

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:

ЭФЕМЕРИДНАЯ АСТРОНОМИЯ

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. Д.ф.-м.н., профессор, Емельянов Николай Владимирович, отдел небесной механики ГАИШ МГУ

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

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Эфемеридная астрономия»

Эфемеридная астрономия - совокупность теорий движения небесных тел и алгоритмов вычисления векторов их положений и скоростей на любой момент времени в прошлом и будущем. В курсе рассматриваются также способы представления эфемерид в зависимости от положения и скорости наблюдателя: системы астрономических координат и шкалы времени, принципы составления аналитических и численных теорий движений планет и других тел Солнечной системы, определение параметров этих теорий из наблюдений, в том числе внеземных, и от целей вычисления эфемерид.

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 «Эфемеридная астрономия» реализуется во 8-ом семестре и является составной частью модуля «Астрономия» профессионального блока базовой части.

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

Курсы «Сферическая астрономия», «Астрометрия», «Небесная механика», «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 | <p>3-1 Знать: основы небесной механики и применять их в теоретических вычислениях</p> <p>3-2 Знать: методы построения моделей движения небесных тел</p> <p>У-1 Уметь: использовать базы данных, содержащих эфемериды планет и их спутников, астероидов;</p> <p>У-2 Уметь: использовать эфемериды Луны для вычисления движения и либраций</p> <p>В-1 Владеть: математическим аппаратом, применяемым в теории движения планет</p> <p>В-2 Владеть: навыками самостоятельной работы</p> |
| ОПК-1 | <p>3-1 Знать: методы численного интегрирования уравнений движения планет</p> <p>У-1 Уметь: решать типовые задачи теории вращения Земли</p> <p>В-1 Владеть: навыками вычисления координат планет, астероидов по эфемеридам</p> |

- 4. Форма обучения:** очная.
- 5. Язык обучения:** русский.
- 6. Содержание дисциплины**

1. Системы небесных и земных координат, употребляемые в астрономии, шкалы времени. Международная небесная опорная система и её реализации в радиодиапазоне и оптическом диапазоне.

Астрономическая система единиц.

Способ преобразования координат между различными системами координат, в том числе с началом в любой точке Солнечной системы.

2.Методы построения моделей движения небесных тел.

Аналитические и численные методы решения дифференциальных уравнений движения.

Преимущества и недостатки.

Зависимость точности эфемерид от точности наблюдений, интервала времени наблюдений и интервала времени предвычисления эфемерид.

Связь измеряемой величины с координатами и координат с параметрами орбиты. Общая форма зависимости и примеры конкретных наблюдений, координат и параметров.

3. Теории движения планет Леверье, Ньюкома. История открытия Нептуна. Различные формы представления элементов орбит планет, как функций времени. Средние элементы. Модели прецессирующих эллипсов.

Современные модели движения планет и эфемериды. Формы представления эфемерид: таблицы, тригонометрические полиномы и полиномы Чебышёва.

Движение астероидов и комет. Эфемериды астероидов.

4. Методы численного интегрирования уравнений движения планет.

Цели вычисления эфемерид небесных тел. Наблюдательная основа теорий движения небесных тел.

Способы хранения эфемерид планет и обеспечения доступа к ним. Астрономические ежегодники и страницы в сети Интернет, содержащие эфемериды.

Движение спутников планет. Возмущающие факторы.

Типы наблюдений спутников планет. Эфемериды спутников планет.

Негравитационные эффекты в движении спутников планет.

Связь с физикой планет и с фотометрией планет и спутников.

5. Модель движения Луны. Задача Хилла. Теория Делоне.

Формы представления эфемерид, построенных по аналитической теории. Ряды Хилла-Брауна. Современные численные модели движения и эфемериды Луны. Форма представления.

6. Вращение Луны. Физическая либрация Луны.

Построенные в мире модели физической либрации Луны.

Современные задачи, связанные с физической либрацией Луны.

Проблемы использования лазерной локации Луны.

7. Динамическая система координат.

Связь со звездными каталогами и ICRF. Способы наблюдений планет, независимые от звездных каталогов.

8. Библиотека алгоритмов SOFA. Использование библиотеки для вычисления матриц преобразования между системами координат, преобразования шкал времени.

7. Объем дисциплины

| НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | Трудоемкость в зачетных единицах | объем учебной нагрузки в ак. часах | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------|---------|--------|-------------------------------------|
| | | Общая трудоемкость | в том числе | | | Самостоятельная работа студентов |
| | | | ауд. | занятий | Лекций | |
| Эфемеридная астрономия | 3 | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 |

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

Изучение курса «Эфемеридная астрономия» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным 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 | Системы небесных и земных координат, употребляемые в астрономии, шкалы времени | 13 | 4 | - | 2 | 7 | Собеседование, опрос |
| 2 | Методы построения моделей движения небесных тел | 13 | 4 | - | 2 | 7 | |
| 3 | Теории движения планет | 13 | 4 | - | 2 | 7 | |
| 4 | Методы численного интегрирования уравнений движения планет | 13 | 4 | - | 2 | 7 | |
| 5 | Модель движения Луны | 13 | 4 | - | 2 | 7 | |
| 6 | Вращение Луны, физическая либрация Луны | 12 | 4 | - | 2 | 6 | |
| 7 | Динамическая система координат | 15 | 6 | - | 3 | 6 | |
| 8 | Библиотека алгоритмов SOFA | 12 | 4 | - | 2 | 6 | |
| | Промежуточная аттестация | 4 | | | | 4 | Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием |
| ИТОГО: | | 108 | 34 | - | 17 | 57 | |

