

**КОММЕНТАРИЙ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЯДЕРНЫХ  
ПРЕВРАЩЕНИЙ В РАБОТАХ С. Ш. МАВРОДИЕВА  
(S. SH. MAVRODIEV) И В. Д. РУСОВА (V. D. RUSOV)**

И. А. Еганова

*Институт математики им. С. Л. Соболева*

*Сибирского отделения РАН*

*Просп. Акад. Коптюга, 4, 630090, Новосибирск-90, Россия*

*E-mail: eganova@math.nsc.ru*

*От ред.:* В связи с одним докладом (В. Д. Русов, С. Ш. Мавродиев, М. А. Делиргиев “Уравнение Шредингера–Четаева в механике Бома и диффузионный механизм Крамера альфа-распада, кластерной радиоактивности и спонтанного деления”), представленным на сессию Конференции ФПВ в 2008 г., на этой сессии планировалась дискуссия по ключевым методологическим вопросам, связанным с использованием концептуальных представлений и результатов детерминистской атомной физики. К сожалению, авторы доклада не смогли принять участие в работе Конференции, а предложение обсудить соответствующие вопросы в форме открытой дискуссии в трудах Конференции ими не было поддержано. Однако уже вышла в свет (как дискуссионная) работа [1] (см. также [2]), где некорректно представлены достижения известного советского ученого, крупного специалиста в области аналитической механики Н. Г. Четаева, а также замечательные достижения в области микромира создателя детерминистской атомной теории, выдающегося польского физика М. Грызинского. В целом, авторы заняты не столько построением концептуально единой и логически безупречной теории атомного ядра, что, несомненно, является актуальнейшей задачей современной физики, сколько увлечены моделированием ядерных превращений, в котором, не обращая внимания на получающуюся эклектику, формально смешивают представления квантовой механики и детерминистской атомной физики. Эти моменты выделены и обсуждаются в публикуемых ниже комментариях.

Заявляя свой доклад “Уравнение Шредингера–Четаева в механике Бома и диффузионный механизм Крамера альфа-распада, кластерной радиоактивности и спонтанного деления” на обсуждение конференции ФПВ-2008, основные его авторы (С. Ш. Мавродиев и В. Д. Русов) подчеркивали, что они используют атомное ядро, как это принято в теоретической физике, “для проверки новых физических идей”. В связи с этим имеет смысл напомнить некоторые положения, высказанные выдающимся физиком-теоретиком XX века В. Ф. Вайскопфом при подведении итогов Международной конференции по структуре ядра в 1960 г. в Канаде [3].

*“Пусть нас не вводят в заблуждение удивительные успехи наших моделей. Они говорят нам, что мы знаем о ядрах скорее очень мало, чем очень много”.*

Приходится констатировать, что, хотя с тех пор прошло полвека, как можно видеть по докладам, обсуждавшимся в последнее десятилетие на сессиях нашей Конференции ФПВ, это предостережение Вайскопфа по-прежнему актуально. И далее:

*“Я слышал, как многие говорят, что строение ядра не представляет собой фундаментальной проблемы. Настоящим делом является физика высоких энергий. Строение ядра, в конце концов, ограничивается не чем иным, как решением уравнения Шредингера для  $A$  частиц. Я совершенно не согласен с такой точкой зрения. Открытие и понимание явлений, заключенных в проблеме многих тел, может быть задачей фундаментальной важности, если сам объект представляет интерес.*

