

УДК 004.3

И.М. Гуревич, канд. техн. наук*Институт проблем информатики РАН,**Москва, Россия**E-mail: iggurevich@gmail.com***ОЦЕНКА ОБЪЕМА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ (ИНФОРМАЦИИ) В ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦАХ, АТОМАХ И МОЛЕКУЛАХ**

В работе методами информатики получены оценки объемов информации, содержащейся в физических системах, составляющих основу мироздания: элементарных частицах, атомах и молекулах (аминокислотах и азотистых основаниях). Приводятся информационные характеристики «неживого» и «живого» вещества.

Ключевые слова: объем информации, элементарные частицы, аминокислоты, азотистые основания

Введение

Во Вселенной наряду с материей и энергией содержится информация. Носителями информации являются физические системы. Поэтому исследование информационных характеристик физических систем, наряду с физическими характеристиками является важной задачей информатики и физики. Оценки объема неопределенности (информации) в физических системах, в том числе, в элементарных частицах, атомах и молекулах необходимы для формирования ограничений на их формирование и взаимопревращения. Методика оценки объема неопределенности (информации) в физических объектах иерархической структуры заключается в следующем. Сначала оценивается объем неопределенности (информации) в объектах нижнего уровня (лептонах и кварках). Далее оценивается объем неопределенности (информации) в объектах второго уровня. Он равен сумме неопределенности (информации) объектов нижнего уровня плюс объем неопределенности (информации) заключенной в структуре объекта второго уровня иерархии (мезоны, барионы). Затем оценивается объем неопределенности (информации) в объектах следующего уровня, который равен сумме неопределенности (информации) объектов предыдущего уровня плюс объем неопределенности (информации) заключенной в структуре объекта последующего уровня иерархии (атомы). И так далее: молекулы, твердые тела, звезды, галактики, Вселенная, аминокислоты, азотистые основания, клетки, организмы, популяции, общества, цивилизации.

Приводимые оценки получены впервые. Работа основывается на информационном подходе и методах изложенных в книге автора [1] и общепризнанных моделях, описаниях физических систем методами квантовой механики и теории элементарных частиц, изложенных в [2-10].

1. Объем информации в фундаментальных частицах

1. Волновые функции $W^\pm$, Z^0 – бозонов и γ фотона, сформированных калибровочными полями $W_r^{(1)}$, $W_r^{(2)}$, $W_r^{(3)}$, B_r : равны $W^\pm = \frac{W_r^{(1)} \mp W_r^{(2)}}{\sqrt{2}}$, $W_r^{(3)} \cos \theta_W + B_r \sin \theta_W$, $\gamma = -W_r^{(3)} \sin \theta_W + B_r \cos \theta_W$, где θ_W – угол Вайнберга [2, с. 98]. Объем информации в структуре $W^\pm$ – бозонов равен 1 биту. Неопределенность (объем информации) в структурах Z^0 – бозона и фотона, сформированных калибровочными полями $W_r^{(3)}$, B_r : равна $N(Z^0) = N(\gamma) = 0,782172$ бит.

2. Будем считать, что волновые функции лептонов и кварков имеют простейший вид $\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$ [3, 4]. Объем информации в структуре лептонов и кварков 1 бит.

3. Волновая функция фотона с круговой поляризацией $\psi_\gamma = \frac{|x\rangle + i|y\rangle}{\sqrt{2}}$ [4]. Объем информации в структуре фотона с круговой поляризацией 1 бит.

2. Объем информации в элементарных частицах

1. Волновые функции мезонов [5, 6]: Псевдоскалярные мезоны (спины кварка и антикварка антипараллельны).

• Волновая функция пиона π^+ $\varphi(\pi^+) = \frac{1}{\sqrt{2}}[|\bar{n} \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle - |\bar{n} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle]$. Объем информации в структуре пиона π^+ – 1 бит. Объем информации в пионе π^+ – 3 бита.

- Волновая функция пиона π^0 $\varphi(\pi^0) = \frac{1}{2} [|\bar{p} \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle - |\bar{p} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle - |\bar{n} \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle + |\bar{n} \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle]$.

Объем информации в структуре пиона π^0 – 2 бита. Объем информации в пионе π^0 – 4 бита.

