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:

Космические навигационные системы

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, Жаров Владимир Евгеньевич
   кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ
2. Логинов Александр Васильевич (вед.прогр. лаборатории гравиметрии ГАИШ МГУ)

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

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Космические навигационные системы»

Главной задачей курса является объяснение теоретических и физико-технических основ глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), современных методов позиционирования с целью определения координат объектов, а также методов сбора, систематизации, обработки и интерпретации пространственно-временной информации для решения задач астрометрии, геодинамики и гравиметрии.

В курсе излагаются принципы построения систем GPS и ГЛОНАСС, дается описание системных характеристик, подсистем космических аппаратов, наземного контроля и управления и навигационной аппаратуры пользователей. Дается описание пакетов обработки Bernese, Gamit. На семинарских занятиях студенты используют пакет Bernese для решения практических 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 «Космические навигационные системы» реализуется на 6-ом курсе в 11-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части.

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

Курсы «Небесная механика», «Радиофизика», «Методы определения орбит», «Практическая небесная механика»

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:*** базовые астрономические и физико-математические теории и применять их при обработке наблюдений, ***З-2 Знать:*** методы определения векторов положений и скоростей небесных тел из наблюдений, ***У-1Уметь:*** организовывать, проводить и обрабатывать данные с приемников сигналов ГНСС с целью определения орбит спутников ГНСС, координат пунктов поправок часов; ***У-2Уметь:*** оценивать результаты, полученные в процессе наблюдений ГНСС; ***В-1 Владеть:*** математическим аппаратом, применяемым в небесной механике и астрометрии; ***В-2 Владеть:*** навыками самостоятельной работы
ОПК-1.Б	***З-1 Знать:*** методы определения координат на Земле и в космосе ***У-1Уметь:*** решать типовые задачи небесной механики ***В-1 Владеть:*** навыками обработки результатов астрометрических наблюдений

3. Форма обучения: очная.

4. Язык обучения: русский.

5. Содержание дисциплины

Тема 1. **История развития радионавигации**
Излагается история развития радионавигации, дается определение измеряемых параметров, описываются основные методы позиционирования (дальномерный, псевдодальномерный, разностно-дальномерные методы), а также приводится терминология, применяемая в глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).
Тема 2. **Общие принципы функционирования ГНСС**
Рассматриваются общие принципы функционирования ГНСС и функциональный состав ГНСС: космический сегмент, сегмент наземного контроля и управления и сегмент

пользователей, определяются системы отсчета времени, системы координат, используемые в ГНСС, а также методы их преобразования.

Тема 3. **Физические основы ГНСС**

Описание физических основ спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС: описание структуры радиосигналов, принципов формирования кодовых последовательностей, структуры навигационного сообщения, принципов работы приемников, методов выделения сигналов и отождествления спутников.

Тема 4. **Первичная обработка сигналов ГНСС**

Излагаются принципы первичной обработки сигналов и извлечения информации, излагаются методы учета вклада тропосферы и ионосферы в задержку радиосигналов.

Тема 5. **Методы определения координат**

Рассматриваются основные способы определения координат на основе кодовых и фазовых измерений, методы вычисления вторых, третьих разностей, дается понятие о методах исключения фазовых неоднозначностей.

Тема 6. **Программное обеспечение для решения задачи позиционирования**

Применение программного обеспечения для решения задачи позиционирования, уравнивания сетей наземных станций. Структура пакетов обработки Bernese, Gamit, их особенности и методы применения. Решение различных задач с помощью пакета Bernese.

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	
Космические навигационные системы	3	108	72	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 «Космические навигационные системы» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины, решение практических задач; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным, семинарским занятиям, а также решение домашних заданий. 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	История развития радионавигации	8	4	-	-	4	Собеседование, опрос
2	Общие принципы функционирования ГНСС	18	6	-	6	6	
3	Физические основы ГНСС	18	6	-	6	6	
4	Первичная обработка сигналов ГНСС	26	8	-	10	8	
5	Методы определения координат	20	6	-	8	6	
6	Программное обеспечение для решения задачи позиционирования	16	6	-	6	4	
	Промежуточная аттестация	2				2	Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием
ИТОГО:		108	36	-	36	36	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Космические навигационные системы» 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 «Космические навигационные системы» проводится в третьем семестре 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 студента 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 механики и их взаимосвязь УК-1.Б З-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов механики и их взаимосвязей	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальн	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	Успешные и систематические знания фундаментальных законов механики и их

		ых законов механики и их взаимосвязей	знания фундаментальных законов механики и их взаимосвязей	взаимосвязей
ЗНАТЬ: основные понятия математической обработки эксперимента механики УК-1.Б З-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий математической обработки эксперимента механики	В целом успешное, но не систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента механики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий математической обработки эксперимента механики	Успешное и систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента механики
ЗНАТЬ: основные математические методы, используемые при решении задач механики ОПК-1.Б З-1	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных математических методов, при решении задач механики	В целом успешное, но не систематическое применение основных математических методов, при решении задач механики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных математических методов, при решении задач механики	Успешное и систематическое знание основных математических методов, при решении задач механики
УМЕТЬ: строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных УК-1.Б У-1	Отсутствие умения строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	В целом успешное, но не систематическое умение строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных
УМЕТЬ: планировать и проводить экспериментальные исследования в области механики, объяснять и	Отсутствие умения планировать и проводить экспериментальные исследования в области механики,	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и проводить экспериментальные	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить	Успешное и систематическое планировать и проводить экспериментальные исследования в области механики,

оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента УК-1.Б У-2	объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	экспериментальные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента
УМЕТЬ: решать типовые задачи механики 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 механики 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 механике УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике
ВЛАДЕТЬ: методами теоретического	Отсутствие/фрагментарное владение методами	В целом успешное, но не систематическо	В целом успешное, но содержащее	Успешное и систематическое владение методами

исследования явлений и процессов в механике УК-1.Б В-2	теоретического исследования явлений и процессов в механике	е владение методами теоретического исследования явлений и процессов в механике	отдельные пробелы владение методами теоретического исследования явлений и процессов в механике	теоретического исследования явлений и процессов в механике
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

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

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

1. Обработка данных ГНСС, полученных на стационарных приемниках ГАИШ
2. Обработка данных ГНСС, полученных на мобильных приемниках ГАИШ относительно базовых приемников
3. Определение тропосферных поправок их наблюдений

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

Основная литература.

1. ГЛОНАСС. Принципы функционирования. Под ред. А.И.Петрова, В.Н.Харисова. Изд.3-е, М.: Радиотехника, 2005.
2. Яценков В.С.. Основы спутниковой навигации. М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
3. Одуан К., Гино Б. Измерение времени. Основы GPS. М.: Техносфера. 2002.

Дополнительная литература.

1. GNSS – Global Navigation Satellite Systems. GPS, GLONASS, Galileo, and more. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E. Springer, 2008.

Материально-техническое обеспечение

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

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