*Физика исследует природу вещей. Ядро, наше ядро, является важной частью природы — это центр атома. Это не только маленький объект — это самая замечательная составная часть материи. **Понимание явлений, происходящих в этом ядре, имеет первостепенное значение.** Следовательно, ядерная физика является важной частью физики. Я обнаружил также, что некоторые теоретики, как на востоке, так и на западе, считают единственной вещью, достойной того, чтобы ею заниматься, физику элементарных частиц. Экспериментаторы обычно так не говорят, потому что они имеют дело с реальной материей и, следовательно, знают, насколько важным объектом является ядро. Эти теоретики поклоняются теории элементарных частиц, теории, которой в действительности даже не существует. Они ежедневно ломают свои головы над дисперсионными соотношениями, мандельштаммовским представлением и тому подобными вещами. Пусть они это делают. В конце концов, протон и мезон также являются важной частью природы. В действительности, мы должны даже оказать им всю ту моральную поддержку, в которой они нуждаются. Они смелые парни и ведут трудную борьбу, и когда-нибудь они найдут теорию. Но не позволяйте убедить себя, что ядро неинтересно. **Оно так мало и имеет так мало составных частей и вместе с тем проявляет невероятное разнообразие свойств.** Его исследование требует всего арсенала современной экспериментальной техники и для его понимания требуются почти все отрасли теоретической физики. Какой прекрасный предмет исследований! Он стоит того, чтобы посвятить ему всю жизнь” [3, с. 340] (выделено мной — И. Е.).*

Вайскопф, как свидетельствует весь его заключительный доклад на этой конференции, весьма искренне, последовательно и целенаправленно интересовался устройством ядерного мира и ясно видел сложившуюся ситуацию в

целом: и ограниченность известных моделей, и слабость глубинных знаний в области свойств ядерного вещества, и тривиальность успешно объясняемых явлений. Поэтому, совершенно не обольщаясь достигнутым — зная ему цену, он пытался направить мысль исследователей-ядерщиков, говоря высоким стилем, в должные глубины Мироздания.

Однако чтобы серьезно откликнуться на этот горячий призыв Вайскопфа, нужно было обладать широким кругозором и проницательной самостоятельностью (одновременно и в теоретических, и в экспериментальных исследованиях), а главное — иметь четкую, определенную *стратегию для целенаправленного исследования* этих неведомых глубин. Наличие такой стратегии обнаружилось в исследованиях атомного мира и далее — в глубь ядра у М. Грызинского, который последовательно, шаг за шагом, открывал, как же на самом деле устроен атом (см. [4] и [5]). Открыв радиальную кинетику атомных электронов, он предложил действительно эффективную, адекватную реальности модель атома, которая дала возможность установить динамическую электронную структуру вещества и выяснить физические механизмы явлений атомного мира, совершенно не привлекая изошренной идеологии квантовой механики и каких-либо ее представлений. С атома слетела пелена  $\Psi$ -функции, и детерминистская атомная физика Грызинского показала чрезвычайную согласованность движения атомных электронов, раскрыла вековую загадку корпускулярно-волнового дуализма, “волновое поле” электрона было материализовано как электромагнитное поле его прецессирующего магнитного диполя. Была открыта ключевая роль электронов во многих явлениях и свойствах вещества: именно электрон обуславливает распространение акустических волн и теплопередачу в твердых телах, именно электрон, быстро движущийся между соседними ядрами, обуславливает энергию нулевых колебаний решетки и многое другое (см. с. 94–103, а также [6, 7, 8, 9]).

Естественно, идейное богатство детерминистской атомной физики, созданной Грызинским, привлекает к себе внимание. В связи с работами С. Ш. Мавродиева и В. Д. Русова приходится напомнить, что нельзя игнорировать несовместимость представлений квантовой механики и представлений классической физики о Мироздании, которые четко отражены в их основных принципах, и их несовместимые отношения к логике и методологии познания (в том числе к роли эксперимента в физических исследованиях), которые определили их научные стратегии, также принципиально разные и несовместимые.

