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:

ТЕОРИЯ ФИЛЬТРАЦИИ И ОБРАБОТКА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

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. к.ф.-м.н., Зотов Леонид Валентинович, кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой
Д.ф.-м.н. Жаров Владимир Евгеньевич

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Теория фильтрации и обработка временных рядов»

Рассматриваются методы анализа и обработки сигналов и математическая теория фильтрации. Даются основы классического спектрального анализа, вейвлет-анализа, сингулярного спектрального анализа. Приводятся характеристики линейных фильтров, основы винеровской и калмановской фильтрации. Внимание уделено также нейронным сетям и роли фильтрации в решении обратных задач.

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 «Управление динамическими объектами Механика» реализуется на 6-ом курсе в 1-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной 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	***З-1 Знать:*** основные характеристики фильтров ***З-2 Знать:*** методы линейной фильтрации ***У-1 Уметь:*** строить теоретические модели, используя критический анализ данных ***У-2 Уметь:*** планировать и проводить анализ данных и фильтрацию в среде Matlab ***В-1 Владеть:*** математическим аппаратом построения нейронных сетей и решения обратных задач ***В-2 Владеть: методами*** работы с математическими моделями фильтров
ОПК-1.Б	***З-1 Знать:*** основные математические методы, используемые при решении задач фильтрации ***У-1Уметь:*** решать типовые задачи фильтрации ***У-2Уметь:*** строить математические модели сигналов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои методы фильтрации ***В-1 Владеть:*** навыками построения оптимальных фильтров

2. Форма обучения: очная.

3. Язык обучения: русский.

4. Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия курса.

Сигналы и процессы, линейная фильтрация, временные ряды. Детерминированные и стохастические процессы.

Тема 2. Фурье-анализ

Фурье-анализ. Ряд и преобразование Фурье, Принцип неопределенностей. ДПФ, теорема Котельникова-Шеннона.

Тема 3. Понятия из теории случайных процессов.

Случайные процессы. Автокорреляционная функция. СПМ. Метод Блэкмана-Тьюки

Тема 4. Вейвлет-анализ.

Вейвлет-анализ. Оконное преобразование. Дискретное вейвлет-преобразование. Каскады линейных фильтров.

*Тема 5.*Сингулярный спектральный анализ.

Разделимость сингулярных чисел. Алгоритм ССА. МССА.

Тема 6. Линейные фильтры и дифференциальные уравнения

Общее решение системы дифференциальных уравнений. Характеристики линейных фильтров. Динамическая система как фильтр. Дискретные фильтры.

Тема 7. Фильтрация Винера-Колмогорова.

Уравнение Винера-Хинчина. Формирующий фильтр. Метод Боде-Шеннона.

Тема 8. Фильтрация Калмана-Бьюсси. Непрерывный случай.

Тема 9. Дискретный фильтр Калмана.

Алгоритм фильтра Калмана. Нелинейный фильтр Калмана.

Тема 10. Нейронные сети.

Персептрон. Теорема об аппроксимации, обучение НС. Метод обратного распространения ошибки. Прочие виды НС.

Тема 11. Методы оптимизации.

Детерминированные и стохастические методы оптимизации, 1-го и 2-го порядков, с регуляризацией и без. Популяционные алгоритмы.

Тема 12. Фильтрация в решении обратных задач.

Постановки обратных задач и их свойства. Метод псевдообращения Мура-Пенроуза, корректирующая фильтрация Пантелеева, регуляризация Тихонова.

.

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	
Теория фильтрации и обработка временных рядов	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 «Управление динамическими объектами» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и занятиям и контрольным работам. 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	Основные понятия курса	5	3	-	-	2	Решение задач, контрольные работы
2	Фурье-анализ	5	3	-	-	2	
3	Понятия из теории случайных процессов	6	3	-	-	3	
4	Вейвлет-анализ	6	3	-	-	3	
5	Сингулярный спектральный анализ.	6	3	-	-	3	
6	Линейные фильтры и дифференциальные уравнения	6	3	-	-	3	
7	Фильтрация Винера-Колмогорова	6	3	-	-	3	
8	Наблюдения и наблюдаемость	6	3	-	-	3	

9	Дискретный фильтр Калмана	**6**	**3**	**-**	**-**	**3**	
10	Нейронные сети	**6**	**3**	**-**	**-**	**3**	
11	Методы оптимизации	**6**	**3**	**-**	**-**	**3**	
12	Фильтрация в решении обратных задач.	**6**	**3**	**-**	**-**	**3**	
	Промежуточная аттестация	**2**	**-**	**-**	**-**	**2**	Зачет в форме письменной работы с последующим собеседованием
ИТОГО:		**72**	**36**	**-**	**0**	**36**	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Преподаватель оценивает работу студентов на занятиях: активность студентов в работе на лекциях, в дискуссиях, правильность решения задач на практических занятиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий; оценивается широта используемых теоретических знаний, посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится во втором семестре в форме теста с оценкой, 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		
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 студента по изученной теме.	Образцы тестов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная контрольная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о пройденном материале.	Примеры заданий
Домашняя работа	Средство, позволяющее получить оценку знаний, умений и навыков по пройденному материалу	Примеры заданий

