

PACSnumbers: 03.30.+p, 03.65.-w, 05.45.-a, 11.10.-z, 12.10.-g, 12.90.+b, 14.80.Bn, 45.50.-j

Бесхиггсова каузально полная теория на основе нередуцированной сложной динамики взаимодействия

А. П. Кирилюк

*Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины,
бульв. Акад. Вернадского, 36,
03680, ГСП, Киев-142, Украина*

Введение в Стандартной модели элементарных частиц и взаимодействий новой физической сущности, — вездесущего поля и бозонов Хиггса, — связано с отсутствием в этом стандартном описании универсального динамического источника массы частиц, которое и восполняется их взаимодействием с полем Хиггса. В данной работе мы даём расширенный обзор теории сложной динамики нередуцированного взаимодействия в многокомпонентных системах, которая предлагает такой универсальный динамический и внутренний источник массы, появляющийся в случае элементарных частиц вместе с самими частицами. Тем же сложно-динамическим взаимодействием в исходной минимальной системе двух однородных протополей объясняется возникновение и всех остальных внутренних и динамических свойств частиц и их фундаментальных взаимодействий (теперь динамически объединённых). Мы рассматриваем конкретные преимущества такого сложно-динамического источника массы по сравнению с механизмом Хиггса и предлагаем соответствующую бесхиггсову интерпретацию недавних экспериментальных результатов по «обнаружению бозона Хиггса» на Большом адронном коллайдере. В заключение мы формулируем вытекающие из этих результатов необходимые изменения всей стратегии исследований в физике высоких энергий и фундаментальной физике в целом.

Уведення у Стандартній моделі елементарних частинок і взаємодій нової фізичної сутності, — всюдисущого поля та Хіггсових бозонів, — пов'язане з відсутністю у цьому стандартному опису універсального динамічного джерела маси частинок, яка й надолужується за рахунок їхньої взаємодії з Хіггсовим полем. У цій праці ми пропонуємо розширений огляд теорії складної динаміки нередукованої взаємодії у багатоконпонентних системах, яка надає таке універсальне динамічне й внутрішнє джерело маси, що з'являється у випадку елементарних частинок разом з самими частинками. Тією ж самою складно-динамічною взаємодією у початковій мінімальній системі двох однорідних протополів пояснюється ви-

никнення й усіх інших внутрішніх і динамічних властивостей частинок та їхніх фундаментальних взаємодій (тепер динамічно об'єднаних). Ми розглядаємо конкретні переваги такого складно-динамічного джерела маси у порівнянні з Хіггсовим механізмом і пропонуємо відповідну безхіггсову інтерпретацію недавніх експериментальних результатів із «відкриття Хіггсового бозона» на Великому адронному коллайдері. Насамкінець ми формулюємо необхідні суттєві змінення усієї стратегії досліджень у фізиці високих енергій і фундаментальній фізиці в цілому, які впливають із одержаних результатів.

Introduction of a new physical entity, the omnipresent Higgs field and bosons, within the Standard model of elementary particles and interactions is related to the absence of the universal dynamic origin of particle mass in this standard description, which is compensated for by particle interaction with the Higgs field. In this paper, we propose an extended review of the theory of complex dynamics of unreduced interaction in multicomponent systems, which provides such universal dynamic and intrinsic origin of mass appearing, in the case of elementary particles, together with particles themselves. The same complex-dynamic interaction in the initial minimal system of two homogeneous protofields accounts also for the emergence of all other internal and dynamic particle properties and fundamental interactions (now dynamically unified). We consider particular advantages of such complex-dynamic origin of mass as compared to the Higgs mechanism and propose the respective Higgsless interpretation of recent experimental results of the 'Higgs boson discovery' at the Large Hadron Collider. Finally, we formulate the necessary essential changes of the entire strategy of research in high-energy physics and fundamental physics in general, which follow from the obtained results.

Ключевые слова: задача многих тел, сложность, хаос, самоорганизация, происхождение массы, поле Хиггса, природа времени, теория относительности, квантовая механика, Луи де Бройль, двойное решение, скрытая термодинамика, проблема иерархии, физика высоких энергий.

(Получено 14 октября 2014 г.)

1. ВВЕДЕНИЕ

Поскольку стандартная теория частиц и полей не предлагает универсального динамического происхождения массы, она вынуждена вводить дополнительную материальную сущность, вездесущее «поле Хиггса» и составляющие его «бозоны Хиггса» [1–6], которые в результате взаимодействия с изначально безмассовыми фермионами «нарушают» (формально постулированную) «симметрию» соответствующих (абстрактно-математических) полей и обуславливают их конечную инерционную массу, а значит и массивную, «осязаемую» природу всей обычной, структурообразующей материи. Обнаруженный недавно слабый, но заметный резонанс в энергетическом распределении продуктов столкновения сверхвысокоэнергетиче-

ских протонов [7, 8] был соответственно интерпретирован как признак существования бозона Хиггса (мгновенно распадающегося на регистрируемые более стабильные частицы).

Существенные, фундаментальные и технические, проблемы подобной концепции массы и существования поля Хиггса [9] сохраняют свой «неразрешимый» статус и становятся особенно очевидными при сравнении с другой, динамической и универсальной концепцией происхождения массы как результата сложной динамики *нередуцированного* взаимодействия многих частиц (и состоящих из них квазинепрерывных сред) [9–24].

В данной работе предлагается расширенный анализ и сравнение нашей сложно-динамической концепции массы (раздел 2) с механизмом Хиггса стандартной модели, демонстрируя решающие преимущества первой (раздел 3), с учётом также решения всех основных проблем фундаментальной физики (объединённая, физически реальная природа элементарных частиц, их внутренних и динамических свойств, самосогласованная космология и т.д.). Возможность самого существования поля Хиггса оказывается весьма сомнительной в силу возникающих противоречий, тогда как данные «подтверждающих» экспериментов на Большом адронном коллайдере [7, 8] получают иную, самосогласованную интерпретацию (включающую в этом случае и многие другие экспериментальные наблюдения, остающиеся в противном случае необъяснёнными). Более того, мы утверждаем, что с учётом взаимодействия полей реальное существование *любого* (макроскопического) *скалярного*, и особенно массивного, поля (такого как поле Хиггса) весьма маловероятно (с серьёзными последствиями для многих моделей обычной теории).

Полученные отличия от стандартной теории связаны с нашим нередуцированным анализом процессов взаимодействия многих тел [9–24], не использующим каких бы то ни было приближений теории возмущений или «точно решаемых моделей» и дающим универсальное определение динамической сложности всех реальных структур мира, начиная с элементарных частиц. Полученное расширенное, каузально полное понимание структуры и динамики микромира приводит к необходимости новой стратегии всех, экспериментальных и теоретических, исследований в области физики высоких энергий и элементарных частиц (раздел 4).

2. СЛОЖНАЯ ДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАК ОСНОВА ОБЪЕДИНЁННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ И ИХ СВОЙСТВ

Наш подход состоит в том, чтобы явным образом получить (строго вывести) наблюдаемые элементарные структуры (частицы), их внутренние свойства (такие как масса), взаимодействия и динамические свойства (квантовое и релятивистское поведение) как *дина-*

мический результат нередуцированного взаимодействия *наипростейшей* конфигурации минимального количества изначальных материальных сущностей, без искусственного введения дополнительных структур для объяснения свойств и без постулирования абстрактных законов и «принципов» (не говоря уже о необъяснимых фундаментальных «тайнах»). В силу самого способа построения, выведенные таким образом структуры, свойства и законы автоматически имеют *объединённую* и *каузально полную* (физически реальную и самосогласованную) природу, в отличие от произвольно постулируемых абстрактных сущностей и «моделей» обычной теории (см. раздел 3). Именно полный анализ неупрощённого, реального взаимодействия минимального набора (наблюдаемых) сущностей позволяет, таким образом, перейти от противоречивой абстрактно-математической картины ко внутренне полному реально-динамическому описанию, где постулируемые в обычной теории дополнительные абстрактные структуры заменяются на вполне реалистичные и неизбежные проявления сложной динамики взаимодействия (при существенно большей строгости математического описания, не содержащего теперь неоправданных приближений и расхождений с наблюдениями).

Нетрудно понять, что в силу вездесущей природы двух и только двух наблюдаемых взаимодействий и явлений, электромагнетизма и гравитации, описанная минимальная конфигурация процесса взаимодействия, лежащего в основе структурообразования нашего мира, однозначно определяется как однородное (притягивающее) взаимодействие двух изначальных однородных сред, или «протополей», электромагнитного (э/м) и гравитационного, которые, в конечном счёте, (в результате последующего развития их взаимодействия) дают начало соответствующим структурам и явлениям. Будучи реальными физическими сущностями, эти протополя тоже состоят, конечно, из некоторых взаимодействующих микрокомпонент, однако поскольку последние находятся, как правило, за гранью наблюдений внутри нашего мира, мы считаем эти исходные протополя квазиоднородными, выводя наблюдаемые структуры как результат их взаимодействия и уточняя, насколько возможно, внутренние свойства протополей исходя из поведения элементарных структур.

Математически такая минимальная конфигурация двух взаимодействующих протополей выражается «уравнением существования», которое даёт просто универсальное описание этой конфигурации без каких-либо существенных ограничений [9–24]:

$$\left[h_g(\xi) + V_{eg}(\xi, q) + h_e(q) \right] \Psi(\xi, q) = E\Psi(\xi, q), \quad (1)$$

где ξ и q описывают степени свободы (или «переменные») гравитационного и э/м-протополей соответственно; $\Psi(\xi, q)$ — функция со-

стояния всей системы, полностью характеризующая её конфигурацию; $h_g(\xi)$ и $h_e(q)$ — обобщённые гамильтонианы невзаимодействующих гравитационного и э/м-протополей; $V_{eg}(\xi, q)$ — потенциал их (притягивающего) взаимодействия, а E — собственное значение полного гамильтониана системы, или обобщённая энергия. Здесь обобщённые энергия и гамильтонианы выражают в принципе любую подходящую меру определённой ниже универсальной динамической сложности, но во многих случаях будут совпадать с расширенно понимаемой энергией (также строго определённой ниже) и её операторной функцией (гамильтонианом). Отметим, что краткое описание (1) включает и более детальную версию взаимодействия между всеми индивидуальными элементами протополей [10, 17–20, 23, 24], которая в ходе стандартного преобразования сводится к той же системе уравнений (см. ниже).

Гамильтонова форма этого исходного описания не является ограничением в силу своей реальной универсальности, которая проявляется, среди прочего, в виде уравнения Гамильтона–Якоби для классических систем и уравнения Шрёдингера для квантовых систем [10, 17–19, 23–27]. Подчеркнём ещё раз, что в соответствии с универсальностью нашего подхода мы избегаем какой-либо априорной конкретизации потенциалов взаимодействия протополей с неизвестными и напрямую не наблюдаемыми свойствами (она может проводиться лишь по мере возникающей необходимости при сравнении результатов этого общего теоретического описания с экспериментальными наблюдениями).

Анализ уравнения существования удобно проводить в терминах собственных мод одной из компонент взаимодействия, э/м-протополя (в свободном состоянии), которые считаются известными:

$$\Psi(\xi, q) = \sum_n \psi_n(\xi) \varphi_n(q), \quad h_e(q) \varphi_n(q) = \varepsilon_n \varphi_n(q), \quad (2)$$

где $\{\varphi_n(q)\}$, $\{\varepsilon_n\}$ — полный набор (ортонормированных) собственных функций и собственных значений свободного э/м-протополя (описывающих его локальные возбуждения). Подставляя разложение (2) в уравнение (1) и используя ортонормированность $\{\varphi_n(q)\}$, стандартным образом получаем систему уравнений для коэффициентов разложения $\psi_n(\xi)$, эквивалентную исходному уравнению:

$$\left[h_g(\xi) + V_{nn}(\xi) \right] \psi_n(\xi) + \sum_{n' \neq n} V_{nn'}(\xi) \psi_{n'}(\xi) = \eta_n \psi_n(\xi), \quad (3)$$

$\eta_n = E - \varepsilon_n$; $V_{nn'}(\xi)$ — матричные элементы потенциала взаимодействия:

$$V_{nn'}(\xi) = \int_{\Omega_q} dq \varphi_n^*(q) V_{eg}(\xi, q) \varphi_{n'}(q).$$

Поскольку система уравнений (3) для произвольного взаимодей-

ствия столь же неинтегрируема, как и исходное уравнение существования (1), в обычной теории она заменяется на «близкие», но интегрируемые и сильно упрощённые уравнения с одинаковым «средним полем» взаимодействия, например:

$$\left[h_g(\xi) + V_{nn}(\xi) \right] \psi_n(\xi) = \eta_n \psi_n(\xi).$$

Но при этом теряются существенные индивидуальные связи между компонентами системы, как раз определяющие её способность к структурообразованию, которое сводится в подобном приближении к тривиальному воспроизведению заданных статичных форм.

