**Учебная практика для студентов ФФ НИУ ВШЭ на кафедре физики космоса при ИКИ РАН**

Студенты получат представление о современной научной работе непосредственно в лабораториях ИКИ РАН. Самостоятельно выполняя несложные задачи, они получат опыт работы в области космической физики и познакомятся на практике с основными научными направлениями базовой кафедры. Основная работа студентов в ходе стажировки будет проходить в научных лабораториях, в соответствии с предложенными сотрудниками ИКИ РАН задачами. Ниже приведено краткое описание тем, которые студенты могут выбрать для стажировки. По вопросам практики писать зам. зав. кафедрой физики космоса Балюкину Игорю Игоревичу (E-mail: [igor.baliukin@gmail.com](mailto:igor.baliukin@gmail.com)) и руководителю темы.

**1. Практика в лаборатории физики магнитосферных процессов**

**Время проведения:** 19 – 23 августа или 25 – 31 октября

(1) Использование нелинейных методов для изучения полярных сияний(1 – 2 студента)

**Руководитель:** **к.ф.-м.н. Чернышов Александр Александрович**, с.н.с. отдела физики космической плазмы, лаборатория физики магнитосферных процессов ИКИ РАН, е-mail: [achernyshov@cosmos.ru](mailto:achernyshov@cosmos.ru)

Полярные сияния – возможно наиболее красивые и загадочные оптические явления в атмосфере нашей планеты – являются отражением многочисленных процессов, происходящих в магнитосферно-ионосферной системе. Динамические режимы, переходные процессы, флуктуации, самоподобие (скейлинг) в открытых диссипативных системах, к которым относится магнитосферно-ионосферная система Земли, могут быть рассмотрены с помощью методов нелинейной динамики (фрактальность, перколяция, q-статистика и тд). В рамках данного проекта студентам будут рассказаны основные понятия фрактальных подходов к изучению авроральной области ионосферы и магнитосферы Земли. На основе модифицированного вейвлет-преобразования, который может быть применен к наблюдательным данным, студенты попытаются определить индекс масштабирования, связанный с индексом Херста и фрактальной размерностью, при анализе полярных сияний. Кроме того, будет показано применение комплексного вейвлет-преобразования для оптических изображений полярных сияний, что позволяет идентифицировать волновые моды в сияниях.

(2) Изучение области распространения полярных сияний во время магнитной бури 10-12 мая 2024 г.(1 – 2 студента)

**Руководитель: Чугунин Дмитрий Владимирович**, отдел физики космической плазмы, лаборатория физики магнитосферных процессов ИКИ РАН, е-mail: [dimokch@mail.ru](mailto:dimokch@mail.ru)

10-12 мая 2024 года произошла самая сильная магнитная буря в 21 веке, полярные сияния были видны даже в Мексике и на Кубе. Во время практики студентам предлагается исследовать распространение данной бури на экваториальные широты с помощью спутниковых данных. Им будет объяснено, что такое магнитосфера Земли и как проявляются геомагнитные возмущения на Земле. Будет рассказано, какие средства измерения на спутниках и на Земле используются для изучения геомагнитных вариаций. На основе данных прибора SSUSI низкоорбитального спутника DMSP студенты попытаются восстановить во времени, до каких широт доходили полярные сияния и связать эти значения с индексами геомагнитной активности.

(3) Спутниковые измерения для исследования ионосферных явлений(1 – 2 студента)

**Руководитель:** **Синевич Александр Алексеевич** (аспирант ВШЭ 3 года обучения), отдел физики космической плазмы, лаборатория физики магнитосферных процессов ИКИ РАН, е-mail: [sinevich.aa@gmail.com](mailto:sinevich.aa@gmail.com)

