

**III АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ШКОЛА
«ТРАЕКТОРИЯ» им. О.В. ВЕРХОДАНОВА
ВТОРОГО НАБОРА**

**«УТВЕРЖДАЮ»
ДИРЕКТОР АФШ**

_____ Санников С.С.

«19» июля 2021 г.

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

III Астрофизической школы «Траектория» им. О. В. Верходанова второго набора

Общие положения

1. В программе III Астрофизической школы «Траектория» второго набора (АФШ) основное внимание уделяется астрофизике, астрономии, физике, математике, программированию.
2. Занятия проводятся в нескольких учебно-методических форматах: в виде лекций, семинаров, экскурсий, практикумов.
3. Лекции могут носить как учебный, так и общеобразовательный характер.
4. Практические занятия проводятся опытными педагогами.
5. Практикумы осуществляются под руководством ведущих российских ученых-астрофизиков.
6. В процессе подготовки АФШ в настоящей программе возможны изменения (в том числе вызванные неблагоприятной эпидемиологической обстановкой в стране и мире, касающиеся лекций, практикумов, дискуссий).

I. Курс лекций «Планеты, звезды, галактики – наблюдения и модели»

Лекция 1. «Образование и эволюция звёзд»

Звезды, которые, кажется, светят всегда, вовсе не вечны – они тоже рождаются, растут, стареют и умирают. Но жизнь их насыщена событиями и красками. Причем порой красота этих событий оказывается поистине невероятной. Звезды рождаются в гигантских молекулярных облаках. Сами ученые поэтично называют их звездными колыбелями: именно такие сгустки вещества во Вселенной производят в мрак и холод тысячи и миллионы новых звезд. Понятно, что ни один человек, ни вся человеческая цивилизация не способна (по крайней мере, пока) пронаблюдать жизнь даже одной звезды – слишком эта жизнь продолжительна. Люди живут на Земле чуть более 2 миллионов лет, звезды растут примерно от 5 до 15 миллиардов лет – в тысячи раз дольше. Но благодаря великому множеству их во Вселенной астрономы могут наблюдать разные звезды на разных этапах эволюции, а затем обобщать эти данные, моделировать будущее звезд и достаточно достоверно представлять себе историю каждой звезды.

Лекция 2. «Магнитные поля и активность Солнца и звёзд»

Магнитные поля и их энергия являются главным физическим двигателем звёздной активности. От пятен и до вспышек. На лекции речь пойдет о том, какую роль играют магнитные поля в жизни звезд и людей.

Лекция 3. «Финал звёздной эволюции – компактные объекты»

По исчерпанию термоядерного горючего в своих недрах звёзды главной последовательности оставляют после себя один из трёх типов остатков: белый карлик, нейтронную звезду или чёрную дыру. На лекции будет рассказано о том, чем именно определяется финальная стадия эволюции звезды, как происходит образование компактного остатка, чем эти остатки отличаются друг от друга. А также о наблюдательных проявлениях этих важных астрофизических объектов.

Лекция 4. «Экзопланеты»

Исследование планет, находящихся за пределами Солнечной системы, за последнюю четверть столетия стало одним из фундаментальных разделов астрофизики. Все ли звёзды имеют планеты? Как мы их обнаруживаем и исследуем? Какие бывают типы экзопланет и экзопланетных систем? Чем уникальна Солнечная система и где еще можно было бы ожидать наличие жизни? Обо всём этом – на данной лекции.

Лекция 5. «Наша галактика»

На лекции будет рассказано об основных структурных компонентах галактики Млечный Путь и их свойствах. А также о методах исследования Галактики в разных электромагнитных диапазонах.

Лекция 6. «Элементы космологии»

На лекции будет рассказано о современном взгляде на устройство Вселенной как целого и её эволюции. Будут затронуты такие темы, как рождение из вакуума, инфляция, нарушение симметрии, генерация элементарных частиц и полей, темная материя и энергия, расширение, нуклеосинтез, рекомбинация, возникновение неоднородностей, вторичная ионизация, ускоренное расширение.

Лекция 7. «Структура и звездное население галактик, классификация галактик»

Внешний вид и структура галактик отличаются богатым разнообразием, морфологию галактик изучают уже более 150 лет. Современные системы классификации галактик способны учесть и систематизировать все основные особенности строения этих объектов. Мы рассмотрим, чем отличаются галактики разных типов, из каких звездных подсистем они состоят, коснемся системы фотометрических параметров, которая чаще всего используется для наиболее общего описания галактик. Самые близкие галактики разрешаются на отдельные звезды, что позволяет напрямую измерить яркость и цвет самых различных звезд в галактиках. Мы увидим, как фотометрия отдельных звезд позволяет изучить эволюцию галактик.

