

Асимптотическая кинетика образования объектов, проявляющих квантовые свойства

Э. Э. ЛИН

Per aspera ad astra

Введение

В исследованиях микромира, нано- и мезоструктур, астрофизических и космологических объектов существует ряд специфических проблем, связанных с определением пространственной границы между макро- и микромирами (макрофизикой и микрофизикой), а также с определением границ однородности распределения материи в космосе. Разработан асимптотический метод кинетики образования объектов различной физической природы, проявляющих квантовые свойства в различных пространственных масштабах. Метод основан на расширенной трактовке соотношений неопределенности Гейзенберга и абсолютной определенности Эффрея в пространстве размеров объектов (кластеров) и на кинетических представлениях о росте кластеров из малых зародышей в процессах приближения к равновесию.

Известно, что квантовая механика основана на понятиях о комплексной волновой функции, о плотности состояний и на соответствующем математическом аппарате, использующем законы преобразований комплексных многообразий. Это позволило получить точные решения ряда принципиально важных задач и создать современную стандартную модель физики микромира. Вместе с тем оказалось, что для приближенного рассмотрения асимптотики образования объектов, проявляющих квантовые свойства, вполне достаточно применения понятия действительной функции плотности распределения в пространстве размеров кластеров и исследования ее свойств с помощью линеаризации стохастического уравнения Фоккера – Планка.

Предложенные модели, в которых отсутствуют подгоночные параметры, могут оказаться полезными при первом знакомстве с той или иной задачей, при проведении оценок и первичном анализе результатов экспериментов. Все выведенные аналитические выражения для пространственно-временных характеристик рассматриваемых процессов приближения к равновесию включают в себя только фундаментальные физические константы и физические характеристики вещества, а также общеизвестные фено-

менологические параметры объектов – размеры и массы зародышей.

1. Примеры применения понятия неопределенности

1.1. Была определена величина фундаментальной массы в микромире, равная 196 ГэВ. Эта величина соответствует известной массе частиц темной материи, равной 192 ГэВ, а также приблизительно соответствует известной теоретической верхней оценке в 170 ГэВ массы бозона Хиггса.

С единой точки зрения рассмотрены разнообразные ядерные явления как процессы образования и роста компактных кластеров с выраженными коллективными квантовыми свойствами (сильное взаимодействие) в замкнутой стохастической системе нуклонов, находящейся в возбужденном состоянии. В начальный момент времени такая система состоит из зародышей ядерной материи: альфа-частиц и (или) их фрагментов – тритонов и дейтронов. В результате случайного взаимодействия этих зародышей происходит их коалесценция: в системе образуются компактные скопления ядерной сплошной среды – кластеры. Колебания нуклонов на поверхности соприкасающихся «ядерных» кластеров с временно (виртуально) разорванными внешними связями могут приводить к взаимной компенсации этих незадействованных связей. В результате происходит консолидация соприкасающихся кластеров и образование более крупных объектов ядерной среды с различными массами (массовыми числами A).

Предложенная модель позволила определить массовые числа стабильных ядер во всем диапазоне, включая трансфермиевые элементы (рис. 1), и дать адекватные оценки массовых характеристик типичных процессов приближения к равновесию: кластерной радиоактивности, спонтанного деления, нуклеосинтеза в звездах тяжелых и сверхтяжелых элементов. Описана асимптотика образования сверхтяжелых ядер, рассчитаны их среднее и конечное массовые числа в звездах: $\langle A \rangle \approx 330$ и $A_{end} \approx 470$.