- Векторные мезоны (спины кварка и антикварка параллельны): $\varphi(\rho^+, s_z = 0) = \frac{1}{\sqrt{2}} [|\bar{n} \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle + |\bar{n} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle]$, $\varphi(\omega, s_z = +1) = \frac{1}{\sqrt{2}} [|\bar{p} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle + |\bar{n} \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle]$. Объем информации

в структуре мезонов ρ^+ , $\omega(s_z = +1)$ – 1 бит. Объем информации в мезонах ρ^+ , $\omega(s_z = +1)$ – 3 бита.

- $\varphi(\omega, s_z = 0) = \frac{1}{2} [|\bar{p} \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle + |\bar{p} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle + |\bar{n} \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle + |\bar{n} \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle]$. Объем информации в структуре мезона $\omega(s_z = 0)$ – 2 бита. Объем информации в мезоне $\omega(s_z = 0)$ – 4 бита.

Волновые функции барионов [5, 6]:

$$\varphi\left(\Delta^+, s_z = \frac{3}{2}\right) = \frac{1}{\sqrt{3}} [|\bar{p} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle + |\bar{p} \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle + |\bar{n} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle],$$

$$\begin{aligned} \varphi\left(\Delta^+, s_z = \frac{1}{2}\right) = & \frac{1}{3} [|\bar{p} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle + |\bar{p} \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle + |\bar{n} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle] + \\ & + |\bar{p} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle + |\bar{p} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle + |\bar{n} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle + \\ & + |\bar{p} \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle + |\bar{n} \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle + |\bar{n} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle. \end{aligned}$$

Неопределенность (объем информации) в структуре $\varphi\left(\Delta^+, s_z = \frac{3}{2}\right)$ равен 3,17 бита. Полная неопределенность (объем информации) в структуре $\varphi\left(\Delta^+, s_z = \frac{3}{2}\right)$ равен 6,17 бит.

Волновая функция протона со спином «вверх» [5]

$$\begin{aligned} \varphi\left(P, s_z = \frac{1}{2}\right) = & \frac{1}{\sqrt{18}} (2|\bar{p} \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle + 2|\bar{p} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle + 2|\bar{n} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle - \\ & - |\bar{p} \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle - |\bar{p} \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle - |\bar{p} \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle - |\bar{n} \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle - |\bar{n} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle - \\ & - |\bar{p} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle). \end{aligned}$$

Волновая функция нейтрона со спином «вверх»

$$\begin{aligned} \varphi\left(N, s_z = \frac{1}{2}\right) = & \frac{1}{\sqrt{18}} (-2|\bar{n} \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle - 2|\bar{n} \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle |p \downarrow\rangle - 2|\bar{p} \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle + \\ & + |\bar{p} \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle - |\bar{n} \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle + |\bar{n} \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle + |\bar{n} \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle |p \uparrow\rangle + |\bar{p} \uparrow\rangle |n \uparrow\rangle |n \downarrow\rangle + \\ & + |\bar{n} \downarrow\rangle |n \uparrow\rangle |p \uparrow\rangle). \end{aligned}$$

Неопределенность (объем информации) в структуре протона и нейтрона равна 2,837 бита. Полная неопределенность (объем информации) в протоне и нейтрона содержится в структуре протона (нейтрона) и в кварках (по 1 биту в каждом) и равна 5,837 бит.

Примечание 1. Следует добавить, что дополнительная неопределенность содержится в нейтроне из-за того, что он имеет конечное время жизни. $F(t) = \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$ – функция распределения времени жизни нейтрона. $\tau \approx 10^{-8}$ с – среднее время жизни нейтрона. Дополнительная неопределенность нейтрона равна $\log_2 e \cdot \frac{\tau}{\tau_M}$, где τ_M – масштаб времени.

3. Объем информации в элементарных частицах с учетом цветов кварков

Для того, чтобы сохранить принцип Паули, необходимо было ввести для кварков еще одну дополнительную степень свободы. Эта дискретная переменная получила название цвета и приписывается всем кваркам. Цвет имеет 3 возможных значения, обычно это красный (к), зеленый (з) и синий (с). Волновую функцию бозона ψ можно представить как произведение антисимметричной цветовой функции и симметричной пространственной-спиновой-ароматовой. $\psi = \psi_{\text{антисим}}(\text{цвет}) \cdot \psi_{\text{сим}}(\text{простр., спин., аромат})$.

