Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АСТРОФИЗИКИ И ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ
_____ / Н.Н. Сысоев /
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

МЕТОДЫ ВНЕАТМОСФЕРНОЙ АСТРОНОМИИ

Уровень высшего образования:
Специалитет

Направление подготовки:
03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль) ОПОП:
Общая специальность

Квалификация «Специалист»

Форма обучения: Очная форма обучения

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 Астрономия.

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

1. Д.ф.-м.н., доцент Прохоров Михаил Евгеньевич, кафедра астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н., профессор Постнов Константин Александрович

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Методы внеатмосферной астрономии»

Курс содержит обзор наиболее известных космических астрономических миссий за последние 20-25 лет, посвященных массовому наблюдению астрофизических объектов в различных диапазонах электромагнитного спектра: от далекого инфракрасного до жесткого рентгена и гамма. Рассматривается научная аппаратура, использованная в этих миссиях, оптические системы, приемники излучения, а также основные полученные результаты.

Помимо этого курс включает в себя обзор космических астрометрических экспериментов, наблюдений Солнца, а также выполняемые в настоящее время и планируемые миссии.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Форма обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Методы внеатмосферной астрономии» реализуется на 5-ом курсе в 10-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Курс взаимосвязан с курсом теоретической и практической астрофизики, с курсами по приемникам излучения и астрономической оптике..

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.Б	<p>З-1 Знать: причины выноса астрономических наблюдений в космос</p> <p>З-2 Знать: особенности проведения астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра в космосе</p> <p>У-1 Уметь: формулировать требования к космическим аппаратам для астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра</p> <p>У-2 Уметь: формулировать требования к космическим аппаратам для астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра</p> <p>В-1 Владеть: сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах</p> <p>В-2 Владеть: методами сравнения технических решений при заданных требованиях к космическому астрономическому эксперименту</p>
ОПК-1.Б	<p>З-1 Знать: особенности проведения астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра в космосе</p> <p>У-1 Уметь: определять достоинства и недостатки аппаратуры для астрономических наблюдений в космосе</p> <p>У-2 Уметь: формулировать требования к космическим аппаратам для астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра</p> <p>В-1 Владеть: сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах</p>

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

Тема 1. Введение. Причины выноса наблюдений в космос

Обзор содержания курса. Основные причины выноса наблюдений в космос. Полное поглощение ультрафиолетового, рентгеновского и гамма излучений, частичное поглощение инфракрасного излучения. Искажение изображений. Дрожание изображений – искажения координат объектов. Искажение фотометрии и спектрофотометрии из-за поглощения в атмосфере.

Тема 2. Приемники излучения

Роль приемников излучения в космических астрономических экспериментах. Классификация приемников излучения. Приборы на основе внешнего и внутреннего фотоэффекта. Мертвое время. Построение изображений. Координатная чувствительность. Спектральная чувствительность.

Тема 3. Видимый диапазон

Причины выхода в космос в видимом диапазоне. Изображения высокой четкости. Высокоточная фотометрия. Сверхвысокоточная астрометрия. «Большие» телескопы: HST, JWST. «Малые» телескопы: MOST, Corot, Kepler, TESS, «Лири-Б». Наноспутники (CubeSat).

Тема 4. Видимый диапазон. Астрометрические миссии

Причины выхода в космос для астрометрии. Миссия Hipparcos. Миссия Gaia. Проект NEAT – астрометрия близких звезд.

Тема 5. Инфракрасный диапазон

Особенности инфракрасного диапазона, поддиапазоны. Линзовая ИК-оптика. Зеркала в ИК-диапазоне. Приемники излучения в ИК-диапазоне. Необходимость охлаждения аппаратуры. Миссии: IRAS, ISO, MSX, SWAS, ODIN, AKARI. Современные миссии: WISE, Spitzer, Herschel, EUCLID.

Тема 6. Наблюдения реликтового излучения

Смысл и значение наблюдений реликта. Миссии: Реликт-1, COBE, WMAP, Planck.

Тема 7. Ультрафиолетовый диапазон

Особенности ультрафиолетового диапазона, поддиапазоны. Линзовая УФ-оптика. Зеркала в УФ-диапазоне. Косое падение. Миссии: серия ОАО, IUE, Астрон, Глазар-1/2, EUVE, FUSE, GALEX, Спектр-УФ

Тема 8. Мягкий и стандартный рентгеновский диапазоны

Особенности рентгеновского диапазона, поддиапазоны. Рентгеновские зеркала. Зеркала косого падения. Оптические системы Вольтера (телескопы косого падения). Приемники рентгеновского излучения. Отсев заряженных частиц. Миссии: Uhuru, HEAO-1, Einstein, EXOSAT, Гранат, ROSAT, CGRO, RTNE, XMM, Chandra, INTEGRAL, Спектр-Рентген-Гамма, Nu-STAR, IXO.

Тема 9. Жесткий рентген и гамма-диапазон

Особенности гамма диапазона. Приемники рентгеновского излучения. Отсев заряженных частиц. Телескопы с кодирующими масками. Миссии: INTEGRAL, GLAST.

Тема 10. Регистрация гамма-всплесков и транзиентов

Детекторы транзиентных событий. Метод триангуляции. Метод «Batse». Поиск оптических отождествлений. Эксперименты: Vela, Венера, Batse, SWIFT, наземные сети.

Тема 11. Наблюдения Солнца

Особенности наблюдений Солнца. Миссия SOHO. Эксперименты: Ulisses, STEREO, Parker Solar Probe.