Для того чтобы выйти за рамки этих ограничений, мы используем нередуцированный метод эффективного (или оптического) потенциала для получения решения системы (2), в котором применяется метод подстановок неизвестных функций $\psi_n(\xi)$ ($n \neq 0$) в уравнение для $\psi_0(\xi)$, в свою очередь выраженных через $\psi_0(\xi)$ из соответствующих уравнений системы с помощью стандартных функций Грина [10, 28, 29]. В результате получаем всего одно требующее решения уравнение для $\psi_0(\xi)$ внешне «интегрируемого» вида, но в котором вся сложность нередуцированного взаимодействия перенесена в (вообще говоря, нелокальный) оператор эффективного потенциала, зависящий, в частности, от искомым собственных значений и решений некоторой сокращённой системы уравнений [9–29]:

$$\left[h_g(\xi) + V_{\text{eff}}(\xi; \eta) \right] \psi_0(\xi) = \eta \psi_0(\xi), \quad (4)$$

где собственное значение $\eta \equiv \eta_0$, а *эффективный потенциал* (ЭП) $V_{\text{eff}}(\xi; \eta)$ даётся выражением

$$\begin{aligned} V_{\text{eff}}(\xi; \eta) \psi_0(\xi) = \\ = V_{00}(\xi) \psi_0(\xi) + \sum_{n,i} \frac{V_{0n}(\xi) \psi_{ni}^0(\xi) \int_{\Omega_\xi} d\xi' \psi_{ni}^{0*}(\xi') V_{n0}(\xi') \psi_0(\xi')}{\eta - \eta_{ni}^0 - \varepsilon_{n0}}, \end{aligned} \quad (5)$$

$\{\psi_{ni}^0(\xi)\}$, $\{\eta_{ni}^0\}$ — полный набор собственных функций и собственных значений для сокращённой системы уравнений (система (3) без уравнения для $\psi_0(\xi)$), $\varepsilon_{n0} = \varepsilon_n - \varepsilon_0$ и $n \neq 0$ (также далее). После решения *эффективного уравнения существования* (4), остальные компоненты $\psi_n(\xi)$ выражаются через найденное $\psi_0(\xi)$ с помощью упомянутых функций Грина, и затем полная функция состояния системы $\Psi(\xi, q)$ получается с использованием исходного разложения (2) (см. ниже).

Такая формулировка задачи в терминах нередуцированного ЭП (4), (5) эквивалентна исходной задаче произвольного взаимодей-

ствия многих тел (1) или (3) и снова является «неинтегрируемой». Поэтому с целью получения «замкнутого» решения обычный подход прибегает к упрощениям теории возмущений и в этой формулировке [29], где снова теряется вся система динамических связей и связанные с ней существенные качества нередуцированного решения. Однако в отличие от предыдущих формулировок задачи, метод нередуцированного ЭП (4), (5) даёт возможность раскрытия этих существенных качеств неупрощённого решения за счёт деталей динамической структуры процесса взаимодействия, содержащихся в явном виде в выражении (5) для нередуцированного ЭП.

Особенно важной является отмеченная выше зависимость ЭП (5) от искомым собственным значений η , которая ведёт к многократному *возрастанию числа собственных решений* эффективного уравнения существования (4) из-за связанного с ней роста высшей степени N_{\max} характеристического уравнения для η , которая и определяет полное число собственных решений [10, 11, 17–19, 23–27]:

$$N_{\max} = N_{\xi} (N_q N_{\xi} + 1) = N_{\text{р}} N_{q\xi} + N_{\xi}, \quad (6)$$

где N_q и N_{ξ} — количества слагаемых в суммах по n и i соответственно в выражении (5) (обычно $N_q = N_{\xi} = N$, где N — число взаимодействующих мод всех компонент или в общем случае их всевозможных комбинаций), $N_{q\xi} = N_q N_{\xi}$ — обычное число собственных решений для физически полной конфигурации системы, а $N_{\text{р}} = N_{\xi}$ — число *реализаций* системы, т.е. её реально возникающих, одинаково возможных и различных конфигураций, из которых каждая включает обычное число собственных решений $N_{q\xi}$ и несовместима с любой другой, столь же физически полной реализацией системы.

Соотношение (6) означает, что нередуцированная динамика процесса взаимодействия состоит в *постоянной смене одинаково возможных реализаций*, «выбираемых» самой системой в определённом таким образом *каузально случайном* порядке. Последнее слагаемое в выражении (6), дающее сокращённый набор N_{ξ} собственных решений, соответствует специальной, «основной» или «промежуточной» реализации системы, в которую система неизбежно попадает при переходе между двумя последовательными «регулярными» реализациями (содержащими полный набор $N_{q\xi}$ собственных решений) с временным «распутыванием» компонент взаимодействия, которые проходят в этой реализации через квазисвободное состояние. Последнее обстоятельство объясняет сокращённое количество собственных решений, составляющих промежуточную реализацию, которая даёт *каузально полное, физически реальное расширение квантово-механической волновой функции*, а также всех классических «функций распределения» статистической теории на соответствующих уровнях динамики взаимодействия [10–12, 16–

20, 23–27]. Отметим, что эти выводы и описанная *динамически многозначная* структура нередуцированного решения проблемы взаимодействия подтверждаются независимым графическим анализом задачи [10, 21].

Значение *динамически определённой* вероятности, α_r , *каузально случайного* появления r -й реализации из полного набора $N_{\text{э}}$ элементарных реализаций строго выводится в этой картине как

$$\alpha_r = \frac{1}{N_{\text{э}}}, \quad \sum_r \alpha_r = 1. \quad (7a)$$

Это выражение естественно обобщается на случай составных реализаций на высших уровнях сложности, где r -я реализация содержит N_r элементарных (прямо не разрешаемых) реализаций:

$$\alpha_r = \frac{N_r}{N_{\text{э}}}, \quad \sum_r \alpha_r = 1. \quad (7b)$$

Мы приходим к универсальному и строго определённом понятию вездесущего *динамического хаоса* в поведении *любой* системы как реализаций (т.е. «развитых конфигураций») системы, непрерывно сменяющих друг друга в динамически (каузально) случайном, полностью непредсказуемом порядке под действием того же движущего взаимодействия системы, без какого-либо влияния внешнего или внутреннего шума («экспоненциальное усиление» которого является основной концепцией хаоса в обычной, *динамически однозначной* теории, см. ниже). В частности, для квантовых систем и процессов взаимодействия получаем концепцию *истинного квантового хаоса* (с истинной случайностью), подчиняющегося прямому принципу соответствия при переходе к классической хаотической динамике [10, 19, 21, 23], которую не удаётся получить в обычной теории.

Дуальным и эквивалентным понятием, столь же универсальным образом характеризующим динамически многозначный результат любого реального взаимодействия, является *универсальная динамическая сложность*, C , определяемая как любая растущая функция числа реализаций системы или скорости их смены, равная нулю для нереалистичного случая только одной реализации (единственного рассматриваемого в обычной теории) [10, 19–21, 24–27]:

$$C = C(N_{\text{э}}), \quad dC/dN_{\text{э}} > 0, \quad C(1) = 0, \quad (8)$$

где, например, $C(N_{\text{э}}) = C_0(N_{\text{э}} - 1)$ или $C(N_{\text{э}}) = C_0 \ln(N_{\text{э}})$ ¹. Таким

¹ В этом универсальном определении сложности «реализация» означает любую реализацию системы, включая специальную промежуточную реализацию обоб-

образом, любая структура реального мира является одновременно истинно хаотической и динамически сложной ($C > 0$), по одной и той же причине (фундаментальная динамическая многозначность).

Важно подчеркнуть, что хотя в любой реальной ситуации $N_{\text{я}} > 1$ и практически всегда $N_{\text{я}} \gg 1$, любое обычное описание в рамках «точных решений» или теории возмущений (включая общепринятые концепции «хаоса» и «сложности») соответствует значениям $N_{\text{я}} = 1$ и $C = 0$, указывающим на строго нулевую величину, то есть *отсутствие*, истинной динамической сложности и случайности (хаоса) в обычной теории, что не исключает их имитаций в виде (всегда неполных и противоречивых) полуэмпирических «признаков». В то время как реальные, динамически многозначные взаимодействия и возникающие в них структуры (начиная с элементарных частиц, рассматриваемых более подробно в данной работе) *всегда* внутренне хаотичны ($N_{\text{я}} > 1$) и динамически сложны ($C > 0$), их *динамически однозначные* ($N_{\text{я}} = 1$), *эффективно нульмерные (точечные) проекции* в обычной теории фундаментально регулярны и не сложны (мы также называем такое описание *унитарным*), хотя внешне они могут казаться «запутанными» и «случайными».

Возвращаясь к нашей конкретной физической системе двух притягивающихся изначально однородных протополей как основе формирования всех структур Вселенной, мы можем теперь уточнить непосредственно возникающую конфигурацию для этой системы (результат взаимодействия первого уровня). Измеряемая *плотность системы* $\rho(\xi, Q)$ в нередуцированном формализме ЭП (4), (5) даётся, как следует из вышесказанного, *динамически вероятностной* суммой (отмечаемой значком \oplus) плотностей, $\rho_r(\xi, Q)$, всех хаотически сменяющихся реализаций [10, 11, 17–20, 24]:

$$\rho(\xi, q) \equiv |\Psi(\xi, q)|^2 = \sum_{r=1}^{N_{\text{я}}} \oplus \rho_r(\xi, q) = \sum_{r=1}^{N_{\text{я}}} \oplus |\Psi_r(\xi, q)|^2, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \Psi_r(\xi, q) = \\ = \sum_i c_i^r \left[\varphi_0(q) \psi_{0i}^r(\xi) + \sum_{n,i'} \frac{\varphi_n(q) \psi_{ni'}^0(\xi) \int_{\Omega_\xi} d\xi' \psi_{ni'}^{0*}(\xi') V_{n0}(\xi') \psi_{0i}^r(\xi')}{\eta_i^r - \eta_{ni'}^0 - \varepsilon_{n0}} \right], \quad (10) \end{aligned}$$

щённой волновой функции (или функции распределения), описанную выше, в отличие от нашего чаще используемого понимания реализации в узком смысле (например, число реализаций $N_{\text{я}}$ в уравнении (6)), включающего только регулярные, «полноценные» реализации, содержащие полный набор собственных решений. Однако это отличие навряд ли может вызвать трудности, ибо практически всегда $N_{\text{я}} \gg 1$.

где $n \neq 0$, $\varphi_0(q)$, $\varphi_n(q)$ — (известные) собственные функции гамильтониана э/м-протополя $h_e(q)$ (см. (2)); c_i^r — коэффициенты сшивки реализаций функции состояния, связанные с каузально обоснованным и обобщённым правилом Борна для вероятностей реализаций [10, 11, 17–20, 23, 24], а $\{\psi_{0i}^r(\xi), \eta_i^r\}$ — набор собственных функций и собственных значений r -й реализации решения эффективного уравнения существования (4), (5).

Помимо динамической многозначности нередуцированного решения (9), (10) (и соответствующего результата реального взаимодействия), второй его фундаментальной особенностью (и отличием от обычного, унитарного описания) является *динамическое переплетение* (или *перепутывание*, или *смешивание*) компонент взаимодействия, в виде сложной, динамически взвешенной комбинации произведений функций, зависящих от взаимодействующих степеней свободы q и ξ . Это свойство ещё более усиливается благодаря многоуровневой, *динамически фрактальной* структуре расщепления системы на хаотически чередующиеся реализации, обнаруживаемой с помощью того же метода нередуцированного ЭП, применённого к нахождению неизвестных решений $\{\psi_{ni}^0(\xi), \eta_{ni}^0\}$ сокращённой системы уравнений (см. (5)) и последующих всё более сокращённых систем [10, 17, 20, 23, 24–27]. Динамическое переплетение составляет *строгую математическую основу* «осязаемого» физического качества материала возникающих структур, полностью игнорируемого в обычной, динамически однозначной теории, предлагающей лишь абстрактные, «бестелесные» модели реальных структур. Соответственно, при смене реализаций происходит временное *динамическое расплетение* компонент в момент перехода через описанную выше промежуточную реализацию обобщённой волновой функции, после чего возникает новая версия динамического переплетения при образовании следующей регулярной реализации системы.