Волновая функция, описывающая цветовую структуру мезонов, имеет вид [6, 7]

$$\psi_{mez} = \frac{1}{\sqrt{3}} (K_{q1} \cdot \bar{K}_{\bar{q}1} + 3_{q2} \cdot \bar{3}_{\bar{q}2} + C_{q3} \cdot \bar{C}_{\bar{q}3}),$$

где $K_{q1}, 3_{q2}, C_{q3}$ – обозначают красное, зеленое, синее состояния кварка.

Волновая функция, описывающая цветовую структуру барионов, имеет вид [6, 7]

$$\psi_{bar} = \frac{1}{\sqrt{6}} (K_{q1} \cdot 3_{q2} \cdot C_{q3} - K_{q1} \cdot C_{q2} \cdot 3_{q3} + C_{q1} \cdot K_{q2} \cdot 3_{q3} - \\ - C_{q1} \cdot 3_{q2} \cdot K_{q3} + 3_{q1} \cdot C_{q2} \cdot K_{q3} - 3_{q1} \cdot K_{q2} \cdot C_{q3}).$$

Цвет добавляет информацию: для мезонов – $\log_2 3 = 1,584962501 \approx 1,585$ бит; для барионов – $\log_2 6 \approx 2,585$ бит;

Получаем:

- Объем информации в структуре пиона π^+ – 1 бит. Объем информации в кварках – 2 бита. Объем цветовой информации – 1,585 бит. Полный объем информации в пионе π^+ – 4,585 бита.
- Объем информации в структуре пиона π^0 – 2 бита. Объем информации в кварках – 2 бита. Объем цветовой информации – 1,585 бит. Полный объем информации в пионе π^0 – 5,585 бита.
- Векторные мезоны (спины кварка и антикварка параллельны). Объем информации в структуре мезонов ρ^+ , $\omega(s_z = +1)$ – 1 бит. Объем информации в кварках – 2 бита. Объем цветовой информации – 1,585 бит. Полный объем информации в мезонах ρ^+ , $\omega(s_z = +1)$ – 4,585 бита.
- Объем информации в структуре мезона $\omega(s_z = 0)$ – 2 бита. Объем информации в кварках – 2 бита. Объем цветовой информации – 1,585 бит. Объем информации в мезоне $\omega(s_z = 0)$ – 5,585 бит.

Неопределенность (объем информации) в структуре $\Phi(\Delta^+, s_z = \frac{3}{2})$ равен 3,17 бита. Объем информации в кварках – 3 бита. Объем цветовой информации – 2,585 бит. Полная неопределенность (объем информации) в структуре $\Phi(\Delta^+, s_z = \frac{3}{2})$ равен 8,755 бит.

Неопределенность (объем информации) в структуре протона и нейтрона равна 2,837 бита. Если учесть неопределенность ориентации спина, то следует добавить 1 бит – 3,837 бита. Объем информации в кварках (по 1 биту в каждом) – 3 бита. Объем цветовой информации – 2,585 бит. Полная неопределенность (объем информации) в протоне и нейтроне содержится в структуре протона (нейтрона), в кварках и в цвете и равна 9,422 бита.

4. Объем информации в атомах

Объем информации в атомах (в протонах, нейтронах и электронах) приведен в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение элемента, порядковый номер	Название элемента	Заряд (атомный номер) – число протонов, электронов	Масса	Число нейтронов	Объем информации в атомах (в протонах, нейтронах и электронах) в битах без учета цвета кварков	Объем информации в атомах (в неориентированных протонах, нейтронах и электронах с учетом цвета кварков) в битах
1	2	3	4	5	6	7
H 1	Водород	1	1,00794	0	7,8	10,422
He 2	Гелий	2	4,0026	2	29,2	39,688
Li 3	Литий	3	6,941	3	43,8	59,532
Be 4	Бериллий	4	9,01218	5	65,2	88,798
B 5	Бор	5	10,811	5	73	99,22
C 6	Углерод	6	12,011	5	80,8	109,642
N 7	Азот	7	14,0067	7	102,2	138,908
O 8	Кислород	8	15,9994	7	110	149,33
F 9	Фтор	9	18,9984	8	124,6	169,174

