

Научный проект Университета Лобачевского «Суперкомпьютерные технологии в нелинейной оптике, физике плазмы и астрофизике» в рамках Программы 5-100

Учёными Университета Лобачевского А.М. Пуховым, Н.В. Введенским и А.В. Кудриным реализуется проект «Суперкомпьютерные технологии в нелинейной оптике, физике плазмы и астрофизике».

Основной задачей проекта является разработка вычислительных программных комплексов, численных моделей и алгоритмов для моделирования с использованием суперкомпьютерных технологий нелинейно-оптических, плазменных и астрофизических процессов и явлений, характеризующихся высокой плотностью электромагнитной энергии, включая:

- взаимодействие ионизирующих ультра-коротких лазерных импульсов с различными средами;
- радиационные и квантовые процессы в экстремально сильных электромагнитных полях;
- формирование лазерно-плазменных источников электромагнитного излучения в труднодоступных спектральных диапазонах;
- ускорение заряженных частиц в плазме;
- быстрый поджиг в инерциальном термоядерном синтезе;
- нелинейно-оптические процессы в наноструктурных материалах;
- динамику плазмы и излучения вблизи нейтронных звезд;
- ускорение частиц в активных ядрах галактик, микроквазарах и источниках гамма-всплесков.

В результате выполнения проекта в 2013–2014 гг. разработаны численные модели, алгоритмы и вычислительные программы для моделирования: 1) динамики волновой функции электрона при воздействии на атом интенсивного электромагнитного поля, 2) преобразования спектров коротких интенсивных лазерных импульсов при ионизации газов и конденсированных сред, 3) развития квантово-электродинамических каскадов в экстремально сильных электромагнитных полях, 4) лазерно-плазменной генерации гамма-квантов, 5) процессов переноса поляризованного излучения в верхних слоях атмосфер нейтронных звезд с сильным магнитным полем.

С использованием разработанных численных моделей, алгоритмов и вычислительных программ были получены следующие результаты:

- рассчитаны процессы ионизации атомов и генерации поляризационных токов при взаимодействии интенсивных предельно коротких лазерных импульсов с различными средами и определены оптимальные условия для наиболее эффективной генерации поляризационных токов в различных спектральных диапазонах;

- рассчитаны параметры терагерцевого излучения, генерируемого при ионизации газа бихроматическим фемтосекундным лазерным импульсом, содержащим помимо поля на основной частоте слабое добавочное поле, перестраиваемое вблизи частоты половинной гармоника основного поля;
- предложены новые схемы ускорения электронов в плазменных структурах, облучаемых последовательностью сфазированных лазерных импульсов, и найдены условия, при которых может быть достигнут темп ускорения электронов на два порядка выше темпа, наблюдаемого в экспериментах по лазерно-плазменному ускорению, и на пять порядков выше темпа в современных стандартных ускорителях;
- рассчитаны процессы развития квантово-электродинамического каскада в поле двух сталкивающихся экстремально интенсивных лазерных импульсов, образующих в момент столкновения стоячую волну, и определены оптимальные условия для образования наибольшего числа электронов, позитронов и фотонов в ходе развития такого каскада;
- рассчитаны процессы излучения фотонов высоких энергий при взаимодействии сверхмощных лазерных импульсов с тонкими пленками, определены оптимальные условия для достижения наибольшей эффективности генерации гамма-квантов и показано, что с использованием уже существующих лазерных систем возможно создание источников гамма-квантов, значительно превосходящих классические источники по производительности, яркости и мощности;
- рассчитаны спектры излучения атмосфер нейтронных звезд с сильным магнитным полем и проанализирована возможность появления циклотронного ветра в таких атмосферах, возникающего из-за силы давления излучения в циклотронной линии.