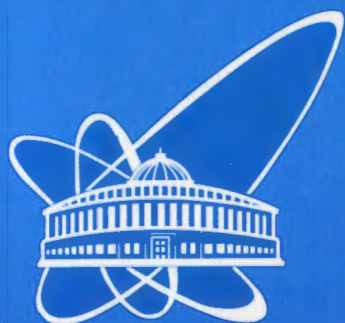


02-91



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

55503

P2-2002-91

А. И. Аношин*

ДВУХФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ
И ФЛУКТОННАЯ МОДЕЛЬ ЯДРА

*НИИЯФ МГУ

2002

1. Введение

Рассмотрение систем элементов любого рода *очень часто* приводит к такому разделению систем, когда большинство элементов с некоторой характеристикой (качественной или количественной) составляет величину, очень близкую к 90%. Насколько известно, общее объяснение с научных позиций этой *объективно существующей* закономерности отсутствует. Та же практика указывает на существование *математических аналогий* при описании явлений различного рода. Последнее используется в науке и технике при изучении хода процессов в системе одного рода изучением аналогичных процессов в системе другого рода. Такое моделирование могло бы быть более распространенным при более широком осознании общей причины возникновения аналогий. Кроме того, нередко оказывается, например в физике ядра и частиц, что *различные* теоретические подходы в определении характеристик (даже не наблюдаемых непосредственно) физических объектов приводят к их численному *совпадению*. При этом может быть обнаружено *количественное* совпадение ненаблюдаемых величин с другими величинами, найденными экспериментально, но не нашедшими теоретического объяснения.

Согласно теоремам Геделя о неполноте, основание любой теории лежит вне ее. Поэтому решению вышеуказанных проблем может помочь их рассмотрение в рамках более широкого подхода, чем конкретно физического. Методологический и математический фундамент такого подхода в основном уже сформулирован, хотя и продолжает развиваться с привлечением новых гипотез. Настоящая работа является попыткой применения более широкого подхода к рассмотрению некоторых проблем, связанных с физикой ядра и частиц.

2. Формулировка общего подхода

Одной из форм материального мира является **система** – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство. Исследование систем разного рода проводится в рамках системного подхода – направления методологии научного познания и социальной практики. Это направление рассматривает объекты как системы и ориентирует исследование на раскрытие целостности объекта, на выявление многообразных типов связей в нем и сведение их в единую теоретическую картину.

Применение единственного объективно существующего критерия различия к элементам системы одного рода разделяет их на два ("дихотомия") типа, фазы и т.п. При этом элементы одной фазы удовлетворяют выбранному критерию, а элементы другой фазы – не удовлетворяют. Двухфазная система является простейшей из гетерофазных. Детальное исследование каждой из двух фаз может привести к обнаружению существования в них гетерофазных подсистем. В этом случае характеристики элементов исходных двух фаз следует рассматривать как результат **усреднения** по характеристикам элементов гетерофазных систем, составляющих каждую из этих двух фаз. Существует многочисленный класс двухфазных систем разного рода (в том числе и нефизических), в которых доля элементов системы, содержащихся в одной из фаз, близка к

$$\varphi = 1 / 10 \quad (1)$$

("дихотомия" приводит к "децимации"). (В случае малого числа элементов, вплоть до одного, то же самое можно сказать о доле времени нахождения системы в одной из фаз.) Эти системы мы будем называть "децимационными". В Приложении 1 даны некоторые примеры таких систем. Величина φ может быть результатом усреднения по времени или по ансамблю событий.

В обзоре [1] отмечается, что фазовые переходы и критические явления, происходящие в **разных** по своей **физической** природе системах, обладают **общими** чертами и могут описываться в рамках **единого** подхода – (физической) теории фазовых переходов. Общность же черт физических систем как частного случая систем **произвольного** рода может быть объяснена как следствие еще более общего свойства последних. Каково же это свойство?

Для (само)организации системы и поддержания ее существования (гомеостаз) необходим **информационный** обмен между ее элементами и внешней средой. Это очевидное утверждение указывает на возможность обратиться за помощью к математической теории связи (информации).

Одним из основных понятий теории информации является информационная энтропия (И.Э.) [2]

$$S = -\sum(p_i \cdot \log_2 p_i) \quad (2)$$

как мера неопределенности какого-либо опыта (испытания), который может иметь разные исходы, p_i – вероятности исходов. В термодинамике энтропия определяет меру

необратимого рассеяния энергии, в статистической физике энтропия – мера вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния. И.Э., как и термодинамическая, обладает свойством аддитивности. Различные трактовки энтропии имеют глубокую внутреннюю связь. Например, из вероятностной трактовки И.Э. могут быть выведены основные распределения статистической физики: каноническое распределение Гиббса, которое соответствует максимальному значению И.Э. при заданной средней энергии, и большое каноническое распределение Гиббса – при заданных средней энергии и числе частиц в системе [3]. В настоящее время методы теории информации успешно применяются не только в таких узкоспециальных науках как физика, лингвистика, психология и т.д., но и в такой общенаучной дисциплине, как синергетика [4] (неравновесные фазовые переходы и самоорганизация в физике, химии, биологии, социологии и т.д.). Очевидно, что область приложения теории информации не имеет ограничений. По-видимому, именно это свойство теории информации является **источником генерации аналогий**.

Из вышесказанного следует, что наиболее общим подходом является изучение **информационных** свойств объектов разного рода, рассматриваемых как **система**. Естественно, что такой подход, позволяя находить наиболее общие закономерности Реальности (напр., "законы Природы"), не претендует на раскрытие конкретных механизмов осуществления этих закономерностей в конкретных объектах. Нередко конкретизация оказывается излишней. Например, излишне рассматривать причину неработоспособности технического устройства или теории, в которых нарушается закон сохранения энергии-импульса.

Целью данной работы является построение правдоподобной **гипотезы**, объясняющей универсальность децимационных систем в виде математической модели, и ее применение к флуктонной модели ядра.

