

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

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА Небесной механики, астрометрии и гравиметрии

УТВЕРЖДАЮ

«__» _____ / /
20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ

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. Д.ф.-м.н. Сажина Ольга Сергеевна, кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

1. Д.ф.-м.н. профессор Жаров Владимир Евгеньевич, заведующий кафедрой небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Дисциплина «Математическая обработка наблюдений» является частью общего курса физики. Читается студентам астрономического отделения первого курса физического факультета МГУ им. Ломоносова. На лекциях студенты получают знания методов математической статистики, необходимые для первичной обработки наблюдательных и экспериментальных данных различной природы. Особое внимание уделяется линейной и полиномиальной регрессии для аппроксимации данных непрерывными функциями. На лекциях разбирается большое количество примеров, преимущественно из астрономии, а также дается дополнительный материал из смежных областей: теории вероятностей, комбинаторики.

Дисциплина реализуется на 1 курсе в 1 семестре и является обязательной для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 54 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 18 академических часа, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – зачет в 1 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

(относится к базовой или вариативной части, является обязательной для освоения или дисциплиной по выбору, является факультативом)

Дисциплина «Математическая обработка наблюдений» реализуется на 1-ом курсе в 1-ом семестре и является составной частью модуля «Астрономия» профессионального блока базовой части.

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

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

Отсутствуют.

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
		<p>Знать: основные понятия и методы теории вероятностей, комбинаторики, математической статистики, основные приемы и способы математической обработки наблюдательных данных и интерпретации полученных результатов, основные математические методы, используемые при решении практических задач обработки данных.</p> <p>Уметь: проводить предварительную подготовку к обработке и первичную обработку наблюдательных данных, находить характеристики, вычислять параметры и строить математические модели наблюдаемых статистических данных, решать типовые задачи теории вероятности, комбинаторики,</p>

		<p>математической статистики, строить математические модели явлений и процессов по исходным наблюдательным данным</p> <p>Владеть/Иметь опыт: математическим аппаратом, применяемым в математической статистике, навыками интерпретации полученных статистических результатов.</p>
--	--	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 54 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 18 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя:

занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях, обучающимся), и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях (в том числе индивидуальные консультации);...

В конце данного пункта следует отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)

Занятия лекционного типа и занятия семинарского типа. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии не используются.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак.ч.)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Форма текущего контроля успеваемости, наименование
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы ¹						
		Занятия лекционного типа (лекций)	Занятия семинарского типа			Всего		
Семинары	Лабораторные занятия*		Практические занятия*					
Тема 1 О методах и проблемах математической обработки данных и наблюдений. Погрешности (прямая и обратная задача; точная ошибка приближенного числа, предельная абсолютная погрешность, предельная относительная погрешность,	3	2					1	

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

погрешности простейших элементарных функций). Действия с приближенными числами (сложение, вычитание близких чисел, умножение, деление, оценка ошибки функции приближенных аргументов). Ошибки измерений (общее понятие систематических, случайных, личных и грубых ошибок).								
Тема 2 <i>Элементы теории вероятностей.</i> Основные понятия и определения: опыт, событие, вероятность, независимые события. Основные формулы комбинаторики. Сумма вероятностей. Умножение вероятностей. Геометрическая вероятность. Условная вероятность. Полная вероятность. Формула Байеса. Повторы испытаний. Примеры.	5	4					1	

Тема 3 Способы представления закона распределения случайной величины. Дискретная и непрерывная случайная величина. Генеральная совокупность и выборка. Закон распределения случайной величины (ряд распределения, функция распределения, плотность вероятности). Представления статистических данных (простой и вариационный ряд распределения, размах выборки, эмпирическая функция распределения, полигон частот, гистограмма, кумулята). Примеры.	5	4					1	
Тема 4 Основные характеристики случайной величины. Математическое ожидание (определение и свойства). Среднеквадратическое	7	4	2				1	

отклонение и дисперсия (определение и свойства). Ковариация. Меры положения и рассеяния. Сумма случайных величин. Функции от случайных величин (распределение вероятности для функции случайных величин).								
Тема 5 Основные виды распределения случайной величины. Специальные распределения случайных величин (биномиальное, распределение Пуассона (понятие пуассонового потока), нормальное, геометрическое, показательное, равномерное). Центральная предельная теорема. Правило «трех сигма». Распределения, отличные от нормального.	5	3	1				1	Контрольная работа

Тема 6 Точечные и интервальные оценки. Оценки математического ожидания выборки при известной и неизвестной дисперсиях (распределение хи-квадрат, t-распределение Стьюдента). Квантили и уровни значимости. Доверительные интервалы. Метод максимального правдоподобия (ММП). Метод наименьших квадратов (МНК). Сравнение средних и дисперсий двух выборок нормальной генеральной совокупности (t-распределение Стьюдента, F-распределение Фишера).	7	4	2				1	
Тема 7 Условные и нормальные уравнения. Понятие о равнооточных и неравнооточных измерениях. Принцип	7	4	2				1	

Лежандра и метод наименьших квадратов (МНК). Обобщенный принцип Лежандра и взвешенный МНК. Примеры.								
Тема 8 <i>Линеаризация условных уравнений</i> (замена неизвестных, общий метод последовательных приближений). Представление результата решения условных уравнений. Примеры.	5	3	1				1	
Тема 9 <i>Дисперсионный анализ</i> . О методах исследования связей между случайными величинами. Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ. Примеры.	5	3	1				1	
Тема 10 <i>Корреляционный анализ</i> . Оценка коэффициента корреляции. Исследование значимости корреляции. Понятие частной и	6	3	1				2	