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Ne 10	Неон	10	20,179	10	146	198,44
Na 11	Натрий	11	22,9897	11	160,6	218,284
Mg 12	Магний	12	24,305	12	175,2	238,128
Al 13	Алюминий	13	26,9815	13	189,8	257,972
Si 14	Кремний	14	28,0855	14	204,4	277,816
P 15	Фосфор	15	30,9737	15	219	297,66
S 16	Сера	16	32,066	16	233,6	317,504
Cl 17	Хлор	17	35,453	18	255	346,77
Ar 18	Аргон	18	39,948	21	283,2	385,458
K 19	Калий	19	39,0983	20	284,2	386,458
Ca 20	Кальций	20	40,078	20	292	396,88
Sc 21	Скандий	21	44,9559	23	320,2	435,568
Ti 22	Титан	22	47,88	25	341,6	464,834
V 23	Ванадий	23	50,9415	27	363	494,1
Cr 24	Хром	24	51,9961	27	370,8	504,522
Mn 25	Марганец	25	54,938	29	392,2	533,788
Fe 26	Железо	26	55,847	29	400	544,21
Co 27	Кобальт	27	58,9332	31	421,4	573,476
Ni 28	Никель	28	58,69	30	422,4	574,476
Cu 29	Медь	29	63,546	34	457,4	622,586
Zn 30	Цинк	30	65,39	35	472	642,43
Ga 31	Галлий	31	69,723	38	500,2	681,118
Ge 32	Германий	32	72,59	40	521,6	710,384
As 33	Мышьяк	33	74,9216	41	536,2	730,228
Se 34	Селен	34	78,96	44	564,4	768,916
Br 35	Бром	35	79,904	44	572,2	779,338
Kr 36	Криптон	36	83,8	47	600,4	818,026
Rb 37	Рубидий	37	85,4678	48	615	837,87
Sr 38	Стронций	38	87,62	49	629,6	857,714
Y 39	Иттрий	39	88,9059	49	637,4	868,136
Zr 40	Цирконий	40	91,224	51	658,8	897,402
Nb 41	Ниобий	41	92,9064	51	666,6	907,824
Mo 42	Молибден	42	95,94	53	688	937,09
Tc 43	Технеций	43	97,9072	54	702,6	956,934
Ru 44	Рутений	44	101,07	57	730,8	995,622
Rh 45	Родий	45	102,905	57	738,6	1006,044
Pd 46	Палладий	46	106,42	60	766,8	1044,732
Ag 47	Серебро	47	107,868	60	774,6	1055,154
Cd 48	Кадмий	48	112,41	64	809,6	1103,264
In 49	Индий	49	114,82	65	824,2	1123,108
Sn 50	Олово	50	118,71	68	852,4	1161,796
Sb 51	Сурьма	51	121,75	70	873,8	1191,062
Te 52	Теллур	52	127,6	75	915,6	1248,594
I 53	Иод	53	126,904	73	909,8	1240,172
Xe 54	Ксенон	54	131,29	77	944,8	1288,282
Cs 55	Цезий	55	132,905	77	952,6	1298,704
Ba 56	Барий	56	137,33	81	987,6	1346,814
La* 57	Лантан	57	138,905	81	995,4	1357,236
Ce 58	Церий	58	140,12	82	1010	1377,08
Pr 59	Празеодим	59	140,9	81	1011	1378,08
Nd 60	Неодим	60	144,24	84	1039,2	1416,768
Pm 61	Прометий	61	147	86	1060,6	1446,034