3. Математическая модель децимационной системы

Пусть система, состоящая из A элементов, обладает неким "имуществом" $A\epsilon$. Под "имуществом" понимается количественная величина любого рода. Критерием, разделяющим систему на две фазы, является следующий. Каждый из элементов первой (второй) фазы обладает в M раз ($M > 1$) большим (меньшим) "имуществом", чем при равномерном распределении (ϵ) между всеми элементами, т.е. M имеет смысл

"концентрации имущества". При этом количество элементов первой фазы равно $A \cdot p$, а элементов второй – $A \cdot (1 - p)$, т.е. выполняется следующее равенство:

$$A\varepsilon = (Ap) \cdot (M\varepsilon) + [A(1 - p)] \cdot (\varepsilon M^{-1}) \quad (3)$$

или

$$1 = p \cdot M + (1 - p) \cdot M^{-1}, \quad (4)$$

где p имеет смысл вероятности ($p < 1$).

Чтобы выражения (3) и (4) выполнялись при *любых* значениях M , т.е. были тождествами (требование универсальности), M должно определяться следующим выражением

$$p \cdot (M + 1) = 1. \quad (5)$$

Величины M и M^{-1} в (3) и (4) являются количественными характеристиками различных "качеств" элементов первой и второй фаз.

Наша задача заключается в нахождении такого свойства системы, при котором величина $p = \varphi$, где значение φ определено в (1).

Запишем выражение для И.Э. $S(p)$ двухфазной системы

$$S(p) = -[p \cdot \log_a p + (1 - p) \cdot \log_a (1 - p)], \quad (6)$$

где основание логарифма a – *любое* число (требование универсальности).

Легко убедиться, что, беря первую производную от S по p , получаем следующее соотношение, связывающее выражения (4) и (6),

$$\gamma(dS/dp) = \ln M \quad (\text{где } \gamma = 1 / \log_a e) \quad \text{или} \quad M = e^{\gamma(dS/dp)}. \quad (7)$$

Максимальное значение И.Э. $\max\{S\} = S_1(p_1) = \log_a 2$ достигается при $p = p_1 = 0,5$.

При этом $(dS/dp) = 0$ и $M_1 = 1 = M_1^{-1}$. Последнее означает, что, в соответствии с вышеприведенным критерием выделения фаз, система становится однофазной. Такой же система оказывается и при вероятности $p_0 = 1$ (или равной нулю), а И.Э. становится минимальной $\min\{S\} = S_0(p_0) = 0$. Очевидно, что для того, чтобы искомое значение $p = \varphi$ было каким-то образом выделенным для системы, она должна обладать следующими свойствами: 1) система имеет дискретный спектр значений p_k (и, соответственно, M_k), задаваемый некоторым алгоритмом, где $k = 1, 2, 3, \dots$; $(p_{k-1}) > (p_k)$; 2) из-за неограниченности значений k и наибольшей распространенности величины φ , значение k (при котором $p_k = \varphi$) должно быть минимальным.

Универсальность задачи требует того, чтобы алгоритм, задающий спектр p_k , оперировал только значениями p_k и отношениями значений $S_k(p_k) / S_{k-1}(p_{k-1})$.

Одним из простых алгоритмов, удовлетворяющих этим требованиям, является последовательное применение следующего рекуррентного соотношения

$$S_k(p_k) / \max\{S(p)\} = R_k(p_k) = p_k - 1, \quad (8)$$

где $k = 2, 3, 4, \dots$. Из (8) следует еще более универсально выглядящее соотношение

$$S_k \cdot p_k = S_{k+1} \cdot p_{k+1}, \quad (9)$$

в котором не используется даже величина $\max\{S(p)\}$. Нижеследующие применения этого соотношения указывают на то, что оно является формулировкой столь же общего свойства **информационного "пространства"**, насколько общими являются свойства симметрии **физического пространства-времени**.

При заданной величине $S_k(p_k)$ значения p_k находятся численным решением уравнения (6). Согласно (8), для минимального значения $k = 2$, при котором система становится двухфазной ($M > 1$), получаем уравнение относительно p_2

$$S_2(p_2) = \max\{S(p)\} \cdot (p_1) = 0,5 \cdot \max\{S(p)\} = 0,5 \cdot \log_a 2, \quad (10)$$

решением которого является

$$p_2 = 0,110028 \equiv \varphi(1 + \varphi) \quad (11)$$

[при таком значении p_2 $S_2(p_2) / (0,5 \cdot \log_a 2) = 1,0000009$; $1 / p_2 = 9,0885956$].

Из (11) видно, что построенная математическая модель с точностью до 10% соответствует поставленной задаче. Более доверяя модели, чем экспериментальным оценкам вероятности φ , следует сказать, что именно последние сами справедливы с точностью до $\varphi = 10\%$, что, по-видимому, обусловлено округлением, использующим десятичную систему счисления.

Уравнение (8), приводящее к решению поставленной задачи, можно переформулировать следующим образом. Искомое значение вероятности p определяется из уравнения

$$S(p) = \langle S \rangle, \quad (12)$$

где $\langle S \rangle = 0,5 \cdot [\max\{S\} + \min\{S\}]$, так как $\min\{S\} = 0$.

Очевидно, что при сведении вероятностной части математической модели лишь к уравнению (12) она становится более простой, теряя спектральную часть, но менее общей. Поэтому уравнение (12) можно использовать только для наглядной

интерпретации смысла вероятности p_2 , при которой И.Э. равна среднему арифметическому значению ее максимального и минимального значений.

Если по какой-либо причине в двухфазной системе осуществление состояния с вероятностью $p_2 \equiv \varphi$ (или вообще p_k) запрещено, то другое состояние, реализующее двухфазность, возникнет с меньшей вероятностью p_{k+i} , которую предсказывает, по формуле (8), общая модель. И наоборот, при появлении в однофазной системе с некоторой очень малой вероятностью p_k (и, соответственно, с очень большой величиной концентрации M_k), "зародыша" другой фазы рост И.Э. системы $S_k(p_k)$ и вероятности новой фазы p_k (и убывание значений M_k) будет происходить ступенчато. Ступенчатые изменения $\Delta M_k \equiv M_k - M_i$ означают ступенчатые "качественные" изменения новой фазы.

В табл.1 приведены величины p_k, R_k, M_k при первых пяти значениях k .

