

**IV АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ШКОЛА ФОНДА НЕКОММЕРЧЕСКИХ ИНИЦИАТИВ
«ТРАЕКТОРИЯ» ДЛЯ СТАРШИХ ШКОЛЬНИКОВ**

**«УТВЕРЖДАЮ»
ДИРЕКТОР АФШ**

_____ Санников С.С.

«13» марта 2018 г.

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

IV Астрофизической научно-образовательной школы Фонда некоммерческих инициатив «Траектория» для старших школьников

Общие положения

1. В программе IV Астрофизической научно-образовательной школы Фонда некоммерческих инициатив «Траектория» для старших школьников (АФШ) основное внимание уделяется астрофизике, астрономии, физике, математике.

2. Занятия проводятся в нескольких учебно-методических форматах: в виде лекций, практических занятий, наблюдений.

3. Лекции могут носить как учебный, так и общеобразовательный характер.

4. Практические занятия проводятся опытными педагогами.

5. Наблюдения осуществляются под руководством ведущих российских ученых-астрофизиков.

6. В процессе подготовки Школы в настоящей программе возможны изменения (в том числе вызванные неблагоприятными для проведения наблюдений погодными условиями), касающиеся лекций, практических занятий, наблюдений.

I. Курс «Инструменты и методы современной астрофизики»

«Хронология метаморфоз носителей информации об астрофизическом явлении. От фотона до фонона»

1. «Особенности эксперимента в астрофизике»

Неуправляемый эксперимент, наблюдение и моделирование. Измеряемые характеристики и их связь с физическими условиями в объектах. Астрофизические объекты как источники энергии. Волны, кванты, частицы. Статистические аспекты измерений в астрофизике. Энергетические спектры астрофизических источников. Спектральные диапазоны. Представление о плазме как излучателе и среде. Роль магнитного поля. Нестационарность астрофизических источников: времена и амплитуды.

2. «Изучение электромагнитного излучения»:

2.1 «Трансформация излучения при распространении»

Распространение излучения в межзвездной среде: выборочное поглощение, рассеяние, дисперсия. Влияние атмосферы на волновой фронт, когерентность и спеклы. Поглощение в атмосфере. Наблюдения как восстановление зависимости характеристик поля излучения (от энергии, направления, момента времени, поляризации и типа кванта). Конечная точность наблюдений: временное, пространственное, спектральное, фотометрическое и поляризационное разрешение. Стохастическая природа потока энергии (шумы).

2.2 «Телескопы»:

2.2.1. «Инструменты в приближениях геометрической и волновой оптики»

Телескоп как концентратор энергии. Типы и некоторые схемы телескопов, одно- и многоэлементные инструменты. Формирование изображений линзами и зеркалами. Аберрации. Основные характеристики инструментов. Сходства и различия оптических, ИК и радиотелескопов. Когерентный и некогерентный прием. Границы возможностей наземных инструментов. Компенсация атмосферных эффектов. Космические телескопы.

2.2.2. «Инструменты в астрофизике высоких энергий»

Переход к корпускулярному представлению. Телескопы скользящего падения. Нефокусирующие телескопы. Кодированные апертуры. Наземные и космические системы. Единство телескопа и детектора. Черенковские телескопы. Представление о наблюдениях без концентраторов: нейтринная астрономия.

2.3. «Детекторы»

2.3.1. «Физические основы регистрации излучения»

Типы детекторов. Аналоговая регистрация и счет фотонов. Ускорение и размножение электронов. Одноканальные (пространственно) и панорамные приемники. Квантовый выход. Разрешение: пространственное, спектральное, временное. Примеры детекторов – от фотопластинки до радиометров, ПЗС и КЧД

2.3.2. «Регистрация излучения и информация, в нем содержащаяся»

«Декомпозиция» излучения: 3D, 4D данные. Диспергирующие системы: спектрографы, решетки, призмы, многоканальный (в спектральном смысле) прием сигнала. Поляриды. Чувствительность детекторов. Реализация фотометрических диапазонов. Возможность измерять энергию квантов. Шумы детекторов. Детекторы как преобразователи информации. Кодирование и хранение информации.

2.4 «Анализ электромагнитного излучения» («Максимум информации в 4-х задачах»)

2.4.1. «Общие свойства астрономических данных»

Статистические свойства зарегистрированных данных. Математические методы обработки наблюдений. Переменность и скважность. Пределы обнаружения. Важность априорных предположений. Фон: небо, межзвездная и межпланетная среда, магнитосфера Земли. Фонový сигнал и точность измерений.

2.4.2. Задача 1:

- «Спектроскопия с предельно высоким разрешением»

Спектральный анализ: континуум и линии в разных диапазонах. Щелевая и бесщелевая спектроскопия. Спектры сравнения. Панорамная и 3D-спектроскопия. Особенности спектроскопии в ИК, радио и рентгеновском диапазонах.