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Sm 62	Самарий	62	150,35	88	1082	1475,3
Eu 63	Европий	63	151,96	88	1089,8	1485,722
Gd 64	Гадолиний	64	157,25	93	1131,6	1543,254
Tb 65	Тербий	65	158,92	93	1139,4	1553,676
Dy 66	Диспрозий	66	162,5	96	1167,6	1592,364
Ho 67	Гольмий	67	164,93	97	1182,2	1612,208
Er 68	Эрбий	68	167,26	99	1203,6	1641,474
Tm 69	Тулий	69	168,93	99	1211,4	1651,896
Yb 70	Иттербий	70	173,04	103	1246,4	1700,006
Lu 71	Лютеций	71	174,97	103	1254,2	1710,428
Hf 72	Гафний	72	178,49	106	1282,4	1749,116
Ta 73	Тантал	73	180,947	107	1297	1768,96
W 74	Вольфрам	74	183,85	109	1318,4	1798,226
Re 75	Ренетий	75	186,207	111	1339,8	1827,492
Os 76	Осмий	76	190,2	114	1368	1866,18
Ir 77	Иридий	77	192,22	115	1382,6	1886,024
Pt 78	Платина	78	195,08	117	1404	1915,29
Au 79	Золото	79	196,966	117	1411,8	1925,712
Hg 80	Ртуть	80	200,59	120	1440	1964,4
Ti 81	Таллий	81	204,383	123	1468,2	2003,088
Pb 82	Свинец	82	207,2	125	1489,6	2032,354
Bi 83	Висмут	83	208,982	125	1497,4	2042,776
Po 84	Полоний	84	209,987	125	1505,2	2053,198
At 85	Астат	85	222,017	137	1594,6	2176,684
Rn 86	Радон	86	131,29	145	1656,8	2262,482
Fr 87	Франций	87	223,019	136	1603,4	2188,106
Ra 88	Барий	88	226,025	138	1624,8	2217,372
Ac** 89	Актиний	89	227,027	138	1632,6	2227,794
Th 90	Торий	90	232,03	142	1667,6	2275,904
Pa 91	Протактиний	91	231,03	140	1661,8	2267,482
U 92	Уран	92	238,02	146	1710,4	2334,436
Np 93	Нептуний	93	237,04	144	1704,6	2326,014
Pu 94	Плутоний	94	244,06	150	1753,2	2392,968
Am 95	Америций	95	243,06	148	1747,4	2384,546
Cm 96	Кюрий	96	247,07	151	1775,6	2423,234
Bk 97	Берклий	97	247,07	150	1776,6	2424,234
Cf 98	Калифорний	98	251,07	153	1804,8	2462,922
Es 99	Эйнштейний	99	252,08	153	1812,6	2473,344
Fm 100	Фермий	100	257,09	157	1847,6	2521,454
Md 101	Менделеевий	101	258,09	157	1855,4	2531,876
No 102	Нобелий	102	259,1	157	1863,2	2542,298
Lr 103	Лоуренсий	103	260,1	157	1871	2552,72
Rf 104	Резерфордий	104	261	157	1878,8	2563,142
Db 105	Дубний	105	262	157	1886,6	2573,564
Sg106	Сиборговий	106	263	157	1894,4	2583,986
Bh 107	Борий	107	262	157	1902,2	2594,408
Hs 108	Хассий	108	265	157	1910	2604,83
Mt 109	Мейтнерий	109	266	157	1917,8	2615,252
Uun 110	Ун-ун-нулий	110	271	161	1952,8	2663,362

Для атома водорода легко оценить объем информации в структуре атома по его волновой функции. Волновые функции, описывающие состояния водорода в нулевом магнитном поле, соответствующие разным энергетическим уровням ($|I\rangle, |II\rangle, |III\rangle$ уровни с одинаковой максимальной энергией, $|IV\rangle$ – основной уровень с минимальной энергией) имеют вид [4]:

$$\left. \begin{aligned} |I\rangle &= |++\rangle \\ |II\rangle &= \frac{|+-\rangle + |-+\rangle}{2} \\ |III\rangle &= |--\rangle \end{aligned} \right\} \text{ спин } 1, \quad \frac{|IV\rangle = |+-\rangle + |-+\rangle}{2} \text{ спин } 0.$$

В состоянии $|+-\rangle$ первый знак означает направление спина электрона, второй знак направление спина протона (спин электрона направлен вверх, спин протона направлен вниз). В состояниях $|I\rangle, |III\rangle$ объем информации в структуре – 0 бит, Как показано ранее в структуре состояний $|II\rangle, |IV\rangle$ объем информации – 1 бит. Таким образом, атом водорода в основном состоянии ($|IV\rangle$) содержит 11,422 бит (1 бит в структуре атома, 9,422 бит в протоне и 1 бит в электроны). Для оценки объемов информации содержащейся в структуре остальных атомов необходимо знать их волновые функции.