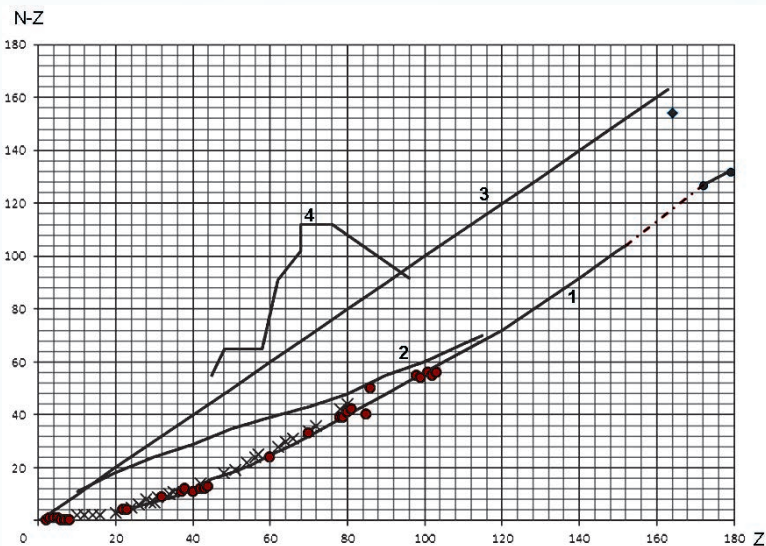


Рис. 1. Диаграмма нейтроноизбыточных ядер: 1 – параболическая линия стабильности по Селинову; 2 – граница известных нейтроноизбыточных ядер; 3 – предполагаемая граница существования нейтроноизбыточных ядер; 4 – граница нейтронной стабильности по отношению к испусканию (захвату) одного нейтрона по Гридневу и другим; ● – элементы; × – стабильные изотопы; ◆ – «остров стабильности», упоминаемый Селиновым $Z = 164, N = 318$; ● – конечные ядра $Z = 172, N = 299$ и $Z = 179, N = 311$

1.2. В области мезоскопии удалось объяснить и описать все известные данные по динамическому и статическому синтезу алмазов из различных твердых форм углерода, а также известные данные по образованию природных алмазов.

Предложена кластерная модель прямого синтеза объемных белковых наночастиц в системе, предварительно состоящей из молекул аминокислот с добавками нуклеиновых кислот. Соотношение неопределенностей «координата–импульс» допускает возможность образования белковых наночастиц без стадии образования полипептидных наноцепей. Предложенная модель формально дает расчетные размеры глобулярных биологических наночастиц и мезообъектов, соответствующие размерам некоторых белков и ферментов, клеток, а также органелл (рис. 2).

Результаты, полученные в формате неопределенности в пространстве размеров объектов, указывают на возможность случайного образования в системе из молекул аминокислот квазикристаллических наночастиц и мезообъектов, соответствующих по размерам жизненно важным белкам и клеткам. Эти «неправильные» (мутационные) объекты могут вырастать на тех или иных центрах кристаллизации без образования полипептидных связей, т. е. без формирования

«правильного» биологического кода. При этом возможно образование и рост подобных наночастиц и мезообъектов на фрагментах разрушенных белков и клеток, как на центрах кристаллизации. Все это находится в соответствии с общеизвестными представлениями о мутациях биологических объектов на молекулярном уровне.

Что касается общеизвестных представлений о возможности происхождения жизни на Земле после занесения на нее аминокислот из космоса, то в формате неопределенности показано, что из обломков аминокислот, образовавшихся при ударах метеоритов о земную поверхность, могут образоваться объекты с размерами от 30–45 нм (рибосомы, внутри которых происходит биосинтез белков) до 0,4 мкм (простейшие организмы – наноархеоты).

1.3. Применительно к астрофизике и космологии предпринята попытка аналитического определения характерных размеров нейтронных звезд, шаровых скоплений красных гигантов, сверхскоплений галактик и Вселенной. Кроме того, рассмотрен вопрос о границах космического пространства.

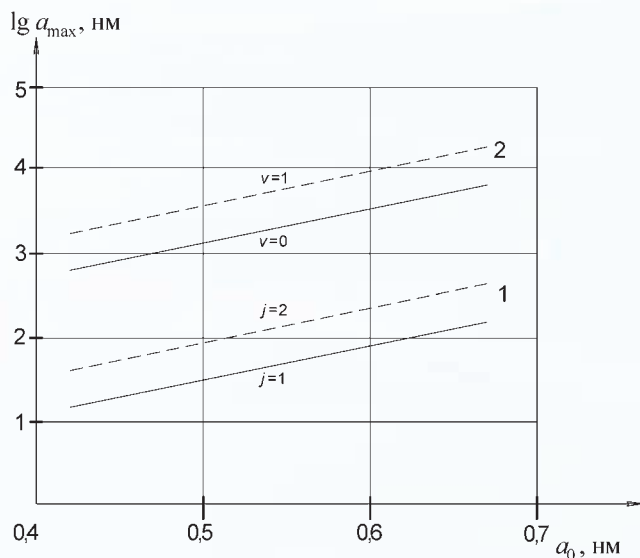


Рис. 2. Расчетные зависимости максимальных размеров a_{max} биологических наночастиц и мезообъектов от размеров a_0 зародышей – молекул аминокислот: 1 – вращательные уровни, $j = 1$ – основное состояние, $j = 2$ – первое возбужденное состояние; 2 – колебательные уровни, $v = 0$ – основное состояние, $v = 1$ – первое возбужденное состояние

