

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ**

УТВЕРЖДАЮ

«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

ИНФРАКРАСНАЯ АСТРОНОМИЯ

Уровень высшего образования:

Специалитет

Специальность:

03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Общая специальность

Форма обучения:

Очная

Москва 2023

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», утвержденным приказом МГУ от 30.12.2020 г. № 1381.

Год (годы) приема на обучение_____

Авторы-составители:

1. К.ф.-м.н. Татарников Андрей Михайлович, кафедра экспериментальной астрономии физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н. профессор Расторгуев Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой экспериментальной астрономии

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Инфракрасная астрономия»

Цель изучения дисциплины – познакомить студентов с принципами работы в инфракрасном диапазоне, а также с методами обработки и калибровки инфракрасных данных.

Дисциплина реализуется на 5 курсе в 10 семестре и является дисциплиной по выбору для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет 3 з.е., в том числе 68 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 40 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю): экзамен в 10 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина по выбору

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

Освоение общих курсов «практическая астрофизика», «общая астрофизика»

(указать, если требуются, в следующей последовательности: входная компетенция или входные результаты обучения или перечень освоенных ранее дисциплин (модулей), практик)

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
		Знать: особенности наблюдений в разных поддиапазонах ИК диапазона; принципы работы приемников (с внутренним фотоэффектом, болометров, пирометров и пр.); особенности конструкций ИК телескопов (наземных и космических); свойства материалов, используемых в астрономических приборах ИК диапазона; особенности калибровки и обработки данных ИК наблюдений; методы снижения теплопритоков в криостатах ИК приборов; свойства земной атмосферы, влияющие на наблюдения в ИК диапазоне; современные и исторические ИК обзоры всего неба; современные фотометрические системы и методы редукиции в них; имеющиеся в МГУ астрономические ИК

		<p>приборы и их особенности.</p> <p>Уметь проводить вычисления потоков излучения АЧТ в разных приближениях в ИК диапазоне в различных единицах; использовать данные космических миссий, представленные в онлайн каталогах; проводить оценку величины поглощения в земной атмосфере в разных поддиапазонах ИК диапазона и возможности наблюдений в них; проводить оценку ожидаемой величины инструментального и атмосферного фона в ИК диапазоне.</p> <p>Владеть/иметь опыт: владеть методами редукции данных между разными ИК фотометрическими системами; оценивать отношение сигнал/шум при фотометрических ИК наблюдениях; методами получения информации о потоках излучения в ИК диапазоне от исследуемых объектов</p>
--	--	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе: 68 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 40 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание	Всего (ак.ч.)	В том числе		Форма текущего контроля успеваемости,
		Контактная работа	Р б у ч а ю щ	

разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)		(работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы ¹						наименование
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа			Всего		
			Семинары	Лабораторные занятия*	Практические занятия*			
Тема 1. Введение. История развития ИК астрономии. Излучение АЧТ. Небо в ИК диапазоне.	6	2	2				2	Опрос
Тема 2. История ИК астрономии 20-века. Прозрачность земной атмосферы, поглощающие агенты. Окна прозрачности.	6	2	2				2	Реферат
Тема 3. Фон неба в ИК диапазоне. Основные составляющие: заатмосферные источники излучения и земная атмосфера.	6	2	2				2	Опрос
Тема 4. Фотометрические системы ближнего и среднего ИК диапазонов.	6	2	2				2	Опрос

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

Фотометрические полосы некоторых космических проектов.								
Тема 5. Приемники ИК излучения. Классификация. Шумы приемников. Фотовольтаические детекторы. Внутренний фотоэффект. Тепловые детекторы.	6	2	2				2	Опрос
Тема 6. Свойства материалов в ИК диапазоне: пропускание, отражение, рассеяние. Оптические элементы ИК приборов. Лабораторные и калибровочные источники излучения.	6	2	2				2	Опрос
Тема 7. Наземный ИК телескоп: особенности конструкции. Требования к месту размещения ИК телескопа.	6	2	2				2	Контрольная работа
Тема 8. Классические ИК фотометры. Криостаты. Принципы работы на примере одноэлементного охлаждаемого ИК-фотометра ГАИШ на диапазон 1-5 мкм.	6	2	2				2	Опрос
Тема 9. Современные камеры ближнего ИК-диапазона. ИК-камера КГО ГАИШ ASTRONIRCAM.	6	2	2				2	Опрос