При подходящем выборе собственных функций э/м-протополя $\varphi_0(q)$, $\varphi_n(q)$ в виде узких пиков, соответствующих физическим состояниям его реальных, хотя возможно практически не различаемых составляющих (субэлементарных частиц-возбуждений), из (5), (10) нетрудно увидеть, что благодаря комбинации обрезывающих интегралов в числителе и резонансных знаменателей каждая r -я появляющаяся реализация концентрируется вокруг одного из своих собственных значений, η_i^r , естественно интерпретируемого как возникающая пространственная координата (физически реальный пространственный элемент) [10–13, 17–20, 23, 24]. А поскольку, как показано выше, динамика сложного взаимодействия состоит в непрерывной смене реализаций в случайном порядке, этот результат означает, что однородное притяжение протополей приводит к перманентному процессу их чередующихся локальных сжатий (с

динамическим переплетением) и растяжений (с расплетением) вокруг разных (близких) центров, случайно выбираемых системой вокруг некоторых, также в целом произвольных положений (разделённых большими расстояниями).

Этот процесс *пространственно хаотических пульсаций*, или (сильно нелинейных) *автоколебаний*, возбуждаемый в изначально однородной системе притягивающихся протополей и строго выведенный в нашем формализме нередуцированного ЭП, имеет и наглядную физическую интерпретацию с точки зрения *внутренней неустойчивости* такого однородного притяжения. Действительно, локальная флуктуация возросшей плотности одного из протополей будет способствовать росту концентрации в том же месте второго протополя, которая ещё больше усилит начальный рост плотности первого поля, и т.д. Этот процесс локального сжатия достигает предела из-за конечной сжимаемости физически реальных протополей (из-за отталкивания между их элементами), после чего он сменяется противоположным растяжением до квазисвободного состояния, благодаря той же неустойчивости с участием соседних участков протополей. Нетривиальным моментом этих нелинейных автоколебаний является, однако, *динамически случайный* выбор каждого последующего центра катастрофически нарастающего сжатия, или коллапса, протополей, который был строго выведен благодаря нередуцированному анализу взаимодействия протополей в методе ЭП и играет определяющую роль в *универсальном бесхиггсовом происхождении массы* элементарных частиц (см. ниже).

Мы называем каждый такой локальный, *пространственно хаотический* процесс автоколебаний связанных протополей *квантовым биением* и показываем, что он составляет динамическую структуру и источник наблюдаемых физических свойств (массивных) *элементарных частиц* или (теперь внутренне дуалистичных) *поле-частиц*, таких как электрон [10–13, 17–20, 23, 24]. Составные частицы включают несколько таких в разной степени связанных и перемешанных процессов (кварковая структура адронов). Отметим, что возможность квантовых биений предполагает, конечно, соответствующие механические свойства упругости, по крайней мере, одного из протополей (нетрудно понять, что это в основном э/м-протополе, дающее начало явно наблюдаемым структурам). Однако массовое образование поле-частиц в системе связанных протополей должно наблюдаться в широком диапазоне параметров их притяжения, за исключением как раз маловероятных крайних случаев чрезмерно сильного притяжения, вызывающего однократный коллапс и/или разрушение протополей, и слишком слабого притяжения, не ведущего к образованию массивных частиц (этот случай реализуется в пространстве между образовавшимися массивными частицами, где квантовые уже невозможны из-за возросшего натяже-

ния протополей и их притяжение реализуется лишь в виде малых, безмассовых возмущений типа фотонов). Таким образом, мы автоматически получаем самонастраивающуюся, динамически развивающуюся космологическую структуру Вселенной, с естественным разрешением всех «трудных» (и растущих) проблем обычной космологии [10–13, 17–20, 24] (см. ниже).

Динамически многозначный процесс *любого* нередуцированного взаимодействия в виде постоянной хаотической смены реализаций даёт начало возникновению универсально определённых и физически реальных *пространства* (структура) и *времени* (эволюция структуры), с их теперь строго выведенными наблюдаемыми свойствами. Описанный выше процесс квантовых биений на первом уровне структурообразования в изначально однородной системе связанных протополей является соответственно источником возникающего низшего уровня «вмещающего», базисного пространства и «универсального» времени, имитируемых соответствующими постулированными и абстрактными сущностями унитарной теории и «ньютоновской» науки. Более конкретно, описанное выше сильно *неоднородное* локальное сжатие взаимодействующих протополей даёт начало фундаментальной, *динамически дискретной* и «осязаемой», вещественной структуре *физического пространства*, «сотканной» из двух *динамически переплетённых* (как описано выше) протополей. В свою очередь, неизбежная *смена* центров этого сжатия (*множественных* и *несовместимых* реализаций системы) в *динамически случайном* порядке даёт конкретную природу *реального, постоянно текущего* (безостановочная смена реализаций) и *необратимого* (случайный порядок реализаций) *времени*.

В точном выражении, динамически определённый *размер физической точки* r_0 формирующегося таким образом реального пространства даётся характерным расстоянием между соседними собственными значениями эффективного уравнения существования (4), (5) в пределах одной реализации, $r_0 = \Delta x_i = \Delta_i \eta_i^r$, тогда как *элементарная длина* $\Delta x = \lambda$ того же уровня сложности (минимальное расстояние между двумя точками) определяется расстоянием между собственными значениями соседних реализаций, $\Delta x = \lambda = \Delta x_r = \Delta_r \eta_i^r$. *Элементарный временной интервал* Δt естественно определяется как *период квантовых биений* τ элементарной частицы, $\Delta t = \tau = 1/\nu$, где ν — частота квантовых биений, отражающая *интенсивность* процесса *пространственно хаотической смены реализаций* системы. Значение Δt может быть получено из элементарной длины λ , определённой выше через решения уравнений (4), (5) формализма ЭП, и ν_0 , скорости распространения возбуждений в э/м-протополе (связанном с гравитационным протополем), $\tau = \lambda/\nu_0$, где скорость ν_0 в этом общем выражении естественно отождествляется на данном уровне сложности со *скоростью света* c , $\tau = \lambda/c$, поскольку возбуж-

дения э/м-протополя наблюдаются в виде фотонов. Таким образом, мы получаем хорошо определённый источник физически реального пространства и необратимо текущего времени в виде того же сложно-динамического процесса квантовых биений, который определяет структуру элементарных поле-частиц [10–12, 17–20, 23, 24].

Поскольку физически реальные пространство и время создаются в процессе постоянной смены реализаций системы, а динамическая сложность определяется числом реализаций или скоростью их смены, то основная *интегральная мера универсальной динамической сложности* даётся простейшей линейной комбинацией этих динамически возникающих элементов пространства и времени, то есть *действием-сложностью* \mathcal{A} , значительно расширяющим смысл и применимость обычного механического действия, которое теперь выражает фактически число реализаций, последовательно принимаемых системой и его дискретное изменение [10–12, 17–20, 23, 24]:

$$\Delta\mathcal{A} = p\Delta x - E\Delta t, \quad (11)$$

где коэффициенты p и E узнаются как (обобщённые) *импульс* и *энергия*, интерпретируемые теперь как универсальные *дифференциальные меры сложности* (определяемые соответственно пространственной и временной скоростями смены реализаций):

$$p = \left. \frac{\Delta\mathcal{A}}{\Delta x} \right|_{t=\text{const}} \cong \frac{\mathcal{A}_0}{\lambda}, \quad (12)$$

$$E = - \left. \frac{\Delta\mathcal{A}}{\Delta t} \right|_{x=\text{const}} \cong \frac{\mathcal{A}_0}{\tau}, \quad (13)$$

причём x и p в общем случае являются векторами, а \mathcal{A}_0 выражает абсолютную величину характерного значения действия.

Нетрудно понять, что на рассматриваемых нижайших подуровнях сложности минимальное (и здесь единственно возможное) изменение и характерная величина действия-сложности даётся *постоянной Планка* h , $\Delta\mathcal{A} = \mathcal{A}_0 = h$, что раскрывает её истинное, *динамическое происхождение* как фундаментального *кванта действия-сложности* и объясняет её *конечное значение* (через дискретность реализаций) и *универсальность* на этих *нижайших* подуровнях сложности [10, 12, 15, 17–20, 23, 24]:

$$E = - \left. \frac{\Delta\mathcal{A}}{\Delta t} \right|_{x=\text{const}} = \frac{h}{\tau} = h\nu. \quad (14)$$

Для состояния покоя элементарной частицы ($p = 0$), строго определённого теперь как *состояние минимальной динамической сложности системы* (процесса квантовых биений), получаем следующее

выражение для энергии покоя E_0 :

$$E_0 = \frac{h}{\tau_0} = h\nu_0, \quad (15)$$

совпадающее со знаменитым предложением де Бройля [30–33], которое приводит к идее корпускулярно-волнового дуализма и выражению для длины волны частицы, но теперь при полностью определённом происхождении «периодического явления» внутри элементарной поле-частицы (квантовые биения) и связанного с ним дуализма, которые составляют саму физическую природу частицы.

Поскольку энергия покоя E_0 в (15) является (дифференциальной) мерой сложности *пространственно хаотических* циклов сокращения и расширения протополей в квантовых биениях, последние могут быть охарактеризованы как *случайные блуждания* «мерцающего» сжатого состояния частицы, или *виртуального солитона*, внутри её (физически реальной) волновой функции, дающие начало свойству *инерции*, в соответствии с концепцией «скрытой термодинамики» де Бройля [34–37]. Таким образом, инерция частицы (и любого объекта) связана с её (скрытой) *внутренней многозначной (хаотической) динамикой*, где частичное упорядочение последней при глобальном движении в определённом направлении встречает конечное «сопротивление» этой уже существующей динамики «скрытого термостата», стремящегося сохранить «температуру» своего внутреннего движения. Ввиду особой важности универсального происхождения инерции в контексте данной работы, мы пока не будем прямо вводить соответствующее количественное определение массы, измеряющей описанный эффект инерции, а вместо этого попытаемся последовательно получить эту величину из строгого анализа динамики глобального движения.

Мы начинаем с математически точного и универсального определения *состояния покоя* любой (изолированной) системы как состояния с наименьшим (всегда положительным) значением её энергии-сложности E (задаваемой выражением (13)) и *состояния (любого глобального) движения* как, соответственно, состояния со значением энергии-сложности большим своего минимума в состоянии покоя [10, 12, 17–19, 24]. Состояние покоя характеризуется наиболее однородным распределением динамических вероятностей реализаций (7) (для элементарной поле-частицы в состоянии покоя оно полностью однородно), что соответствует предельному режиму *однородного хаоса* сложной динамики, тогда как состояние движения реализуется как менее однородное распределение вероятностей реализаций в рамках режима частично упорядоченной, или *самоорганизованной*, динамики, где направление (вероятностная тенденция) этого глобального движения определяется более высокими значениями вероятностей соответствующих реализаций. Это озна-

чает, что действие-сложность \mathcal{A} для покоящейся элементарной поле-частицы не содержит никакой пространственной зависимости и приобретает такую зависимость от (динамически возникающей) пространственной координаты x для движущейся частицы, $\mathcal{A} = \mathcal{A}(x, t)$, так что

$$\frac{\Delta \mathcal{A}}{\Delta t} = \frac{\Delta \mathcal{A}}{\Delta t} \Big|_{x=\text{const}} + \frac{\Delta \mathcal{A}}{\Delta x} \Big|_{t=\text{const}} \frac{\Delta x}{\Delta t} = p\nu - E,$$

или

$$E = -\frac{\Delta \mathcal{A}}{\Delta t} + p\nu = \frac{h}{T} + \frac{h}{\lambda} \nu = hN + p\nu, \quad (16)$$

где полная энергия E движущейся поле-частицы даётся выражением (14), импульс p её (глобального) движения, универсально определяемый соотношением (12), уточняется теперь как

$$p = \frac{\Delta \mathcal{A}}{\Delta x} \Big|_{t=\text{const}} = \frac{h}{\lambda}, \quad (17)$$

ν представляет собой скорость глобального движения:

$$\nu = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Lambda}{T}, \quad (18)$$

$\tau = \Delta t \Big|_{x=\text{const}}$ — период квантовых биений (смены реализаций), измеряемый в фиксированной пространственной точке, $\lambda = \Delta x \Big|_{t=\text{const}}$ — размер возникающей пространственной неоднородности средней, глобальной части структуры движущейся системы, измеряемой при фиксированном времени, $\Delta t = T$ и $\Delta x = \Lambda$ — «полные» значения периода квантовых биений ($N = 1/T$ — соответствующая частота) и пространственной неоднородности [10, 12, 17–19, 24].