Так что *наблюдающаяся в их работах эклектика, т. е. эксплуатация идей Грызинского в формальном смешивании их с квантовыми методами, препятствует созданию безупречной, концептуально единой (логичной, непротиворечивой и последовательной) Теории микромира, что в настоящее время является делом первостепенной важности.*

Далее, в работах авторов своеобразно освещаются работы выдающегося советского ученого-механика Н. Г. Четаева (1902–1959), труды которого развивали, в частности, классические направления аналитической механики для интерпретации природы явлений, открытых в атомной физике, когда они, можно сказать, с пафосом говорят о его исходной мировоззренческой позиции, но, калькируя определенные математические выкладки Четаева и их объяснение,

не выделяют достижения *его* исследований, касающихся уравнения Шредингера и связанных с ним представлений атомной физики. Так что у читателей может сложиться превратное мнение о достигнутом самим Четаевым. К сожалению, в работе авторов не представляются должным образом и достижения М. Грызинского, хотя один из авторов присутствовал на его лекциях в Дубне (2003 г.), проявляя неподдельный интерес к развиваемому им детерминистскому направлению атомной физики. Поэтому здесь необходимо дать подробную историческую справку.

Как известно, в 1927 г. вышла в свет книга Э. Шредингера “Статьи по волновой механике” [10]\*, в основу которой было положено знаменитое уравнение, получившее его имя. В марте 1929 г. Четаев был командирован на год в Германию для работы в Геттингенском университете [11, с. 177]. Летом того же года, в июле, находясь в Казани\*\*, он пишет статью “Об устойчивых траекториях динамики”, которая после его возвращения из Германии была доложена на Всесоюзном съезде математиков в Харькове (24–29 июня 1930 г.), а затем опубликована в “Ученых записках Казанского государственного университета” в 1931 г. (Т. 91, кн. 4. Математика, вып. 1, с. 3–8, см. с. 245–249 в [11]).

Именно в этой статье, как подчеркивается в Обзоре его научных работ в книге [11, с. 504], “*по-видимому впервые, Н. Г. Четаев кратко отмечает принципиальную важность теоретически устойчивых движений и их отношение к действительным движениям в механике*”. Четаев задается вопросом о том, какие движения механических систем могут реализовываться в явлениях природы. Он опирается на принцип устойчивости действительных движений и показывает, как сам резюмирует в вводной части своей статьи, что “*ясный принцип устойчивости действительных движений, блестяще зарекомендовавший себя во многих проблемах небесной механики, как я хочу сейчас показать, неожиданно дает картину почти квантовых явлений*” [11, с. 245].

Речь идет об объяснении квантовых явлений атомной физики. При этом вскрылись корни уравнения Шредингера — оказалось, что оно представляет собой основное уравнение дозволенных орбит.

Из всех возможных движений материальной системы Четаев рассматривает лишь те, для которых постоянные  $\alpha_i$  полного интеграла уравнения Гамильтона–Якоби имеют некоторые фиксированные значения, и совокупность этих движений называет *пакетом* (выбирая именно этот термин, как и некоторые обозначения, Четаев, видимо, ориентировался на соответствующий термин волновой механики). *Дозволенными орбитами* Четаев называет траектории пакета, который удовлетворяет условию

$$\int W\psi\psi^* d\tau - \text{максимум,}$$

где  $d\tau$  — элемент объема фазового пространства,  $\psi\psi^* = A^2$  — плотность траекторий в точке фазового пространства,  $W$  — силовая функция, которую допускают возмущающие силы. Основное уравнение для дозволенных орбит приобретает вид уравнения Шредингера в случае, когда  $\Delta A = 0$ .

\* Четаев [11, с. 249] ссылается на второе издание этой книги [12].

\*\* Это указано в сноске на с. 245 в [11].

Несомненно, вернувшись в Геттинген, Четаев представил там\* полученные им весьма оригинальные, новаторские результаты, ведь в них успешно реализовались его проницательные взгляды на открытие законов природы, его глубокое понимание взаимосвязи теоретических движений с действительными движениями механических систем. Однако, поскольку не появилось соответствующей публикации в европейских изданиях (хотя до этого он печатался в “*Compt. rend. Acad. sci.*”, в Париже, см. *Список трудов Четаева* [11, с. 529–532]), можно предположить, что эти достижения не встретили должного понимания в среде западных физиков-теоретиков, что, в принципе, неудивительно: ведь эта работа препятствовала “победному шествию” идеологии квантовой механики, которая уже “правила бал”. Достаточно напомнить историю с открытием спина электрона — как Н. Бор в 1925 г. фактически на четверть века задержал эффективное использование представления о вращающемся электроны в атомной физике (см. [13]).