С этими целями рассмотрена аналогия между квантовой механикой, астрофизикой и космологией (см. табл. 1). В космических структурах можно выделить области сравнительно малых масштабов, в которых в результате действия гравитации распределение массы является неоднородным – аналогия с дискретным спектром энергии в квантовой механике. В более протяженных структурах, где действие гравитации «размазывается» в пространстве, распределение массы становится квазиоднородным – аналогия с непрерывным спектром энергии. Такая аналогия создает предпосылку для попытки распространить понятие неопределенности на космические масштабы.

Таблица 1

Аналогия «квантовая механика ↔ астрофизика и космология»

Квантовая механика	Астрофизика и космология
Дискретный спектр энергии	Неоднородное распределение массы
Непрерывный спектр энергии	Квазиоднородное распределение массы

Исходя из предложенных соотношений неопределенностей, аналитическим путем рассчитаны времена образования 0,17–17 с и характерный размер 15,6 км нейтронных звезд при взрывах сверхновых. Эти результаты соответствуют общеизвестным представлениям.

Суть предложенного понятия неопределенности в космологических масштабах заключается в том, что в течение промежутка времени элементарного единичного акта гравитационного взаимодействия рассматриваемых структур их размеры не могут быть точно определены. Это связано с тем, что нельзя определить, к какой из соседствующих структур относятся входящие в них поверхностные элементы, наиболее близко расположенные друг к другу. Для шаровых скоплений элементами являются звезды-гиганты, для сверхскоплений – галактики, для Вселенной – скопления галактик.

Определена феноменологическая константа действия в космологических масштабах, связанная с критической плотностью вещества, выше которой Вселенная становится замкнутой, скоростью света в вакууме и с размером зародышей, из которых формируется космологический объект. Полученные асимптотические зависимости размеров рассматриваемых объектов от вре-

мени находятся в соответствии с консенсусом о характере расширения Вселенной и Космологическим принципом и создают возможность определения границ областей квазиоднородного распределения материи в космосе. Расчетный характерный диаметр шаровых скоплений равен $6 \cdot 10^{18}$ м \approx 200 парсек (630 световых лет), что соответствует общеизвестным данным. Расчетный характерный размер сверхскоплений в момент времени $t_1 = 10^{10}$ лет внедрения во Вселенную темной материи приблизительно равен $2,59 \cdot 10^{24}$ м \approx 84 Мегaparсек (Мпк). Наблюдаемые размеры сверхскоплений лежат в диапазоне 30–100 Мпк. Найденную величину можно принять за «нижний» размер, начиная с которого распределение массы вещества во Вселенной становится квазиоднородным. Приняв эту величину за размер зародыша более крупной однородной изотропной структуры, можно вычислить, что расчетный характерный размер Вселенной в момент времени внедрения темной материи приблизительно равен $1,96 \cdot 10^{25}$ м \approx 640 Мпк. Можно полагать, что верхняя граница однородности распределения материи во Вселенной (радиус Вселенной) была приблизительно равна $R_{un} \approx 0,98 \cdot 10^{25}$ м \approx 320 Мпк. Найденный размер значительно меньше «светового» радиуса на тот момент времени $R_{light} = 9,45 \cdot 10^{25}$ м \approx 3060 Мпк. Это означает возможность последующего взаимодействия группы вселенных, расположенных в области с размером светового радиуса.

Получено выражение, описывающее ускоренное расширение Вселенной в настоящую эпоху из-за влияния темной материи. В частности, аналитическим путем выведен закон Хаббла. Размер Вселенной составляет $\langle a \rangle \approx 2,76 \cdot 10^{25}$ м \approx 900 Мпк. Эта величина меньше современного светового радиуса, равного $R_{light} = 13,23 \cdot 10^{25}$ м \approx 4290 Мпк, что создает возможность взаимодействия группы «близко расположенных» вселенных в области с размером светового радиуса.

