

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

**«УТВЕРЖДАЮ»  
ДИРЕКТОР АФШ**

\_\_\_\_\_ Санников С.С.

«05» марта 2021 г.

**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**

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

**Общие положения**

1. В программе II 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 «Классическая астрономия»**

**Лекция 1. «Беседа об астрономии»**

Классическая описательная астрономия – что это? В лекции будет представлена краткая история становления астрономической картины мира, цели и задачи астрономии. Будет затронута тема предсказания небесных явлений: зачем, как? Координаты и яркости небесных тел как основная наблюдательная информация.

**Лекция 2. «Взаимные движения тел в Солнечной системе и их наблюдаемые следствия»**

В лекции будут рассмотрены следующие темы: Орбита Земли и смена времён года. Солнце в течение года. Орбита Луны и смена фаз Луны. Солнечные и лунные затмения. Синодический и сидерический период. Аномалистический и драконический год. Равноденствия и солнцестояния. Предварение равноденствий.

**Лекция 3. «Небесная сфера: системы небесных координат и их свойства»**

В лекции речь пойдет о том, что такое небесные координаты, чем отличаются горизонтальная и экваториальная системы координат, основные точки и круги. Будет рассказано, как осуществить перевод из одной системы координат в другую, будет дано представление об эклиптической и галактической системах координат. Карты неба: как они выглядят в разных проекциях и как их читать? Представление о звёздных величинах. Формула Погсона.

#### **Лекция 4. «Измерение времени в астрономии».**

Как происходит вращение Земли и шкалы времени? Что такое солнечное время, звёздное время, всемирное время, атомная шкала времени? Какова связь между различными шкалами времени? Зачем в астрономии знать точное время? В лекции будут даны ответы на эти вопросы, а также рассказано о принципах построения календаря и важности точности и равномерности хода часов.

#### **Лекция 5. «Методы измерения расстояний в астрономии».**

В лекции речь пойдет о параллаксах небесных объектов и их собственных движениях, их связи с перемещением Земли и реальным перемещением звёзд в пространстве, о тангенциальной скорости. Будет освещена идея о кинематических параллаксах. Рассказано о начале построения шкалы космических расстояний, фотометрических расстояниях и законе обратных квадратов.

#### **Лекция 6. «Основы небесной механики».**

Орбиты небесных тел: как мы можем их восстановить, находясь на Земле? Разные системы мира (гео-, гелио-, гео-гелиоцентрическая). Наблюдения Браге и метод Кеплера. Эмпирические законы планетных орбит Кеплера. Представление о взаимодействии между Солнцем и планетами. Опыты Галилея и понятие о силе как физической величине.

#### **Лекция 7. «Тяготение в астрономии: от яблока до Вселенной».**

В лекции будет рассмотрен закон всемирного тяготения как результат наблюдений за движением планет, его история и современная формулировка. Речь пойдет и о законах Кеплера как следствии закона всемирного тяготения. Будут рассмотрены представление о задаче двух тел, эллиптические орбиты и их кеплеровские параметры, их связь с физическими параметрами орбиты, представление о законе сохранения момента импульса, кеплеровской скорости и скорости убегания.

#### **Лекция 8. «Задача многих тел и моделирование в астрофизике».**

Задача многих тел и сложность её решения. Открытие Нептуна и прецессия орбиты Меркурия. Как делается наука? Кривые вращения галактик и проблема тёмной материи как «Уран наших дней».

#### **Лекция 9. «Наблюдения с высоким разрешением в астрофизике».**

В лекции речь пойдет о том, зачем ученым нужны наблюдения с высоким разрешением, какие методы и технологии используются современными астрономами, и что они наблюдают.

## **II. Курс практических занятий по астрономии**

### **Занятие 1. Экскурсия по телескопам Звенигородской обсерватории Института астрономии РАН**

По ходу экскурсии участники АФШ познакомятся с историей создания Звенигородской обсерватории, посетят основные инструменты (телескопы ВАУ и Цейсс-600, астрограф Цейсс-400) и узнают о научных задачах, которые решаются сотрудниками обсерватории в настоящее время.

### **Занятие 2. Вводный семинар по астрономии на тему «Астрономические системы мира».**

Решение задачи о видимых и реальных движениях небесных тел.

### **Занятие 3. Вводный семинар по астрономии на тему «Небесная сфера».**

Решение задачи об ориентации на звёздном небе.

### **Занятие 4. Вводный семинар по астрономии на тему «Время в астрономии».**

Решение задачи о составлении календаря. (60 мин., А. Бирюков)

### **Занятие 5. Вводный семинар по астрономии на тему «Измерение расстояний в астрономии».**

Решение экспериментальной задачи о тригонометрическом параллаксе.

### **Занятие 6. Вводный семинар по астрономии на тему «Небесная механика».** Решение задачи о трёхмерных орбитах небесных тел.

### **Занятие 7. Вводный семинар по астрономии на тему «Тяготение».**

Экспериментальная проверка закона всемирного тяготения.

### **Занятие 8. Вводный семинар по астрономии на тему «Задача многих тел».**

Исследование особенностей движения системы тел, связанных силами тяготения.

### **Занятие 10. Наблюдения**

Вечерние наблюдения на инструментах Звенигородской обсерватории ИНАСАН и на переносных телескопах при наличии погоды.

### **Занятие 11. Практикум «Практическая работа по сферической астрономии»**

В ходе практикума студенты выполняют астрометрическую привязку готовых изображений, полученных в ходе астрономических наблюдений. Студентам предоставляется теоретический материал по теме, а также инструкция по выполнению расчетов.

В результате работы каждый студент должен охарактеризовать наблюдаемый объект на изображениях, которые он обработал.