Но Четаев и далее продолжает углубляться в вопросы, поднятые в этой работе. Так, 19 декабря 1932 г. он делает запись в своей записной книжке: “Невольно в ноябре вывел уравнение Шредингера из условия устойчивости периодических орбит. Существование мировой постоянной  $h/2\pi$  говорит, что все настраивается на резонанс по каким-то начальным возмущениям” [11, с. 492]. О том, насколько глубоко Четаев проник в суть явления устойчивости, понимая его чрезвычайную, фундаментальную роль в явлениях атомной физики, свидетельствует его “Казанская программа” [11, с. 480–489], датированная 1934 г. В 1936 г. он публикует вторую статью под тем же названием “Об устойчивых траекториях динамики” в Сборнике научных трудов Казанского авиационного института, которая (с одной купюрой в конце п. 2, где сообщается экспериментально установленное значение постоянной  $k$  в формуле, определяющей функцию  $\psi$ ) представлена в книге [11] с добавлением двух не опубликованных тогда параграфов, которые сохранились в бумагах Четаева.

Эта статья представляет собой основательное, подробное изложение и дальнейшее углубление лаконично изложенной первой работы, ее целенаправленное развитие. Она имеет следующую структуру: краткое введение, где автор сообщает о своей исходной идее — в законах природы реализуется явление устойчивости — и оценивает ее, далее следуют пять последовательных параграфов.

1. *Возмущенные движения*, где исходная идея оснащается соответствующими рассуждениями, которые выливаются в *постулат устойчивости*, а затем начинается применение этого постулата в динамике Ньютона. Рассматривается механическая система с  $n$  степенями свободы с голономными, не зависящими от времени связями, а силы, действующие на систему, предполагаются консервативными (т. е. Четаев рассматривает случай, который встречается в большинстве практических вопросов, в этом случае, в частности,  $\partial A/\partial t = 0$ ), и изучается устойчивость ведущего или невозмущенного движения этой системы при возмущении одних только начальных данных. (Отметим, что Четаев, как и Пуанкаре в гл. IV (с. 166–172) первого тома его “Новых методов небесной механики” [14], оперирует функцией Гамильтона  $H$ , которая явно от времени

\* Похоже, что сама эта работа была инициирована научными дискуссиями, которые тогда велись в Геттингене.

$t$  не зависит, однако ход его рассуждений и сопровождающих их вычислений таков, что он не требует изменений при переходе к случаю явной зависимости  $H$  от  $t$ .) В результате получено соответствующее *условие устойчивости*.

**2. Потенциальные возмущающие силы**, где кроме учитываемых в теории сил на систему действуют еще малые неучитываемые или возмущающие силы. Так же, как и в первом параграфе, автор четко отмечает имеющиеся трудности в установлении условий устойчивости и формулирует план их преодоления. Как характеризует сам Четаев полученное *условие устойчивости*, оно эффективно в том плане, что это “правило отбора устойчивых действительных движений совпадает с известными рецептами современной физики — правилами квантования”, поскольку дифференциальное уравнение, определяющее устойчивые движения, имеет вид уравнения Шредингера [11, с. 260]. (Здесь надо отметить, что данные авторы (см., например, [1]) именуют это именно условие устойчивости “теоремой Четаева об устойчивых траекториях динамики в присутствии диссипативных сил”, фактически искажая корректное определение этого результата.)

**3. Условия устойчивости**, где, основываясь на результате предшествующего параграфа для частного случая возмущающих сил, автор ставит целью записать условия устойчивости для более общего случая через теоремы существования решений определенного вида для соответствующей системы уравнений. Достигнув этой цели, автор делает ряд важных замечаний, которые, в частности, дополняют правило отбора устойчивых траекторий, полученное в п. 2, для тех случаев, когда дифференциальное уравнение, представляющее собой условие устойчивости, дает побочные решения.