Заметим, что в среднем в атомах на 1 бит информации используется $\approx 1,69 \cdot 10^{-28}$ кг массы вещества (например, в атоме водорода $\approx 1,6 \cdot 10^{-28}$ кг, в атоме лития $\approx 1,93 \cdot 10^{-28}$ кг. Это примерно в $\approx 6 \cdot 10^{11}$ раз больше минимальной массы, необходимой для формирования 1 бита информации при температуре 1 К, которая равна $m_{\min} = \frac{kT}{c^2} \ln 2 = \frac{k}{c^2} \ln 2 \approx 10^{-40}$ кг.

Или примерно в $\approx 6 \cdot 10^9$ раз больше минимальной массы, необходимой для формирования 1 бита информации при температуре 300 К, которая равна $m_{\min} = \frac{kT}{c^2} \ln 2 = \frac{k \cdot 100}{c^2} \ln 2 \approx 10^{-38}$ кг.

5. Объем информации в аминокислотах и азотистых основаниях. Формирование классической информации

Д.С. Чернавский [8], развивая и уточняя идеи Бриллюена различает макроинформацию (макроинформация есть запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных) и микроинформацию (выбор не запоминаемый, то есть тут же забытый). «Свойством запоминания могут обладать только макроскопические системы, состоящие из многих атомов. Системы более высокого иерархического уровня, такие как клетка, популяция, организм, мозг, разумеется, тоже могут быть запоминающими. Механизм запоминания при этом не всегда сводится к генетическому (то есть макромолекулярному). Например, клетка (в частности, нервная), способная функционировать в двух и более устойчивых состояниях, уже является запоминающим устройством. Также можно сказать о популяции и организме.

Классическую информацию будем отождествлять с макроинформацией Д.С. Чернавского. Жизнь – это эффективный способ формирования классической информации (информации, которую можно хранить, копировать). Классическая информация формируется как естественным путем (реализуя процесс создания и развития жизни во Вселенной, в частности, на Земле, так и искусственно (развитыми цивилизациями в процессе жизнедеятельности).

Оценки массы необходимой для формирования одного бита классической информации. Оценим объем классической информации во Вселенной. Для этого сосчитаем массу аминокислот и азотистых оснований, массу, используемую биологическими системами для формирования 1 бита, и избыточность в массах аминокислот и азотистых оснований относительно минимально необходимой массы для формирования 1 бита. Оценка минимально необходимой энергии и массы для формирования 1 бита основана на данных [9] и приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка минимально необходимой энергии и массы для формирования 1 бита

Температура		T = 3K	T = 300K
Минимальная энергия на 1 бит (Дж)	E = kT	4,14199E-23	4,14199E-21
Минимальная масса на 1 бит (кг)	M = kT/c ²	4,60858E-40	4,60858E-38

Оценки массы аминокислот и азотистых оснований используемой для формирования 1 бита и избыточность массы аминокислот и азотистых оснований по отношению к минимальной массе приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценки используемой массы аминокислот и азотистых оснований для формирования информации и избыточность массы аминокислот и азотистых оснований по отношению к минимальной массе