Сложно-динамическое разделение полной энергии в (16) и сопутствующее выражение (17) для импульса глобального движения дают новое, каузально полное понимание нередуцированной динамической структуры (любого) движения. Последняя содержит тенденцию собственно глобального, внешне регулярного (хотя внутренне хаотического) движения системы, описываемую вторым слагаемым, $p\nu$, в распределении полной энергии (16). Его первое слагаемое, hN , характеризует дополнительную тенденцию полностью случайных отклонений системы от глобального движения (в нашем случае тенденцию случайных блужданий виртуального солитона элементарной частицы). Более того, выражение (17) показывает, что в тенденции глобального движения возникает пространственная структура с характерной длиной λ , которая без труда распозна-

ётся в нашем случае как *дебройлевская волна* частицы с длиной волны $\lambda = \lambda_B = h/p$. Таким образом, теперь нет ничего таинственного в этом *динамически возникающем* явлении *корпускулярно-волнового дуализма*, представляющем собой естественное проявление универсального сложно-динамического процесса структурообразования в глобальном движении системы (а именно, скачков системы между реализациями). Важно также, что, несмотря на внешнюю регулярность, тенденция глобального движения возникает и поддерживается как *в среднем* более частые, но индивидуально *хаотические* скачки системы (здесь в виде виртуального солитона) между её реализациями «вдоль» возникающего таким образом структурного пространственного профиля (волновая форма взаимодействующих протополей в нашем случае).

Здесь имеется прямая связь с введённым выше свойством инерции, ибо процесс динамически многозначного взаимодействия, «сопротивляющийся» навязанной извне тенденции глобального движения, развивает глобальную «волнистую деформацию», пропорциональную своей сложно-динамической инерции, и совершает это глобальное движение в виде «перемещения гусеницы». Поскольку (динамически многозначная) система не может избежать хаотических инерционных отклонений от тенденции её глобального движения, его скорость v будет всегда меньше скорости любого отдельного скачка между реализациями, происходящего со скоростью распространения возмущений в материале взаимодействующих компонент, $v_0 = c$, где скорость света c , так же как и соответствующее «релятивистское» ограничение $v < c$, вводится полностью каузально-физически, для рассматриваемой системы связанных э/м- и гравитационного протополей [13, 14, 17–19, 24].

Для того чтобы получить в этой картине количественное соотношение между v и c , заметим, что за время одного скачка в рамках тенденции глобального движения, $\tau_1 = \lambda/c$, система (виртуальный солитон) должна совершить $n_1 = c/v$ скачков чисто случайных отклонений от глобальной тенденции продолжительностью τ каждый (где τ определено согласно (14)). Таким образом, $\tau_1 = n_1 \tau$, или $\lambda = V_{ph} \tau$, где $V_{ph} = c^2/v$ представляет собой фиктивную, сверхсветовую «фазовую скорость» распространения волны материи, появляющуюся в оригинальном выводе понятия и величины длины волны де Бройля [33], который не учитывает хаотическую, многозначную часть динамики частицы. Остаётся только подставить определения τ и λ , (14), (17), в полученное соотношение, и мы получаем знаменитое *релятивистское дисперсионное соотношение*:

$$p = E \frac{v}{c^2} = mv, \quad (19)$$

которое в нашем случае (в отличие от обычной теории относитель-

ности) даёт искомое *строгое* определение *инерциальной массы-энергии-сложности*, $m = E/c^2$ [13, 14, 17–19, 24].

Теперь можно вернуться к состоянию покоя, где $E_0 = m_0 c^2$ и m_0 — *динамически определённая масса покоя* процесса квантовых биений, так что базовое соотношение (15), постулированное де Бройлем [30–33], может теперь быть записано в своей полной форме:

$$E_0 = m_0 c^2 = h\nu_0. \quad (15')$$

Динамически определённая *инерциальная масса-энергия для состояния движения* получается таким же образом из выражения (14) как частота *пространственно хаотических* (хотя и частично упорядоченных в среднем) квантовых биений:

$$E = mc^2 = h\nu = \frac{h}{\tau}. \quad (14')$$

Хотя наше сложно-динамическое определение массы ещё не является полным во всех отношениях (дополнение следует ниже), уже на этой стадии мы можем констатировать строго обоснованное отсутствие или решение фундаментальных проблем [9] принятой концепции массы Стандартной модели, основанной на существовании и воздействии поля Хиггса. В частности, стоит подчеркнуть *универсальность* приведённого определения массы-энергии (для любых систем и уровней сложности) как временного темпа (пространственно) *хаотической* смены реализаций (всех) участвующих процессов взаимодействия, в их нередуцированной, динамически многозначной версии, уравнения (11)–(19). Таким образом, инерция и (в общем случае релятивистская) масса-энергия системы является основным проявлением и (дифференциальной) мерой нередуцированной динамической сложности всех взаимодействий системы (где некоторые уровни сложности могут быть, в конечном счёте, исключены, если они определённо не дают вклада в конкретные наблюдения, например, в нерелятивистской механике).

В тесной связи с этими фундаментальными свойствами универсально определённой массы находится «очевидное» (фактически постулированное в обычной теории), но теперь *строго выведенное* и далеко не тривиальное соотношение (19), $p = mv$, которое эквивалентно *законам механики Ньютона*, теперь не просто постулируемым (вплоть до наших дней), но математически выведенным в их истинном сложно-динамическом смысле и каузально-релятивистском содержании (полностью потерянном в обычной версии). Второй закон Ньютона (в обобщённой версии) получается в результате дифференцирования по времени (вообще говоря, дискретного) этого соотношения, при теперь каузально полном физическом смысле массы, энергии, импульса, пространства и времени в терминах

сложной (многозначной) динамики всех нижележащих процессов взаимодействия (начиная с нижайшего уровня протополей). Эта степень строгости недостижима для механизма Хиггса и других не-динамических гипотез о происхождении массы, основанных на внешнем воздействии вводимых дополнительных сущностей.

Подставляя теперь фундаментальное соотношение (19) в каузальное определение длины волны частицы (17), получаем знакомое, но теперь каузально полное выражение для длины волны де Бройля в физически реальной версии корпускулярно-волнового дуализма в виде динамически многозначного процесса квантовых биений:

$$\lambda = \lambda_B = \frac{h}{mv}. \quad (20)$$

Для частицы в состоянии покоя мы можем далее получить длину скачка её виртуального солитона (совершаемого со скоростью c), если учтём, что частота квантовых биений $\nu_0 = m_0 c^2 / h$ из (15') соответствует длине волны

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0} = \frac{h}{m_0 c}, \quad (21)$$

которую можно было бы получить из выражения (20) для длины волны де Бройля при физически некорректных, но логически понятных параметрах $m = m_0$, $v = c$. Для электрона с массой покоя $m_0 = m_e$ длина λ_0 скачка виртуального солитона между двумя «корпускулярными» (сжатыми) реализациями квантовых биений совпадает с комптоновской длиной волны λ_C , что даёт её новую интерпретацию с точки зрения сложной динамики электрона (см. также ниже):

$$\lambda_C = \frac{h}{m_e c}. \quad (21')$$

Вследствие фундаментальной связи (14) между массой-энергией и временем, сложно-динамическое дисперсионное соотношение (19) отражается также на относительности времени. Подставляя (19) в выражение распределения энергии (16) и используя (14), получаем каузально обоснованное выражение *относительности времени* как соотношение между внешне и внутренне измеряемыми временными периодами (квантовых биений) τ и T для движущейся частицы:

$$\tau = T \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right). \quad (22)$$

Мы ясно видим здесь *физически реальное, сложно-динамическое происхождение* относительности времени (в отличие от формаль-

ных постулатов стандартной теории относительности) [10, 12–14, 17–19, 24]. Поскольку один и тот же сложно-динамический процесс квантовых биений даёт начало как «качанию маятника» физически реальных часов, определяющему фундаментальный ход времени (чисто случайная динамическая тенденция первого слагаемого в (16)), так и глобальному движению частицы (внешне регулярная тенденция второго слагаемого в (16)), то внутренние часы системы будут замедляться с ростом скорости глобального движения v , $T > \tau$, из-за того, что всё большая часть полной энергии будет переходить из первой тенденции (внутренние часы) ко второй (глобальное движение). Благодаря универсальности наших концепций времени, массы-энергии и движения, этот результат не зависит от размера и механизма любых реальных часов, отмечающих ход времени (разрешая, таким образом, ещё одну «загадку» обычной теории относительности).

Для того чтобы получить стандартное, непосредственно измеряемое выражение этой каузально обоснованной относительности времени, мы используем дополнительное соотношение между T , τ и периодом квантовых биений в покоящейся системе отсчёта τ_0 или между соответствующими частотами N , ν и ν_0 :

$$N\nu = (\nu_0)^2, \quad T\tau = (\tau_0)^2. \quad (23)$$

Это соотношение выражает физически ясное проявление сохранения числа реализаций системы, выражаемого частотами, что является версией универсального закона сохранения сложности [10, 12–14, 17–19, 24]. Исключая прямо не измеряемое τ из (22) с помощью (23), получаем знакомое выражение относительности времени, но в котором теперь как само время, так и его относительность (связь с движением) обретают физически реальное и универсальное происхождение:

$$T = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad N = \nu_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \quad (24)$$

Используя это выражение каузальной относительности времени вместе с (19) и (15) в уравнении (16), приходим к *каузально обоснованной относительности массы*:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (25)$$

Это даёт дальнейшее расширение концепции сложно-динамической

массы, подчёркивая тот факт, что *любое* глобальное, даже внешне регулярное движение возникает лишь как частично упорядоченная тенденция в процессе *динамически случайных* скачков между реализациями системы, где каждый скачок даже в рамках этой «самоорганизованной» глобальной тенденции совершается непредсказуемым, вероятностным образом (с несколько большей вероятностью попадания в эту тенденцию), давая вклад в полную массу системы.

Теперь мы можем рассмотреть другие свойства, возникающие в том же процессе нередуцированного взаимодействия двух протополей и дополняющие самосогласованную картину свойств и поведения частиц. Начнём с объяснения наблюдаемого числа пространственных измерений, $N_{\text{dim}} = 3$, как глобального числа реализаций системы взаимодействующих протополей равному числу взаимодействующих сущностей (см. обсуждение после уравнения (6)), двух протополей плюс связывающее взаимодействие. В общем случае, вселенная, возникающая из n протополей, связанных m (глобальными) взаимодействиями, должна иметь $N_{\text{dim}} = n + m$ глобальных пространственных измерений, что ясно указывает на то, что каждая дополнительная фундаментальная сущность (такая как вездесущее взаимодействующее поле) даёт дополнительное пространственное измерение. Существенно, что наше физически реальное пространство возникает как вещественное сложно-динамическое переплетение взаимодействующих сущностей, где наблюдаемое подобие пространственных измерений подразумевает столь же глобально однородную и прямую смесь взаимодействующих компонент, без специального, выделенного статуса любой из них (как у поля Хиггса в обычной теории).

Далее, этот процесс взаимодействия протополей с N_{dim} глобальными реализациями (пространственными измерениями) расщепляется, как мы видели, на иерархию локальных реализаций, начиная с массивных частиц, представляющих собой динамически многозначные процессы квантовых биений, которые образуют наблюдаемую обычную, «тяжёлую» *материю* (таково, стало быть, её строгое физико-математическое определение, отсутствующее в обычной теории). Процесс квантовых биений внутри каждой массивной, материальной частицы производит (распространяющиеся) деформации в окружающем материале каждого протополя, которые влияют на его свойства и таким образом дают начало (максимум) *тп фундаментальным силам дальнего взаимодействия* n типов между поле-частицами (где каждый тип взаимодействия передаётся через своё «порождающее» протополе). Для нашего простейшего случая двух протополей с единственной связью получаем две (фактически наблюдаемые) дальнедействующие силы разного типа, электромагнитную и гравитационную, что объясняет как их реальное происхождение, так и принятые названия, число и роли исходных прото-

полей.