**4. Гироскопические силы**, где исследования, проведенные в предшествующих параграфах, используются для случая электрона, движущегося в электромагнитном поле. Напомним, что гироскопическими силами в теоретической механике называют силы

$$\tilde{Q}_i = -\left[ \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T_1}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T_1}{\partial q_i} \right],$$

где кинетическая энергия  $T_1 = \sum_i b_i \dot{q}_i$ ,  $b_i$  — суть функции обобщенных координат  $q_1, q_2, \dots, q_n$ , сумма работ  $\sum_i \tilde{Q}_i dq_i$  которых на истинных перемещениях системы равна нулю.

**5. Энтропия** — фактически заключительный раздел, где автор, установивший, что устойчивые движения являются особыми случаями, при которых необходимо наличие специальных соотношений между величинами, характеризующими состояние системы, обсуждает возникший у него пронизательный вопрос: “Почему природа делает предпочтение именно устойчивым движениям”? Зная о существовании малых диссипативных сил и их “паразитическом” влиянии, известном в физике, и предположив существование таких “паразитических” сил с полной диссипативностью, автор приходит к выводу, что малые диссипативные силы природы “будут сбивать действительные движения материальных систем на устойчивые в первом приближении движения” [11, с. 268]. Отмечая трудность определения направления процесса такого рода, Четаев высказывает здесь идею, что для решения подобной задачи

“естественно искать функцию, аналогичную функции энтропии в термодинамике” [11, с. 268].

С этой работой концептуально связана опубликованная им в тот же год статья “Устойчивость и классические законы”, а также и другие его исследования вплоть до самых последних лет жизни. Так, в его записях были обнаружены “Замечания о классической гамильтоновой теории” (датированные 1941 г.), где сделан глубокий вывод о том, что “*малые диссипативные силы с полной диссипацией, всегда реально существующие в нашей природе, являются гарантийным силовым барьером, делающим пренебрежимыми влияния нелинейных возмущающих сил*”; эти замечания опубликованы посмертно (см. [15]).

Когда Грызинский расшифровывал динамику электрона, стоящую за квантовым формализмом — показывал, что известные квантовые соотношения описывают условия стационарного движения при наличии некоторых периодических возмущений, предполагая, что эти возмущения берут начало в спиновых свойствах электрона, поскольку правила квантования связаны с планковской константой  $h/2\pi$ , он не знал о работах Четаева. Однако, по сути, в своем подходе к расшифровке природы квантовых соотношений атомной физики он близок к подходу Четаева. Он сразу выделил тот экспериментальный факт, что период движения электрона по своей орбите на несколько порядков короче, чем время излучения фотона атомом, и сделал вывод о том, что в течение процесса излучения силы, влияющие на орбитальное движение электрона, намного меньше, чем кулоновские силы, и, следовательно, анализ правил квантования может быть проведен на основе исчисления возмущений, развитого Гауссом для анализа в небесной механике. В результате Грызинский показал, что “*за зоммерфельдовским интегралом квантования скрывается прецессия спиновой оси электрона, которая органически связана с его перемещением в пространстве, а волновое поле электрона — это переменное электромагнитное поле, имеющееся вследствие прецессии его магнитной оси*” [9, с. 17]. Когда он представил на обсуждение физиков-теоретиков эту интерпретацию, ему указали на работы Четаева, и с тех пор он всегда подчеркивал приоритет Четаева, высоко оценивая значимость его работ по исследованию устойчивости движения.

Итак, еще в 1929 г. Четаевым были наглядно продемонстрированы возможности классической механики в атомной физике (особенно четко и подробно в 1936 г.). Однако только Грызинский, который, объективно разрешив в эксперименте вопрос о том, как движутся электроны в атоме, открыл *радиальную* кинетику атомных электронов и вернул классическую физику в микромир своей детерминистской атомной физикой, и в частности дал физическую интерпретацию зоммерфельдовского интеграла квантования, смог должным образом оценить труды Четаева и стал их пропагандировать.

