ОДЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И. И. МЕЧНИКОВА

На правах рукописи

УДК 530.145:537.8

ЖАНЬ ЯНЧЯН

КВАНТОВАЯ ДИНАМИКА САМОДЕЙСТВУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОНА

Специальность 01.04.02 — теоретическая физика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Одесса — 1994

Работа выполнена на кафедре общей и теоретической физики Киевского политехнического института.

Научные руководители: доктор физ.-мат. наук профессор **В. П. Олейник**

доктор физ.-мат. наук **Л. П. Годенко**

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук профессор **В. С. Машкевич**

доктор физ.-мат. наук **В. Н. Бондарев**

Ведущая организация: **Институт математики АН Украины**

Защита состоится «28» апреля 1994 г. в 14.00 часов на заседании специализированного совета К 068.24.11 при Одесском государственном университете им. И. И. Мечникова
(270100, г. Одесса, ул. Петра Великого, 2, ОГУ)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Одесского университета (ул. Преображенская, 24).

Автореферат разослан «25» марта 1994 г.

Ученый секретарь специализированного совета доктор физ.-мат. наук **А. В. ЗАТОВСКИЙ**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Построение последовательной квантовой механики, учитывающей кулоновское самодействие электрически заряженных частиц, относится к числу важнейших задач теоретической физики. Принципиальное значение этой проблемы состоит в том, что ее решение позволит устранить серьезные трудности общепринятого подхода, коренящиеся в представлении о точечности электрона, приведет к более глубокому пониманию физической природы электрона и откроет путь к детальному исследованию внутриэлектронных явлений и процессов и разработке методов управления этими процессами в интересах практики.

Целью диссертационной работы является разработка и исследование квантовой теории самодействующего электрона в нерелятивистском приближении.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

--- рассмотрение нерелятивистского предела основного уравнения динамики, описывающего кулоновское самодействие электрически заряженных частиц;

--- построение лагранжева и гамильтонова формализмов теории самодействующего электрона и вывод основных энергетических характеристик;

--- исследование нестационарных состояний самодействующего электрона и выяснение особенностей поведения частицы во внешнем поле;

--- построение стационарной и временной теорий возмущений для решения основного уравнения динамики, которое является нелинейным и нелокальным;

--- исследование особенностей поведения самодействующего электрона в постоянных и однородных электрическом и магнитном полях.

Методы исследования. В основе работы лежит модель неизолированной системы, описываемая лагранжевой функцией Морса -

Фешбаха - Бейтмена. При выводе основного уравнения динамики и энергетических характеристик самодействующего электронного поля используются лагранжев и гамильтонов формализмы механики. Для получения численных решений уравнения движения самодействующего электрона применен метод Рунге - Кутта - Мерсона. При построении теории возмущений используются разложения волновой функции и потенциальной энергии в ряды Фурье по сферическим гармоникам.

Научная новизна работы. В настоящее время проблема кулоновского самодействия заряженных частиц совершенно не изучена, так что большая часть изложенных в работе результатов получена впервые, в частности, впервые

— получено нерелятивистское уравнение движения, учитывающее спин и кулоновское самодействие электрона;

— исследованы основные энергетические характеристики полной системы, состоящей из самодействующих электрически заряженных частиц и вихревого электромагнитного поля;

— дано обобщение соотношений Эренфеста и квантовых уравнений движения Ньютона на случай самодействующего электрона и показано, что центр масс самодействующего электрона движется так, как если бы отсутствовала сила кулоновского самодействия;

— показано, что при движении в произвольном однородном внешнем поле самодействующий электрон не расплывается со временем, сохраняя свои размеры и геометрическую форму;

— построены стационарная и временная теории возмущений для нелинейного и нелокального уравнения динамики самодействующего электрона.

Практическая ценность результатов работы состоит в том, что в диссертации построена последовательная квантовая теория самодействующего электрона. В работе излагаются и развиваются новые физические представления об электроне как о солитоне - локализованном в ограниченной области пространства элементарном возбуждении поля заряженного вещества, размеры и форма которого определяются величиной его внутренней энергии. Эти представления имеют фундаментальной характер и могут быть использованы во многих областях науки и техники, например, в квантовой электронике, в теории плазмы и т.д. как для постановки новых экспериментов, так и для правильной интерпретации известных опытных данных.