множественной корреляции. Примеры.								
Тема 11 <i>Регрессионный анализ.</i> Постановка задачи регрессионного анализа. Полиномиальная регрессия. Применение МНК и ММП для оценки неизвестных параметров. Ортогональные полиномы.	8	4	2				2	
Тема 12 <i>Исследование вида распределения</i> (критерий хи-квадрат, критерий Колмогорова). Примеры. Непараметрические критерии. Примеры.	6	3	1				2	Контрольная работа
Промежуточная аттестация: зачет <i>(указывается форма проведения)</i>	3						3²	
Итого	72						18	

*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:

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).*

Примеры задач с разбором можно найти по адресу:

https://www.sai.msu.ru/ao/speccourses/posobiya/Sazhina_MON2023.pdf

Типовая контрольная работа:

Вариант 1:

1. Центральная предельная теорема (формулировка, доказательство, применение).
2. Построить функцию распределения случайной величины по заданной таблице распределения случайной величины

Вариант 2:

1. Математическое ожидание. Свойства математического ожидания.
2. Построить гистограмму данной выборки.

Вариант 3:

1. Дисперсия. Свойства дисперсии.
2. Пусть производятся два независимых опыта, в каждом из которых событие А появляется с вероятностью p . Построить закон распределения случайной величины X — числа появлений события А для заданного p .

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Темы к зачету определяются содержанием учебно-методического пособия, которое можно найти по адресу: https://www.sai.msu.ru/ao/speccourses/posobiya/Sazhina_MON2023.pdf

Пример билетов промежуточной аттестации:

Билет 1:

1. Сравнить распределения двух заданных выборок.
2. Размещение с повторением.
3. Определить регрессионную модель для таблично заданных данных (таблица распределения прилагается)

Билет 2:

1. Нормальное распределение. Правило «3 сигма».
2. Коэффициент корреляции
3. Определить точечную и интервальную оценки для параметров линейной регрессионной модели.

Билет 3:

1. Система нормальных уравнений. Остаточная дисперсия.
2. Сравнить математические ожидания и дисперсии двух выборок.
3. Доказать, что заданная функция не может являться плотностью распределения некоторой случайной величины.

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

Основная литература.

1. Б.М. ЩигOLEV. Математическая обработка наблюдений. Москва: Физматгиз. 1969. 344 с.
2. В.Б. Монсик, А.А. Скрынников. Вероятность и статистика. Бином. Лаборатория знаний. 2011. 384 с.
3. К. Мардиа. Статистический анализ угловых наблюдений. Москва: Наука. 1978. 242 с.
4. Т.А. Агекян. Основы теории ошибок для астрономов и физиков. Москва: Наука. 1972. 172 с.
5. Е.С. Кочетков, А.В. Осокин. Случайные события. Витапресс. Графикс. 1995. 75 с.
6. L. Wasserman. All of Statistics. A Concise Course in Statistical Inference. Springer. 2004. 736 с.
7. Д. Худсон. Статистика для физиков. Москва: Мир. 1970. 295 с.
8. А.И. Кобзарь. Прикладная математическая статистика. Москва: Физматлит. 2006. 816 с.
9. Б.Л. ван дер Варден. Математическая статистика. Москва: Изд. Иностр. лит. 1960. 435 с.
10. В.А. Ильин, Э.Г. Позняк. Линейная алгебра. Москва: Физматлит. 2014. 208 с.
11. Дж. Деммель. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения. Москва. 2001. 435 с.
12. Сборник задач по математике для ВТУЗов. под. ред. А.В. Ефимова и А.С. Поспелова. Часть 4. Москва: Физматлит. 2003. 432 с.
13. Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалов. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. Москва. 1967. 368 с.
14. O.S. Sazhina et al. Optical analysis of a CMB cosmic string candidate. arXiv:1902.08156 MNRAS 485 2, p. 1876. 2019.

Дополнительная литература.

1. В.С. Пугачёв. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Наука. 1979.
2. В.С. Пугачёв. Введение в теорию вероятностей. Москва: Наука. 1968.
3. Б.В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. Москва: Наука. 1988.

4. Ю.В. Линник. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. Москва: Физматлит. 1962.
5. А.Н. Колмогоров. Основные понятия теории вероятностей. Москва: Наука. 1974.
6. Е.С. Вентцель. Теория вероятностей. Москва: Наука. 1969.
7. Г. Крамер. Математические методы статистики. Москва: Наука. 1975.
8. В. Феллер. Введение в теорию вероятностей и ее приложений. в 2-х т. Москва: Мир. 1984.
9. М. Лоэв. Теория вероятностей. Москва: Изд. Иностр. лит. 1962.
10. Н. Дрейпер, Г. Смит. Прикладной регрессионный анализ. Диалектика. 2016.
11. А.И. Кострикин. Введение в алгебру. Часть II. Линейная алгебра. Москва: Наука. 2000.
12. И.М. Гельфанд. Лекции по линейной алгебре. Москва: Наука. 1971.
13. Ф.Р. Гантмахер. Теория матриц. Москва: Физматлит. 2010.
14. Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. Численные методы. Москва: Бином. 2020.
15. Н.Н. Калиткин. Численные методы. СПб, БХВ-Петербург. 2011.

- 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»

https://www.sai.msu.ru/ao/speccourses/posobiya/Sazhina_MON2023.pdf

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

8. Язык преподавания: русский (отдельно укажите, если дисциплина может быть реализована на иностранном языке). Дисциплина может быть реализована автором на английском, итальянском, китайском языках.