Тема 10. Основные типы ИК приемной аппаратуры современных специализированных обсерваторий.	6	2	2				2	Опрос
Тема 11. Наземные ИК обзоры (2MASS, DENIS, UKIRT и др.). Фотометрические системы, полнота, точность	6	2	2				2	Опрос
Тема 12. Космические ИК обзоры и Обсерватории. Принципы работы космических обзорных проектов в ИК диапазоне.	6	2	2				2	Реферат
Тема 13. Принципы редукции ИК наземных наблюдений: фотометрия и спектроскопия.	6	2	2				2	Опрос
Тема 14. Принципы редукции ИК наземных наблюдений: фотометрия и спектроскопия.	6	2	2				2	Опрос
Тема 15. Использование данных, полученных в ИК диапазоне: исследование молодых звезд, околозвездные пылевые оболочки, метод IRFM, LIRGs.	8	2	2				4	Опрос
Тема 16. Перспективы развития наземной и космической ИК астрономии. Планируемые к	12	4	4				4	Контрольная работа

реализации космические и наземные проекты.								
Промежуточная аттестация: экзамен (указывается форма проведения)							4²	
Итого	108	34	34				40	

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

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

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Примеры вопросов устного опроса:

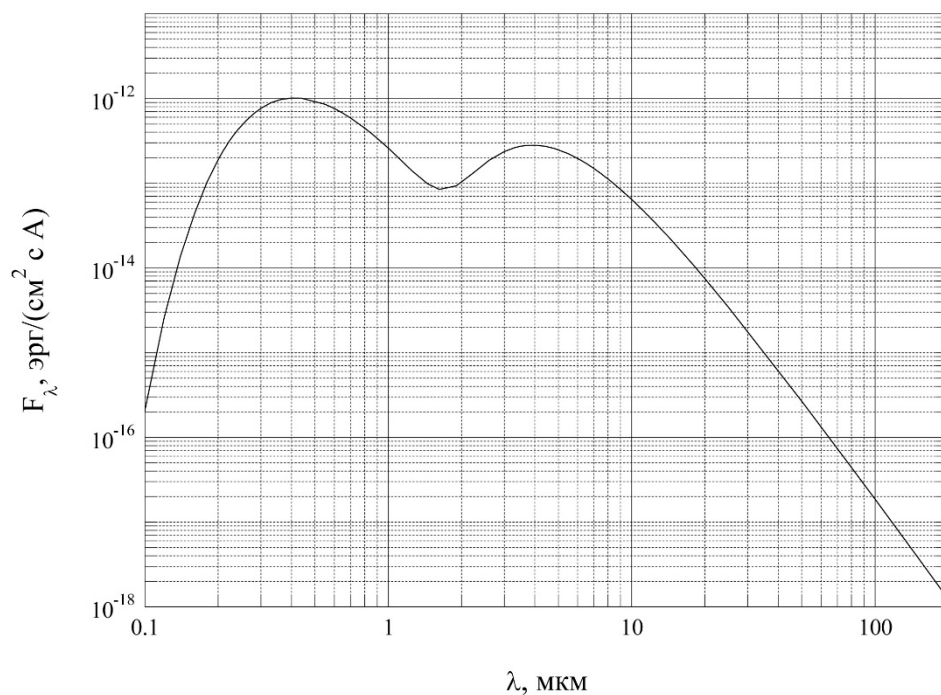
- Какие материалы используются для изготовления зеркал космических ИК телескопов?
- В чем отличается выигрыш при выносе ИК телескопа на орбиту по сравнению с оптическим?
- От каких параметров зависит яркость фона неба?
- Что такое зодиакальный свет? Какую форму имеет его спектр?
- Где проходят границы поддиапазонов инфракрасного диапазона шкалы электромагнитных колебаний?

Примеры тем рефератов:

- История развития приемников ИК излучения
- Первый массовый обзор всего неба в ИК диапазоне
- 2MASS – наиболее используемый обзор всего неба в ближнем ИК
- UKIRT – современный глубокий обзор неба в ИК диапазоне

Примеры задач контрольных работ:

- Вычислите во сколько раз отличаются потоки от абсолютно-черных тел с температурой $T_{\text{eff}}=300\text{K}$ и $T_{\text{eff}}=77\text{K}$ на длине волны 2 мкм .
- Вычислите во сколько раз отличаются потоки от абсолютно-черного тела с температурой $T_{\text{eff}}=1000\text{K}$ в диапазонах полос J и K. Центральные длины волн 1.25 мкм и 2.2 мкм , полуширины 0.16 мкм и 0.34 мкм , соответственно.
- Ширина запрещенной зоны некоторого полупроводника равна $\Delta E=0.1\text{ эВ}$. Чему равна красная граница полосы чувствительности детектора, изготовленного на его основе? До какой температуры его требуется охлаждать? Почему?
- Запишите выражение для постоянной времени болометра через теплоемкость его чувствительного элемента. Какие меры требуется предпринимать для повышения скорости реакции прибора?
- Пользуясь каталогом обзора 2MASS, определите показатель цвета $J-K$ звезды V354 Lac. Во сколько раз эта звезда ярче звезды 2MASS J17002358+3816387 в полосе H?
- На графике представлено распределение энергии в спектре одной из звезд, окружённой пылевой оболочкой. Известно, что оболочка состоит из чернотельных пылинок, она сферически симметричная и геометрически тонкая (т.е. её толщиной можно пренебречь по сравнению с радиусом). Параллакс звезды $0,002''$. Определите радиус центральной звезды, если известно, что её эффективная температура 7000K . Чему равна температура пылинок и оптическая толщина пылевой оболочки в видимом диапазоне длин волн?



Промежуточная аттестация (экзамен)

Примеры вопросов:

- Типы инфракрасных астрономических приемников
- Принцип работы болометра
- Полупроводниковые инфракрасные детекторы. Зависимость рабочей спектральной полосы от ширины запрещенной зоны.
- Способы охлаждения инфракрасных детекторов, приборов и телескопов
- Методы получения наземных инфракрасных обзоров
- Методы получения космических инфракрасных обзоров
- Космический инфракрасный телескоп IRAS: конструкция, принцип работы, калибровка и редукция данных

Примеры задач:

- Вычислите во сколько раз отличаются болометрические потоки от абсолютно-черных тел с температурами $T_{\text{eff}}=300\text{K}$ и $T_{\text{eff}}=77\text{K}$
- Переведите величину измеренную ИК телескопом плотность потока $F_{\nu}=30\text{mJy}$ на длине волны 10 мкм в единицы $[F_{\lambda}=\text{erg}/\text{cm}^2/\text{с}/\text{\AA}]$
- Используя таблицу с потоками от звезды 0^{m} спектрального класса A0V, получите потоки в полосах JHK от звезды с блеском $J=12^{\text{m}}$, $H=11^{\text{m}}$, $K=9.75^{\text{m}}$.

В настоящем разделе приводятся:

- примеры типовых заданий и иных материалов с учетом указанных в таблице п.5 наименований форм текущего контроля успеваемости, например, образцы вопросов (заданий) устного опроса и домашних заданий, контрольных работ, коллоквиумов, темы докладов, рефератов итп.;
- типовые вопросы, задания итп. для проведения промежуточной аттестации (зачета и (или) экзамена).

6.2. Шкала и критерии оценивания

(шкала и критерии оценивания могут быть типовыми для всех дисциплин (модулей), входящих в ОПОП ВО)

7. Ресурсное обеспечение

• Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

- А. Белинский, С. Потанин, А. Татарников и др “Многоканальная астрономия”. Москва, “ДМК Пресс”. 2022.
- А. Э. Наджип, А. М. Татарников, Д. У. Туми, Н. И. Шатский, А. М. Черепашук, С. А. Ламзин, А. А. Белинский. Astronircam - инфракрасная камера-спектрограф 2.5-м телескопа КГО ГАИШ. Астрофизический бюллетень. Астрофизический бюллетень, 72(3):382–398, 2017.
- С. Г. Желтоухов, А. М. Татарников, Н. И. Шатский. Спектральный режим камеры ASTRONIRCAM. Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика, 46(3):201–211, 2020.
- Г. Уокер «Астрономические наблюдения». пер. с англ. под редакцией П.В.Щеглова. Москва, «Мир», 1990.
- Сборник «Василий Иванович Мороз. Победы и поражения». Ред. В.С.Корниленко. Москва, 2014.
- I.S.Glass “Handbook of Infrared Astronomy”. Cambridge University Press. 1999

• Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения *(приводится при необходимости)*

• Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем *(приводится при необходимости)*

• Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

• Описание материально-технической базы _____ *(приводится при необходимости)*

8. Язык преподавания: русский (отдельно укажите, если дисциплина может быть реализована на иностранном языке).