Наименование	Масса (а.е)	Температура плавления мин. (°C)	Масса (кг)	Избыточность T=3	Избыточность T=300
Аминокислоты					
1. Аланин	89,09	295-296	1,48E-25	3,21E+14	3,21E+12
2. Аргинин	174,2	220-222	2,89E-25	6,28E+14	6,28E+12
3. Аспарагиновая кислота	133,1	270	2,21E-25	4,80E+14	4,806E+12
4. Аспарагин	132,12	215	2,19E-25	4,76E+14	4,76E+12
5. Валин	117,16	293	1,94E-25	4,22E+14	4,22E+12
6. Гистидин	155,16	287-288	3,40E-23	7,39E+16	7,39E+14
7. Глицин	75,07	232-236	1,25E-25	2,70E+14	2,70E+12
8. Глутаминовая кислота	147,13	247-249	2,44E-25	5,30E+14	5,30E+12
9. Глутамин	146,15	184	2,43E-25	5,271E+14	5,27E+12
10. Изолейцин	131,17	274-275	2,18E-25	4,73E+14	4,73E+12
11. Лейцин	131,17	293-295	2,18E-25	4,73E+14	4,73E+12
12. Лизин	146,19	172	2,43E-25	5,27E+14	5,27E+12
13. Метионин	149,21	200-240	2,48E-25	5,38E+14	5,384E+12
14. Пролин	115,13	205	1,91E-25	4,15E+14	4,15E+12
15. Серин	105,09	228	1,74E-25	3,79E+14	3,791E+12
16. Тирозин	181,19	290-295	3,01E-25	6,53E+14	6,53E+12
17. Треонин	119,12	253	1,98E-25	4,29E+14	4,29E+12
18. Триптофан	204,22	281-282	3,39E-25	7,36E+14	7,36E+12
19. Фенилаланин	165,19	271-273	2,74E-25	5,95E+14	5,95E+12
20. Цистеин	121,16	178	2,01E-25	4,36E+14	4,364E+12
Сумма	2738,02		3,83E-23	8,32E+16	8,32E+14
Среднее	136,901		1,92E-24	4,16E+15	4,16E+13
Среднее на 1 бит	31,67		4,43E-25	9,62E+14	9,62E+12
Азотистые основания и сахара					
1. Аденин	135,13	360—365	2,24E-25	4,9E+14	4,9E+12
2. Гуанин	151,13	360	2,51E-25	5,4E+14	5,4E+12
3. Тимин	126,11	316-317	2,09E-25	4,5E+14	4,5E+12
4. Цитозин	111,1	320-325	1,84E-25	4E+14	4E+12
5. Урацил	112,1	≥300	1,86E-25	4E+14	4E+12
6. Дезоксирибоза	134		2,22E-25	4,8E+14	4,8E+12
7. Рибоза	150		2,49E-25	5,4E+14	5,4E+12
Сумма	919,57		1,05E-24	3,3E+15	3,3E+13
Среднее	131,367143		2,11E-25	4,7E+14	4,7E+12
Среднее на 1 бит	65,6835714		1,05E-25	1E+14	1E+12

Избыточность массы аминокислот и азотистых оснований по отношению к минимальной массе составляет порядка 10^{15} раз. Избыточность в аминокислотах (в белках) в 4,2 раза больше избыточности в азотистых основаниях (ДНК и РНК). Вместе с тем температура плавления азотистых оснований на 100-200 градусов больше температуры плавления аминокислот. Т.е. аминокислоты (белки) по сравнению с азотистыми основаниями (ДНК и РНК) имеют большую «защищенность» по массе и меньшую по

температуре. Затраты массы на 1 бит, сосчитанные на основе оценок Блюменфельда Л.А. [10], близки к оценкам автора, приведенными в таблице 2.

Поскольку в среднем в атомах на 1 бит информации используется $\approx 1,69 \cdot 10^{-28}$ кг массы вещества, то белки и аминокислоты для формирования 1 бита информации при температуре 1 К используют всего на три порядка больше, чем атомы, при температуре 300 К используют всего на два порядка больше, чем атомы.

Следовательно, кодирование информации аминокислотами и азотистыми основаниями весьма эффективно.

Заключение

- В лептоне содержится 1 бит.
- В кварке содержится 1 бит.
- В фотоне – продукте электрослабого взаимодействия содержится 0,78 бит.
- В фотоне с круговой поляризацией содержится 1 бит.
- В Z^0 -бозоне – продукте электрослабого взаимодействия содержится 0,78 бит.
- В протоне, нейтроне содержится 9,422 бита (с учетом структуры протона, нейтрона, информации в кварках, цветов кварков, различной возможной ориентации спина протона, нейтрона).
- В атоме водорода (1-ый элемент) – 11,422 бита (с учетом структуры атома, информации в протонах, нейтроне).
- В атоме гелия – (2-ой элемент) – 39,688 бит.
- В атоме железа (26-ой элемент) – 544,21 бита.
- В атоме свинца (82-ой элемент) – 2032,354 бита.
- В атоме мейтнерия (109-ый элемент) – 2615,252 бита.

