

СЕКЦИЯ “ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ АСТРОФИЗИКА И ГЕОФИЗИКА” НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

© 2023 г. Л. М. Зеленый*

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

**E-mail: lzelenyi@iki.rsi.ru*

Поступила в редакцию 15.12.2022 г.

После доработки 15.12.2022 г.

Принята к публикации 15.12.2022 г.

В этот номер вошли статьи, посвященные результатам работы секции “Экспериментальная лабораторная астрофизика и геофизика” Национального центра физики и математики.

Ключевые слова: лабораторная астрофизика, джеты, лазер, плазменный фокус, пылевая плазма, фотосинтез, атмосферные гамма-вспышки, астрофизическое подобие

DOI: 10.31857/S0004629923010103, **EDN:** NQCKVE

1. ВВЕДЕНИЕ

Национальный центр физики и математики (НЦФМ) — новая научно-образовательная структура, созданная по поручению Президента Российской Федерации В.В. Путина в городе Сарове Нижегородской области. Учредителями НЦФМ выступили Госкорпорация “Росатом”, РАН, МНВО, МГУ, НИЦ “Курчатовский институт” и ОИЯИ. Основные цели центра — получение новых научных результатов мирового уровня, подготовка ученых высшей квалификации, воспитание новых научно-технологических лидеров, укрепление кадрового потенциала предприятий Госкорпорации “Росатом” и ключевых научных организаций России, повышение привлекательности российской науки для молодых ученых.

НЦФМ начал реально работать в 2022 г., и сейчас вы видите первые результаты этой работы, собранные в отдельном выпуске “Астрономического журнала”. Одной из секций НЦФМ является т.н. десятая секция “Экспериментальная лабораторная астрофизика и геофизика” (сокращенно ЭЛАГ НЦФМ). Основными задачами секции ЭЛАГ НЦФМ являются получение новых знаний в области астрофизики, космической физики и геофизики методами лабораторного, а также и численного моделирования. Для этого на базе Национального центра физики и математики (НЦФМ) планируется создание исследовательской инфраструктуры для экспериментов по всем этим областям, т.е. исследованию ключевых физических процессов как в дальнем, так и ближнем космосе и, конечно, в атмосфере и магнитосфере Земли. Инфраструктура эта находится сейчас в

стадии активной разработки (описание будущих экспериментальных установок содержится в ряде статей номера), и на данном этапе эксперименты проводились на аппаратуре, уже имеющейся в институтах, участвующих в проекте. Это важно как для отработки методик будущих экспериментальных программ ЭЛАГ НЦФМ, так и для подготовки молодых специалистов, которым предстоит работать по этим программам.

Для большинства таких задач практически единственным экспериментальным подходом были традиционные наблюдения наземными или космическими средствами. В дальнейшем, с развитием вычислительной техники, к астрофизическим и геофизическим наблюдениям добавился численный эксперимент. Но и классические для физики лабораторные исследования все чаще дают дополнительный ракурс, позволяющий глубже понять изучаемые явления. Работы ЭЛАГ нацелены на проведение исследования астрофизических и геофизических явлений при помощи лабораторных методов.

Использование современных лазерных установок, таких как “КИ-1” (ИЛФ СО РАН), установок типа “Плазменный фокус” (КИ), “КРОТ” (ИПФ РАН), установок по моделированию динамики пылевой плазмы (ИКИ РАН) и ряда других позволит с использованием теории подобию исследовать широкий ряд астрофизических и геофизических задач при помощи “настольного”, или точнее сказать “комнатного” эксперимента.

В специальном выпуске “Астрономического журнала” опубликовано 10 статей, в которых отражены практически все направления работы

ЭЛАГ — десятой секции НЦФМ. В работе О.Д. Торопиной, Г.С. Бисноватого-Когана, С.Г. Моисеенко “Численное МГД моделирование лабораторных джетов в тороидальном магнитном поле” представлены результаты МГД моделирования процесса образования и коллимации лабораторных джетов с тороидальным магнитным полем. Результаты моделирования сравниваются с лабораторными джетами, возникающими в эксперименте на лазерной установке “Неодим”, и с ранее полученными результатами МГД моделирования образования джетов в полоидальном магнитном поле.

В работе В.И. Крауза, В.П. Виноградова, А.М. Харрасова, В.В. Мялтона, К.Н. Митрофанова, В.С. Бескина, Ю.В. Виноградовой, И.В. Ильичева “Влияние полоидального магнитного поля на параметры и динамику плазменного потока, генерируемого в плазмофокусном разряде, при лабораторном моделировании струйных выбросов молодых звездных объектов” рассмотрена схема моделирования джетов молодых звездных объектов с помощью установки “плазменный фокус” при наложении внешнего полоидального магнитного поля. Сделан вывод, что данный эксперимент достаточно точно моделирует процессы в молодых звездных объектах, включая вопросы аккреции и работы “центральной машины”.