Таблица 1

k	1	2	3	4	5
p_k	0,5	0,1100	$1,4595 \cdot 10^{-2}$	$1,3269 \cdot 10^{-3}$	$8,9056 \cdot 10^{-5}$
R_k	1	0,5	0,1099	$1,4595 \cdot 10^{-2}$	$1,3269 \cdot 10^{-3}$
M_k	1	8,0886	67,5180	$7,5267 \cdot 10^2$	$1,1228 \cdot 10^4$

Вследствие универсальности применимости значений p_k их можно считать постоянными типа чисел π, e и т.д.

Кстати, о связи чисел e и π . Если в формуле (6) в качестве основания логарифма взять $a = e$, а в качестве вероятности p подставить $p^* = (p_2 - p_3) + p_4 + p_5 = 9,6849256 \cdot 10^{-2}$ то получаем: $1 - \pi \cdot S(p^*) = 6,453 \cdot 10^{-4}$, т.е. с точностью до 0,06% выполняется следующее соотношение: $[S(p^*)]^{-1} = \pi$. Очевидно, что точность этого соотношения увеличится, если принять

$$p^* = (p_2 - p_3) + \sum p_k, \text{ где } \infty \geq k \geq 4. \quad (13)$$

Таким образом, можно сформулировать следующую теорему о связи чисел e и π :

Если p^* определено в (13), а значения p_k – правилом спектрализации (задания разрешенных дискретных значений) вероятностей (8), то

$$[S(p^*)]^{-1} = -[p^* \cdot \ln p^* + (1 - p^*) \cdot \ln(1 - p^*)]^{-1} = \pi \quad (14)$$

или, в словесной формулировке, обратная величина И.Э. двухфазной системы при вероятности p' равна числу π .

С точностью до 0,1% выполняется следующее соотношение

$$p_1 \cdot p_3 \equiv R_2 \cdot R_3 = \alpha, \quad (15)$$

где $\alpha = e^2 / \hbar c$ – постоянная тонкой структуры.

Как известно, если какая-либо величина является **произведением** нескольких вероятностей, то последние независимы. Фактически это означает, что каждая из вероятностей определена в собственной системе, независимой от других. Системы могут быть математически подобны, но критерии, которыми определяются вероятности в них, – различны. Это напоминание сделано с целью расширения области применения предложенной модели, так как существует множество объектов, вероятности которых отличаются от приведенных в табл.1, но могут быть их произведениями. В этом случае результирующая вероятность является как бы вектором в пространстве с числом измерений $n > 1$. При этом каждому из n измерений соответствует своя ("децимационная") система.

4. Флуктонная модель ядра с позиций модели децимационных систем

Само существование атомных ядер как систем, образованных из первоначально свободных нуклонов, требует некоторого изменения по меньшей мере одной из характеристик последних. Первой такой характеристикой явился *усредненный по всем нуклонам* ядра дефект массы (ϵ) с относительно небольшой величиной $\epsilon/m_N c^2 \sim 8/938 = 0,0085$. Долгое время малость этой величины служила объяснением того, что при высоких энергиях ядро можно рассматривать как совокупность практически несвязанных нуклонов. Однако такое представление находится в очевидном противоречии с признанием того факта, что в основе природы ядерных сил лежит сильное взаимодействие. Для качественного (чисто словесного) согласования используется аналогия с малым, по сравнению с электромагнитным, межмолекулярным (ван-дер-ваальсовым) взаимодействием. Хотя и по сей день справедливы слова Р.Фейнмана о том, что мы не понимаем законов ядерных сил "... и вся задача анализа фундаментального механизма, стоящего за ними, не решена... происхождение сил все равно остается темным" [5].

Количественное решение указанной проблемы возможно при рассмотрении ядра как **двухфазной** системы, в которой нуклоны в "подавляющем" большинстве действительно являются квазисвободными (первая фаза), а нуклоны второй сверхплотной фазы подвержены сильному взаимодействию и, соответственно, имеют дефект массы, значительно превышающий ϵ [6 - 11]. Удержание в ядре нуклонов первой фазы обеспечивается нуклонным обменом между фазами, а сам обмен возможен из-за нетождественности (хотя бы по массе) нуклонов обеих фаз. Именно малость барионного вклада второй фазы в барионное число ядра A являлась препятствием на пути к столь, казалось бы, простому подходу к разрешению вышеуказанной проблемы. Такой подход стал возможным в результате ряда экспериментальных открытий и их теоретического осмысления. Приведем некоторые из них.

Наблюдения упругого рассеяния дейтронов с передачей энергии до 560 МэВ в экспериментах по упругому p - d -рассеянию протонов с энергией 660 МэВ [12] и выбивания дейтронов из легких ядер на пучке протонов 675 МэВ [13] послужили основой для гипотезы Д.И.Блохинцева [14] о существовании флуктонов – кратковременных сверхплотных малонуклонных ассоциаций в ядрах. При этом нуклоны ядра рассматривались как идеальный газ (**невзаимодействующих** частиц), а флуктоны – как флуктуации его плотности. Представление о флуктонах как связанных (**взаимодействующих** между собой) нуклонах начало формироваться после предсказания А.М.Балдиным [15] и экспериментального открытия [16] кумулятивного эффекта. Оказалось, что внутрифлуктонное взаимодействие нуклонов приводит к потере их индивидуальности и обобщению кварков – настолько оно велико. В настоящее время по рассматриваемой тематике сделано много экспериментальных и теоретических работ, неполный список которых можно найти, например, в [1] и [17]. В частности, было обнаружено масштабно-инвариантное поведение сечений кумулятивного рождения частиц любой природы во взаимодействиях любых частиц с ядрами (и даже с протонами [11]) относительно безразмерных переменных β или x : $(E/A)(d\sigma/dp) = B_\beta \cdot \exp(-\beta/\langle\beta\rangle)$; $(E/A)(d\sigma/dp) = B_x \cdot \exp(-x/\langle x\rangle)$. В этих выражениях E , p и A – соответственно энергия, импульс испускаемой частицы и массовое число фрагментирующего ядра, $\langle\beta\rangle$ и $\langle x\rangle$ – параметры наклона спектров. Переменная светового фронта определена выражением $\beta = (E - Pc \cdot \cos \Theta)/(m_N c^2)$. В качестве переменной x используются переменные Фейнмана, Бьеркена или различные

