Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АСТРОФИЗИКИ и ЗВЕЗДНОЙАСТРОНОМИИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ
_____/ Н.Н. Сысоев /
«___» _____20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ

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., профессор, Липунов Владимир Михайлович, кафедра астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ
2. К.ф.-м.н., доцент Корнилов Виктор Геральдович, кафедра экспериментальной астрономии физического факультета МГУ
3. К.ф.-м.н., с.н.с. Горбовской Евгений Сергеевич, лаборатория космического мониторинга ГАИШ МГУ
4. К.ф.-м.н.,с.н.с. Тюрина Наталья Владимировна, , лаборатория космического мониторинга ГАИШ МГУ

Заведующий кафедрой
Д.ф.-м.н. профессор Постнов Константин Александрович

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ»

В лекционном курсе “ **Роботизированные обсерватории**” профессора Липунова В.М. содержатся базовые знания по созданию принципиально нового астрономического оборудовании 21 века - роботизированных обсерваториях , в том числе, об особенностях Глобальной сети телескопов-роботов МАСТЕР МГУ (цели,преимущества,ключевые факторы, принципы работы, принципы обработки в режиме реального времени, интерактивные инструменты анализа астрономических сверхширокопольных изображений, принципы автоматических публикаций циркуляров по результатам наблюдений стационарных и движущихся объектов) для изучения нестационарных короткоживущих процессов во Вселенной, о современных телескопах и приемниках излучения, о принципах проведения наблюдений, принципах обработки изображений с ПЗС-приемников, КМОП-приемников, об устройстве современных баз данных изображений, и характеристик оптических источников на них (методы и принципы определения источника, его астрометрия, фотометрия), а также о нестационарных процессах во Вселенной, исследовать которые стало возможным только с помощью телескопов-роботов: оптические источники гамма-всплесков, обнаружение Новых звезд, Сверхновых звезд, карликовых новых звезд и других катаклизмических переменных, вспышек активных ядер галактик, исследование систем типа E-Aur, и др.. Дается введение в гамма-астрономию (МАСТЕР и Конус-Винд, КА Ломоносов, Swift, Fermi, MAXI и др), нейтринную астрономию (МАСТЕР и IceCube, ANTARES, Баксанская нейтринная обсерватория, эксперимент ТАЙГА на Байкале), гравитационно-волновую астрономию (МАСТЕР и LIGO/Virgo). Обнаружение и исследование поляризации собственного оптического излучения гамма-всплесков Приводятся примеры наблюдений более сотни полей ошибок событий, регистрируемых гравитационно-волновыми детекторами LIGO/Virgo, решающий вклад телескопов-роботов Глобальной сети МАСТЕР в O1, независимое обнаружение Килоновой в O2, наибольший вклад в оптическом диапазоне в эпоху наблюдений O3.

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 «Роботизированные обсерватории» реализуется на 5-ом курсе в 10-ом семестре и содержит фундаментальные знания по части модуля «Астрономия» профессионального блока базовой части. Дисциплина является спецкурсом кафедры -вариативная часть, профессиональный блок, модуль «Астрономия». Курс является необходимым связывающим звеном между общими курсами «Общая астрофизика», «Галактическая астрономия», “Теоретическая астрофизика”, “Экстремальные процессы во Вселенной”, “Тесные двойные системы”, "Физика галактик", "Космология", "Астрофизика высоких энергий", “Радиоастрономия”, “ОТО и астрофизические наблюдения”, “Сверхновые и звездный ветер в галактиках” ,“ Внутреннее строение и эволюция звезд”, спецкурсами по физике межзвездной среды, эволюции галактик и космологии.

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

«Общая астрофизика», «Звездная астрономия», «Теоретическая астрофизика», «Астрофизика нейтронных звезд и черных дыр».

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

3.1. Дисциплины и практики, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины.

«Общая астрономия», «Общая астрофизика», «Галактическая астрономия», «Теоретическая астрофизика», «Астрофизика нейтронных звезд и черных дыр»..

3.2. Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее.

Спецкурсы “Тесные двойные системы”, "Физика галактик", "Космология", " Астрофизика высоких энергий", “Радиоастрономия”, “ ОТО и астрофизические наблюдения ”, “Сверхновые и звездный ветер в галактиках” ,“ Внутреннее строение и эволюция звезд”, т.е. по физике черных дыр, звездной динамике, физике межзвездной среды, физике и эволюции галактик и космологии. Ее освоение также обязательно для научно-исследовательской работы, курсовых работ, дипломных работ, связанной с исследованием всех стадий эволюции одиночных и кратных звезд.