В работе В.С. Бескина “Моделирование “центральной машины” астрофизических струйных выбросов на установке плазменного фокуса” на основе анализа эффектов неидеальной магнитной гидродинамики сформулированы условия, при которых возможно подобие физических процессов в астрофизических джетах и в самой “центральной машине” лабораторного джета, получаемого на установке “Плазменный фокус”.

В статье Л.М. Зеленого, И.А. Кузнецова, А.В. Захарова, С.И. Попеля, Т.И. Морозовой, И.А. Шашковой, Г.Г. Дольникова, А.Н. Ляша, А.Е. Дубова, М.Е. Викторова, А.П. Топчиевой, Б.А. Клумова, А.Д. Усачева, Е.А. Лисина, М.М. Васильева и О.Ф. Петрова “Пылевые частицы в космосе: возможности экспериментальных исследований” рассматриваются основные процессы, происходящие при воздействии факторов космического пространства на реголит, в результате которых происходит движение пылевых частиц и формируется приповерхностная плазменно-пылевая экзосфера. Обсуждаются нерешенные проблемы. Рассматриваются методы и средства лабораторного моделирования при изучении активации и динамики пылевых частиц.

Работа С.С. Макарова и С.А. Пикуза “Возможности метода фазово-контрастной рентгенографии в лабораторном астрофизическом эксперименте по изучению плазменных неустойчивостей” посвящена анализу возможностей

применения метода фазово-контрастной рентгеновской радиографии для исследования мало-контрастных турбулентных потоков в лазерной плазме в экспериментах с астрофизическим подобием.

В работе М.С. Руменских, А.А. Чибранова, М.А. Ефимова, А.Г. Березуцкого, В.Г. Посуха, Ю.П. Захарова, Э.Л. Бояринцева, И.Б. Мирошниченко, А.В. Дивина, И.Ф. Шайхисламова “Экспериментальное моделирование различных режимов взаимодействия Солнечного ветра с Лунными магнитными аномалиями” представлены результаты лабораторного эксперимента по моделированию отражения протонов над участками локальной намагниченности лунной коры. Полученные данные количественно воспроизводят основные параметры мини-магнитосфер над конкретными лунными магнитными аномалиями.

Статья “Прецизионные измерения рентгеновских спектров для диагностики лабораторной астрофизической плазмы” С.Н. Рязанцева, И.Ю. Скобелева, А.П. Кузнецова, Р.К. Куликова, С.А. Пикуза посвящена описанию методики достижения высокой точности (относительная погрешность до $\approx 0.001\%$) измерения абсолютных значений длин волн спектральных линий многозарядных ионов со средним ($Z = 17-25$) зарядом ядра, спектры которых могут использоваться для диагностики плазмы в экспериментах по лабораторной астрофизике.

В работе С.В. Коробкова, А.С. Николенко, М.Е. Гушина, А.В. Стриковского, И.Ю. Зудина, Н.А. Айдакиной, И.Ф. Шайхисламова, М.С. Руменских, Р.С. Земскова, М.В. Стародубцева “Особенности динамики и неустойчивости плазменных струй, расширяющихся во внешнее магнитное поле, в лабораторных экспериментах с компактными коаксиальными генераторами плазмы на крупномасштабном стенде “Крот”” исследовались структурные неустойчивости, развивающиеся при инжекции струй в вакуум при наличии внешнего квазиоднородного магнитного поля. Эксперименты проводились в камере стенда “Крот”. При поперечной инжекции наблюдалось формирование коллимированного потока — “плазменного листа”.

В статье Е.А. Мареева, Ю.В., Шлюгаева, М.В. Шаталиной, Ф.Г. Сарафанова, В.В. Богомолова, А.Ф. Июдина, С.И. Свертилова, И.В. Яшина “Рентгеновское и гамма-излучение грозовых разрядов: орбитальные наблюдения и лабораторное моделирование в экспериментах с длинными искрами” рассматриваются проблемы, связанные с наблюдениями и интерпретацией физических механизмов, лежащих в основе генерации жесткого электромагнитного излучения грозовых разрядов. Обсуждаются возможности орбитальных наблюдений атмосферных гамма-вспышек

на космических аппаратах. Рассматривается методика лабораторного эксперимента с длинными искрами, моделирующего электрические разряды в грозовых облаках.

Статья М.А. Гринберг, В.А. Воденеева, Н.В. Ильина и Е.А. Мареева “О лабораторном моделировании фотосинтеза в широком диапазоне параметров электромагнитного и радиационного окружения” посвящена анализу проблемы исследования пределов устойчивости и механиз-

мов адаптации живых систем к изменяющимся параметрам окружающей среды. Описаны требования к создаваемой установке для анализа действия астро- и геофизических факторов и специфики методов регистрации физиологического состояния растений.

В большинстве статей говорится и о планах работы каждого из направлений в 2023 г., недавно одобренных на заседании научно-технического совета секции.