

Сведения о выполненных работах
в период с 27.07.2023 г. по 30.06.2024 г.

по проекту **«Математическое моделирование статистической механики
взаимодействующих закрученных частиц и ее приложения»**,
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 21-71-10066

Руководитель: Капарулин Дмитрий Сергеевич, канд. физ.-мат. наук

Исследован процесс намагничивания вращающегося неидеального газа классических спиновых частиц с диполь-дипольным взаимодействием. Показано, что, в зависимости от параметров внешней среды, газ может находиться в ферромагнитном состоянии или парамагнитном состоянии. Получено явное значение температуры Кюри и выражение для скачка киральной восприимчивости. Оценена величина киральных эффектов Эйнштейна-Де Хааса и Барнетта в ферромагнитном и парамагнитном состоянии.

Изучена термодинамика двухмерного идеального газа спиновых частиц с непрерывной спиральностью, находящихся в медленно вращающемся резервуаре круговой формы. Установлено, что процесс раскручивания описывается двухфазной картиной, при которой макроскопическая система состоит из покоящейся фазы с нулевым угловым моментом и вращающейся фазы с ненулевым угловым моментом. Переход между фазами является фазовым переходом 1 рода.

Исследованы киральные эффекты в столбчатых структурах торо-фуллеренов. С использованием численного моделирования были рассмотрены движения столбчатых групп тороидальных молекул (C120, C192, C252, C288) в магнитном поле. Молекулярно-динамические расчеты показали, что системы наноторов, легированных одним атомом железа, сохраняют столбчатую структуру как в отсутствие и при наличии внешнего магнитного поля. Получены зависимости угловых скоростей вращения при различных температурах и при различном значении магнитного поля.

Рассмотрена математическая модель киральной тепловой машины, использующая в качестве рабочего тела молекулярный кристалл из углеродных молекул, и действующая по циклу Карно. Вычислена работа тепловой машины за цикл при заданных значениях момента инерции молекулы, средней температуры цикла и значениями угловых скоростей в конце адиабатических и изотермических участков. Определены параметры цикла с наибольшим значением работы при заданной средней температуре цикла, наибольшей и наименьшей угловой скоростью.

Сформулирована и решена задача о равновесном состоянии неидеального газа, взаимодействующего силами Ван-дер-ваальса, в системе сосудов, один из которых вращается. Показано, что изменение химического потенциала газа, вызванное макроскопическим вращением, приводит к направленной диффузии молекул в сторону вращающегося сосуда. Проведен численный эксперимент по наблюдению «кирального осмотического эффекта» в цилиндрическом сосуде, одна из половин которого вращается.

Исследована динамика закрученных волновых пакетов в спиральной среде. Была сформулирована и адаптирована к случаю спиральной среды квантово-механическая задача о рассеянии закрученного волнового пакета. Полученные результаты применены к задаче мультиплексирования электромагнитных импульсов, передаваемых поляризованными закрученными фотонами. Предложены оптимизированные формы приемника и обработки принимаемого закрученного сигнала, обеспечивающие наиболее качественное соединение.

Возможность практического использования результатов проекта:

Результаты проекта в части исследования киральных эффектов могут использоваться для разработки тепловых двигателей нового типа, использующих эффект накопления энергии во вращательных степенях рабочего тела. Они также могут быть использованы для создания новых технологий разделения изотопов за счет различия в ядерном спине.

Результаты проекта в части исследования процессов рассеяния закрученных частиц могут использоваться для разработки новых технологий высокоскоростной и помехозащищенной передачи информации в оптическом или радиодиапазоне.