Значение представленных в работе исследований определяется и тем, что нерелятивистская квантовая механика самодействующего электрона может служить простейшим примером теории самоорганизации физической системы. Развиваемые в ней представления о физических механизмах самоорганизации, а также методы решения основного уравнения динамики имеют универсальный характер и могут быть использованы при описании поведения произвольной самоорганизующейся физической системы.

Автор защищает следующие научные положения:

1. Самодействующий электрон в нерелятивистском приближении можно рассматривать как элементарное возбуждение поля электрически заряженной материи, внутренне присущим свойством которой является способность создавать в окружающем пространстве кулоновское поле и испытывать его обратное воздействие. Это возбуждение можно последовательно описать в рамках гамильтонова и лагранжева формализмов с помощью тензора энергии-импульса. Свободный самодействующий электрон является солитоном - локализованным в пространстве распределением заряда, геометрическая форма и размеры которого зависят от величины энергии электрона.

2. Центр масс самодействующего электрона в произвольном внешнем поле в нерелятивистском приближении движется так, как если бы отсутствовала сила кулоновского самодействия.

3. При движении в произвольном однородном внешнем поле самодействующий электрон не расплывается со временем, сохраняя свои размеры и геометрическую форму. По своим физическим свойствам самодействующий электрон существенно отличается от "голой" частицы.

4. В коэффициентах рядов теории возмущений для волновой функции самодействующего электрона возникают нелокальные константы, которые могут быть учтены путем наложения на решения динамического уравнения дополнительных условий.

5. Волновые функции самодействующего электрона, описывающие стационарное состояние частицы в однородном внешнем поле, могут быть представлены в виде суперпозиции сферических гармоник, каждая из которых является солитоном. В достаточно слабом внешнем поле основной вклад в волновую функцию вносят несколько первых гармоник.

Апробация работы. Исследования, выполненные в диссертационной работе, являются составной частью научно-исследовательских работ, проведенных на кафедре общей и теоретической физики Киевского политехнического института. Основные результаты диссертационной работы докладывались на сессии научного совета АН УССР по проблеме "Квантовая электроника" (Киев, ИФ АН УССР, март 1991 г.) , на научной конференции Отделения ядерной физики АН России по фундаментальным взаимодействиям элементарных частиц (Москва, ИТЭФ, ноябрь 1992 г.), на международном семинаре "Нелинейные явления в сложных системах" (Беларусь, Полоцк, февраль 1993 г.) , а также на научных семинарах кафедры общей и теоретической физики КПИ.

Публикации. По теме диссертации опубликованы работы /1-3/.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из Введения, трех глав, Заключения, Приложений и Списка литературы из 47 наименований. Работа содержит 105 страниц машинописного текста, 5 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во Введении обсуждается актуальность темы диссертации, кратко рассмотрен круг исследуемых в ней проблем и указаны возможные приложения полученных результатов.

В главе 1 приведен анализ основных энергетических характеристик самодействующего электронного поля в нерелятивистском приближении с учетом спина электрона.

Получен нерелятивистский предел уравнения динамики самодействующего электрона, описывающего взаимодействующие между собой самодействующее электронное и вихревое электромагнитное поля. Способ получения нерелятивистского предела такой же, как и в обычной квантовой механике; он состоит в исключении из волновой функции в виде биспинора, описывающей состояние релятивистской частицы, малых по величине спинорных компонент. В нерелятивистском приближении удобно использовать такую калибровку 4-потенциала, в которой потенциальная составляющая 4-потенциала содержит только временную компоненту.

Уравнение динамики самодействующего электрона в нерелятивистском приближении имеет вид:

$$i\frac{\partial}{\partial t}\begin{pmatrix}\Phi\\ \tilde{\Phi}\end{pmatrix}=\left[\frac{1}{2M}\left(-i\frac{\partial}{\partial \vec{r}}-e\beta\vec{A}\right)^2-\frac{e\beta}{2M}\vec{\sigma}\vec{H}+\mathcal{U}(\vec{r},t)\right]\begin{pmatrix}\Phi\\ \tilde{\Phi}\end{pmatrix}, \qquad (1)$$

где

$$\mathcal{U}(\vec{r},t)=e^2\beta\int d\vec{r}\,'|\vec{r}-\vec{r}\,'|^{-1}\left(\Phi^+(\vec{r}\,',t)\tilde{\Phi}(\vec{r}\,',t)+\text{к.с.}\right)- \qquad (2)$$