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.Б	**З-1 Знать:** фундаментальные законы астрофизики, эволюционные сценарии звезд различных масс,энерговыделение и времена жизни астрофизических источников высоких и сврхвысоких энергий,, принципы работы Роботизированных обсерваторий, устройств ПЗС и КМОП приемников, принципы проведения наблюдений, обработки и анализа взрывных процессов в Метагалактике .

	З-2 Знать: структуру баз данных роботизированной обсерватории - принципы построения, запросы и их обработка; получение и обработка изображений (методы и принципы выделения объекта на изображении, астрометрию, фотометрию), результаты поддержки экспериментов Ломоносов, Конус-Винд, Swift, Fermi, Ice-Cube, ANTARES, БНО, LIGO/Virgo электромагнитной коллаборацией, наибольший вклад в оптическом диапазоне Глобальной сети телескопов-роботов МАСТЕР МГУ. **У-1Уметь:** строить базы данных изображений, базы данных информации по ним, обрабатывать изображения, строить эволюционные сценарии звезд различных масс . **У-2Уметь:** планировать и проводить экспериментальные исследования в области гамма-астрономии,нейтринной астрономии,гравитационо-волновой астрономии и оптической астрономии, исследовать оптические источники гамма-всплесков, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента **В-1 Владеть:** математическим аппаратом, применяемым в астрофизике **В-2 Владеть:** методами решения уравнений переноса излучения.
ОПК-1.Б	***З-1 Знать:***основные математические методы, используемые при решении задач современной астрофизики с помощью роботизированных обсерваторий для исследования взрывных процессов в Метагалактике ***У-1Уметь:*** решать типовые задачи многоканальной астрономии с помощью роботизированных обсерваторий для исследования взрывных процессов в Метагалактике ***У-2Уметь:*** строить математические модели явлений и процессов, происходящих в звездах. ***В-1 Владеть:*** навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов

4. **Форма обучения:**очная.

5. **Язык обучения:** русский.

6. Содержание дисциплины

Тема 1. Что такое роботизированная обсерватория. Глобальная сеть телескопов-роботов МАСТЕР МГУ

МАСТЕР - цели,преимущества,ключевые факторы, принципы работы, принципы обработки в режиме реального времени широкопольных и сверхширокопольных изображений, интерактивные инструменты анализа изображений, принципы автоматических публикаций циркуляров по результатам наблюдений стационарных и движущихся объектов) Наиболее эффективная обзор в мире – телескопы-роботы Глобальной сети МАСТЕР МГУ.

Тема 2. Нестационарные процессы в Метагалактике.

Астрофизические источники высоких энергий и другие нестационарные явления во Вселенной, исследовать которые стало возможным только с помощью телескопов-роботов: оптические источники гамма-всплесков, гравитационно-волновых событий (Килоновая),

быстрых радио-вспышек, нейтрино сверхвысоких энейргий, а также обнаружение Новых звезд, Сверхновых звезд, карликовых новых звезд и других катаклизмических переменных, вспышек активных ядер галактик, исследование систем типа E-Aur, и др..

Тема 3. Телескопы и приемники излучения.

Узкопольные и широкопольные телескопы, цели, задачи, телескопы-роботы. ПЗС-камеры, КМОП-камеры, устройство, принципы работы, преимущества.

Тема 4. Роботизированный многофункциональный астрономический вычислительный комплекс.

МАСТЕР как роботизированный многофункциональный астрономический вычислительный комплекс. Динамические системы в роботизированной обсерватории. Система контроля условий наблюдений. Система климатического контроля. Процесс получения изображений и контроль качества изображений.

Тема 5. Центр оперативного контроля современного многофункционального астрономического комплекса.

Принципы обеспечения непрерывной работы всей Глобальной сети телескопов-роботов МАСТЕР. Организация автоматического контроля и анализа событий, оповещения о внештатных событиях, оперативное восстановление.

Тема 6. Базы данных роботизированной обсерватории.

Базы данных роботизированной обсерватории - принципы построения, запросы и их обработка. Реализация в Глобальной сети МАСТЕР МГУ.