В данном и предыдущих случаях не учитывается структура атомов и внешняя неопределенность электронов.

В среднем в атомах на 1 бит информации используется $\approx 1,69 \cdot 10^{-28}$ кг массы вещества. Это примерно в $\approx 6 \cdot 10^{11}$ раз больше минимальной массы необходимой для формирования 1 бита информации.

- Затраты массы на 1 бит информации, формируемой аминокислотами и азотистыми основаниями составляет 4,43E-25 и 1,05E-25 кг.
- Избыточность классической информации, порождаемой жизнью, по отношению к микроинформации составляет при температуре 300K $\approx 10^{13}$ раз.
- Белки и аминокислоты для формирования 1 бита информации при температуре 1К используют массы всего на три порядка больше, чем атомы. Следовательно, жизнь это эффективный способ формирования классической информации.
- Избыточность классической информации, порождаемой современной цивилизацией, по отношению к микроинформации составляет $\approx 10^{23-25}$ раз. Эффективность природы по формированию классической информации пока превосходят эффективность человека, земной цивилизации в $\approx 10^{10}$ раз.
- Биомасса Земли содержит примерно 10^{40} бит информации. Если использовать 100% массы Земли для формирования живого вещества, то будет сформировано примерно 10^{50} бит классической информации.
- Если использовать 1 % массы Вселенной для формирования живого вещества, то будет сформировано примерно 10^{75} бит классической информации.
- Максимально возможный объем классической информации во Вселенной $\approx 10^{77}$ бит.
- $10^{40} - 10^{77}$ бит – это диапазон возможного объема классической информации во Вселенной, определяемый по известным в настоящее время данным.
- Объем классической информации, формируемой земной цивилизацией $< 10^{30}$ бит/год.
- Объем классической информации, формируемой земной цивилизацией $< 10^{30}$ бит/год.

Приводимые оценки, насколько известно автору, получены впервые и некоторые из них должны быть уточнены при уточнении используемых физических моделей.

Полученные автором оценки объема неопределенности (информации) содержащейся в физических системах будут использоваться в виде исходных данных для описания формирования и взаимопревращения физических систем и для описания физических процессов.

Библиографический список

1. Гуревич И.М. Законы информатики – основа строения и познания сложных систем / И.М. Гуревич. — М.: Изд-во «Торус пресс», 2007. — 400 с.
2. Розенталь И.Л. Геометрия, динамика, Вселенная / И.Л. Розенталь, И.В. Архангельская. — М.: Изд-во «Едиториал УРСС», 2003. — 200 с.
3. Zeilinger A. A Foundational Principle for Quantum Mechanics / A. Zeilinger // Foundations of Physics. — 1999. — № 29 (4). — P. 631–643.
4. Фейнман Р. Квантовая механика. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, Э. Сэндс. — М.: Мир, 1966. — Т. 8. — 272 с.
5. Коккеда Я. Теория кварков / Я. Коккеда. — М.: Мир. 1971. — 342 с.
6. Хелзен Ф. Кварки и лептоны. Введение в физику частиц. / Ф. Хелзен, А. Мартин. — М.: Мир, 1987. — 456 с.
7. Ишханов Б.С. Физика ядра и частиц. XX век: учеб. пособие / Б.С. Ишханов, Э.И. Кэбин. — М.: Изд-во МГУ, 2000. — 74 с.
8. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. / Д.С. Чернавский. — М.: Наука, 2001. — 353 с.
9. Валиев К.А. Квантовые компьютеры: надежда и реальность. / К.А. Валиев, А.А. Кокин. — М.—Ижевск: Науч.-изд. центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. — 352 с.
10. Блюменфельд Л.А. Информация, термодинамика и конструкция биологических систем / Л.А. Блюменфельд // Соросовский образовательный журнал. — 1996. — № 7. — С. 88–92.

Поступила в редакцию 16.04.2009 г.