## **III. Дополнительная программа «День космонавтики»**

### **Лекция 1: «Хочу быть астрономом, 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 горести приносит ему эта профессия.

### **Лекция 2: «Испытание Космосом на Земле»**

Лекция/беседа научно-популярного формата от сотрудников Института медико-биологических проблем, с использованием фото/видео материалов, которая познакомит слушателей с:

- необходимостью проведения модельных экспериментов на Земле (личное участие в них лекторов в качестве испытателей, исследователей и врачей дежурных бригад);
- экспериментами, проводимыми на Российском сегменте Международной Космической станции;
- основными критериями отбора в отряд космонавтов России.

Институт медико-биологических проблем является ведущей организацией России, мировым лидером по проведению фундаментальных исследований в области космической биологии и медицины; медико-биологического обеспечения пилотируемых космических

аппаратов; разработки методов и средств обеспечения безопасности и жизнедеятельности, сохранения здоровья и поддержания работоспособности человека в экстремальных условиях.

Но прежде чем любой эксперимент, прибор, оборудование, даже элементы одежды, питания и гигиенические средства будут отправлены на борт, они испытываются в наземных экспериментах. Гости расскажут о своем опыте личного участия в экспериментах (изоляция, иммерсия, барокамера, гипомагнитная среда, параболические полеты, поступление в отряд Космонавтов и т.д.), задачах и перспективах, которые сейчас стоят перед учеными.

#### **IV. Цикл практических занятий, посвященных разбору задач из заочных контрольных работ по программированию, физике и математике, проводившихся в рамках межшкольного взаимодействия АФС**

##### **Математика**

###### **Занятие 1.**

В рамках занятия будет разбираться тема «множества». Формулы включения и исключения. Отображения и их свойства. Типы отображений (инъекция, сюръекция, биекция). Сравнение конечных множеств.

###### **Занятие 2.**

В рамках занятия будет разбираться тема «начальные понятия тригонометрии». Радианное измерение углов. Вещественные числа на числовой окружности. Синус и косинус числа. Простейшие свойства синуса и косинуса. Арксинус и арккосинус. Решение простейших тригонометрических уравнений. Тангенс, котангенс, арктангенс, арккотангенс.

###### **Занятие 3.**

В рамках занятия будет разбираться тема «векторы». Действия над векторами. Базис. Разложение вектора по базису. Координаты вектора. Скалярное произведение векторов и его свойства. Определители второго и третьего порядков. Векторное произведение и его свойства.

###### **Занятие 4.**

В рамках занятия будет разбираться тема «кривые второго порядка: эллипс, парабола, гипербола». Конические сечения.

##### **Физика**

###### **Занятие 1. Семинар «Геометрические и тригонометрические образы векторных уравнений».**

Принцип простоты в физике всегда интуитивно используется при решении расчетных задач. Однако для развития умения решать задачи важно научиться целенаправленно и осознанно руководствоваться этим принципом для поиска наиболее эффективных путей решения. На семинаре мы обобщим математический метод и применим его при решении задач «Кинематики».

Практическая работа «График и небольшое физическое исследование». При решении экспериментальных задач будет проведено погружение в научный метод исследования. Фокусом для объяснения полученных результатов и самого решения явится график.

###### **Занятие 2. Семинар «Динамическая задача и суть физических законов».**

Судить о степени понимания физических законов важно по умению их сознательного применения для анализа конкретных физических явлений, т. е. для решения задач. Семинар будет способствовать отработке навыков работы в команде при решении задач раздела «Динамика».

### **Занятие 3. Коллоквиум «Небо падает нам на голову?»**

Методы решения качественных задач зарождались в недрах физики как науки поэтому демонстрируют подходы к решению научных проблем и анализу реальных явлений природы. Но именно такие задачи развивают правильный стиль научного мышления и способность самостоятельного приобретения знаний. Коллоквиум (беседа с выявлением уровня знаний) поможет структурировать знания и умения в освоении курса «Механика».

### **Занятие 4. Мастер-класс. «Учимся и учим думать и создавать»**

Написание эссе, тезисов и конспектов формирует умения делать выводы, группировать информацию, проявлять творчество в развитии способности письменно излагать свои мысли в разной форме. Эти навыки окажутся полезными при продолжении образования по всем предметам естественного цикла и в будущей работе.

## **Программирование**

Практикум «Программирование на Python» рассчитана на 6 часов. В ходе этой практики студенты будут отрабатывать и закреплять практические навыки решения задач различного уровня сложности с использованием языка программирования Python (версия языка 3.6+). Студенты еще раз познакомятся с основными элементами языка программирования Python (списки, кортежи, словари, множества, условные конструкции, операторы сравнения, циклы, операторы управления циклами). Каждое занятие (60 минут) будет посвящено решению определенного типа задач, затрагивающих один или несколько основных элементов языка. Работа со студентами будет происходить в нескольких форматах. Одна часть задач будет подробно рассмотрена с преподавателем. Будут пояснены основные этапы решения и логика выбора этого решения. После разбора студентам будет дана возможность решить ряд задач аналогичного типа самостоятельно, с возможностью консультации с преподавателем или его ассистентами. Другая часть задач будет решаться в формате «brainstorm», в рамках которого студенты будут предлагать и обсуждать наилучшие на их взгляд решения поставленных задач. По ходу практики сложность задач, как и количество элементов языка необходимых для их решения, будет постепенно увеличиваться. Практикум «Программирование на Python» не подразумевает разделения на отдельные тематические направления, поскольку каждое последующее занятие будет логически вытекать из предыдущего.

## **V Английский язык**

«Английский язык для специальных целей: Введение»

## **VI Встреча с научными руководителями**

### **VII Серия «вопросов и ответов»**

## **VIII 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.