Тема 7. Получение и обработка изображений. Обработка сверхширокопольный изображений в режиме реального времени.

Принципы обработки изображений в реальном времени ,организованные на телескопах-роботах МАСТЕР. Система хранения изображений. Принципы организации первичной обработки сверхширокопольных изображений и полного автоматического анализа сверхширокопольных изображений в течении 1 минуты. Астрометрическая привязка.

Тема 8. Идентификация объектов на изображении

Идентификация объектов на изображении (звезды, галактики, астероиды, метеоры, спутники. Каталогизированные объекты и оптические транзиенты. Автоматическая фотометрия, астрометрия.

Тема 9. Интерактивные инструменты анализа движущихся и стационарных объектов.

Интерактивные инструменты анализа движущихся и стационарных объектов.Возможности классификации кандидатов в оптический быстропеременный объект – транзиент. Организация запросов открытым каталогам, внутренней базе данных, в центрах сбора данных GCN, TNS, MPEC, AAVSO.

Тема 10.Исследование оптических транзиентов –обработка.

Результаты работы робота МАСТЕР – уникального автоматического программного обеспечения МАСТЕР полной обработки широкопольных изображений в режиме реального времени: выделение вспыхивающих и гаснущих каталогизированных и новых объектов.

Тема 11. Оптические транзиенты - исследование стационарных обнаруженных объектов.

1800 оптических транзиентов МАСТЕРа: оптические источники гамма-всплесков, гравитационно-волновых событий (Килоновая), быстрых радио-вспышек, нейтрино сверхвысоких энейргий, а также обнаружение Новых звезд, Сверхновых звезд, карликовых

новых звезд и других катаклизмических переменных, вспышек активных ядер галактик, исследование систем типа E-Aur, и др.

Тема 12. Исследование природы гамма-всплесков.
Гамма-обсерватории (Ломоносов, Конус-Винд, Swift, Fermi, MAXI и др.), принципы работы детекторов, количество регистрируемых событий в год, области локализации (поля ошибок), энергетический диапазон. Эволюционные сценарии.

Тема 13. Гравитационно-волновая астрономия: коллаборация МАСТЕР и LIGO/Virgo. Исследование полей ошибок гравитационно-волновых источников.
Гравитационно-волновые обсерватории LIGO/Virgo: принципы работы детекторов, количество регистрируемых событий в год, области локализации (поля ошибок), расстояния до объектов. Наблюдательные сеты O1, O2, O3 – более сотни зарегистрированных слияний компактных объектов,в том числе пар черных дыр, черная дыра с нейтронной звездой,двух нейтронных звезд. Их регистрация на гравитационно-волновых детекторах, наибольший вклад Глобальной сети МАСТЕР МГУ в исследование полей ошибок LIGO/Virgo в оптическом диапазоне (2015-2020). Килоновая (Пачинский, LIGO/Virgo, GW 170817, MASTER OTJ130948.10-232253.3/SSS17a в галактике NGC 4993, Nature).
.
Тема 14. Исследование полей ошибок астрофизических источников нейтрино сверхвысоких энергий.
Нейтринный обсерватории IceCube, ANTARES, БНО, Тайга, коллаборация с телескопами-роботами Глобальной сети МАСТЕР МГУ. Наблюдения областей локализации,анализ оптических источников, обнаруженных внутри полей ошибок.
.
Тема 15. Исследование полей ошибок астрофизических источников быстрых радиовспышек.
Радио-телескопы и регистрация FRB: виды FRB, точность определения координат, характеристики, мера дисперсии. Наблюдения квадратов ошибок телескопами-роботами Глобальной сети МАСТЕР МГУ

Тема 16.Оптические транзиенты- исследование движущихся обнаруженных объектов.
Автоматическое определение параметров орбит движущихся объектов на широкопольных изображениях МАСТЕРа. Автоматический захват и сопровождение объекта. Автоматическое обнаружение и публикация комет : COMET C/2020 F5 (MASTER) / M60B7LC, COMET C/2016 N4 (MASTER), COMET C/2015 G2 (MASTER), COMET C/2015 K1 (MASTER). Автоматическое обнаружение и публикация астероидов
1 MASTER HAZARD Asteroid 2013 UG1, 2013 SW24, 2014 EL45, 1998 SU4, 2014 UR116 2011 QG21, 2015 UM67.