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Эфемеридная астрономия» 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 «Эфемеридная астрономия» проводится в восьмом семестре 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: основы небесной механики и применять их в теоретических вычислениях УК-1 З-1 | Отсутствие знаний основ небесной механики и применения их в теоретических вычислениях | В целом успешные, но не систематически е знания основ небесной механики и применения их в теоретических вычислениях | В целом успешно е, но содержащее отдельные проблемы знания основ небесной механики и применения их в теоретических вычислениях | Успешные и систематические знания основ небесной механики и применения их в теоретических вычислениях |
| ЗНАТЬ: методы построения моделей движения небесных тел УК-1 З-2 | Отсутствие знаний или фрагментарное знание методов построения моделей движения небесных тел | В целом успешное, но не систематическо е знание методов построения моделей движения небесных тел | В целом успешно е, но содержащее отдельные проблемы знаний методов построения моделей движения небесных тел | Успешное и систематическое знание методов построения моделей движения небесных тел |
| ЗНАТЬ: методы численного интегрирован ия уравнений движения планет УК-1 З-3 | Отсутствие знаний или фрагментарное применение методов численного интегрирования уравнений движения планет | В целом успешное, но не систематическо е применение методов численного интегрировани я уравнений движения планет | В целом успешно е, но содержащее отдельные проблемы знания методов численного интегрировани я уравнений движения планет | Успешное и систематическое знания методов численного интегрирования уравнений движения планет |
| УМЕТЬ: использовать базы данных, содержащих эфемериды планет и их спутников, | Отсутствие умения использовать базы данных, содержащих эфемериды планет и их | В целом успешное, но не систематическо е умение использовать базы данных, | В целом успешно е, но содержащее отдельные проблемы умения | Успешное и систематическое умение использовать базы данных, содержащих эфемериды |

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| астероидов УК-1 У-1 | спутников, астероидов | содержащих эфемериды планет и их спутников, астероидов | использовать базы данных, содержащих эфемериды планет и их спутников, астероидов | планет и их спутников, астероидов |
| УМЕТЬ: использовать эфемериды Луны для вычисления движения и либраций УК-1 У-2 | Отсутствие умения использовать эфемериды Луны для вычисления движения и либраций | В целом успешное, но не систематическо е умение использовать эфемериды Луны для вычисления движения и либраций | В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умения использовать эфемериды Луны для вычисления движения и либраций | Успешное и систематическое умение использовать эфемериды Луны для вычисления движения и либраций |
| УМЕТЬ: решать типовые задачи с использовани ем библиотеки SOFA ОПК-1 У-1 | Отсутствие умения решать типовые задачи с использованием библиотеки SOFA | В целом успешное, но не систематическо е умение решать типовые задачи с использование м библиотеки SOFA | В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умения решать типовые задачи с использование м библиотеки SOFA | Успешное и систематическое умения решать типовые задачи с использованием библиотеки SOFA |
| ВЛАДЕТЬ: математическ им аппаратом, применяемым в теории движения планет УК-1 В-1 | Отсутствие/фраг ментарное владение математическим аппаратом, применяемым в теории движения планет | В целом успешное, но не систематическо е владение математически м аппаратом, применяемым в теории движения планет | В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение математически м аппаратом, применяемым в теории движения планет | Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, применяемым в теории движения планет |
| ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельн ой работы УК-1 В-2 | Отсутствие/фраг ментарное владение навыков самостоятельной работы | В целом успешное, но не систематическо е владение навыков самостоятельно | В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение | Успешное и систематическое владение навыков самостоятельной работы |

| | | й работы | навыков самостоятельно й работы | |
|--|--|---|--|---|
| ВЛАДЕТЬ: навыками вычисления координат планет, астероидов по эфемеридам ОПК-1 В-1 | Отсутствие/фрагментарное владения навыками вычисления координат планет, астероидов по эфемеридам | В целом успешное, но не систематическое владение навыками вычисления координат планет, астероидов по эфемеридам | В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение навыками вычисления координат планет, астероидов по эфемеридам | Успешное и систематическое владение навыков вычисления координат планет, астероидов по эфемеридам |

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

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Примеры заданий:

- 1.Что учитывается при построении современных теорий движения планет. Какие возмущающие факторы?
2. Эфемериды астероидов. Где взять эти эфемериды?

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

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Примеры заданий:

- 1.Редукция наблюдений: вычисление матрицы преобразования на эпоху J2000.0.
2. Численное интегрирование уравнений движения небесных тел.

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

Основная литература.

1. Жаров В.Е. Сферическая астрономия. Фрязино, Век-2, 2006.
2. Емельянов Н.В. Основы теории возмущений в небесной механике. М. Изд. Физический факультет МГУ, 2015. 126 с.
3. Чазов В.В. Хрестоматия алгоритмов движения околоземных объектов. — М.: Изд-во “Ким Л.А.”, 2018. — 86 с.

Дополнительная литература.

1. Труды Института прикладной астрономии РАН, ред. Финкельштейн А.М., вып. 10, 2004, С-Петербург.

2. Kovalevsky J., Seidelman P.K. Fundamentals of Astrometry. Cambridge University Press, 2004.
3. Меёс Ж. Астрономические формулы для калькуляторов, М: Мир, 1988

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.