Ионосфера Земли тесно связаны со многими сферами жизнедеятельности человека. Несмотря на то, что их изучение идет долгое время, до сих существуют много различных открытых вопросов. Несмотря на множество различных типов наземных инструментов, наибольшую ценность имеют непосредственные измерения («in situ») параметров околоземной плазмы пролетающим через неё спутником с установленным на борту научными приборами. В настоящий момент, на различных орбитах работает множество научных спутников, которые обеспечивают нас данными. Для того чтобы провести наиболее полное исследование ионосферных явлений, необходимо уметь обрабатывать и анализировать эти данные. Во время прохождения данной стажировки студенты получат базовое представление об ионосфере Земли, а также о возникающих в ней явлениях и процессах. Студенты узнают о различных современных спутниковых миссиях, проводящих измерения в данных областях, и о принципе действия установленных на них научных приборов. Участники стажировки научатся пользоваться программным обеспечением для обработки и анализа данных спутниковых измерений. Полученные знания и навыки студенты применят на практике на реальных данных для исследования физических явлений в ионосфере Земли, таких как поляризационный джет, красная дуга, и новое оптическое явление STEVE.

**2. Практика «Космическая газовая динамика» в лаборатории межпланетной среды**

**Руководитель:** **к.ф.-м.н. Балюкин Игорь Игоревич**, н.с. отдела физики планет и малых тел солнечной системы, лаборатория межпланетной среды ИКИ РАН, е-mail: [igor.baliukin@gmail.com](mailto:igor.baliukin@gmail.com)

**Время проведения:** 25 – 31 октября

(1) Газодинамическая модель взаимодействия солнечного/звездного ветра с межзвездной средой(1 – 2 студента)

Солнечный ветер представляет собой высокоскоростной поток полностью ионизованный водородной плазмы. Задача о взаимодействии солнечного ветра с межзвёздной средой представляет собой сложную задачу, требующую совместного решения системы уравнений магнитной гидродинамики и кинетических уравнений. В простейшем случае истечения стационарного сферически симметричного сверхзвукового солнечного ветра в полностью ионизованную межзвёздную среду задача может быть сведена к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, которые и предлагается решить численно и проанализровать в зависимости от граничных условий (параметров звёздного ветра и межзвёздной среды). От студентов требуется знание одного из языков программирования.

(2) Построение модели экзосферы Земли. Находится ли Луна в атмосфере Земли? (1 – 2 студента)

В рамках задачи студентам будет предложено самостоятельно разработать численную модели распределения атомов водорода в экзосфере (верхней атмосфере) Земли. Распределение атомов водорода описывается в рамках кинетической теории газовой. Функция распределения частиц по скоростям подчиняется кинетическому уравнению, которое и предлагается решить численно при помощи метода характеристик и теоремы Лиувилля о сохранении фазового объема. Для вычисления функции распределения необходимо проводить моделирование траекторий атомов, на которые действуют сила гравитации со стороны Земли и сила радиационного давления со стороны Солнца. По известной функции распределения необходимо будет вычислить ее моменты (концентрацию, среднюю скорость, кинетическую температуру). От студентов требуется знание одного из языков программирования.

**3. Летняя практика «Наблюдательная астрофизика и машинное обучение: от рентгеновских звезд к скоплениям галактик» в отделе астрофизики высоких энергий**

**Руководитель: к.ф.-м.н. Мещеряков Александр Валерьевич,** с.н.с. отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН, е-mail: [mesch@cosmos.ru](mailto:mesch@cosmos.ru)

**Время проведения:** в первой половине июля или в конце августа

(1) Поиск рентгеновских двойных систем (XB), в массивах данных астрономических каталогов (2 – 3 студента)

Имеются данные рентгеновских каталогов космических обсерваторий (XMM-Newton, Chandra – около миллиона источников) и в их окрестности – данные из каталогов в других диапазонах (радио, оптический, ИК). Эти данные необходимо сопоставить между собой используя базовые инструменты машинного обучения (классификация, уменьшение размерности, кластеризация) и найти рентгеновские объекты редких и интересных классов (HMXB, LMXB, WR, CV). Задача позволит вам попробовать в деле эти инструменты машинного обучения для работы с астрономическими табличными данными (Scikit-learn, LightGBM, t-SNE, DBSCAN, SHAP) и дать физическую интерпретацию результатам.

