

**Основные результаты поисковой научно-исследовательской работы по
Государственному контракту № П796 от 24 мая 2010 г. «Использование
сверхсильных световых полей для ускорения и детектирования заряженных частиц,
генерации высокоэнергетичных фотонов и электрон-позитронных пар»**

1. Проведена систематизация сведений, сделан аналитический обзор научных информационных источников по тематике исследуемой проблемы и дана сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике.
2. Разработана вычислительная программа для моделирования генерации высокоэнергетичных фотонов ультрарелятивистскими заряженными частицами в сверхсильном электромагнитном поле. Разработана вычислительная программа для моделирования рождения электрон-позитронной пары при распаде фотона в сверхсильном световом поле. Разработан вычислительный алгоритм, предотвращающий переполнение оперативной памяти вычислительной системы из-за экспоненциального роста числа частиц во время развития электромагнитного каскада. Разработана вычислительная программа для описания квантово-электродинамических явлений при взаимодействии сверхсильных световых полей с веществом. Разработаны численные алгоритмы для проведения параллельных вычислений процессов ускорения заряженных частиц в сверхсильных световых полях на многопроцессорных вычислительных системах с общей и отдельной памятью.
3. Рассчитаны аналитически процессы возникновения электромагнитного каскада из заправочных частиц, находящихся в области столкновения двух распространяющихся навстречу друг другу сверхсильных световых импульсов. Найдено минимальное значение интенсивности светового поля, при котором происходит взрывной рост числа электрон-позитронных пар в результате развития электромагнитного каскада. Исследовано влияние сильных магнитных полей на развитие электромагнитного каскада. Найдено значение плотности электрон-позитронной плазмы, возникающей в результате развития электромагнитного каскада.
4. На основе решения точных трехмерных уравнений Максвелла рассчитаны параметры генерируемого электромагнитного излучения при распространении фронта ионизации, создаваемого быстрой заряженной частицей в газе в присутствии внешнего статического электрического поля. Найдены зависимости эффективности генерации и спектра, поляризации и диаграммы направленности генерируемого излучения от скорости ионизационного фронта, и найдены оптимальные условия для высокоточного определения энергии заряженной частицы с использованием статических электрических полей.

5. Разработаны квантовомеханические подходы и созданы вычислительные программы для расчетов вероятности ионизации атома и спектра ионизуемых электронов при столкновении атома с ультррелятивистской заряженной частицей.. Рассчитаны параметры рассеянного лазерного излучения на фронте ионизации, создаваемом в газе высокоэнергетичной заряженной частицей. Найдены зависимости спектра, поляризации и диаграммы направленности рассеянного излучения от скорости ионизационного фронта.
6. Разработана вычислительная программа для проведения полномасштабного трехмерного моделирования на основе метода частиц в ячейках ускорения электронов при взаимодействии релятивистски сильного лазерного импульса с газовой струей. Рассчитаны параметры релятивистских электронных сгустков, генерируемых в плазме лазерным импульсом фемтосекундной петаваттной установки ИПФ РАН. Найдены оптимальные условия для достижения наибольшей энергии ускоренных электронов. Найдены зависимости параметров пучка ускоренных электронов от длительности, интенсивности и направления поляризации лазерного импульса. Проведены исследования многостадийных схем ускорения электронов в сверхсильных световых полях.
7. Разработана вычислительная программа для проведения полномасштабного трехмерного моделирования на основе метода частиц в ячейках динамики ионов при взаимодействии релятивистски сильного лазерного импульса с твердотельными мишенями. В условиях, отвечающих петаваттной лазерной установке ИПФ РАН, рассчитаны параметры сгустков ионов, генерируемых при взаимодействии с твердотельной мишенью релятивистски сильных световых импульсов. Найдены оптимальные условия для достижения максимальной энергии ионов. Определено пороговое значение интенсивности лазерного излучения, когда сила реакции излучения значительно влияет на спектр ускоренных ионов.
8. Рассчитаны спектр и угловое распределение высокоэнергетичных фотонов, генерируемых в результате обратного нелинейного комптоновского рассеяния при столкновении пучка релятивистских электронов с лазерным импульсом. Для параметров, отвечающих петаваттной лазерной установке ИПФ РАН, найдены оптимальные условия для получения максимальной плотности потока высокоэнергетичных фотонов.