

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ, АСТРОМЕТРИИ И ГРАВИМЕТРИИ

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
МГУ

_____ / Н.Н. Сысоев /

«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ

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:

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

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н. профессор Жаров Владимир Евгеньевич

**Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Математическая обработка наблюдений»**

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.

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 «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

Отсутствуют.

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: основные понятия и методы теории вероятностей, комбинаторики, математической статистики</p> <p>З-2 Знать: основные приемы и способы математической обработки наблюдательных данных и интерпретации полученных результатов</p> <p>У-1 Уметь: проводить предварительную подготовку к обработке и первичную обработку наблюдательных данных</p> <p>У-2 Уметь: находить характеристики, вычислять параметры и строить математические модели наблюдаемых статистических данных</p> <p>В-1 Владеть: математическим аппаратом, применяемым в математической статистике</p>
ОПК-1.Б	<p>З-1 Знать: основные математические методы, используемые при решении практических задач обработки данных</p> <p>У-1 Уметь: решать типовые задачи теории вероятности, комбинаторики, математической статистики</p> <p>У-2 Уметь: строить математические модели явлений и процессов по исходным наблюдательным данным</p> <p>В-1 Владеть: навыками интерпретации полученных статистических результатов</p>

4. Форма обучения: очная.

5. Язык обучения: русский.

6. Содержание дисциплины

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, 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. Элементы теории вероятностей. 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.

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.

Тема 4. Основные характеристики случайной величины. Математическое ожидание (определение и свойства). Среднеквадратическое 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.

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).

Тема 7. Условные и нормальные уравнения. Понятие о равноточных и неравноточных измерениях. Принцип Лежандра и метод наименьших квадратов (МНК). Обобщенный принцип Лежандра и взвешенный МНК. Примеры.

Тема 8. Линеаризация условных уравнений (замена неизвестных, общий метод последовательных приближений). Представление результата решения условных уравнений. Примеры.

Тема 9. Дисперсионный анализ. О методах исследования связей между случайными величинами. Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ. Примеры.

Тема 10. Корреляционный анализ. Оценка коэффициента корреляции. Исследование значимости корреляции. Понятие частной и множественной корреляции. Примеры.

Тема 11. Регрессионный анализ. Постановка задачи регрессионного анализа. Полиномиальная регрессия. Применение МНК и ММП для оценки неизвестных параметров. Ортогональные полиномы.

Тема 12. Исследование вида распределения (критерий хи-квадрат, критерий Колмогорова). Примеры.

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	
Математическая обработка наблюдений	2	72	36	36	0	36

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

Изучение курса «Математическая обработка наблюдений» включает в себя лекции, на которых рассматривается как теоретическое, так и практическое содержание курса, включая решение прикладных задач по обработке данных; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным занятиям. 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	Самостоятельная работа	
1	О методах и проблемах математической обработки данных и наблюдений	5	3	-	-	3	Собеседование, опрос
2	Элементы теории вероятностей	5	3	-	-	3	
3	Способы представления закона распределения случайной величины	6	3	-	-	3	
4	Основные характеристики случайной величины	6	3	-	-	3	

5	Основные виды распределения случайной величины	6	3	-	-	3	
6	Точечные и интервальные оценки	6	3	-	-	3	
7	Условные и нормальные уравнения	6	3	-	-	3	
8	Линеаризация условных уравнений	5	3	-	-	3	
9	Дисперсионный анализ	5	3	-	-	3	
10	Корреляционный анализ	6	3	-	-	3	
11	Регрессионный анализ	6	3	-	-	3	
12	Исследование вида распределения	5	3	-	-	3	
	Промежуточная аттестация	5					Зачет в форме письменной работы с последующим собеседованием
ИТОГО:		72	36	-	-	36	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Математическая обработка наблюдений» осуществляется на лекциях 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 «Математическая обработка наблюдений» проводится в первом семестре в форме зачета. Зачет в форме письменной работы с последующим собеседованием по программе.

Результаты сдачи зачета оцениваются по шкале «зачет», «незачет». Позиция «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 и качества знаний, усвоенных обучающимися	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины

	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
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 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: основные понятия и методы теории вероятностей, комбинаторики, математической статистики УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний основных понятий и методов теории вероятностей, комбинаторики, математической статистики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных понятий и методов теории вероятностей, комбинаторики, математической статистики
ЗНАТЬ: основные приемы и способы математической обработки наблюдательных данных и интерпретации полученных результатов УК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных приемов и способов математической обработки наблюдательных данных и интерпретации полученных результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных приемов и способов математической обработки наблюдательных данных и интерпретации полученных результатов
ЗНАТЬ:		

основные математические методы, используемые при решении практических задач обработки данных ОПК-1.Б З-1	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных математических методов, при решении практических задач обработки данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных математических методов, при решении практических задач обработки данных
УМЕТЬ: проводить предварительную подготовку к обработке и первичную обработку наблюдательных данных УК-1.Б У-1	Отсутствие умения проводить предварительную подготовку к обработке и первичную обработку наблюдательных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проводить предварительную подготовку к обработке и первичную обработку наблюдательных данных
УМЕТЬ: находить характеристики, вычислять параметры и строить математические модели наблюдаемых статистических данных УК-1.Б У-2	Отсутствие умения находить характеристики, вычислять параметры и строить математические модели наблюдаемых статистических данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение находить характеристики, вычислять параметры и строить математические модели наблюдаемых статистических данных
УМЕТЬ: решать типовые задачи теории вероятности, комбинаторики, математической статистики ОПК-1.Б У-1	Отсутствие умения решать типовые задачи	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые задачи
УМЕТЬ: строить математические модели явлений и процессов по исходным наблюдательным данным ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели физических явлений и процессов по исходным наблюдательным данным	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение строить математические модели физических явлений и процессов по исходным наблюдательным данным
ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом, применяемым в математической	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом, математическим

статистике УК-1.Б В-1	математической статистике	аппаратом, применяемым в математической статистике
ВЛАДЕТЬ: навыками интерпретации полученных статистических результатов ОПК- 1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение навыками интерпретации полученных статистических результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками интерпретации полученных статистических результатов

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

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Примеры задач с разбором можно найти по адресу:

http://www.sai.msu.ru/ao/speccourses/posobiya/SazhinaOS_MON-2020.pdf

Пример: Рассмотрим пример построения ряда распределения случайной величины. Пусть производятся два независимых опыта, в каждом из которых событие A появляется с вероятностью $p=0.60$. Построить закон распределения случайной величины X — числа появлений события A .

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

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Темы к зачету определяются содержанием учебно-методического пособия, которое можно найти по адресу: http://www.sai.msu.ru/ao/speccourses/posobiya/SazhinaOS_MON-2020.pdf

Пример: Математическое ожидание. Свойства математического ожидания.

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

Основная литература.

1. Б.М. Щиголев. 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. Лозэ. 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.

Интернет-ресурсы.

1. http://www.sai.msu.ru/ao/speccourses/posobiya/SazhinaOS_MON-2020.pdf

Материально-техническое обеспечение

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

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: учебной магнитной доски и маркера (синего или черного) или учебной доски и мела.