Ныне, когда все ключевые факты ядерной физики, для интерпретации которых было в свое время выдвинуто представление о существовании “*сильных*” взаимодействий, объяснены Грызинским без этого представления\*, в ядерной

\* При этом было установлено, что 1) нейтрон является связанным (магнитными силами) состоянием двух прецессирующих гироскопов — протона и электрона, он обладает электрическим полем; 2) атомное ядро — система заряженных и намагниченных частиц в динамическом равновесии, она имеет собственное переменное электрическое поле, частота которого определяется законом трансляционной прецессии; 3) взаимодействие переменного электри-

физике чрезвычайно актуально и возможно (!) создание концептуально единой, логически последовательной и непротиворечивой Теории.

В заключение заметим, что выдвигание “*новых физических идей*” *должно основываться на фундаменте надежной, бесспорной теории, где нет эклектического смешивания представлений классической физики и квантовой механики, и служить определенному развитию этой теории.* (Именно так действовал Грызинский — отсюда богатство его достижений в познании атомного мира.) Только тогда можно достичь *понимания явлений, происходящих в ядре*, к чему и призывал В. Вайскопф.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Rusov V. D., Vlasenko D. S., Mavrodiev S. Ch. *On the procedure of quantization in classical mechanics and reality of Bohm's  $\Psi$ -field* // Ukr. J. Phys. — 2009. — V. 54, No. 11. — P. 1131–1138.
2. Rusov V. D., Vlasenko D. *On the quantization procedure in classical mechanics and problem of hidden variables in Bohmian mechanics* // arxiv:0806.4050v2[quant-ph]. [Электронный ресурс] — URL: <http://arxiv.org/abs/0806.4050>.
3. Вайскопф В. Ф. *Итоги конференции* // Структура ядра. — М.: Госатомиздат, 1962. — С. 330–340 с.
4. Лаврентьев М. М. *История повторяется* // Еганова И. А. Природа пространства-времени. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2005. — С. 237–248.
5. Еганова И. А. *Атомная физика Грызинского и главная цель конференции ФПВ* // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции / Ред. М. М. Лаврентьев, В. Н. Самойлов. — Новосибирск: Акад. изд-во “Гео”, 2006, с. 18–36.
6. Gzyziński M. True and False Achievements of Modern Physics. — Homo-Sapiens, Warsaw, 1996. — 62 p.
7. Gzyziński M. Sprawa atomu. — Homo-Sapiens, Warsaw, 2002. — 203 S.
8. Грызинский М. *О природе атома* // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции / Ред. М. М. Лаврентьев. — Новосибирск: Изд-во ИМ, 2001. — С. 135–160.
9. Грызинский М. *Об атоме точно: Семь лекций по атомной физике* / Ред. М. М. Лаврентьев. — Новосибирск, 2004; М.: Editorial URSS, 2005. — 94 с.
10. Schrödinger E. *Abhandlungen zur Wellenmechanik*. — Leipzig: Barth, 1927. — 9+169 S.
11. Четаев Н. Г. *Устойчивость движения. Работы по аналитической механике*. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 536 с.
12. Schrödinger E. *Abhandlungen zur Wellenmechanik*. 2te Ausgabe. — Leipzig: Barth, 1928. — 10+198 S.
13. Еганова И. А. *Теоретическая физика: синдром Пигмалиона* // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции / Ред. М. М. Лаврентьев, В. Н. Самойлов. — Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2008. — С. 94–103.
14. Poincaré H. *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, t. 1. — Paris, Gauthier-Villars, 1892. — 385 p.
15. Четаев Н. Г. *Замечания о классической гамильтоновой теории* // ПММ, 1960. — Т. 24, вып. 1. — С. 33–34.

---

ческого поля нейтрона с постоянным полем ядра определяется квазипотенциалом, имеющим вид потенциала Юкавы; 4) резонансная формула Брейта–Вигнера получается в рамках классической электродинамики; 5) главные черты строения атомных ядер определяет спиновое магнитное поле протона и т. д. (см., например, [5, с. 31–35]).