потенциальная энергия самодействия электрона; $\vec{A}=\vec{A}(\vec{r},t)$ - вектор - потенциал вихревого электромагнитного поля; β - постоянная самодействия; $\vec{H}=\mathrm{rot}\vec{A}$; e и M - заряд и масса электрона, Φ и $\tilde{\Phi}$ - компоненты волновой функции частицы. В работе используется соотношение связи $\tilde{\Phi}=a\Phi$, $a=const$. Как видно из (1) , основное уравнение движения самодействующего электрона по форме совпадает с обычным уравнением Шредингера, но отличается от последнего качественно, будучи нелинейным и нелокальным.

Если самодействующий электрон взаимодействует не только с вихревым электромагнитным полем, но и с внешнем полем, описываемым 4-потенциалом $A_{ext}=(\varphi_{ext},\vec{A}_{ext})$, то движение электрона описывается уравнением (1) , в котором выполнена замена

$$\mathcal{U}\to\mathcal{U}+\varphi_{ext}\ ,\ \beta\vec{A}\to\beta\vec{A}+\vec{A}_{ext}\ ,$$
$$\beta\vec{H}\to\beta\vec{H}+\vec{H}_{ext}\ ,\ \vec{H}_{ext}=[\vec{\nabla}\vec{A}_{ext}]\ .$$

Уравнение движения (1) может быть получено из принципа действия $\delta S = 0$, $S = \int dt L$, где L - функция Лагранжа, описывающая самодействующее электронное и вихревое электромагнитное поля в нерелятивистском приближении. Эти результаты обобщены на случай системы n (n = 2, 3, ...) самодействующих частиц; в частности, с помощью принципа действия получены уравнения движения такой системы.

Введены обобщенные координаты и соответствующие им обобщенные импульсы самодействующего электронного поля и с их помощью построена гамильтонова функция системы взаимодействующих полей. Показано, что гамильтоновы уравнения движения рассматриваемой системы совпадают, как и должно быть, с уравнениями Лагранжа - Эйлера. С помощью гамильтонова формализма выведен закон сохранения энергии полной системы, состоящей из заряженных самодействующих частиц и вихревого электромагнитного поля.

Выведены как дифференциальные, так и интегральные законы сохранения энергии и импульса

$$\begin{aligned} &\sum_{\nu} \partial_{\nu} T^{\mu\nu} = 0 , \\ &\int d\vec{r}\, T^{\mu 0} = (P^{0}, \vec{P}) = const , \end{aligned} \tag{3}$$

где $T^{\mu\nu}$ - тензор энергии - импульса полной системы взаимодействующих полей в нерелятивистском приближении. При выводе формулы для тензора энергии - импульса учтено то обстоятельство, что плотность функции Лагранжа рассматриваемой системы $\mathcal{L}(\vec{r}, t)$ зависит от обобщенных координат электронного поля не только локально, но и нелокально, причем имеется явная зависимость функции $\mathcal{L}(\vec{r}, t)$ от радиуса - вектора $\vec{r}$.

В нестационарном состоянии, соответствующем движению самодействующего электрона в пространстве как целого с некоторой постоянной скоростью $\vec{v}_0$, роль физических энергии и импульса играют величины

$$-P^{0} = \frac{M\vec{v}_0^{\,2}}{2} + W + E \quad \text{и} \quad -\vec{P} = M\vec{v}_0 . \tag{4}$$

Величины $\frac{M\vec{v}_0^{\,2}}{2}$, W и E имеют физический смысл соответственно кинетической энергии движения электрона как целого, потенциальной энергии самодействия и энергии связи электрона в поле потенциальной ямы, возникающей в результате кулоновского самодействия.

С помощью компьютера получены сферически симметричные решения основного уравнения динамики для свободного самодействующего электрона. Приведены результаты расчета волновых функций электрона в основном и в первых двух возбужденных стационарных состояниях. Вычислены параметры, соответствующие указанным выше состояниям частицы. Согласно полученным результатам, свободный самодействующий электрон является солитоном - локализованным в пространстве распределением заряда, геометрическая форма и размеры которого зависят от величины энергии электрона и не изменяются со временем. Спектр внутренней энергии свободного электрона является дискретным.