Тема 12. Дополнительные сведения

Гало и лиссажу орбиты в окрестностях точек Лагранжа L1 и L2. «Trailing» орбиты.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоем- кость	в том числе ауд. занятий			Самостоятельная работа студентов
			Общая ауди- торная нагруз- ка	Лекций	Семинаров	
Методы внеатмосферной астрономии	2	72	34	34	0	38

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Методы внеатмосферной астрономии» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным занятиям. По вопросам, возникающим на лекциях и при самостоятельном изучении тем, а также по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успе- ваемости и про- межуточной ат- тестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические занятия	Семинары	Самостоятельная ра- бота	
1	<i>Введение</i>	4	2	–	–	2	Собеседование, опрос
2	<i>Приемники излучения</i>	4	2	–	–	2	
3	<i>Видимый диапазон</i>	8	4	–	–	4	

4	<i>Видимый диапазон. Астрометрия</i>	4	2	–	–	2		
5	<i>Инфракрасный диапазон</i>	6	3	–	–	3		
6	<i>Наблюдения реликтового излучения</i>	4	2	–	–	2		
7	<i>Ультрафиолетовый диапазон</i>	4	2	–	–	2		
8	<i>Рентгеновский диапазон</i>	10	5	–	–	5		
9	<i>Гамма-диапазон</i>	8	4	–	–	4		
10	<i>Регистрация гамма-всплесков и транзиентов</i>	8	4	–	–	4		
11	<i>Наблюдения Солнца</i>	8	4	–	–	4		
12	<i>Дополнительные сведения</i>	2	1	–	–	1		
	Промежуточная аттестация	4				4		Зачет в форме письменной работы с последующим собеседованием
ИТОГО:		72	34	–	–	38		

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Методы внеатмосферной астрономии» осуществляется на лекциях и заключается в оценке активности и качестве участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Методы внеатмосферной астрономии» проводится в десятом семестре в форме зачета. Зачет в форме письменной работы с последующим собеседованием по программе.

Результаты сдачи зачета оцениваются по шкале «зачет», «незачет». Оценка «зачет» означает успешное прохождение промежуточной аттестации.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины

	и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к зачету
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения	
	Незачет	Зачет
ЗНАТЬ: причины выноса астрономических наблюдений в космос УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний или фрагментарное знание причин выноса астрономических наблюдений в космос	В целом успешные, но не систематические знания причин выноса астрономических наблюдений в космос В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания причин выноса астрономических наблюдений в космос Успешные и систематические знания причин выноса астрономических наблюдений в космос
ЗНАТЬ: особенности проведения астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра в космосе УК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание особенностей проведения астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра в космосе	В целом успешное, но не систематическое знание особенностей проведения астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра в космосе В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание особенностей проведения астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра в космосе Успешное и систематическое знание особенностей проведения астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра в космосе

<p>УМЕТЬ: формулировать требования к космическим аппаратам для астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра ОПК-1.Б У-2</p>	<p>Отсутствие умения формулировать требования к космическим аппаратам для астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение формулировать требования к космическим аппаратам для астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать требования к космическим аппаратам для астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра Успешное и систематическое умение формулировать требования к космическим аппаратам для астрономических наблюдений в разных диапазонах электромагнитного спектра</p>
<p>ВЛАДЕТЬ: сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах УК-1.Б В-1</p>	<p>Отсутствие/фрагментарное владение сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое владение сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах Успешное и систематическое владение сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах</p>
<p>ВЛАДЕТЬ: методами сравнения технических решений при заданных требованиях к космическому астрономическому эксперименту УК-1.Б В-2</p>	<p>Отсутствие/фрагментарное владение методами сравнения технических решений при заданных требованиях к космическому астрономическому эксперименту</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое владение методами сравнения технических решений при заданных требованиях к космическому астрономическому эксперименту В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методами сравнения технических решений при заданных требованиях к космическому астрономическому эксперименту Успешное и систематическое владение методами сравнения технических решений при заданных требованиях к космическому астрономическому эксперименту</p>
<p>ВЛАДЕТЬ: сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах ОПК-1.Б В-1</p>	<p>Отсутствие/фрагментарное владение сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое владение сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах Успешное и систематическое владение сведениями о технических решениях, применявшихся в космических астрономических экспериментах</p>

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Вопросы для тематического опроса можно найти по адресу:
<http://xray.sai.msu.ru/~mystery/courses/space-astronomy/questions.html>.

Пример: Чем отличаются оптические системы в видимом и стандартном рентгеновском диапазонах.

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к зачету можно найти по адресу: <http://xray.sai.msu.ru/~mystery/courses/space-astronomy/zachet-questions.html>.

Пример: Предмет механики. Влияние атмосферы Земли на наблюдения. Полное поглощение излучения. Снижение разрешения. Искажение положения. Искажения спектра.

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература.

1. Е.И. Москаленко. Методы внеатмосферной астрономии. — М.: Наука, 1984. — 280 с.
2. Рыхлова Л.В., Куимов К.В. Космический астрометрический эксперимент ОЗИРИС — М.: Век-2, 2007. — 352 с.

Дополнительная литература.

1. Ишанин Г.Г., Панков Э.Д., Андреев А.Л., Польщиков Г.В. Источники и приемники излучения. — СПб.: Политехника, 1991. — 240 с.
2. Lang K.R. The Sun from Space. Astronomy and Astrophysics Library. — Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.

Интернет-ресурсы.

1. Список текущих космических миссий NASA.
<http://www.nasa.gov/missions/current/index.html>.
2. ESA «Cosmic Vision» 2015 – 2025.
<http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=42370>.
3. <http://xray.sai.msu.ru/~mystery/courses/space-astronomy/>.

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Астрономия».

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.