Лекция 8. «Формирование галактик и структура Вселенной»

Данная лекция посвящена процессу рождения галактик, роли первичных неоднородностей и темной материи в этом процессе. Также будет рассказано о вращении галактик, структуре и составе галактик разных типов, взаимодействии галактик, скоплениях этих объектов.

II. Курс практических и семинарских занятий по астрофизике

Занятие 1, 2. Семинар: Решение задач по астрофизике

На семинарах участникам АФШ будут предложены для самостоятельного решения задачи по физике звёзд и звёздной астрономии с последующим обсуждением решения с преподавателями.

Занятие 3. Практикум: Поиск периода двойной системы Cyg X-1.

На примере двойной системы Cyg X-1 предлагается:

- 1) Освоить работу с астрономической базой данных VizieR .
- 2) Познакомиться с различными методами и программами поиска периодов переменных звезд.
- 3) Готовить фотометрические данные для поиска периодов.
- 4) Научиться работать с программами поиска периодов и анализировать полученные результаты.
- 5) Строить фазовые кривые с лучшими периодами.
- 6) Аппроксимировать полученные кривые.

Занятие 4. Практикум: Фотометрия послесвечения гамма-всплеска.

Гамма-всплески – очень мощные астрофизические явления, порождаемые взрывами массивных сверхновых или слияниями нейтронных звёзд, проявлены в широком диапазоне электромагнитного спектра. В оптическом диапазоне они показывают высокую переменность как во время гамма-вспышки, так и позже, на стадии послесвечения. Исследование эволюции блеска позволяет понять, какие механизмы ответственны за их необычное поведение. Предлагается провести обработку данных, полученных на метровом телескопе САО РАН, и с помощью фотометрии изучить переменность послесвечения гамма-всплеска.

Занятие 5. Практикум: Разрешаемые на звезды галактики: диаграмма Герцшпрунга-Рассела

Галактики, расположенные в ближайшей к нам Вселенной, хорошо разрешаются на отдельные звезды. В рамках практикума участники АФШ познакомятся с изображениями таких галактик, полученных на космическом телескопе Хаббла, и увидят, чем отличаются изображения галактик различных морфологических типов. Будет рассмотрено, как можно измерить яркость и цвет звезд в галактиках, и введено понятие диаграммы Герцшпрунга-Рассела. Практикум дает возможность изучить эту диаграмму на примере реальных галактик и проследить тесную связь таких диаграмм с эволюцией каждой галактики.

III. Цикл экскурсий на инструменты и в лаборатории САО РАН

Экскурсия 1: БТА.

В ходе экскурсии рассказывается об истории постройки крупнейшего в Евразии телескопа. Рассматривается его оптическая схема и принцип работы основных узлов. Описываются некоторые приборы и методы наблюдения на телескопе.

Экскурсия 2: Цейсс-1000

На экскурсии будет рассказано об устройстве 1-метрового оптического телескопа, а также показаны приёмники излучения и система управления этим инструментом.

Экскурсия 3: МиниМегаТортора-9

На экскурсии участники АФШ познакомятся с работой и устройством многоканальной системы мониторинга неба с высоким временным разрешением; узнают о принципах обработки наблюдательных данных в реальном времени.

Экскурсия 4: Научные лаборатории и мастерские САО РАН

Участники АФШ познакомятся с повседневной работой исследователей в нескольких лабораториях САО РАН. А также с работой по созданию приборной базы обсерватории.

Экскурсия 5: Комплекс 50-см телескопов

На экскурсии будет рассказано о создаваемом в САО РАН комплексе роботизированных малых оптических телескопов. Будет рассказано об особенностях такой системы, её целях и задачах.

Экскурсия 6: РАТАН-600

В данной экскурсии речь пойдет о радиотелескопе с рефлекторным зеркалом, истории его создания, основных принципах его работы и актуальных исследованиях, проводимых на нем.

IV. Цикл лекций об исследованиях, проводимых в САО РАН

Лекция 1. «Об обсерватории»

Эта вводная лекция – рассказ об истории обсерватории, как она возникла, какие научные задачи в ней решались и решаются сегодня. Будет показан документальный фильм о создании обсерватории.