модификации последней применительно к конечным энергиям и ядрам. При высоких начальных энергиях все эти переменные совпадают. Параметр наклона для всех частиц оказался равным

$$\langle x \rangle = \langle \beta \rangle \cong 0,14. \quad (16)$$

В одном из вариантов кварк-партонной картины кумулятивного рождения [18] (конкретно-физическое рассмотрение) вычисления дают $\langle x \rangle = 0,16 \pm 0,01$ в области значений $x = 2 - 3$. Более близкое значение дает, например, отношение масс пиона и нуклона $m_\pi/m_N = 0,148$, для использования которого можно сочинить соответствующую модель, но обе приведенные величины все-таки **не совпадают** с величиной в (16). Кроме того, любые картины кумулятивного рождения частиц на многонуклонных системах (ядрах), претендующие на объяснение величины параметра (16), обречены на неудачу при попытке объяснения спектра π^- -мезонов с тем же параметром в k^-p -, pp - и $\bar{p}p$ -взаимодействиях [11] (в пузырьковой водородной камере "Мирибель" при $P = 32$ ГэВ/с).

Возвращаясь к табл. 1, отметим следующие "совпадения":

$$(M_2 - M_1)^{-1} \cong (\Delta M_{2,1})^{-1} = 0,1411 = \langle \beta \rangle, \quad (17)$$

кроме того,

$$\Delta M_{2,1} / p_1 = 14,1771 \cong g^2 / \hbar c, \quad (18)$$

где $g^2 / \hbar c$ – константа сильного взаимодействия. Из (17) и (18) следует

$$\langle \beta \rangle = [p_1 \cdot (g^2 / \hbar c)]^{-1}, \quad (19)$$

что означает установление связи между константой сильного взаимодействия и универсальным параметром инвариантного инклюзивного сечения кумулятивного рождения частиц. Здесь $(M_1 - M_2)$ – величина скачка по M между двухфазным состоянием системы (с наибольшим для таких систем значением И.Э., но меньшим максимального) и однофазным (с максимальной И.Э.). Как следует из "совпадений", первой фазой является флуктонная фаза, ответственная за кумулятивный эффект, и существование которой обусловлено сильным взаимодействием. Вторую фазу составляют квазисвободные, практически невзаимодействующие нуклоны. Переход к однофазной системе означает исчезновение первой фазы, т.е. переход к системе нуклонов, не испытывающих сильного взаимодействия. Из этих рассуждений следует, что рождение кумулятивных частиц может сопровождаться разрушением флуктонной

фазы ядра, а вместе с ней и самого ядра. На это указывают и результаты экспериментов, полученные при облучении пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ π^- -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с. Так, в работе [19] обнаружено, что в событиях с испусканием кумулятивных ($\beta > 1$) π^- -мезонов полный развал ядра (ПРЯ) углерода происходит в 5 раз чаще, чем во всех неупругих пион-углеродных взаимодействиях. Как в событиях с ПРЯ [20], так и в заведомо кумулятивных взаимодействиях [21] в угловом распределении протонов наблюдается аномальный пик при $\cos \Theta = 0,5$. Происхождение пика объяснялось [6 - 8], [21] генерацией глюонного черенковского излучения во флуктонной фазе ядра кварком-спектатором из налетающего пиона. Оказалось [22], что в спектре эффективных масс $M_{\text{эфф}}$ заряженных пионов с протонами, испущенными в область углов аномального пика $\Theta = (60 \pm 12)^\circ$, существует нетривиальная особенность. А именно, при $M_{\text{эфф}} = (1300 \pm 20)$ МэВ в спектре масс $\pi^- p$ -пар наблюдается резкий пик, а в спектре $\pi^+ p$ -пар – резкий провал. Представляется неслучайным, что указанная величина $M_{\text{эфф}}$ равна сумме масс изобары $\Delta(1232)$ и величины $\alpha^{-1} \cdot m_e c^2 = 70,02527$ МэВ, см. (24).

Экспериментальное обнаружение корреляции между кумулятивностью взаимодействия и полным развалом ядра, а также модельная интерпретация формулами (17), (19) параметра наклона спектров инвариантного инклюзивного сечения рождения кумулятивных частиц приводят к следующей гипотезе:

Своим существованием атомные ядра обязаны наличию в них сверхплотной флуктонной фазы.

Таким образом, в процессе непрекращающихся исследований роль флуктонов в ядре изменяется от незначительной и второстепенной до определяющей. И неслучайно такой ход развития познания аналогичен ходу развития КТП (возрастанию понимания роли физического вакуума в ходе процессов в микромире).

В пользу указанной гипотезы ниже приводятся дополнительные экспериментальные и теоретические аргументы.

4.1. При рассеянии мюонов на атомных ядрах было обнаружено отличие структурных функций связанных $F_2^A(x)/A$ и свободных $F_2^N(x)$ нуклонов – это так называемый EMC-эффект [23]. В работе [24] отличие $F_2^A(x)/A$ от единицы в области $0,3 \leq x \leq 0,8$ объясняется уменьшением массы внутриядерных нуклонов

$(m_N - m^*) = \Delta m = 50 - 85 \text{ МэВ}$ при сохранении структурной функции нуклона в ядерной среде такой же, как в вакууме. При этом доля нуклонов (высокоимпульсная компонента) с массой m^* составляет (8 - 15)%. Авторы [24] считают, что возможной причиной столь большого дефекта масс является взаимодействие ядерных нуклонов с некоторым средним мезонным полем, существующим в ядре. Отмечается согласие полученной величины с барионным дефектом массы ($\Delta m = 75 \text{ МэВ}$), имеющим место при рассмотрении ядра как солитона [25].

Если бы в [24] тот же дефект массы был приписан энергии связи той же доли нуклонов, то это автоматически привело бы к высказанной выше гипотезе.

4.2. Согласно [26], поперечное сечение фрагментации ядра зависит от энергии E налетающего протона и величины $\epsilon_0 = (70 \pm 8) \text{ МэВ}$, найденной из эксперимента и универсальной для всех ядер: $\sigma_{fr} \sim \exp(\epsilon_0 / E)$.