- «Радиоспектроскопия»

Континуум и линии в радиодиапазоне. Особенности радиотелескопов для спектроскопии. Спектрометры и сканеры высокого разрешения. Стабильность приема и шумы в радиоспектроскопии. Элементы интерпретации радиоспектров.

2.4.3. Задачи 2 и 3:

- «Фотометрия и астрометрия (предельно слабые объекты и предельно высокое пространственное разрешение)»

Пространственное разрешение в панорамной фотометрии. Интерферометрия в разных диапазонах, наземная и космическая. Спекл-интерферометрия. Фотометрия как спектроскопия сверхнизкого разрешения. Фотометрические системы. Стандарты и калибровки. Измерение поляризации.

- «Радиоинтерферометрия»

Угловое разрешение в радионаблюдениях. Телескопы с заполненной и незаполненной апертурой. Интерферометр из двух элементов. Понятия свертки и корреляционной функции. Функция видности. Требования к приемникам. Чувствительность интерферометра. Апертурный синтез. Обработка данных и методы улучшения изображения. Интерферометры со сверхдлинными базами. Космические радиотелескопы.

2.4.4. Задача 4:

- «Временные характеристики излучения»

Переменность – ключ к физике и структуре астрономических объектов. Типы переменности и ее исследование разными методами, фотометрическими, спектральными, поляризационными, требования к детекторам. Временные ряды в астрофизике и их анализ. Связь наблюдаемых и физических величин. Предельное временное разрешение в исследованиях переменности. Time domain astronomy.

3. «Не-электромагнитная астрофизика»

Нейтринная астрономия, гравитационно-волновая астрономия. Наблюдения космических лучей. Космические миссии к другим планетам: задачи, приборы, методы исследования.

4. Практические работы

4.1. «Численный эксперимент в астрофизике» (Современные обзоры. Большие данные и доступ к ним. Численное моделирование сложных физических систем и предсказание наблюдаемых величин. Популяционный синтез)

4.2. «Обработка наблюдательных данных»

II. Курс физики

Лекции и семинары (решение задач):

1. «Электромагнитное излучение как волновой процесс»

Магнито- и электростатика – переход к электродинамике. Взаимодействие магнитного и электрического полей. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в вакууме. Взаимодействие с веществом – диэлектрическая и магнитная проницаемость. Распространение электро-магнитных волн в вакууме и среде. Скорость распространения и коэффициент преломления. Физические процессы на границах сред.

2. «Электромагнитное излучение – геометрическое приближение»

Оптический путь, принцип Ферма. Отражение и преломление. Формирование изображений оптическими системами. Особые точки и поверхности. Реальные оптические приборы. Аберрации. Представление о качестве оптических систем.

3. «Физические характеристики излучения»

Спектральные свойства – континуум тепловой и нетепловой, линии поглощения и излучения. Представление о спектроскопии. Поляризация разных типов. Элементы поляриметрии. Когерентность. Волновой фронт. Принцип Гюйгенса-Френеля. Интерференция и дифракция. Интерферометры.

4. «Электромагнитное излучение – корпускулярное приближение, взаимодействие с веществом»

Связь между представлениями, переход, распространение – волна, взаимодействие – частица. Фотоэффект внешний и внутренний. Представление об электронной оптике. Общие представления о приемниках излучения – различные типы фоточувствительных материалов.

III. Курс математики

Лекции и семинары (решение задач):

1. «Элементы математического описания поля»

Величины дискретные и непрерывные. Скаляры, векторы, тензоры. Связь между ними. Поля скалярные и векторные. Матрицы и функции. Представление о поле как о некоей непрерывной величине, заданной в пространстве и времени. Примеры. Поля статические и динамические, их характеристики.

2. «Представление о дифференциальных уравнениях»

Линейные уравнения их системы. Уравнения в частных производных. Введение в методы их решений. Представление об операторах.

3. «Введение в теорию колебаний и волн»

Основные понятия. Волновое уравнение. Фазовая и групповые скорости. Монохроматические и немонахроматические волны. Элементы Фурье-разложения, спектры.

4. «Элементы математической статистики и теории измерений»

Типы распределений, их характеристики. Генеральная совокупность и выборка. Выборочные распределения. Оценивание. Статистические свойства потоков событий, оценки их характеристик.

IV. Практический курс английского языка

Практические занятия «Разговорный и письменный английский язык в науке»

V. Практический курс психологии

1. «Отношения с самим собой: что это?»
2. «Как мы видим себя изнутри»
3. «Как мы воспринимаем реальность вокруг нас»
4. «Что такое теневая сторона нашей личности»
5. «Почему важно стремиться к своей целостности. И что такое: наша целостность»
6. «Как понять, что выбранные нами цели соответствуют нашей природе. Как это проверить»
7. «Как сказать «да» своему выбору. И как сказать «нет», если возникло убеждение в его ошибочности»

VI. Научно-популярные лекции

1. «История радиоастрономии и ПРАО»
2. «Проект «Радиоастрон»
3. «О радости жизни»

VII. Вечерние наблюдения

VIII. Кружковые занятия по выбору

IX. Экскурсии по ПРАО