Сведения о выполненных работах
в период с 01.07.2018 г. по 30.06.2019 г.

по проекту **«Квантовая динамика пучков с фазами и её приложения»**,
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 17-72-20013

Руководитель: канд. физ.-мат. наук Карловец Дмитрий Валерьевич

1. Развита релятивистская квантовая теория рассеяния за пределами приближения плоских волн и получены формулы для обобщенного сечения рассеяния не гауссовых пакетов при центральном столкновении, применимые в том числе для «закрученных» частиц с орбитальным моментом импульса в начальном состоянии и для широкого класса моделей теории поля. Показано, что в случае наличия фазовых вортексов у начальных частиц сечение рассеяния не совпадает с таковым в приближении плоских волн даже в древесном приближении. Это проявляется прежде всего в общем свойстве смещения максимума сечения упругого рассеяния (например, в реакции ел-ел- → ел-ел-, где один начальный электрон является «закрученным») из области малых углов в область сравнительно больших углов, определяемых средним модулем поперечного импульса «закрученного» электрона. Данное свойство, ранее обнаруженное при рассеянии таких электронов на атомах, довольно универсально и проявляется в том числе при глубоко неупругом рассеянии «закрученного» электрона на протоне.

2. Теоретически предсказано, что не гауссовы пакеты заряженных частиц, в том числе «закрученные» электроны с орбитальным угловым моментом, пучки Эйри, когерентные суперпозиции пакетов (т. н. состояния «кота Шрёдингера») и т.д., могут обладать внутренними мультипольными моментами, связанными исключительно с не гауссовостью пакета, если эти моменты разрешены соображениями P- и T-симметрии. Данные моменты вычислены для широкого класса пакетов и показано, что в то время как электрический дипольный момент электрона равен нулю на древесном уровне, магнитный дипольный момент и электрический квадрупольный момент не гауссовых электронных пакетов, уже генерируемых на современных установках, могут быть вполне большими и соизмеримыми с соответствующими моментами некоторых атомов и молекул.

3. Найдены собственные электромагнитные поля, генерируемые «закрученным» электроном, в виде мультипольного разложения с точностью до электрического квадрупольного члена. Показано, что последний возникает лишь за пределами паракисального приближения и растет со временем по мере того как пакет движется и расплывается. Проанализирована возможность экспериментальной регистрации такого вклада, отсутствующего для обычного гауссового пакета, и его возможное влияние на спектр электромагнитного излучения электрона. Показано, что соответствующий непараксиальный эффект проявляется в асимметрии магнитного поля электрона в системе покоя и может быть измерен на пучках уже существующих установок с поперечными размерами пучков порядка 1 нм - 1 мкм.

4. Найдена инфракрасная асимптотика вероятности излучения закрученных фотонов в произвольном процессе КЭД. Установлены правила отбора для среднего числа закрученных фотонов, генерируемых классическими токами. Найдено общее выражение для верхней границы величины полного углового момента закрученных фотонов, создаваемых классическими токами. Найдены основные характеристики краевого излучения: дифференциальная асимметрия, средняя проекция полного углового момента излучения и проекция полного углового момента на один фотон. Показано, что краевое излучение может быть использовано в качестве источника закрученных фотонов с большим угловым моментом. Кроме того, это излучение может быть использовано в качестве мощного источника когерентного излучения закрученных фотонов в инфракрасной области, в частности, в ТГц части спектра.

5. Исследованы особенности излучения закрученных фотонов аксиально-симметричными пучками заряженных частиц при движении в электромагнитных полях с учетом профиля пучка. Впервые аналитически и численно исследованы интерференционные множители для когерентной и некогерентной частей излучения закрученных фотонов. Подробно рассмотрены равномерные, гауссовские и экспоненциальные аксиально-симметричные профили пучка. Разработана процедура усреднения вероятности излучения закрученных фотонов, генерируемых аксиально-симметричными пучками заряженных частиц при каналировании в монокристаллах и кристаллических ондуляторах. Получены величина проекции полного углового момента на один фотон и асимметрия плотности вероятности среднего количества закрученных фотонов по орбитальному угловому моменту.

6. Проведено исследование процесса рассеяния фотонов из пробного рентгеновского импульсного пучка на мощном оптическом импульсном лазере для ряда выделенных высших мод Гаусса-Лагерра. Получены аналитические выражения и численные оценки для эффекта вакуумного двулучепреломления для данной схемы эксперимента с учетом чистоты поляризации пробного пучка.