4.3. Масса свободного нуклона равна $m_N = m_0 + \sigma_{\pi N} + \Delta m$, где $m_0 \cong 830 \text{ МэВ}$ – киральноинвариантная масса барионного октета, $\sigma_{\pi N} = 40 \text{ МэВ}$ возникает из-за того, что $m_\pi c^2 \neq 0$, $\Delta m \cong 70 \text{ МэВ}$ возникает из нарушения правила Окубо – Цвейга - Иизука при нарушении SU(3)-симметрии. Для величины β феноменологического параметра нарушения SU(3)-симметрии теория и эксперимент дают $0,09 < \beta < 0,13$ [27].

4.4. В работе [10] предполагалось, что своим существованием ядро обязано наличию в нем флуктонной фазы. Средняя удельная энергия связи нуклонов в ней составляет $0,5 \cdot m_\pi c^2 \cong 70 \text{ МэВ}$ и возникает благодаря восстановлению киральной SU(3)-симметрии. Доля нуклонов ядра с такой энергией связи составляет около 10%. Предполагалось, что нуклоны второй фазы, составляющие 90% от A , имеют нулевой дефект массы. Естественно, что последнее предположение будет приводить к сравнительно небольшому завышению дефекта массы внутрифлуктонных нуклонов (см. ниже).

4.5. В [11] предполагалось, что вся энергия связи ядра содержится в нуклонах флуктонной фазы, составленной ядерноподобными ассоциациями (флудропами) дейтерия (H2) (6q-мешки), трития (H3) (9q-мешки), гелия-3 (He3) (9q-мешки) и гелия-4 (He4) (12q-мешки) с различными вероятностями образования и дефектами масс нуклонов внутри них. При этом вероятность φ_k существования ассоциации из A_k нуклонов в фазе флудропа типа k определялась следующим выражением:

$$\varphi_k = (A_k! \cdot 3 \cdot n)^{-1}, \quad (20)$$

где $n = (2, \text{если } A_k - \text{четное; или } 3, \text{если } A_k - \text{нечетное})$. Именно такой вид формулы φ_k был выбран для того, чтобы доля нуклонов во флуктонной фазе ядер была близка к 10%. Отсюда: для $A_k = 2$ $\varphi_1 = 8, (3) \cdot 10^{-2}$; для $A_k = 3$ $\varphi_2 = \varphi_3 = 1,85 \cdot 10^{-2}$; для $A_k = 4$ $\varphi_4 = 6,94 \cdot 10^{-3}$. В дейтоне, где всего два нуклона и возможно существование флудропа только одного типа (H2), величина φ_1 означает долю флуктонной фазы в этом ядре. Она совпадает с теоретической величиной $\approx 0,08$, полученной в [28], (0,04 - 0,08) – в [29 - 33] и с экспериментальной величиной, полученной из данных по неупругому α -рассеянию [34]. При $A_k = 1$ (для отдельного нуклона) формула (20) дает $\varphi_k = \varphi_0 = 1/9$, что согласуется с величиной параметра $0,09 < \beta < 0,13$ в разделе 4.3. Для усредненного (по 962 изотопам) ядра энергия связи, приходящаяся на нуклон во флуктонной фазе, составила **(81,5±5,5) МэВ**, доля нуклонов во флуктонной фазе – (0,100±0,005), а средняя удельная энергия связи для всех нуклонов – (8,09±0,66) МэВ при экспериментальном значении той же величины [11]

$$\varepsilon = 8,17 \pm 0,64 \text{ МэВ}. \quad (21)$$

Для долей нуклонов во флуктонной фазе усредненного ядра из флудропов различных типов получены следующие величины: H2 – (67,5±2,2)%, He3 – (11,3±1,1)%, H3 – (15,5±2,1)%, He4 – (5,7±0,4)%. Отсюда доли флудропов во флуктонной фазе соответственно равны: H2 – 78,9%, He3 – 8,8%, H3 – 9,0%, He4 – 3,3%. Этот результат объясняет преимущественное выбивание дейтонов (исходно б α -мешков) из ядер.

4.6. В соответствии с вышеприведенной гипотезой примем, что выражение (3) описывает распределение удельной энергии связи нуклона ε между флуктонной εM_2 и нефлуктонной εM_2^{-1} фазами ядра, где ε определено в (21), а M_2 в табл.1. Использование (3) означает признание того, что не вся энергия связи содержится во флуктонной фазе. Таким образом получаем

$$\varepsilon M_2 = \mathbf{(66,08 \pm 5,18) \text{ МэВ}}, \quad (22)$$

$$\varepsilon M_2^{-1} = (1,01 \pm 0,08) \text{ МэВ}. \quad (23)$$

Отметим совпадение в пределах ошибок энергетических величин в разделах (4.1 - 4.6), выделенных жирным шрифтом с **фундаментальной** величиной

$$(p_1 \cdot p_3)^{-1} \cdot m_e c^2 = \alpha^{-1} \cdot m_e c^2 \equiv \hbar \cdot c / r_e = \mathbf{70,02527 \text{ МэВ}}, \quad (24)$$

где r_e – классический радиус электрона. Эта же величина входит в выражения для масс частиц, приведенных в Приложении 2. Неслучайность этого совпадения указывает на возможность предположить, что истинным значением упомянутых величин является величина в (24). Автоматически это приводит к принятию равенства величине p_2 вероятностей (или долей), сопровождающих соответствующие энергетические величины (в пределах ошибок они и совпадают с p_2). Предполагая, например, что

$$\varepsilon M_2 = \hbar \cdot c / r_e = 70,02527 \text{ МэВ}, \quad (25)$$

для удельной энергии связи нуклона в усредненном ядре получаем $\varepsilon = 8,66$ МэВ, что в пределах ошибок согласуется с экспериментальным значением в (21); при этом для удельной энергии связи нуклона вне флуктонной фазы получаем величину $\varepsilon M_2^{-1} = 1,07$ МэВ, близкую, но все-таки меньшую удельной энергии связи дейтона – 1,1 МэВ. Успешность применения выражения (25) позволяет переписать выражение (3) для величины удельной энергии связи усредненного ядра в следующем простом виде

$$\varepsilon = (\hbar \cdot c / r_e) H, \quad (26)$$

где

$$H = p_2 + (1 - p_2) M_2^{-2}. \quad (27)$$

5. Заключение

В работе использован еще мало распространенный подход к физическим проблемам с точки зрения математической теории информации (основанной Клодом Шенноном в 1948 г.). Именно этим обусловлено включение в статью разделов 1, 2 и Приложения 1. Представляется очевидным, что предложенная математическая модель "децимационных" систем может оказаться полезной для исследователей любых специальностей. При ее построении не привлекалось никаких чисел. Оказалось, что формула (8) является частным случаем применения метода отображающих функций, использованных еще А.Пуанкаре [42]. Для практического применения модели в физике ядра и частиц пришлось ввести лишь одну размерную величину – $m_e c^2$.