Лекция 2. «Исследование компактных объектов с высоким временным разрешением»

На лекции будет рассказано об астрономии высокого временного разрешения, развиваемого в САО РАН с 80-х годов XX века. Речь пойдет о наблюдениях на БТА с панорамными детекторами особого типа, способными регистрировать время прихода, энергию и координаты отдельных фотонов.

Лекция 3. «Нестационарные процессы в двойных системах»

На лекции будет рассказано о теоретических и наблюдательных исследованиях двойных звездных систем, в том числе содержащих компактные объекты.

Лекция 5. «Исследования ядре активных галактик в радиодиапазоне»

Лекция будет посвящена исследованиям, проводимым на инструментах САО РАН, активных галактических ядер разных типов (квазаров, блазаров, и пр.) и их наблюдаемым свойствам.

Лекция 6. «Фундаментальные характеристики звезд и их определение»

На лекции пойдет речь о современных методах измерения важнейших параметров звезд (размеры, массы, светимости) в рамках наблюдения на больших телескопах.

V. Дополнительная программа

Лекция 1: «Хочу быть астрономом-наблюдателем, что делать?»

Лекция-беседа об астрономии как о профессии. Рассказ от первого лица, что мотивирует человека стать астрономом, как устроен типичный день ученого, чем он живет и какие радости и трудности приносит ему эта профессия.

Экскурсия в музей историко-культурного наследия САО РАН и Нижнего Архыза.

VI. Цикл практических занятий, посвященных разбору задач из заочных контрольных работ по программированию, физике и математике, проводившихся в рамках межшкольного взаимодействия АФШ

Математика

Занятие 1.

В рамках занятия будут повторены основы математического анализа, введено понятие производной функции, а также введено и исследовано понятие устойчивости.

Занятие 2.

Занятие будет посвящено основам комбинаторики и базовым представлениям о теории вероятности. Выборки, сочетания, комбинации. Факториал. Частотное представление о вероятности случайного события. Свойства вероятности.

Занятие 3.

На занятии будет введено понятие распределения случайной величины. Будут разобраны несколько примеров важнейших дискретных распределений: биномиальное, Пуассона.

Занятие 4.

Занятие будет посвящено методам приближенных вычислений, а также статистического оценивания величин и связей между ними.

Физика

Курс лекций «Лекции об энтропии и самоорганизации»

В более ранних лекциях во всех аспектах были рассмотрены сила и движение, которые являются основой механики. Пришло время приступить к двум более сложным понятиям, о которых мы говорим ежедневно, - энергии и температуре, которые являются основой термодинамики. Мы опишем как действуют начала термодинамики и дадим разные представления об энтропии, узнаем тайну мысленного эксперимента Максвелла и отменим тепловую смерть Вселенной. Всего три лекции помогут разобраться в сложных процессах на звездах, ведь эволюция бывает не только биологическая. Порядок и хаос одновременно существуют и украшают нашу жизнь.

Программирование

Курс “Программирование на Python” на предстоящей школе будет включать в себя две полуторачасовые лекции, тестирование по пройденному материалу, два практических занятия по разбору задач, длительностью 75 минут каждое, а также набор задач для самостоятельного решения. В ходе лекций будут затронуты две фундаментальные темы языка программирования Python: процедурная (лекция 6.Python.Функции) и модульная (лекция 7.Python.Модули) парадигмы программирования. На этих лекциях участники АФШ познакомятся с созданием пользовательских функций различной степени сложности (функции с позиционными и ключевыми аргументами, функции с аргументами по умолчанию, функции с неопределенным количеством позиционных и/или ключевых аргументов, анонимные функции, рекурсивные функции), с понятиями пространства имён в языке программирования Python, с созданием собственных модулей и использованием стандартных и сторонних модулей языка программирования Python. В ходе практических занятий со студентами будут разобраны задачи различного уровня сложности, в решении которых необходимо применение упомянутых парадигм программирования.

VII Английский язык

«Английский язык для специальных целей: Введение»

VIII Встреча с научными руководителями

IX Серия «вопросов и ответов»

X Практика личностного роста

Цикл занятий, посвященных развитию навыков, связанных с умением преодолевать стрессовые ситуации, умением грамотно организовать свою работу, налаживать коммуникацию с ровесниками и взаимодействовать с социумом. В качестве основных тем на данной школе будут рассматриваться понятие личных границ в деловом и дружеском контекстах, понятие НЛУ (нейро-логических уровней), понятие первой, второй третьей позиции в общении/работе.