Мы получим также n фундаментальных короткодействующих сил, возникающих из прямого локального взаимодействия между (обычно не разрешаемыми) элементарными составляющими соответствующих протополей. Действительно, мы наблюдаем в точности две короткодействующие силы для нашей вселенной ($n = 2$), где «слабое» взаимодействие естественным образом ассоциируется с прямым взаимодействием между соседними компонентами э/м-протополя (что даёт реальное физическое происхождение стандартной формальной «электрослабой симметрии», теперь с самого начала естественно «нарушенной»), тогда как «сильное» взаимодействие происходит из прямого взаимодействия между элементами гравитационного протополя (что даёт интересную новую связь между гравитационным и сильным взаимодействиями, происходящими из одного и того же, гравитационного протополя). Более того, поскольку конечным источником сильного взаимодействия являются практически не разрешаемые кварки, то нетрудно прийти к выводу, что наше гравитационное протополе может быть описано как плотный кварковый конденсат, где «отдельный» кварк может на самом деле либо не существовать как таковой (появляясь лишь в процессах взаимодействий), либо быть представлен эфемерной и хаотически меняющейся модой квантового биения более глубокого уровня сложности. Эта картина подтверждается и недавними экспериментами по столкновению высокоэнергетических тяжёлых ядер [38], где ожидаемая «кварк-глюонная плазма» демонстрировала скорее поведение плотной жидкости, чем «газа» из предсказаний Стандартной модели, связанных с её интерпретацией явления удержания кварков (которое также приобретает качественно новое, физически реальное и самосогласованное объяснение в нашей картине).

К этому необходимо добавить, что структуры реального мира, несомненно, асимметрично «смещены» в сторону намного более лёгкого и деформируемого/эластичного э/м-протополя, что объясняет существенно электромагнитную динамику мира и относительную слабость его гравитационных взаимодействий (см. также ниже).

Существенно, что в этой каузально возникающей структуре частиц и полей (их взаимодействий) с наблюдаемыми свойствами фундаментальные силы взаимодействия получаются с самого начала в *естественно квантованной и динамически объединённой* версии [10, 12, 13, 17–20, 24], благодаря их общему источнику в виде квантовых биений. Все четыре фундаментальных силы взаимодействия объединены в процессе квантовых биений (особенно в его фазе максимального сжатия в виртуальный солитон для более массивных, адронных частиц), тогда как их динамически дискретная,

квантовая структура обусловлена циклами квантовых биений.

В случае э/м-взаимодействия эта квантовая структура реализуется как обмен физически реальными фотонами (в отличие от канонических «виртуальных» фотонов), которые представляют собой слабые, квазилинейные и потому безмассовые деформации э/м-протополя. Отметим, что это физически ясное происхождение фотонов в нашем описании, в противоположность абстрактной «калибровочной инвариантности» в Стандартной модели, которая должна быть потом «спонтанно» нарушена под действием специально вводимого поля Хиггса, лишь подтверждает избыточную и противоречивую природу последнего, связанную исключительно со спецификой абстрактного подхода обычной теории поля, её «фундаментальными», но в итоге «нарушенными», иллюзорными симметриями (в противоположность нашей *ненарушаемой универсальной симметрии сложности*, объединяющей все реальные структуры и законы [10, 17–20, 23–27]).

В случае гравитации, высокая плотность и взаимодействия гравитационного протополя не могут быть совместимы с распространением реального (квазистабильного) «гравитона», так что гравитация передаётся квантованными модуляциями плотности протополя, которые быстро теряют свою индивидуальность с расстоянием (что объясняет и отсутствие гравитационного отталкивания). Очевидным также является тот факт, что как э/м-, так и гравитационное взаимодействия естественным образом подчиняются закону обратных квадратов убывания с расстоянием, просто в силу наличия ровно трёх (теперь каузально объяснённое число) пространственных измерений.

Полученная каузально определённая и внутренне объединённая связь между числом начальных фундаментальных сущностей (таких как наши протополя), числом рождающихся из них пространственных измерений и числом фундаментальных сил взаимодействия между частицами означает, что любая дополнительная сущность, такая как вездесущее поле Хиггса, должна давать начало большему числу сил и измерений, что противоречит наблюдениям, полностью подтверждающим наше минимально возможное число основополагающих сущностей. Можно было бы предположить, что поле Хиггса на самом деле играет роль связи протополей в нашей картине, но такая интерпретация противоречит как природе взаимодействия протополей (происходящего, в конечном счёте, от разделения в прошлом объединённых сущностей), так и свойствам поля Хиггса, которое построено из уже массивных частиц, взаимодействующих с другими элементарными частицами, и т.д. Поэтому в нашем описании любая дополнительная сущность была бы определённо излишней на данном этапе и может быть добавлена только в случае явной необходимости с тем, чтобы объяснить наблюдаемые

свойства, которые никак не описываются в полученной картине (пока что таковые отсутствуют).

Очень важным является тот факт, что предложенная концепция сложно-динамической массы, возникающей в системе двух взаимодействующих протополей, включает *естественно объединённые* (или «эквивалентные») *инерциальный и гравитационный аспекты (и проявления) массы*, таким образом, избегая с самого начала зияющего отсутствия какого-либо гравитационного аспекта в модели Хиггса. В соответствии с описанной общей картиной, гравитационное взаимодействие между частицами (и макроскопическими телами) передаётся через гравитационное протополе, локально деформируемое соответствующими процессами квантовых биений, и поэтому естественно пропорционально частоте квантовых биений или (релятивистской) инертной массе. Плотность гравитационного протополя, определяющая локальную частоту квантовых биений, становится неоднородной в присутствии массивных тел (то есть других процессов квантовых биений), так что вместо уравнения (14') мы получаем:

$$M(x)c^2 = h\nu(x) = mc^2\sqrt{g_{00}(x)}, \quad (26)$$

где $\nu(x)$ — локальная частота квантовых биений пробной частицы, $M(x)$ — её полная масса, m — её релятивистская масса в отсутствие гравитационного поля (других тел), а обычная «метрика» $g_{00}(x) < 1$ описывает на самом деле распределение локальной плотности гравитационного протополя. Для слабых полей $g_{00}(x) = 1 + 2\varphi_g(x)/c^2$, где $\varphi_g(x) < 0$ — потенциал гравитационного поля [39]. Поскольку $\nu(x)$ определяет локальную скорость течения теперь каузально определённого времени, мы получаем, как следует из (26), реальное физическое происхождение (каузально выведенного) эффекта относительного замедления хода времени в гравитационном поле [10, 12, 14, 17–19, 24], вместо формальных постулатов о «деформированной» геометрической «смеси» абстрактных переменных пространства и времени.

Таким образом, наша концепция сложно-динамической массы включает эффекты не только специальной теории относительности и гравитации, но и общей теории относительности, теперь в каузальной и *естественно квантованной* версии. *Эквивалентность* свойств инерциальной и гравитационной массы является неотъемлемой частью этой сложной динамики квантовых биений. Этот уровень объединения выходит далеко за пределы ограничений Стандартной модели. В частности, сложно-динамическое квантование гравитации в нашем описании не требует введения дополнительного поля «гравитонов» и связанных с ним усложнённых формальных конструкций обычной теории, тогда как существование реальных

гравитонов в виде долгоживущих микровозбуждений гравитационного протополя (кваркового конденсата), так же как и классических гравитационных волн в противоположном макроскопическом пределе, представляется маловероятным из-за высокой диссипативности плотного и сильно взаимодействующего кваркового конденсата (см. выше), в отличие от фотонных аналогов в лёгком и упругом э/м-протополе.

Та же сложно-динамическая конструкция двух взаимодействующих протополей, дающая начало наблюдаемому разнообразию массивных поле-частиц и их теперь объединённых сил взаимодействия, включает и естественное объяснение особенностей наблюдаемого спектра частиц, таких как знаменитая «проблема иерархии», выражающая огромное различие в 17 порядков между величинами масс наиболее тяжёлых частиц (в их вполне достаточном многообразии), попадающими в электрослабый энергетический масштаб 100 ГэВ, и обычной планковской единицей массы (10^{19} ГэВ). В нашей сложно-динамической интерпретации массы становится очевидным [10, 13, 17, 19, 24], что это огромное отличие наибольших наблюдаемых масс частиц от планковской единицы массы связано с некорректным использованием постоянной γ *дальнодействующего* (ньютоновского) гравитационного взаимодействия в формальных размерных выражениях для планковских единиц, описывающих на самом деле *короткодействующий* масштаб взаимодействий внутри виртуального солитона, т.е. корпускулярного состояния максимального сжатия связанных протополей в процессе квантовых биений.

Обычная, дальнодействующая гравитационная постоянная γ описывает на самом деле качественно очень «длинный» и не прямой путь передачи гравитационного взаимодействия от возмущения э/м-протополя процессами квантовых биений одного из участников взаимодействия к соответствующим локальным изменениям матрицы гравитационного протополя, затем через гравитационное протополе к местоположению другого участника гравитационного взаимодействия и, наконец, от гравитационного к э/м-протополю в этом месте. Все эти связи эффективно слабы из-за своего «наведённого» и «опосредованного» характера (так же как и из-за отмеченного выше «смещения» структур реального мира от эффективно скрытого и лишь слабо взаимодействующего гравитационного протополя к непосредственно наблюдаемому интерфейсу э/м-протополя), что объясняет и хорошо известную слабость гравитационного взаимодействия по сравнению с электромагнитным (давая тем самым дополнительное подтверждение нашей картины).

В отличие от этого, процессы близкого действия, определяющие образование (наиболее тяжёлых) виртуальных солитонов, включают практически прямые и сильно локализованные взаимодействия

протополей, где обычное значение γ для далёкого и слабого взаимодействия должно быть заменено эффективным значением для близкого и сильного взаимодействия $\gamma_0 \gg \gamma$, которое может быть получено как раз из этого огромного различия между реально наблюдаемыми, $m_{\text{exp}}c^2 \cong 10^2$ ГэВ, и традиционными, $m_p c^2 \cong 10^{19}$ ГэВ, значениями планковской массы, $\gamma_0 = (m_p/m_{\text{exp}})^2 \gamma \cong 10^{34} \gamma$.

Все реально наблюдаемые экстремальные значения массы и других параметров частиц получают, таким образом, каузальное и реалистичное объяснение, без введения избыточных видов частиц или «скрытых измерений» [40, 41] и в полном соответствии с очевидной достаточностью наблюдаемого спектра частиц [10, 13, 17, 19, 24]. Отсюда следует, что фактически бессмысленные традиционные значения планковских единиц должны быть исключены из многочисленных фундаментальных построений обычной теории (например, в космологии или квантовой гравитации), что означает их существенную модификацию.

Ещё одно, независимое подтверждение значения порядка 100 ГэВ для реальной планковской единицы массы (определяющей максимальную величину неразрушающего взаимодействия протополей) даётся её близостью к массе наиболее тяжёлых (мета) стабильных ядер, поскольку атомное ядро с сильно связанными компонентами может рассматриваться как единый сложно-динамический кварковый агломерат, подобный большой адронной элементарной частице. Масса любого такого компактного адронного объекта в виде как элементарной частицы, так и атомного ядра, превышающая m_{exp} , маловероятна, поскольку она требовала бы локальной амплитуды взаимодействия протополей, превышающей энергию связи элементов э/м-протополя, которая даёт в нашем описании каузальную интерпретацию (электро)слабого масштаба энергий, $m_{\text{exp}}c^2 \cong 10^2$ ГэВ.

В дополнение к массе, *другие внутренние свойства* элементарных частиц получают каузально полное объяснение в рамках *той же самой*, объединённой картины сложно-динамической структуры частиц [9–24]. Так, *электрический заряд* является не чем иным, как ещё одной мерой той же сложности квантовых биений, в соответствии со стандартной связью между элементарным зарядом e и постоянной Планка h (теперь понимаемой как квант действия-сложности, см. выше): $e^2 = \alpha c \hbar$ (где α — постоянная тонкой структуры и $\hbar = h/2\pi$). Это объясняет *универсальное* (теперь *динамическое*) квантование электрического заряда в единицах e , подобное квантованию действия-сложности в единицах h , но с акцентом на свойствах э/м-взаимодействия элементарных процессов квантовых биений, связанных скорее с их временным (периодическим), чем пространственным (хаотическим) поведением (как в случае массы). Универсальное течение времени во Вселенной подразумевает *фазовую синхронизацию* всех элементарных процессов квантовых бие-

ний с точностью до обращения фазы, что объясняет существование *двух и только двух* противоположных видов электрического заряда (соответствующих процессам квантовых биений с противоположными фазами), с наблюдаемыми свойствами их взаимодействий [10, 12, 13, 17–19, 24].