2. Примеры применения понятия абсолютной определенности

2.1. Одной из наиболее актуальных проблем фундаментальной физики является описание адронов со всеми их свойствами на основе первых принципов, т. е. в терминах взаимодействующих кварков и глюонов, входящих в состав адрона. На основе соотношения, связывающего точные координату и импульс в пространстве размеров объектов, а также закона сохранения массы в элементарном процессе захвата класте-

ром «малого» зародыша, аналитически выведено выражение для конечного размера объекта. Получено, что размер адрона, образующегося из легких u - и d -кварков в состоянии конфайнмента (т. е. подвергнутых сильному взаимодействию с масштабом времени 10^{-23} с), когда их масса покоя равна 330 МэВ, равен $a_{hadr} \approx 1,64$ Фм. Эта величина находится в хорошем соответствии с зарядовым диаметром протона 1,72 Фм. Таким образом, исходя из массовой характеристики условно точечной частицы – кварка – можно получить пространственную характеристику нуклона.

2.2. В области мезоскопии, исходя из выведенного закона роста объектов в формате абсолютной определенности, рассчитан характерный размер 0,1 мм частиц алмазов типа карбонадо, образовавшихся за время жизни Земли.

2.3. В области астрофизики и космологии рассчитаны размер 4000 км астрофизических объектов, соответствующий размеру карликовых звезд, а также размер сверхскоплений галактик, равный 36 Мпк. Эти результаты соответствуют данным наблюдений.

3. Некоторые гипотетические объекты

Установленное соответствие полученных результатов с общепринятыми представлениями дает основание для попытки рассмотреть возможности образований гипотетических объектов.

В формате неопределенности рассчитан конечный нуклид с массовым числом вблизи 470 (рис. 1).

В формате абсолютной определенности предсказано образование в звездах гигантских ядер с размерами порядка 10^{-12} м, внутри которых под действием мюонного антинейтрино происходит реакция распада протона на нейтрон и положительно заряженный мюон. Установленная аналогия между сильным взаимодействием нуклонов внутри обычных ядер, передаваемым пионами, и предполагаемым взаимодействием внутри гипотетических гигантских ядер, передаваемым мюонными антинейтрино, свидетельствует в пользу возможности существования предсказываемых гигантских ядер.

Заключение

Предложенный феноменологический подход позволяет получать оценки асимптотических характеристик образования субъядерных частиц и ядер, кристаллических наночастиц и мезообъектов, астрофизических и космологических объ-

ектов. Понятия неопределенности и абсолютной определенности взаимно дополняют друг друга и позволяют рассмотреть возможность образования гипотетических объектов. Например, в формате абсолютной определенности рассматриваются биологические мезообъекты с размерами до ≈ 140 мкм, образовавшиеся за время жизни Земли. Это могут быть кристаллические скелеты микроорганизмов (бактерий), находящиеся в труднодоступных местах (ледники, пещеры, потухшие вулканы, глубоководье и т. п.). Близкие размеры могут иметь кремнийорганические мезообъекты, основой которых является силосан. Элементарный участок такой полимерной цепи каучука состоит из двух соседних атомов Si и присоединенных к ним атомов C, H, O. Замещение некоторых атомов H атомами N, P, S, Fe и т. д. приводит к аналогии с биологическими полипептидными наночепями. Такая аналогия расширяет круг вопросов изучения жизни как наномасштабного феномена. В формате неопределенности показана возможность образования из силосана глобулярных объектов с размерами 0,06 и 4 мкм (аналоги рибосом и архей).

Разработанная концепция не противоречит общеизвестной теории Чена стохастического квантового пространства в космологии, а также представлениям Рязанцева о больших числах в квантованной Вселенной. В формате неопределенности показана возможность существования множества независимых групп вселенных в космической сфере с размером $\sim 9 \cdot 10^{27}$ м, значительно превышающим современный световой радиус $\sim 10^{26}$ м. Эти объекты не рассматриваются в существующих стандартных моделях, описанных в работах Лукаша с соавторами. Можно отметить также, что указанный выше размер (диаметр) космической сферы приблизительно соответствует величине космического радиуса $5,89 \cdot 10^{27}$ м, вычисленного ранее в работе Бартини на основе соотношений между физическими константами.

ЛИН Эмиль Эдипович –

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник ИФВ