – 2014. – № 3 (8). – S. 53–66.
8. Korablev G.A., G.E.Zaikov, N.V. Khokhriakov. Calculation of Bond in Cluster Aqueous Nanostructures. Journal of Characterization and Development of Novel Materials: Volume 5, Number 3/4//Nova Science Publishers, Inc., 2013, pp. 213-218
9. Korablev G.A., Zaikov G.E. Energeticheskie korrelyacii srodstva k elektronu so znacheniyami prostranstvenno-energeticheskogo parametra. Himicheskaya fizika i mezoskopiya, 2013, t. 15, №3, s. 447-456
10. Korablev G.A. On the equations of motion of planets. *Uspexhi sovremennoj nauki*. 2017. Т. 1. № 5. S. 24-27.
11. Korablev G.A., N.G. Petrova A.K. Osipov, G.E. Zaikov. Diversified Demonstration of Entropy. Nev Book Announcement. Nanotechnologies to Nanoindustry. – USA, Winter 2013/14. – Chapter 8. P 120-130.
12. R.G. Korablev, N.G. Petrova, A.K. Osipov, G.E. Zaikov. Entropy Criteria of Structural Interactions and Business Quality. Journal of Nature Science and Sustainable Technology. – 2014. – Volume 8, № 3. – P. 461–468.
13. R.G. Korablev , P.L. Maksimov, E. Ktodzinska, G.E. Zaikov. Entropic nomograms and S-curves. Monomers, Polymers and Composites. Theory and practical applications. USA, Volume II, 2015, rr. 9-21
14. Korablev G.A., Vasil'ev YU.G., Zaikov G.E. Geksagonal'nye struktury v nanosistemah. Himicheskaya fizika i mezokopiya. 2015. Т. 17. № 3. S. 424-429
15. М.В. СHулановская, курс физики для биологов, chast' 1, Leningradskij universitet, 1972 g, 248.
16. R.G. Gevorkyan, V.V SHepel' Kurs obshchej fiziki, Vysshaya shkola, 1972 g., 600 str.
17. Муродян Р.М. Физические и астрофизические константы и их размernые и bezrazmernые kombinacii// FECHAYA. М.. Atomizdat. 1977. Т.8. В.1. С.175-192.
18. Feder E. Fraktaly. М.: Mir, 1991, 260s.
19. Vikipediya. Fraktal <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Fraktal> 2019, 9s.24. 25.
20. Fraktaly i ih prikladnoj aspekt: Metod ukazaniya / A.F. Dresvyannikov, M.E. Kolpakov; Kazan. gos. tekhnol. un-t. Kazan', 2006. 28 s.