Ещё одно существенное внутреннее свойство, *спин* элементарных частиц, также рождается динамически, в виде неизбежной, здесь сильно нелинейной завихрённости э/м-протополя, динамически сжимаемого к его корпускулярному состоянию виртуального солитона [10, 12, 13, 17–19, 24]. Из-за сдвиговой неустойчивости протополя такое сильно неравномерное сжатие практически не может происходить вдоль прямых линий и будет приводить к закрученному, спиральному движению протополя вокруг центра каждого сокращения. Энергия покоя квантовых биений (15) может теперь быть представлена в другой форме, отражающей эту внутреннюю динамику спина: $E_0 = h\nu_0 = \hbar\omega_0 = h\nu_0/2 + s\omega_0$, где $\omega_0 = 2\pi\nu_0$ — круговая частота квантовых биений, а $s = \hbar/2$ — наблюдаемый момент импульса элементарного спина (для случая простейшего фермиона). Слагаемые в этом выражении, $h\nu_0/2$ и $s\omega_0$, могут рассматриваться как части энергии квантовых биений, соответствующие их «колебательной» и «вращательной» компонентам. В дополнение к происхождению и квантованному значению спина, мы получаем здесь каузальное происхождение *магнитного поля* (в фазе расширения той же завихрённости), в соответствии с законами электродинамики [10].

Ещё одно соотношение, связанное со сложно-динамическим происхождением массы, возникает как дополнительная каузальная интерпретация постоянных тонкой структуры и Планка, если переписать упомянутую стандартную связь между e , α и \hbar в новой форме:

$$E_e = m_e c^2 = \frac{2\pi}{\alpha} \frac{e^2}{\lambda_c} = N_{\text{эл}}^e \frac{e^2}{\tilde{\lambda}_c}, \quad \lambda_c = \frac{\hbar}{m_e c}, \quad N_{\text{эл}}^e = \frac{1}{\alpha}, \quad \tilde{\lambda}_c = \frac{\lambda_c}{2\pi}, \quad (27)$$

где m_e — масса покоя электрона, а λ_c — комптоновская длина волны (см. (21')). Отсюда следует, что $N_{\text{эл}}^e = 1/\alpha$ ($= 137$) задаёт *число реализаций электрона*, а $\tilde{\lambda}_c = \lambda_c/2\pi$ ($\cong 3,9 \cdot 10^{-11}$ см) *длину элементарного скачка электрона* между реализациями (обе величины определены с точностью до числового множителя порядка π) [10, 12, 17, 19, 20, 24], последнее также в соответствии с предыдущим описанием в уравнениях (21), (21'). Согласно универсальной интерпретации этой длины скачка (см. выше, до уравнения (11)), комптоновская длина волны составляет динамически формирующуюся элементарную длину данного уровня сложности, $\lambda_c = \Delta x_r = \Delta_r \eta_i^r$. Отметим также интересное совпадение интерпретируемой таким

образом *постоянной тонкой структуры* $\alpha = 1/N_{\text{я}}^e$ с *вероятностью реализации электрона* α_r , даваемой универсальной формулой (7) для динамической вероятности.

Дальнейшие детали сложно-динамического происхождения фундаментальных постоянных получаются из ещё одной формы того же соотношения $e-\hbar$:

$$\hbar = N_{\text{я}}^e \frac{e^2}{c} = \tilde{\lambda}_C p_e, \quad \tilde{\lambda}_C = N_{\text{я}}^e r_e, \quad (28)$$

где $p_e = m_e c = E_e/c$, а $r_e = e^2/m_e c^2$ ($\cong 2,8 \cdot 10^{-13}$ см) — обычный «классический радиус» электрона. Поскольку процесс квантовых биений каждой частицы является (составной) реализацией ЭП взаимодействующих протополей (4), (5), то первое соотношение (28) показывает, что $N_{\text{я}}^e$ или $\tilde{\lambda}_C$ может быть интерпретировано как ширина ямы ЭП, e^2/c или p_0 как её соответствующая глубина, а \hbar как её «объём». В то время как ширина и глубина ямы ЭП различны для разных видов частиц, их произведение, или объём ямы ЭП, является универсальной величиной (постоянной Планка), характеризующей баланс между силой взаимодействия протополей и их деформационными свойствами (вовсе не случайно выражаемой в единицах действия-сложности). Это раскрывает *конечное каузальное происхождение постоянной Планка \hbar* , а также её *абсолютной универсальности* на нижайших уровнях сложности, включая различные агломераты частиц, такие как атомные ядра [17, 19, 20, 24]. Относительно широкие и неглубокие реализации ЭП взаимодействующих протополей, такие как для случая электрона в выражениях (28), соответствуют лёгким, лептонным частицам с $N_{\text{я}}^e \gg 1$ и $\alpha_r, \alpha \ll 1$ (для соответствующих постоянных взаимодействия). В противоположном предельном случае, максимально глубокие и узкие реализации ЭП с $N_{\text{я}}^e, \alpha_r \sim 1$ соответствуют наиболее тяжёлым адронным частицам или их агломератам. Всё разнообразие спектра наблюдаемых частиц и их тесных скоплений уместается между этими двумя предельными случаями, с сохранением полученных общих соотношений и универсальных констант.

Второе выражение (28) показывает также, что на ширине $\tilde{\lambda}_C$ ямы ЭП помещается ровно $N_{\text{я}}^e$ размеров r_e , откуда можно заключить, что каждая корпускулярная реализация виртуального солитона для электрона имеет как раз этот размер r_e , так что полный набор реализаций системы (электрона) как раз плотно заполняет доступную ширину ЭП. В соответствии с полученной выше общей интерпретацией, этот размер локализованной реализации определяет величину реальной физической «точки» динамически порождённого пространства, $r_0 = \Delta x_i = \Delta_i \eta_i^r$, которая таким образом совпадает с классическим радиусом электрона, $r_0 = r_e$ (с точностью до коэффициента порядка π), придавая этой величине новый, более глубокий смысл.

В итоге, на основе центральной сложно-динамической интерпретации массы мы получаем объединённую и каузально полную картину свойств частиц, которая включает физическое происхождение, структуру и спектр элементарных частиц, их внутренние и динамические свойства, объединяющие квантовое и релятивистское поведение как различные, но теперь полностью каузальные, физически объяснённые проявления одного и того же сложно-динамического взаимодействия протополей, динамически объединённые силы взаимодействия между частицами с их наблюдаемыми свойствами, а также прозрачную и объединённую динамическую интерпретацию фундаментальных постоянных c , \hbar , α , e и γ (включая объяснение их универсальности и соотношений), что позволяет разрешить многочисленные стагнирующие тайны и противоречия обычной теории, но без искусственного введения абстрактных и на самом деле излишних сущностей, таких как дополнительные поля/частицы, скрытые измерения и тёмная материя (см. также [10–24], где приведены дальнейшие детали, включая *универсальную ненарушаемую симметрию сложности*, каузально полную интерпретацию всех квантовых и релятивистских явлений, истинный квантовый хаос, квантовые измерения, возникновение классического поведения и т.д.). Эта строго симметричная сложно-динамическая картина мира содержит и сложно-динамическую (динамически многозначную) космологию с самонастраиваемыми параметрами Вселенной, которая естественным образом избегает или решает соответствующие проблемы обычных, динамически однозначных (унитарных) космологических моделей нулевой сложности, включая тёмную массу и энергию, которые на самом деле являются просто артефактами этой унитарной теории, связанными с её искусственными ограничениями [19, 20].

3. БЕСХИГГСОВО СЛОЖНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ МАССЫ, ЕГО СЛЕДСТВИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Каузальные и самосогласованные решения взаимосвязанных проблем фундаментальной физики, продемонстрированные в предыдущем разделе, дают весьма убедительное подтверждение всей полученной картины сложной динамики нередуцированного взаимодействия и её чисто динамической концепции массы, делающей ненужным введение специальных бозонов и поля Хиггса из стандартной теории, которое включает целый ряд сопутствующих дополнительных противоречий и «неразрешимых» проблем. В этом разделе мы систематизируем эти преимущества нашего решения (в целом уже отмеченные выше), а также рассмотрим дальнейшие важные выводы для физики частиц и полей, связанные с этим решением

(см. также [9]).

(1) Уже совершенно общие соображения показывают, что истинный, непротиворечивый источник такого фундаментального свойства как масса, с её наблюдаемыми особенностями, должен иметь *универсальное динамическое происхождение* на основе *хаотической* динамики с естественным включением объединённых, динамически полученных эффектов *квантования, относительности и гравитации*. Это связано либо с особенностями свойства массы (такими как объединённые проявления её инерционных и гравитационных качеств), либо с одним и тем же, «фундаментальным», то есть нижайшим уровнем происхождения этих свойств массы и динамики частиц.

В предыдущем разделе было описано то, каким образом эта уникальная комбинация качеств получается в явном виде для нашей концепции массы из наиболее общего, строгого и нередуцированного анализа лежащего в основе процесса взаимодействия с простейшей возможной конфигурацией (два притягивающихся протополя), без привлечения каких бы то ни было постулируемых сущностей, законов и правил (наоборот, все свойства и законы последовательно выводятся в рамках *единого* анализа процесса нередуцированного взаимодействия как следствия *ненарушаемой симметрии сложности*).

Совершенно очевидно также, что эти необходимые качества корректной концепции массы многократно и прямо *нарушаются в гипотезе поля и бозонов Хиггса*: происхождение массы здесь не универсально и не динамично, а сводится как раз к введению дополнительной материальной сущности (с неизбежными иными, но реально не наблюдаемыми последствиями), без какой-либо роли «тепловой», хаотической динамики и без связи с другими необходимыми свойствами (гравитация, относительность, квантование). Иными словами, подобное искусственное введение дополнительной сущности для объяснения (в противном случае «необъяснимых») наблюдаемых свойств, столь типичное для обычной, унитарной теории, приводит к «плохой», механической сложности возникающей противоречивой конструкции из-за игнорирования «хорошей», реальной и динамической сложности, которая и является естественным, объединённым и достаточно разносторонним объяснением всех наблюдаемых свойств (как внутренних, так и динамических).

(2) Переходя к более детальному описанию этих объединённых и универсальных (в нашем подходе) качеств массы и других свойств частиц, начнём с *неизбежного существования дополнительных свойств* (сил, частиц, измерений) в случае нединамического происхождения массы за счёт взаимодействия со специально вводимым, дополнительным полем (отсутствующем в нашем анализе). Действительно, как следует из нашего универсального анализа гло-

бальных взаимодействий (см. раздел 2, после формулы (25)), число наблюдаемых пространственных измерений и сил взаимодействия между частицами определяется числом взаимодействующих глобальных полей. Как мы видели, все наблюдаемые измерения, силы взаимодействия и их свойства как раз точно описываются глобальным взаимодействием двух исходных (и физически «неизбежных») протополей, тогда как введение любой дополнительной глобальной сущности, такой как поле Хиггса, соответствовало бы большему числу измерений, сил взаимодействия и самих элементарных частиц, что сильно расходится с наблюдениями. Некорректность подхода стандартной теории состоит в том, что она постулирует лишь одно, «нужное» следствие существования такого глобального поля (масса некоторых частиц), рассматривая его в остальных аспектах как «нейтральную», невзаимодействующую сущность.

(3) Необходимая *универсальность* нашего внутреннего, динамического механизма возникновения массы связана с универсальностью динамической многозначности любых реальных процессов взаимодействия, лежащих в основе массивного поведения на нижайших и более высоких уровнях сложности. Эта универсальность неизбежно и полностью отсутствует в стандартной теории, где поле Хиггса изначально появляется как необходимый источник массы экзотических W^\pm и Z бозонов (передающих слабое взаимодействие на очень коротких расстояниях), с последующим «обобщением» этого свойства на другие частицы, при участии заведомо сложных и противоречивых взаимодействий, включающих, в конечном счёте, и иные источники массы, такие как взаимодействие и движение кварков в адронах (см., например, [42, 43]).