<u>В главе 2</u> исследованы нестационарные состояния самодействующего электрона во внешнем однородном электромагнитном поле.

Обобщенные соотношения Эренфеста, учитывающие кулоновское самодействие электрона, имеют вид:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{\vec{p}}{M},$$
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \int d\vec{r}\, \phi^{+}\phi\left(e\vec{E} - \vec{\nabla}U - \frac{ie}{2M}[\vec{\nabla}\vec{H}]\right) - e\int d\vec{r}\, \phi^{+}\left\{[\vec{H}\vec{v}] - \frac{1}{2M}\vec{\nabla}(\vec{\sigma}\vec{H})\right\}\phi . \tag{5}$$

Здесь $\vec{r}$ и $\vec{p}$ - средние значения радиуса - вектора и импульса электрона во внешнем поле в состоянии с волновой функцией ϕ ; $\vec{E}$ и $\vec{H}$ - напряженности электрического и магнитного полей, $\vec{v}$ - оператор вектора скорости; символ $\vec{\nabla}\vec{H}$ означает, что оператор $\vec{\nabla}$ действует только на H .

Из (5) получено квантовое уравнение движения Ньютона, определяющее зависимость от времени квантовомеханического среднего значения радиуса - вектора центра масс электрона с учетом его самодействия. Согласно полученным результатам, в нерелятивистском приближении центр масс самодействующего электрона в произвольном внешнем поле движется так, как если бы отсутствовала сила кулоновского самодействия. Если внешнее поле однородно , то квантовое уравнение движения сводится к классическому уравнению движения Ньютона для радиуса - вектора центра масс частицы.

Получено обобщение соотношений Эренфеста на релятивистский случай и показано, что из этих соотношений невозможно вывести релятивистское уравнение движения центра масс частицы. Приведена оценка среднего значения силы самодействия $\vec{F}$ действующей на релятивистский электрон, согласно которой $\vec{F} \sim \alpha^2$ (α - постоянная тонкой структуры) ; тем самым подтверждается сделанный ранее вывод о том, что в нерелятивистском приближении, учитывающем лишь поправки порядка α , средняя сила самодействия отсутствует.

С помощью квантового уравнения движения Ньютона исследованы нестационарные состояния электрона в однородном внешнем поле. В однородном электрическом поле $\vec{\mathcal{E}} = const$, $\vec{H} = 0$ волновая функция имеет вид:

$$\phi(\vec{r},t) = C\,\Psi_E\left(\vec{r} - \vec{R}_0(t)\right), \tag{6}$$

где $\vec{R}_0(t)$ - радиус - вектор центра масс электрона, подчиняющийся классическому уравнению движения Ньютона, в котором $\vec{\mathcal{E}} = const$, $\vec{H} = 0$; $\Psi_E(\vec{r})$ - функция, которая подчиняется стационарному уравнению Шредингера для самодействующей частицы с энергией E в отсутствие внешнего поля; C - фазовый множитель, зависящий от t и $\vec{r}$. Подчеркнем, что формула (6) определяет точное решение временного уравнения для самодействующего электрона в постоянном однородном электрическом поле при условии, что $\Psi_E(\vec{r})$ - волновая функция свободного самодействующего электрона с собственным значением энергии E

Проведено сравнение волновых функций самодействующего и "голого" электронов в постоянном электрическом поле и показано, что учет кулоновского самодействия электрона существенно изменяет поведение его волновой функции; потенциальной энергией самодействия нельзя пренебречь, считая ее малой величиной.

Получено выражение для волновой функции, описывающей возбуждение самодействующего электрона под влиянием однородного электрического поля, действующего в течение конечного промежутка времени (0 , T). Показано, что после отключения электрического поля электрон движется как целое с постоянной скоростью $\vec{V}(T)$; геометрическая форма и размеры пространственного распределения электрического заряда частицы остаются при этом неизменными.