Тема 17. Архитектура системных решений сети МАСТЕР.
Обеспечение эффективность проводимых наблюдений на роботизированнойй обсерватории: максимальную готовность всех обсерваторий к проведению наблюдени; обеспечение максимальную продолжительности непрерывной работы сети телескопов-роботов, минимиация времени простоя системы в случае сбоя и максимально быстрое восстановление работоспособность всех узлов, обеспечить работы с большими объемами данных и обработку их в реальном времени.

Тема 18. Перспективы развития роботизированных обсерваторий.
МАСТЕР-II, МАСТЕР-III: цели,решаемые задачи, увеличение скорости обзора, глубины обзора.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоемкость	в том числе ауд. Занятий			Самостоятельная работа студентов
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Роботизированные обсерватории	3	108	36	36	36	36

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

Изучение курса «Роботизированные обсерватории» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	**Наименование раздела дисциплины**	**Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы**					**Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**
		Всего часов	**Лекции**	**Научно-практические занятия**	**Семинары**	**Самостоятельнаяработа**	
1	Что такое роботизированная обсерватория. Глобальная сеть телескопов-роботов МАСТЕР МГУ	6	**2**	**1**	**2**	**1**	Собеседование, опрос
2	Нестационарные процессы в Метагалактике	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
3	Телескопы и приемники	6	**2**	**1**	**2**	**1**	

	излучения.						
4	Роботизированный многофункциональный астрономический вычислительный комплекс.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
5	Центр оперативного контроля современного многофункционального астрономического комплекса	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
6	Базы данных роботизированной обсерватории.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
7	Получение и обработка изображений. Обработка сверхширокопольный изображений в режиме реального времени.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
8	Идентификация объектов на изображении	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
9	Интерактивные инструменты анализа движущихся и стационарных объектов.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
10	Исследование оптических транзиентов –обработка.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
11	Оптические транзиенты - исследование стационарных обнаруженных объектов.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
12	Исследование природы гамма-всплесков.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
13	Гравитационно-волновая астрономия: коллаборация МАСТЕР и LIGO/Virgo. Исследование полей ошибок гравитационно-волновых источников	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
14	Исследование полей ошибок астрофизических источников нейтрино сверхвысоких энергий.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
15	Исследование полей ошибок астрофизических источников быстрых радиовспышек.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
16	Оптические транзиенты- исследование движущихся обнаруженных объектов.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
17	Архитектура системных решений сети МАСТЕР.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
18	Перспективы развития роботизированных обсерваторий.	6	**2**	**1**	**2**	**1**	
19	Промежуточная аттестация	3	**2**	**-**	**1**	**-**	Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием

ИТОГО:	**108**	**72**	**36**	**72**	**36**	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Роботизированные обсерватории» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Роботизированные обсерватории» проводится в первом семестре в форме зачета и экзамена. Зачет в форме письменной работы, экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием по программе.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают 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 и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
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
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену

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**			
	2	**3**	**4**	**5**
ЗНАТЬ: фундаментальные законы Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике и их взаимосвязь УК-1.Б З-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике и их взаимосвязей	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальных законов Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике и их взаимосвязей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике и их взаимосвязей	Успешные и систематические знания фундаментальных законов Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике и их взаимосвязей
ЗНАТЬ: основные понятия математической обработки эксперимента Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике УК-1.Б З-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знаниеосновных понятий математической обработки эксперимента Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике	В целом успешное, но не систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий математической обработки эксперимента Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике	Успешное и систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике
ЗНАТЬ: основные математические методы, используемые при решении задач	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных математических методов, при	В целом успешное, но не систематическое применение основных математически	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание	Успешное и систематическое знание основных математических методов, при решении задач Роботизированн

Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике ОПК-1.Б З-1	решении задач Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике	х методов, при решении задач Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике	основных математическихметодов, при решении задач Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике	ых обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике
УМЕТЬ: строить теоретические модели Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , используя критически анализ данных УК-1.Б У-1	Отсутствие умения строить теоретические модели Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , используя критически анализ данных	В целом успешное, но не систематическое умение строить теоретические модели Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , используя критически анализ данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , используя критически анализ данных	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , используя критически анализ данных
УМЕТЬ: планировать и проводить экспериментальные исследования в области Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента УК-1.Б У-2	Отсутствие умения планировать и проводить экспериментальные исследования в области Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты,	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , объяснять и оценивать в рамках основных физических	Успешное и систематическое планировать и проводить экспериментальные исследования в области Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике , объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента

		полученные в процессе эксперимента	законов результаты, полученные в процессе эксперимента	
УМЕТЬ: решать типовые задачи Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике ОПК-1.Б У-1	Отсутствие умения решать типовые задачи	В целом успешное, но не систематическое умение решать типовые задачи	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые задачи	Успешное и систематическое умение решать типовые задачи
УМЕТЬ: строить математические модели явлений и процессов Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели физических явлений и процессов	В целом успешное, но не систематическое умение строить математические модели физических явлений и процессов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение строить математические модели физических явлений и процессов	Успешное и систематическое умение строить математические модели физических явлений и процессов
ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом, применяемым в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике
ВЛАДЕТЬ: методами теоретическог	Отсутствие/фрагментарное владение	В целом успешное, но не	В целом успешное, но	Успешное и систематическое владение

о исследования явлений и процессов в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике УК-1.Б В-2	методами теоретического исследования явлений и процессов в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике	систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике	содержащее отдельные пробелы владение методами теоретического исследования явлений и процессов в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике	методами теоретического исследования явлений и процессов в Роботизированных обсерваториях и взрывных процессах в Метагалактике
ВЛАДЕТЬ: навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов ОПК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	Успешное и систематическое владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов

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

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся
Задачи можно найти по адресу: http://sai.msu.ru/ao/
Пример: *Построить кривую блеска сверхъяркой Красной Новой MASTER OTJ004207.99+405501.1.*

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

Материалы промежуточной аттестации обучающихся
Вопросы к экзамену и зачету можно найти по адресу: http://sai.msu.ru/ao/
Пример: Предмет Роботизированных обсерваторий и взрывных процессов в Метагалактике . Пространство и время в механике Ньютона. Система координат и тело отсчета. Часы. Система отсчета. Эталоны длины и времени.

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

Основная литература.
1. Липунов и др. "Концепция многофункционального астрономического комплекса и динамически интегрированной базы данных в применении к многоканальным наблюдениям

глобальной сети МАСТЕР", Астрономический журнал, Том 96, № 4, с. 288-304, 2019
2. Липунов В.М. “Астрофизика нейтронных звезд”, Москва «*Русский мир*»,2015, 332с

3. Липунов В.М.“Астрофизический смысл открытия гравитационных волн”,в журнале Успехи физических наук, издательство Наука (М.), том 186, с. 1011-1022

4. Липунов В.М. “От Большого Взрыва до Великого Молчания”, , Москва, “АСТ”, 2018. 480с.
5. Зимнухов Д.С., Липунов В.М.,Горбовской Е. и др.” Глобальная Сеть Телескопов-Роботов МАСТЕР: наблюдения астероида NEA 2015 TB145 “ Астрономический журнал, Том 96, № 12, с. 1031-1044, 2019
6. Lipunov et al. 2010, Advances in Astronomy, vol. 2010, 30L

Дополнительная литература.

1. Kornilov V. “Robotic optical telescopes global network MASTER II. Equipment, structure, algorithms” Experimental Astronomy, Volume 33, Issue 1, pp.173-196
2. Липунов В.М."В мире двойных звезд", Москва, Наука, 205 с., 1986. .
3. 'The Scenario Machine: Binary Population Synthesis", Review of Astrophys. and Sp.Sci., Ed. R.A.Sunyaev, Harwood Acad. Publ., vol.17, pp.1-160, 1996
4. Липунов В.М. “Лауреаты Нобелевской премии 2017 года по физике - Р.Вайсс, Б.Бэриш, К.Торн”, в журнале Природа, издательство Наука (М.), том 2018, № 1, с. 65-73
5. Липунов В.М. “Военная тайна астрофизики” Соросовский образовательный журнал,N5,с.83-89, 1998

Интернет-ресурсы.
http://xray.sai.msu.ru/sciwork/scenario.html
http://sai.msu.ru/ao/
http://www.pereplet.ru/avtori/lipunov.html
http://master.sai.msu.ru

Материально-техническое обеспечение

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

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