(4) Важно также, что универсальность происхождения и точного определения массы (см. выражения (14), (14'), (15), (15')) в нашем подходе применима не только к элементарным частицам, как в механизме Хиггса (который не является основным уже для составных элементарных частиц, таких как адроны), но сохраняется и для *любых составных и макроскопических систем*, на соответствующих уровнях сложности (многозначности) их динамики. Это качество массы существенно для корректного описания наблюдаемой классической и в частности релятивистской динамики с прямым участием (переменной) массы.

(5) К этому примыкает и необходимое фундаментальное (наблюдаемое и вездесущее) качество массы как *универсальной меры «количества материи» (и эквивалентной ей энергии)*, что прямо следует из нашего определения массы (цитированного в предыдущем пункте) как количества «скрытого хаотического движения» (динамически случайного выбора каждой последующей реализации системы) и весьма неочевидно для механизма Хиггса, зависящего от величин очень разнородных взаимодействий произвольных эле-

ментарных носителей массы с полем Хиггса и между собой. В частности, фундаментальный и многократно подтверждённый закон сохранения массы/энергии становится в этом случае весьма неопределённым.

(6) Эта особенность массы из предыдущего пункта тесно связана с её источником в виде *динамически случайного*, «стохастического» или «теплого» скрытого движения, которое может быть *единственным* непротиворечивым объяснением свойства инерции, как это уже давно отмечалось основателями современной физики и в частности весьма точно конкретизировалось в знаменитой (но практически непризнанной) концепции «скрытой термодинамики (изолированной) частицы» Луи де Бройля [34–37] (см. также предыдущий раздел, после формулы (15)). В отличие от этого, источник массы, зависящий от прямого, регулярного взаимодействия с другими сущностями (как в механизме Хиггса и других механизмах из стандартной теории), плохо объясняет свойство инерции и будет неизбежно подвержен слишком большим флуктуациям подобных взаимодействий, в зависимости от положения и направления движения.

(7) В свою очередь, эта хаотическая, многозначная динамика квантовых биений элементарных частиц (и смены реализаций любой системы на более высоких уровнях сложности), которая определяет корректный источник массы в нашей теории, составляет также *физическую сущность и динамическую структуру самих частиц* (или более сложных систем), для которых масса является основным, *внутренним* свойством. Очевидно, что это также необходимое качество непротиворечивого определения массы, которое отсутствует в случае *внешнего* по происхождению механизма Хиггса (и иных механизмов стандартной теории), никак не связанного с физической структурой частиц, остающейся вообще неясной в Стандартной модели. Более того, в случае механизма Хиггса оказывается, что сами бозоны Хиггса из этого внешнего источника массы уже обладают массой, что даёт начало ещё одной серии противоречий.

(8) Существенным и основополагающим качеством массы, естественно входящим в наш механизм сложно-динамического взаимодействия протополей, является существование *гравитационного качества* у той же изначально инерциальной массы, подчиняющегося *принципу эквивалентности*. Это связано с каузальной системой динамически объединённых взаимодействий частиц в нашей теории, включающей как естественно квантованную гравитацию, так и эффекты общей теории относительности. Всё это, включая гравитационные проявления массы, полностью отсутствует в Стандартной модели, механизме Хиггса и иных версиях унитарной теории, где гравитация остаётся взаимодействием «загадочного» про-

исхождения, лишь чисто формально моделируемым в геометрической схеме общей теории относительности, практически не квантуемым и качественно отделённым от других взаимодействий и свойств. Таким образом, в обычной теории и её концепции массы практически отсутствуют перспективы восстановления необходимой целостности и каузальности, естественно присутствующих в нашем подходе.

(9) Подчеркнём отдельно уже упомянутое естественное включение в нашу концепцию сложно-динамической массы всех *эффектов специальной и общей относительности* (формулы (22)–(26)), которые теперь имеют *каузальное динамическое происхождение* и лишь отдельно и формально постулируются в стандартной теории, вне связи с механизмом Хиггса или другими унитарными источниками массы.

(10) Предложенное происхождение массы включает основные черты *наблюдаемого спектра масс частиц*, включая его ограничение наблюдаемым электрослабым пределом (порядка 100 ГэВ), с *решением проблемы иерархии масс* (раздел 2), что вообще никак не затрагивается механизмом Хиггса Стандартной модели, где спектр масс частиц остаётся необъяснённым (так же как и физическое происхождение самих частиц), а проблема иерархии — нерешённой (вместе с другими противоречиями, связанными со стандартными, слишком экстремальными значениями планковских единиц).

(11) Отметим, наконец, самосогласованные *космологические следствия* предложенного сложно-динамического происхождения частиц, их массы и всей Вселенной, где минимальная начальная конфигурация взаимодействия, без каких-либо специальных постулатов и априорных законов, даёт каузальное решение всех старых и новых «неразрешимых» проблем обычной космологии, включая «вновь прибывшие» парадоксы тёмной массы и энергии (что достигается, конечно, за счёт внутреннего богатства многозначной динамики нередуцированного взаимодействия, искусственно сокращённого практически до нуля в обычных унитарных моделях) [19, 20]. В прямой противоположности с внутренним источником структурообразования Вселенной в такой нередуцированной динамике, унитарный способ решения проблем (в данном случае проблемы массы частиц) путём искусственного добавления новой вездесущей субстанции (поля Хиггса) неизбежно приводит к многочисленным дополнительным трудностям космологического масштаба, связанным с глобальным происхождением, взаимодействиями и динамикой такой дополнительной сущности, которые пополняют и без того длинный список других «трудных» проблем обычной, унитарной космологии.

(12) Возвращаясь к «*экспериментальному подтверждению*» существования бозона Хиггса [7, 8] в виде относительного слабого, но

заметного пика в спектрах продуктов взаимодействия пучков высокоэнергетических протонов, необходимо отметить *иную, гораздо более всестороннюю интерпретацию* этой особенности рассеяния с точки зрения нашей картины сложно-динамического взаимодействия протополей [9].

Нетрудно заметить примерное совпадение энергетического положения наблюдаемого резонанса (125 ГэВ), интерпретируемого в стандартной теории как масса быстро распадающегося бозона Хиггса, с нашей энергией связи протополей, неизбежно совпадающей с величиной ренормированной планковской массы, наибольшими массами частиц и их устойчивых агломератов (атомных ядер), а также каноническим масштабом «(объединения) электрослабого взаимодействия» (раздел 2). Поэтому гораздо более согласованным представляется интерпретация этого слабого резонанса взаимодействия (если считать подтверждённой сложную экспериментальную процедуру его обнаружения) как энергетической точки «разрыва» протополей и их связи, которая и приводит к возникновению особенности рассеяния (из-за естественного всплеска образования различных частиц, «заполняющих брешь» в разорванных протополях), но также объясняет пределы спектра масс наблюдаемых частиц и их тесных агломератов (учитывая, в частности, структуру гравитационного протополя в виде кваркового конденсата). В пользу такой каузально полной интерпретации результатов данных экспериментов [7, 8] говорит и наблюдаемая сложная многопиковая структура энергетических спектров в окрестности «главной» особенности при 125 ГэВ, происхождение которой было бы менее очевидной (и практически игнорируется) в случае образования бозона Хиггса, но наоборот является естественным проявлением сложных процессов взаимодействия многих компонент вблизи максимальной амплитуды взаимодействия и разрывной деформации протополей. Таким образом, данные эксперименты на Большом адронном коллайдере фактически определили не массу дополнительного, избыточного вида частиц, а амплитуду энергии связи протополей в нашем описании, которая очень удачно подтверждает другие, независимые данные об этой величине в нашем подходе, повышая согласованность всех его результатов.

Продолжая разворачивать эту систему теоретически-экспериментальных корреляций в нашем описании, замечаем, что упомянутая каноническая энергия электрослабого (и там чисто формального) объединения взаимодействий того же порядка в 100 ГэВ теперь гораздо более реалистично интерпретируется как энергия связи элементов э/м-протополя или же энергия его разрыва или (предельная) амплитуда его связи с гравитационным протополем внутри частиц или агломератов, которую и определяют, в частности, эти эксперименты под псевдонимом «массы Хиггса» (с гораздо менее

всесторонней и последовательной интерпретацией). Таким образом, всё стандартное «электрослабое объединение» предстаёт в совершенно новом, каузально полном смысле как физически реальное объединение короткодействующих сил (связи и отталкивания) между соседними элементами э/м-протополя с далекодействующими э/м-силами «деформационного» происхождения в том же поле, являющимся реальной, упругой физической средой (в последнем случае квазинепрерывной).

Дальнейшее продолжение этой интерпретации (которое мы оставляем для последующих работ) предполагает соответствующие каузальные расширения и модификации в интерпретации таких связанных с тем же э/м-протополем (и весьма трудноуловимых) сущностей, как стандартные «векторные бозоны» W^\pm и Z и нейтрино. Последние могут претендовать на роль определённых возбуждённых состояний элементов протополя, тогда как «экспериментальные наблюдения» W^\pm и Z бозонов и их «массы» (того же порядка 100 ГэВ) могут отражать на самом деле лишь амплитуду и определённую симметрию «слабых» взаимодействий между элементами э/м-протополя, не обязательно сводящиеся в конце концов к реальным, да ещё и массивным частицам (особенно с учётом универсального сложно-динамического определения массы в нашем подходе). Поскольку гравитационное протополе естественно отождествляется с кварковым конденсатом, то однородно взаимодействующее с ним э/м-протополе может быть интерпретировано как состояние «отделённого» от него, псевдо-свободного глюонного поля (среды), где элементы и их взаимодействие происходят из комбинаций глюонов (в свою очередь нуждающихся в каузальном физическом уточнении).

Более того, анализируя универсальное «интерактивное» происхождение элементарных частиц и их внутренних свойств в нашем подходе, всесторонне подтверждаемое, как мы видим, всеми экспериментальными наблюдениями (в отличие от ограниченных унитарных моделей стандартной теории), мы можем высказать предварительный общий вывод о том, что существование *любого* фундаментального, в особенности массивного, *скалярного поля и бозона* (например, таких, как поле и бозон Хиггса) *невозможно* в нашем мире в принципе (независимо от их детальной роли и природы). Значение этого вывода состоит в том, что такие поля нередко появляются в различных формальных «моделях», включая и теорию Хиггса. Основанием же его является тот факт, что то же взаимодействие поля, которое ведёт к формированию связанных с ним (массивных) поле-частиц, обуславливает и появление ненулевого спина этих частиц (раздел 2). Сюда надо, конечно, добавить и то несомненное соображение, уже приведённое выше, что в силу неизбежных взаимодействий появление любого такого дополнительного

вездесущего поля будет приводить к росту числа наблюдаемых сил, частиц и измерений (раздел 2), в отсутствие которых такая сущность является излишней и противоречивой.

В целом мы приходим к выводу, что определённая неформальная «асимметрия» структуры Вселенной, где фермионы играют роль элементов «основной», структурообразующей материи, а *векторные* бозоны служат *только* для «передачи» необходимых взаимодействий (и не могут существовать вне связи с этой функцией), имеет фундаментальные и строгие системные основания и вряд ли может быть «нарушена», например, в виде существования любого нелокального скалярного поля или «суперсимметрии», этой ещё одной искусственной и абстрактной конструкции, «математически удобной» для унитарной теории, но приводящей к росту числа избыточных и ненаблюдаемых сущностей.

4. НОВАЯ СТРАТЕГИЯ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ И ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ В ЦЕЛОМ

Представленные в данной работе результаты и выводы в пользу бесхиггсового, сложно-динамического происхождения массы, а также и всех остальных внутренних и динамических свойств частиц (разделы 2 и 3) подразумевают не только существенные изменения в интерпретации имеющихся старых и новых наблюдений, но и глубоко обоснованные сдвиги во всей стратегии исследований в физике высоких энергий, элементарных частиц и в фундаментальной физике в целом. Тогда как существующая парадигма этих исследований основана на развитии всё более мощного технически эмпирического поиска с последующим поверхностным (унитарным) «упорядочиванием» полученных новых структур и свойств, приведённый выше каузально полный анализ нередуцированных, сложно-динамических процессов взаимодействия простых «первобытных» сущностей указывает на значение и эффективность именно такого, глубинного понимания динамически многозначной основы наблюдаемых процессов и структур. Традиционный подход ориентирован на неограниченную «горизонтальную» экспансию (в том числе видов частиц и энергии ускорителей), тогда как сложно-динамическое расширение обычного понимания даёт качественный прогресс «вертикального» понимания реальной глубины динамики (микро)мира и согласованно объясняет (уже экспериментально охваченную) конечность его «горизонтального» устройства (по необходимому, реально существующим видам частиц и полей, а значит и по энергиям используемых для их изучения установок). Это означает, что всё ещё доминирующая ориентация на непрерывное, всё более дорогостоящее и запредельное технически расширение энергетических и пространственных пределов ускорителей и других

установок (см., например, [44, 45]) должна быть заменена на *качественно новые стратегические цели* по детальному, каузально полному исследованию сложной (многозначной) динамики частиц и их взаимодействий в пределах уже достигнутого количественного диапазона параметров экспериментальных установок высоких энергий [9, 17, 23, 24].