Полученные результаты обобщены на случай однородного внешнего электромагнитного поля с напряженностями $\vec{\mathcal{E}}$, $\vec{H}$, где $\vec{\mathcal{E}} = (0, \mathcal{E}_y, \mathcal{E}_z)$; $\vec{H} = (0, 0, H) = const$; $\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_y(t)$, $\mathcal{E}_z = \mathcal{E}_z(t)$ - произвольные функции времени. В этом случае волновая функция электрона имеет вид:

$$\Phi(\vec{r},t) = c\, U_\sigma \Psi(\vec{r} - \vec{R}_0(t)) \equiv \Phi_\sigma(\vec{r},t), \qquad (7)$$

где U_σ - спинор: $U_1 = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$, $U_{-1} = \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$; $\vec{R}_0(t)$ - решение классического уравнения движения для радиуса - вектора центра масс; $\Psi(\vec{r})$ - функция, которая подчиняется стационарному уравнению Шредингера для самодействующей частицы в однородном магнитном поле; С - фазовый множитель, зависящий от t и $\vec{r}$. Отмечается, что волновая функция самодействующего электрона в произвольном однородном внешнем поле выражается через решение стационарного уравнения Шредингера для самодействующей частицы в однородном магнитном поле. Отсюда следует, что при движении в произвольном однородном внешнем поле самодействующий электрон не расплывается со временем, сохраняя свои размеры и форму. В этом состоит принципиальное отличие поведения электрона с учетом его кулоновского самодействия от поведения точечного электрона, описываемого с помощью волновых пакетов.

Получен закон преобразования волновых функций самодействующего электрона в произвольном внешнем поле при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую. С его помощью получено соотношение, связывающее между собой волновые функции, описывающие стационарное и нестационарное состояния электрона в постоянном электрическом поле.

Глава 3 посвящена разработке теории возмущений для нелинейного и нелокального уравнения Шредингера, описывающего поведение самодействующего электрона во внешнем поле U_{ext} в предположении, что это поле можно рассматривать как малую поправку к потенциальной энергии самодействия $\mathcal{U}$:

$$\mathcal{U}_{ext} \sim \varepsilon \mathcal{U}, \quad \varepsilon \ll 1.$$

При построении рядов теории возмущений удобно исходить из системы дифференциальных уравнений, эквивалентной исходному интегро-дифференциальному уравнению Шредингера. Особенность полученной системы уравнений состоит в том, что в нее входит набор бесконечно большого числа нелокальных постоянных $C_{\ell m}$,

$$C_{\ell m} = -\frac{8\pi\beta}{2\ell+1}\int_0^\infty dr\, r^{-\ell-1} B_{\ell m}(r), \tag{8}$$

зависящих от поведения волновой функции электрона во всем пространстве (в формуле (8) $B_{\ell m}$ – коэффициент разложения модуля волновой функции по сферическим гармоникам). В случае сферически симметричной волновой функции этот набор сводится к одной нелокальной константе C_{00} , которая связана с потенциальной энергией следующим образом:

$$C_{00} = (4\pi)^{1/2}\, \mathcal{U}(0). \tag{9}$$

Подробно рассмотрены уравнения нулевого, первого и второго приближений и указаны условия, которые следует наложить на искомые решения этих уравнений. Для упрощения выкладок принимается, что функции нулевого приближения (т.е. при $\mathcal{U}_{ext}= 0$) сферически симметричны. Поэтому система уравнений нулевого приближения совпадает, как и должно быть, с уравнениями, описывающими сферически симметричные функции свободного электрона.

Общая теория возмущений применена к электрону в постоянных электрическом и магнитном полях. В случае электрического поля с напряженностью $\vec{\mathcal{E}} = (0,\, 0,\, \mathcal{E}') = const$ рассмотрены только поправки первого порядка по ε , где

$$\varepsilon = \frac{e_0 \mathcal{E}' a_0}{\sqrt{3}\, I_0} \ll 1, \tag{10}$$

e_0 – заряд электрона, a_0 и I_0 – боровский радиус и энергия ионизации атома водорода. Для удобства теория возмущений несколько модифицируется, а именно: в разложении волновой функции по сферическим гармоникам сохраняются только две первые сферические гармоники, но уравнения нулевого и первого приближений не выделяются отдельно. Справедливость такой модификации видна из того, что с точностью $\mathcal{E}$ для фурье - коэффициентов этих разложений получается замкнутая система уравнений. Поиск решения, удовлетворяющего всем необходимым требованиям, осуществлялся путем варьирования нескольких постоянных, входящих частично в уравнения и частично в граничные условия. Число варьируемых постоянных n зависит от порядка приближения: в нулевом приближении $n = 2$, в первом приближении $n = 4$ и т.д. Доказано, что в $\mathcal{E}$ - приближении волновая функция электрона в электрическом поле представляет собой суперпозицию двух солитонов, отвечающих основной и первой гармоникам.