По мнению автора научная ценность работы заключается в следующем.

1. Сделаны новые попытки

а) ввести во всеобщее пользование математическое понятие информационного пространства, свойствами которого определяется ход процессов во Вселенной;

б) указать на фундаментальную роль в физике ядра и частиц константы $\hbar c / r_c = 70.02527$ МэВ, так как необходимость во введении этих двух "новых сущностей" уже назрела.

2. Передко в различных теоретических моделях, рассматривающих двухфазные системы, например в физике ядра и частиц, получают безразмерные параметры с источными, но перекрывающимися в пределах неточности значениями. В таких случаях теоретики отмечают факт согласованности результатов. Показано, что с позиций математической теории информации все эти значения можно уточнить, приравняв их одному и тому же точному числу, определяемому одной из "линий" спектра вероятностей информационной энтропии. Сама возможность такого уточнения означает более глубокую "внутреннюю" согласованность моделей, чем первоначально предполагали их авторы.

3. В рамках двухфазной модели усредненного ядра получено новое выражение для удельной энергии связи, согласно которому в фазе "квазисвободных нуклонов" последние имеют не нулевой (как мною предполагалось ранее) дефект массы, а очень близкий к тому экспериментальному среднему, какой они имеют в дейтоне. Надеюсь, что этот результат понизит порог сопротивления, обусловленный "здоровым" консерватизмом, к восприятию флуктонной модели ядра.

Автор благодарен проф. Л.И.Сарычевой, проф. В.А.Никитину, С.П.Игнатовой за поддержку и интерес к работе, Н.П.Карпинской за помощь в оформлении работы.

Приложение 1. Примеры децимационных систем

1. Доля информации на изображениях, получаемых в процессе эксперимента с трековыми камерами, доступная автоматической обработке, составляет не более 90%. Этот факт может быть связан *"с известной природной целесообразностью...* Здесь мы сталкиваемся, возможно, с проявлением *неизвестной ещё закономерности в природе...* Около **10%** подлежащей обработке информации на изображениях должны обрабатываться человеком-оператором... Не исключено также, что *сам факт установления этой закономерности* может быть использован для решения задачи построения подлинного искусственного интеллекта"[35].

2. По сообщению командующего ВВС НАТО, при бомбардировках Югославии с использованием последних достижений техники (1999 г.), не удалось поразить **10%** целей.

3. По исследованиям психологов в армии США, доля активно участвующих в бою равна **10%**. Такова же доля активно работающих в любой области человеческой деятельности. **10%** – доля активно работающих нейронов мозга. **10%** – доля левшей среди людей.

4. К.п.д. для процесса фотосинтеза равен **12 - 15%**. К.п.д. тепловых машин не превышает **10%**.

5. "На долю низших растений приходится до **89%** всей зеленой массы на Земле. Главным образом это водоросли, значение которых в снабжении всей биосферы кислородом трудно переоценить." [36].

Пусть α – количество элемента, концентрируемого ежегодно при фотосинтезе, β – мировые запасы сырья того же элемента. Установлено (с.75, табл.6 в [37]), что для элементов С, Р, Мп, Со, Ni, Си, Мо величина $\gamma = \alpha/\beta = 0,1$; $\gamma = 0,001$ для Ст, Fe. "Плотность населения в планктонной плёнке такова, что **девять десятых** живых организмов, будь то растения или животные, поедаются раньше, чем наступит их естественная смерть..."(с.91 в [37]).

6. В диапазоне от 4 до 0°C в молекуле воды происходит перестройка водородно-кислородных связей и возникает иная молекулярная структура, приводящая к увеличению объема воды на **9%**. В результате водоемы не промерзают до дна, благодаря чему на Земле существует жизнь [38].

7. Время существования Жизни на Земле составляет ~ 10% от времени существования Вселенной.

8. Лишь на **одной из девяти** планет Солнечной системы существует Жизнь и Разум.

9. На основе данных о составе земной коры, метеоритов, вещества Луны, атмосфер Солнца и звёзд (по спектральным наблюдениям), солнечного ветра, космических лучей установлено, что наиболее распространены элементы: Н, He, С, О, Ne, Mg, Si, Ar, Fe; причем на долю водорода и гелия приходится 99,9% вещества (по массе).

К моменту $t \approx 3$ мин от Большого Взрыва из нуклонов образовалась смесь легких ядер: $2/3$ водорода (^1H), и $1/3$ гелия (^4He) (по массе). Так как общая масса ядер водорода $M_p = m_p \cdot N_p$, общая масса ядер гелия равна $M_{\text{He}} \cong 4m_p \cdot N_{\text{He}}$, то из отношения их общих масс $M_p / M_{\text{He}} = 2$ получаем соотношение между числом ядер $N_p = 8 \cdot N_{\text{He}}$. Суммарное количество ядер $N = N_p + N_{\text{He}} = 9 \cdot N_{\text{He}}$, откуда доля многонуклонных ядер, сохранившаяся во Вселенной и по сей день, равна $N_{\text{He}} / N \cong 1/9$ (часто в литературе сразу приводится другая величина – $1/10$). Магические ядра примерно в **10 раз** более распространены, чем соседние с ними элементы.

10. "Если оценивать массы галактик в скоплениях по их светимости, оказывается, что они в десятки раз меньше тех, какие получаются из теоремы о вириале. Одна из двух возможностей для объяснения этого парадокса состоит в предположении о существовании "скрытой массы", составляющей примерно **90%** общей массы скоплений, но пока не наблюдаемой. Если нейтрино массивны, то "скрытые массы" могут состоять из них, и получается, что мы живем в нейтринном "океане", составляющем примерно **90%** от всей массы Вселенной" [39].