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	**Критерии оценивания результатов обучения**			
	незачет	**зачет**		
ЗНАТЬ: основные характеристики фильтров УК-1.Б З-1	Отсутствие знаний основных характеристик фильтров	В целом успешные, но не систематические знания основных характеристик фильтров	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных характеристик фильтров	Успешные и систематические знания основных характеристик фильтров
ЗНАТЬ: методы линейной фильтрации УК-1.Б З-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание методов линейной фильтрации	В целом успешное, но не систематическое знание методов линейной фильтрации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание методов линейной фильтрации	Успешное и систематическое знание основных методов линейной фильтрации
ЗНАТЬ: основные математические методы, используемые при решении задач фильтрации ОПК-1.Б З-1	Отсутствие/фрагментарное владение основными математическими методами, используемыми при решении задач фильтрации	В целом успешное, но не систематическое владение основными математическими методами, используемым и при решении задач фильтрации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными математическими методами, используемым и при решении	Успешное и систематическое владение основными математическим и методами, используемыми при решении задач фильтрации

			задач фильтрации	
УМЕТЬ: строить строить теоретические модели, используя критически анализ данных УК-1.Б У-1	Отсутствие умения строить теоретические модели, используя критически анализ данных	В целом успешное, но не систематическое умение строить теоретические модели, используя критически анализ данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели, используя критически анализ данных	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели, используя критически анализ данных
УМЕТЬ: планировать и проводить анализ данных и фильтрацию в среде Matlab УК-1.Б У-2	Отсутствие умения планировать и проводить анализ данных и фильтрацию в среде Matlab	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и проводить анализ данных и фильтрацию в среде Matlab	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить анализ данных и фильтрацию в среде Matlab	Успешное и систематическое планировать и проводить анализ данных и фильтрацию в среде Matlab
УМЕТЬ: решать типовые задачи фильтрации ОПК-1.Б У-1	Отсутствие умения решать типовые задачи фильтрации	В целом успешное, но не систематическое умение решать типовые задачи фильтрации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые задачи фильтрации	Успешное и систематическое умение решать типовые задачи фильтрации
УМЕТЬ: строить математические модели сигналов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои методы фильтрации ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели сигналов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои методы фильтрации	В целом успешное, но не систематическое умение строить математические модели сигналов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои методы фильтрации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение строить математические модели сигналов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои методы фильтрации	Успешное и систематическое умение строить математические модели сигналов адаптировать имеющиеся и разрабатывать свои методы фильтрации

ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом построения нейронных сетей и решения обратных задач УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом построения нейронных сетей и решения обратных задач	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом построения нейронных сетей и решения обратных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом построения нейронных сетей и решения обратных задач	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом построения нейронных сетей и решения обратных задач
ВЛАДЕТЬ: методами работы с математическими моделями фильтров УК-1.Б В-2	Отсутствие/фрагментарное владение методами работы с математическими моделями фильтров	В целом успешное, но не систематическое владение методами работы с математическими моделями фильтров	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методами работы с математическими моделями фильтров	Успешное и систематическое владение методами работы с математическим и моделями фильтров
ВЛАДЕТЬ: навыками построения оптимальных фильтров ОПК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение навыками построения оптимальных фильтров	В целом успешное, но не систематическое владение навыками построения оптимальных фильтров	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками построения оптимальных фильтров	Успешное и систематическое владение навыками построения оптимальных фильтров

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

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Задачи можно найти по адресу: http://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/lecture/filtr/index.htm
Примеры: *Построить передаточную ф-ию фильтра Пантелеева, выделить им низкочастотную составляющую сигнала. Выполнить Фурье-анализ сигнала в окне и др.*

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://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/lecture/filtr/index.htm

Пример: Передаточные функции. Характеристики динамической системы. Формирующий фильтра, Алгоритм ССА, фильтра Калмана.

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

Основная литература.

1 Л.В. Зотов, Теория фильтрации и обработка временных рядов, Издательство Физ. ф-т МГУ, 2010.
2 Зельдович Я.Б. Мышкис А.Д Элементы прикладной математики, Издательство Наука, М, 1967
3 L. Zotov, V.L. Panteleev Filtering and inverse problems solving, in Computational Methods for Applied Inverse Problems Edited by Y. F. Wang, A. G. Yagola and C. C. Yang, De Gruyter & Higher Education Press, June 2012, Pages 169-194
4 Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М., Мир, 1990
5 Губанов В.С. Обобщенный метод наименьших квадратов, Издательство Наука, СПб, 1967
6 Пантелеев В.Л., Левицкая З.Н., Чеснокова Т.С., Логинов А.В. Моделирование возмущающих ускорений опоры при гравиметрических исследованиях на море. Вестник Московского университета Серия 3. Физика. Астрономия. N 3, 2003
7 Ghil~M., R.M. Allen, M.D. Dettinger et al, Advanced spectral methods for climatic time series,Rev. Geophys. 40(1), 3.1-3.41,(2002),.

Интернет-ресурсы.
http://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/lecture/filtr/index.htm

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: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.