В частности, как следует из многосторонней и самосогласованной системы корреляций теории и эксперимента в рамках нашего анализа (разделы 2 и 3), масштаб энергии-массы «электрослабого объединения», 100 ГэВ, не случайно совпадающий с максимальными массами более чем достаточной системы уже экспериментально обнаруженных элементарных частиц и их тесных сгустков, а также ренормированной планковской единицей массы, определяет верхний предел необходимых для дальнейшего исследования энергий высокоэнергетических установок. Уже достигнутые энергии порядка 10 ТэВ в последних экспериментах дают запас в два порядка величины по сравнению с максимальными значениями энергии-массы реальных элементарных частиц, вполне достаточный для изучения всех возможных деталей этих реально существующих элементарных структур и взаимодействий. В отличие от такой теоретически (принцип Оккама) и экспериментально (ресурсно) экономной и ориентированной на эффективное, глубокое понимание стратегии, стандартная теория по-прежнему требует все нового повышения энергий для возможного обнаружения своих абстрактных, в действительности избыточных сущностей (частиц, полей, измерений), которые она вводит в качестве неизбежного имитационного замещения неправомерно игнорируемых и реально существующих измерений нередуцированной динамики взаимодействия.

Столь же резкие различия между двумя этими типами стратегии существуют в мотивации, конечных целях и применениях фундаментальных исследований. В традиционном подходе исследования в физике элементарных частиц (как и в фундаментальной физике в целом) мотивируются и продвигаются в основном под действием плохо определённого эмпирического любопытства в пользу «чего-нибудь новенького», для чего потом «возможно» удастся найти объяснение и, в конце концов, практическое применение (надежды, которые становятся всё более тщетными). Это особенно ярко проявляется как раз в физике высоких энергий, где известная ограниченная «мудрость» соответствующей унитарной теории «заткнись (с вопросами) и вычисляй» ('shut up and calculate') может быть перефразирована как «заткнись (не думай) и сталкивай», что-нибудь да вылетит. Иллюзорная эффективность такой стратегии во времена массового открытия новых частиц сводится, конечно, к нулю сегодня, просто в силу конечности объективно достаточного набора

элементарных сущностей.

В нашем подходе, основанном на каузально полном анализе лежащих в основе сложно-динамических процессов взаимодействия, сама универсальная и строго определённая динамическая сложность, её ненарушаемая симметрия и законы для физически реальных (а не абстрактных) сущностей является надёжным ориентиром, как для фундаментальных исследований, так и для ожидаемых применений, которые теперь проводятся далеко не вслепую. В частности, как мы видели, такой нередуцированный сложно-динамический анализ позволяет для начала решить все стагнирующие фундаментальные проблемы обычной, унитарной науки, раскрыть её характерные «тайны» и наметить доказуемо эффективные применения (а также избежать больших и объективно ненужных затрат на бесперспективные экспериментальные поиски, что также можно считать важным практическим применением).

Одним из важнейших в наши дни прикладных направлений в фундаментальной физике являются, несомненно, поиски *качественно новых источников «большой» энергии*, в ситуации близкого исчерпания её традиционных ископаемых источников. На основе наших результатов мы можем сделать фундаментально обоснованный вывод о том, что каковы бы ни были детальные физические механизмы функционирования этих источников, от физики плазмы до любых субатомных превращений, их реальным, специфическим и необходимым базисом всегда будет нередуцированная сложная динамика реальных многокомпонентных (и, как правило, многоуровневых) взаимодействий. Соответственно, современные трудности в создании новых источников энергии обусловлены доминирующей унитарной парадигмой стандартного подхода, который как раз «преднамеренно» и неизбежно снижает до нуля реальную динамическую сложность изучаемых процессов, а вместе с ней и эффективность поиска.

Необходим, таким образом, коренной поворот в стратегии исследований в физике высокой энергии и глубоких превращений материи, направленный в сторону каузально полного понимания происходящих динамически сложных процессов взаимодействия, в рамках строго определённой и универсальной концепции динамической сложности (отсутствующей в унитарной «науке сложности») [9–24]. Помимо решения конкретных фундаментальных и практических проблем, обсуждавшихся выше, он позволит выйти из общего нынешнего состояния стагнации в фундаментальной науке, приводящего к значительному и практически опасному снижению интереса к научным исследованиям в целом, вопреки тому, что они являются единственным источником столь необходимого сейчас прогресса (но возможного теперь исключительно на более высоком уровне нередуцированной сложной динамики).

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. F. Englert and R. Brout, *Phys. Rev. Lett.*, **13**, Iss. 9: 321 (1964).
2. P. W. Higgs, *Phys. Lett.*, **12**, Iss. 2: 132 (1964).
3. P. W. Higgs, *Phys. Rev. Lett.*, **13**, Iss. 16: 508 (1964).
4. G. S. Guralnik, C. R. Hagen, and T. W. B. Kibble, *Phys. Rev. Lett.*, **13**, Iss. 20: 585 (1964).
5. P. W. Higgs, *Phys. Rev.*, **145**, Iss. 4: 1156 (1966).
6. T. W. B. Kibble, *Phys. Rev.*, **155**, Iss. 5: 1554 (1967).
7. The ATLAS Collaboration, ‘Observation of a New Particle in the Search for the Standard Model Higgs Boson with the ATLAS Detector at the LHC’, *Phys. Lett. B*, **716**, Iss. 1: 1 (2012); ArXiv:1207.7214.
8. The CMS Collaboration, *Phys. Lett. B*, **716**, Iss. 1: 30 (2012); ArXiv:1207.7235.
9. A. P. Kirilyuk, *Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii*, **11**, Iss. 2: 217 (2013); Hal-00740459, viXra:1210.0162.
10. A. P. Kirilyuk, *Universal Concept of Complexity by the Dynamic Redundance Paradigm: Causal Randomness, Complete Wave Mechanics, and the Ultimate Unification of Knowledge* (Kyiv: Naukova Dumka: 1997); arXiv:physics/9806002.
11. A. P. Kirilyuk, *Double Solution with Chaos: Dynamic Redundance and Causal Wave-Particle Duality*, ArXiv:quant-ph/9902015.
12. A. P. Kirilyuk, *Double Solution with Chaos: Completion of de Broglie’s Nonlinear Wave Mechanics and Its Intrinsic Unification with the Causally Extended Relativity*, ArXiv:quant-ph/9902016.
13. A. P. Kirilyuk, *Universal Gravitation as a Complex-Dynamical Process, Renormalised Planckian Units, and the Spectrum of Elementary Particles*, ArXiv:gr-qc/9906077.
14. A. P. Kirilyuk, *75 Years of Matter Wave: Louis de Broglie and Renaissance of the Causally Complete Knowledge*, ArXiv:quant-ph/9911107.
15. A. P. Kirilyuk, *100 Years of Quanta: Complex-Dynamical Origin of Planck’s Constant and Causally Complete Extension of Quantum Mechanics*, ArXiv:quant-ph/0012069.
16. A. P. Kirilyuk, *75 Years of the Wavefunction: Complex-Dynamical Extension of the Original Wave Realism and the Universal Schrödinger Equation*, ArXiv:quant-ph/0101129.
17. A. P. Kirilyuk, *Quantum Field Mechanics: Complex-Dynamical Completion of Fundamental Physics and Its Experimental Implications*, ArXiv:physics/0401164.
18. A. P. Kirilyuk, *Electron as a Complex-Dynamical Interaction Process*, ArXiv:physics/0410269.
19. A. P. Kirilyuk, *Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii*, **11**, Iss. 3: 437 (2013) (in Russian); ArXiv: physics/0601140 (English translation).
20. A. P. Kirilyuk, *Complex-Dynamical Approach to Cosmological Problem Solution*, ArXiv:physics/0510240.
21. A. P. Kirilyuk, *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, **21**, Iss. 4: 455 (1996); ArXiv:quant-ph/9511034, quant-ph/9511035, quant-ph/9511036.
22. A. P. Kirilyuk, ‘Causal Wave Mechanics and the Advent of Complexity. IV. Dynamical origin of quantum indeterminacy and wave reduction’, ArXiv:quant-ph/9511037.

23. A. P. Kirilyuk, *Complex Dynamics of Real Quantum, Classical and Hybrid Micro-Machines: From Causally Complete Quantum Mechanics to the Efficient Nanotechnology and Development Concept* (Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing: 2013); ArXiv:physics/0211071.
24. A. P. Kirilyuk, *Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii*, **10**, Iss. 2: 217 (2012); ArXiv:1204.3460.
25. A. P. Kirilyuk, *Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii*, **11**, Iss. 4: 679 (2013) (in Russian); ArXiv:0706.3219 (English translation).
A. P. Kirilyuk, *Proceedings of Institute of Mathematics of NAS of Ukraine*, **50**, Part 2: 821 (2004); ArXiv:physics/0404006.
26. A. P. Kirilyuk, *The Future of Life and the Future of Our Civilisation* (Ed. V. Burduzha) (Dordrecht: Springer: 2006), vol. **IV**, p. 411; ArXiv:physics/0509234.
27. A. P. Kirilyuk, *Network Control and Engineering for QoS, Security, and Mobility, IV, IFIP. Vol. 229* (Ed. D. Gaïti) (Boston: Springer: 2007), p. 1; ArXiv:physics/0603132.
28. A. P. Kirilyuk, *Nucl. Instr. and Meth.*, **B69**, Iss. 2–3: 200 (1992).
29. P. H. Dederichs, *Solid State Physics: Advances in Research and Applications* (Eds. H. Ehrenreich, F. Seitz, and D. Turnbull) (New York: Academic Press: 1972), vol. **27**, p. 136.
30. L. de Broglie, *C. R. Acad. Sc.*, **177**: 507 (1923).
31. L. de Broglie, *C. R. Acad. Sc.*, **177**: 548 (1923).
32. L. de Broglie, *C. R. Acad. Sc.*, **177**: 630 (1923).
33. L. de Broglie, *Recherches sur la Théorie des Quanta* (Thèse de doctorat soutenue a Paris le 25 novembre 1924), *Annales de Physique (10e série)*, **III**: 22 (1925); L. de Broglie, *Recherches sur la Théorie des Quanta* (Paris: Fondation Louis de Broglie: 1992).
34. L. de Broglie, *C. R. Acad. Sc.*, **253**: 1078 (1961).
35. L. de Broglie, *C. R. Acad. Sc.*, **255**: 1052 (1962).
36. L. de Broglie, *La Thermodynamique de la Particule Isolée (Thermodynamique Cachée des Particules)* (Paris: Gauthier-Villars: 1964).
37. L. de Broglie, *C. R. Acad. Sc. (série B)*, **264**: 1041 (1967).
38. J. Adams et al., (STAR Collaboration), *Nucl. Phys. A*, **757**: 102 (2005); ArXiv:nucl-ex/0501009.
39. L. D. Landau and E. M. Lifshitz, *Field Theory* (Moscow: Nauka: 1989) (in Russian).
40. L. Randall and R. Sundrum, *Phys. Rev. Lett.*, **83**, Iss. 17: 3370 (1999); ArXiv:hep-ph/9905221.
41. L. Randall and R. Sundrum, *Phys. Rev. Lett.*, **83**, Iss. 23: 4690 (1999); ArXiv:hep-th/9906064.
42. F. Wilczek, *Central European Journal of Physics*, **10**, Iss. 5: 1021 (2012); ArXiv:1206.7114.
43. A. S. Kronfeld, *100 Years of Subatomic Physics* (Eds. E. M. Henley and S. D. Ellis) (Singapore: World Scientific: 2013), p. 493; ArXiv:1209.3468.
44. B. Richter, 'High Energy Colliding Beams; What Is Their Future?', ArXiv:1409.1196.
45. V. Shiltsev, 'High-Energy Particle Colliders: Past 20 Years, Next 20 Years, And Beyond', ArXiv:1409.5464.