11. В английской прозе наблюдается следующая эмпирическая закономерность: если расположить слова по порядку (рангу r) в соответствии с частотой их употребления и присвоить $r = 1$ наиболее употребительному слову (the), вероятность которого наибольшая, следующему наиболее вероятному слову (of) – $r = 2$ и т.д., то вероятность появления r -го слова можно довольно точно вычислить по формуле (известной как закон Зифа) $r \cdot p_r = 0,1$. В других языках константа пропорциональности близка к $0,1$ [2].

12. **80 - 85%** информации человек получает посредством зрения. Энергия, достаточная для получения светового ощущения, составляет $(5+14)/2 \cong 10$ квантов. Самое простое кодирование информации – двоичное (дихотомическое). В системе зрительного анализатора используются методы **дискретного двоичного** кодирования информации, что обеспечивает высокую помехоустойчивость. (Л.П.Крайзмер. "Бионика" М.Л. 1962).

Психофизический (общефизиологический) закон Вебера - Фехнера: контрастная чувствительность глаза, или порог контрастной чувствительности, или разностный порог $\Delta I / I = \text{const} = 0,01 = \varphi^2$, где ΔI – минимальный еще заметный прирост

интенсивности излучения I , действующего на глаз. Величина $\text{const} = 0,01$ положена в основу классификации звезд по яркости с использованием так называемой звездной величины. Отношение соответствующих амплитуд $(\Delta/I)^{1/2} = (\Delta/A) = \varphi = 0,1$. [Физич. энциклопедич. словарь т.т.1 (1960 г.), 2 (1962 г.).]

В интересах опубликования работы список собранных автором примеров проявления величины p_2 сокращен в несколько раз. Приведем три малоизвестных примера проявления еще одного числа $p_3 = 2\alpha$ из табл.1:

а) Из полуэмпирической формулы Бете - Вейцекера (БВ) для энергии связи ядра, состоящего из Z протонов и N нейтронов,

$$E_{CB} = a_1 \cdot A + a_2 \cdot A^{2/3} + a_3 \cdot Z^2 \cdot A^{-1/3} + a_4 \cdot I^2 \cdot A^{-1} + a_5 \cdot \Delta \cdot A^{-1/4}.$$

следует, что выражение для изотопического числа $I = N - Z$ наиболее стабильных ядер имеет следующий вид: $I = (a_3/2a_4) \cdot Z \cdot A^{2/3}$, где a_3 и a_4 – коэффициенты при слагаемых, соответствующих кулоновской энергии и энергии симметрии в формуле БВ. Оказывается, что $(a_3/2a_4) \cong 2\alpha$.

б) В волновой астродинамике А.М.Чечельницкого Солнце рассматривается как генератор мегаволн в межпланетной плазме, гелиосфера – как космический резонатор колебательных ритмов в Солнечной системе. А.М.Чечельницкий предложил новый метод определения положения гелиопаузы с использованием постоянной тонкой структуры α ; с помощью этого метода прогнозируется обнаружение гелиопаузы на гелиоцентрическом расстоянии, равном 90,5 а.е. [41] (1 а.е. $\cong 1,5 \cdot 10^8$ км – среднее расстояние между Землей и Солнцем).

в) С точностью до 1% выполняется следующее соотношение:

$$[(e/m_e)^2 / G]^{2\alpha} = 4\pi / 3.$$

[И.Г.Ивантер. «О связи между гравитационной постоянной, удельным зарядом электрона и постоянной тонкой структуры», ЖЭТФ, Письма в редакцию, т.36, вып.6, 1959. с.1940.]

Приложение 2. Пример использования констант $\hbar c/r_c$ и φ

Таблица 2

Эмпирические формулы для масс частиц, m_{emp}

Частица	m_{emp}	m_{exp} , (МэВ) [40]	$ \delta $
e^+	$M_0\alpha$	0,51099906(15)	0
μ^+	$M_0[(3/2) + \alpha(1 + 2\varphi)]$	105,658389±0,000034	$7 \cdot 10^{-5}$
π^+	$M_0[2 - \alpha(1 + \varphi/2)]$	139,5679±0,00007	$2 \cdot 10^{-5}$
π^0	$M_0(2 - \alpha\varphi^{-1})$	134,9743±0,00008	$3 \cdot 10^{-4}$
k^+	$M_0(\varphi^{-1} - 3 + \varphi/2)$	493,646±0,009	$7 \cdot 10^{-5}$
k^0	$M_0[\varphi^{-1} - 3 + \varphi(1 + \varphi/\sqrt{2})]$	497,671±0,031	$7 \cdot 10^{-6}$
$\Delta(1232)$	$M_0(\varphi^{-1}\sqrt{3} + \varphi \cdot 2\sqrt{2})$	1230±1234	$6 \cdot 10^{-4}$
p	$M_N + (1/3)(2m_u + m_d)$	938,27231±0,00028	10^{-8}
n	$M_N + (1/3)(m_u + 2m_d)$	939,56563±0,00028	$7 \cdot 10^{-8}$
Λ	$M_N + (1/2)(m_u + m_d) + m_s$	1115,63±0,05	$9 \cdot 10^{-7}$
Σ^0	$M_\Sigma + m_u + m_d + m_s$	1192,55±0,10	10^{-3}
Σ^+	$M_\Sigma + 2m_u + m_s$	1189,37±0,07	$4 \cdot 10^{-4}$
Σ^-	$M_\Sigma + 2m_d + m_s$	1197,43±0,06	10^{-4}
Ξ	$M_\Xi + m_u + 2m_s$	1321,32±0,13	$4 \cdot 10^{-4}$
Ξ^0	$M_{\Xi^0} + m_u + 2m_s$	1314,9±0,6	$4 \cdot 10^{-4}$
Ω^-	$M_\Omega + 3m_s$	1672,43±0,32	$3 \cdot 10^{-5}$

Где $\varphi = 0,1$; m_{exp} – экспериментальные значения масс; $|\delta| = |m_{exp} - m_{emp}|/m_{exp}$.

$$M_0c^2 = \hbar c / r_c$$

$$M_N = M_0(4/3)\varphi^{-1};$$

$$M_\Sigma = M_0[(4/3)\varphi^{-1} + 1 + \varphi(1/2 - \varphi)];$$

$$M_\Xi = M_0[(4/3)\varphi^{-1} + e^{-1} + \varphi^2(1 + \varphi/2)];$$

$$M_{\Xi^0} = M_0[(4/3)\varphi^{-1} + e^{-1} - \varphi^2(1 + \varphi/2)];$$

$$M_{\omega} = M_0[(4/3)\varphi^{-1} + 3 - \varphi^3].$$

массы токовых кварков: $m_u = 3,3088 \pm 0,0002$ (MeV), $m_d = 7,1888 \pm 0,0002$ (MeV), $m_s = 176,71 \pm 0,05$ (MeV).