(2) Поиск аномалий в оптических спектрах (SDSS, DESI) и на изображениях суб-мм (Atacama Cosmology Telescope, PLANCK) астрономических объектов (2 – 3 студента)

Цель – определить, как рентгеновская активность галактики влияет на её оптический спектр, используя разные методы машинного обучения для анализа данных. Здесь предполагается научить нейросеть строить сжатое векторное представление (желательно распутанное) по спектрам или по картинкам неба в разных радио-каналах и, затем, найти объекты с аномалиями (при помощи базовых подходов машинного обучения) и дать им физическую интерпретацию.

(3) Красные смещения рентгеновских источников с помощью машинного обучения (2 – 3 студента)

Цель – измерить космологические расстояния до рентгеновских объектов по фотометрическим данным многоголовых обзоров неба, познакомится с классическими и нейросетевыми алгоритмами машинного обучения для решения задачи вероятностной регрессии и моделями на основе шаблонов. Получить 3D-карту рентгеновских источников и дать физическую интерпретацию результатам.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Этап | Краткое описание этапа | Сроки выполнения |
| *1.* | *Набор студентов- участников стажировки* | Реклама стажировки, набор группы из 3-9 студентов 2 курса. |  |
| *2.* | *Выбор задачи* | Обзорная лекция «Машинное обучение в наблюдательной астрофизике» и краткое представление каждой проектной задачи. Выбор студентами решаемой задачи в ходе стажировки. | *в первой половине июля или в конце августа* |
| *3.* | *Обучение и решение задачи* | С 10.00 лекция. «Поиск рентгеновских звезд» - 1д. «Карта рентгеновских активных ядер галактик» - 2д. «Микроволновые скопления галактик» - 3д. Далее – практическая работа в лаборатории. |
| *5.* | *Отчет* | Отчет от студентов о проделанной работе |  |

**4. Практика «Нейтрино и темная материя и приложения в астрофизике» в ИЗМИРАН (г. Троицк)**

**Руководитель:** **к.ф.-м.н. Дворников Максим Сергеевич**, с.н.с. теоретического отдела ИЗМИРАН, е-mail: [maxim.dvornikov@gmail.com](mailto:maxim.dvornikov@gmail.com)

**Время проведения:** 25 – 31 октября

В рамках проекта предлагается решение двух задач связанных с физикой нейтрино и темной материей:

1. Изучение распространения и осцилляций нейтрино в окрестности черных дыр. Исследование влияния сильного гравитационного поля на вероятность переходов между активными и стерильными нейтрино.
2. Изучение магнитной гидродинамики (МГД) в солнечной плазме в присутствии аксионов. Исследование поведения осциллирующих гармоник магнитного поля в аксионной МГД. Применение полученных результатов для описания нагрева солнечной короны.

От студентов требуется знание математического анализа в объёме 2-го курса и умение решать системы обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью компьютера (Matlab и пр.).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Этап | Краткое описание этапа | Сроки выполнения |
| *1.* | *Набор студентов- участников стажировки* | Реклама стажировки, набор группы из 2-3 студентов 2 курса. | *Сентябрь- октябрь 2024* |
| *2.* | *Подготовительный этап* | Приезд студентов в г. Троицк | *25 октября 2024* |
| *3.* | *Выбор задачи* | Обзорная лекция про теоретический отдел ИЗМИРАН и краткое представление каждой проектной задачи. Выбор студентами решаемой задачи в ходе стажировки. | *25 октября 2024* |
| *4.* | *Обучение и решение задачи* | Практическая работа над проектами | *25-31 октября 2024* |
| *5.* | *Отчет* | Отчет от студентов о проделанной работе | *Ноябрь-декабрь 2024* |