В случае постоянного магнитного поля $\vec{H} = (0, 0, H)$ расчет выполнен с точностью до членов порядка $\mathcal{E}^2$. При этом в разложении волновой функции достаточно сохранить только два слагаемых - с коэффициентами $X_{\sigma 00}$ и $X_{\sigma 20}$, где $X_{\sigma 00} \sim \mathcal{E}^0$, $X_{\sigma 20} \sim \mathcal{E}^2$. Расчет показывает, что в $\mathcal{E}$ - приближении взаимодействие электрона с магнитным полем приводит только к спиновому расщеплению уровня внутренней энергии частицы. В магнитном поле энергия E_σ электрона может быть записана в виде:

$$E_\sigma = E_0 + \sigma\mathcal{E} . \; (\sigma = \pm 1),$$

где E_0 - значение уровня энергии свободного электрона,

$$\mathcal{E} = \frac{e_0 H}{2M I_0} \ll 1 . \qquad (11)$$

В этом приближении пространственная часть волновой функции электрона не претерпевает изменений по сравнению со случаем свободного электрона. Во втором приближении расщепленные уровни энергии частицы несколько смещаются, основная гармоника волновой функции деформируется и появляется малая по величине $(\sim \mathcal{E}^2)$ вторая гармоника.

Рассмотрена постановка задачи теории возмущений в случае, когда внешнее поле зависит от времени. В качестве нулевого приближения рассматривается стационарное решение задачи в отсутствие внешнего поля. В работе получена формула для поправки к волновой функции первого приближения.

В Заключении перечислены основные результаты, полученные в диссертации, и сформулированы научные положения, выносимые на защиту. Отмечается, что следующим шагом в исследовании физической природы электрона должно быть построение теории квантовых переходов самодействующего электрона под влиянием возмущения.

В Приложениях рассмотрены трансформационные свойства самодействующего электронного поля при галилеевых преобразованиях и приведено доказательство вещественности сферически симметричных решений нерелятивистского уравнения движения электрона.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Получено нерелятивистское уравнение движения, учитывающее спин и кулоновское самодействие электрона, как из принципа действия, так и путем перехода к нерелятивистскому пределу основного уравнения квантовой динамики самодействующего электрона.

2. Построен тензор энергии - импульса полной системы, состоящей из самодействующих электрически заряженных частиц и вихревого электромагнитного поля, и получены законы сохранения энергии и импульса.

3. Дано обобщение соотношений Эренфеста на случай самодействующего электрона. Показано, что центр масс самодействующего электрона движется так, как если бы отсутствовала сила кулоновского самодействия.

4. Получены формулы для волновых функций, описывающих нестационарные состояния самодействующего электрона в произвольном однородном внешнем поле. На основании этих формул сделан вывод о том, что при движении в произвольном однородном внешнем поле самодействующий электрон не расплывается со временем, сохраняя свои размеры и геометрическую форму.

5. Построены стационарная и временная теории возмущений

для основного уравнения динамики самодействующего электрона, которое является нелинейным интегродифференциальным уравнением. Показано, что коэффициенты, входящие в ряды теории возмущений, зависят от бесконечно большого числа нелокальных констант. Появление этих констант значительно усложняет поиск решений основного уравнения динамики.

6. С помощью компьютера получены решения уравнения движения для свободного электрона, а также для электрона в постоянных электрическом и магнитном полях.

Основные результаты диссертации изложены в работах:

I. Oleinik V.P., Ran Yangqiang, Godenko L.P. Self-acting electron in external field. - Kiev: KPI, Preprint № 2-93, 1993. - 3I p.
2. Oleinik V.P., Arepjev Yu.D., Ran Yangqiang, Godenko L.P. On quantum dynamics of the self-acting electron. - Kiev: KPI, Preprint № 4-93, 1993. - 44 p.
3. Ran Yangqiang, Bute A.Yu., Oleinik V.P. Stationary states of electron with the Coulomb self-action in external field // International Seminar "Non-linear Phenomena in Complex Systems" (February I5-I7, 1993), Invited papers. - Minsk, Belarus University, 1994 (in print).

冉扬强

468224

УПЛ ПФ КПИ 1994. Зак. 96 – 100