Литература

1. А.С.Шумовский, В.И.Юкалов. – ЭЧАЯ 1985, том 16, вып.6, с.1274.
2. Дж.Пирс. "СИМВОЛЫ, СИГНАЛЫ, ШУМЫ: Закономерности и процессы передачи информации" пер. с англ. Изд. "Мир", М., 1967; J.R.Pierce "SYMBOLS, SIGNALS and NOISE: The Nature and Process of Communication" Hutchinson of London 1962.
3. Большой энциклопедический словарь. Физика, М., 1998, с.903, Энтропия.
4. Г.Хакен. Синергетика. пер. с англ. Изд. "Мир", Москва, 1980; Hergman Haken. Synergetics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1978.
5. Р.Фейнман, Р.Лейтон, М.Сэндс. "Фейнмановские лекции по физике", т.1, пер. с англ., изд. "Мир", Москва 1965; Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Mattheew Sands. "The Feynman Lectures on Physics ", vol.1, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Reading, Massachusetts. Palo Alto. London, 1963.
6. А.И.Аношин. – Диссертация. ОИЯИ, Дубна 1983.
7. А.И.Аношин, К.А.Рустамов, М.К.Сулейманов. – Препринт № 25. Научно-производственное объединение космических исследований. Баку, 1987.
8. А.И.Аношин. – ВАНТ, сер. Ядерно-физические исследования (Теория и эксперимент), 1, с.39. Москва, 1990.
9. А.И.Аношин. – Препринт НИИЯФ МГУ 93-17/309 (310), Москва, 1993.
10. А.И.Аношин. – Proceedings of the XIIth International Seminar on High Energy Physics Problems (1994). Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics. Vol.II, p.23, Dubna, 1997.
11. А.И.Аношин, D.S.Kravchenko. – Proceedings of the XIV International Seminar on High Energy Physics Problems (1998). Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics. Vol.II, p.219, Dubna, 2000.
12. Г.А.Лексин. – ЖЭТФ, 1957, том 32, с.445.
13. Л.С.Ажгирей, И.К.Взоров, В.П.Зрелов и др. – ЖЭТФ, 1957, том 33, с.1185.

14. Д.И.Блохинцев – ЖЭТФ, 1957, том 3, вып.5, с.1295.
15. А.М.Балдин. – Краткие сообщения по физике АН СССР, 1971, том 18. с.465.
16. А.М.Балдин и др. – ЯФ, 1975, том 21, с. 1008.
17. В.К.Бондарев. – Диссертация. ОИЯИ, Дубна, 1994.
18. А.В.Ефремов. – ЭЧАЯ, 1982, том 13, вып.3, с.613.
19. А.И.Аношин и др. – ЯФ, 1980, том 31, вып.3, с.668.
20. А.И.Аношин и др. – ЯФ, 1981, том 33, вып.1. с.164.
21. А.И.Аношин и др. – ЯФ, 1982, том 36, вып.2, с.409.
22. А.И.Аношин, Н.Г.Фадеев, А.П.Чеплаков. – Сообщение ОИЯИ P1-87-439, Дубна 1987.
23. J.J.Aubert et al. European Muon Collaboration. – Phys. Lett., 1983. 123B, p.123.
24. В.В.Анисович и др. – Препринт ЛИЯФ № 1258, Ленинград 1987.
25. Д.И.Дьяконов, В.Ю.Петров. – Труды XII Школы ИТЭФ. 2, с.50, Энергоатомиздат, Москва, 1985; Д.И.Дьяконов и др. – Препринт ЛИЯФ № 1327, Ленинград, 1987.
26. В.И.Богатин и др. – Сообщение ОИЯИ 1-8715, Дубна 1975.
27. В.И.Ефросинин, Д.А.Заикин. – ЭЧАЯ, 1985, том 16, вып.6, с.1330.
28. В.К.Лукьянов и др. – Препринт ОИЯИ P2-11049, Дубна 1977.
29. М.И.Стрикман, Л.Л.Франкфурт. – Письма в ЖЭТФ, 1979, т.30, с.373.
30. L.L.Frankfurt and M.I.Strikman. – Phys. Lett. B, 1979, v.83, p.407.
31. М.И.Стрикман, Л.Л.Франкфурт. – ЯФ, 1980, т.32, с.1403.
32. L.L.Frankfurt and M.I.Strikman. – Phys. Rep., 1981, v.76, p.215.
33. L.L.Frankfurt and M.I.Strikman. – Phys. Rep., 1988, v.160, p.235.
34. W.P.Schütz et al. – Phus.Rev.Lett., 1977, **38**, p.259.
35. П.М.Гопыч. – ЭЧАЯ, 1993, том 24, вып.6, с.1596.
36. А.Азимов "Язык науки". пер. с англ. Изд. "Мир", Москва, 1985.
37. А.В.Лано. "Следы былых биосфер". Изд. "Знание", Москва, 1979.
38. Г.В.Дубах, Р.В.Табер. "1001 вопрос об океане и 1001 ответ". пер. с англ., 2 изд. Ленинград, 1978.
39. Ф.Ю.Зигель. "Астрономическая мозаика." Изд. "Наука", Москва, 1987.
40. Particle Properties Data Booklet. June 1992. Phys. Rev. D., Part II. Particles and fields. 1992. vol.45. Third series. Num.11.

41. М.М.Лаврентьев. – "Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции. (Ред. М.М.Лаврентьев). // Избранные труды Третьей сибирской конференции по математическим проблемам физики пространства-времени сложных систем (ФПВ–2000)", с.5. Новосибирск 2001г.

42. И.А.Кучин. – там же, с.53

Получено 22 апреля 2002 г.