

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Теория фигуры Земли БЗ.В.5

Направление подготовки: 120100.62 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Космическая геодезия и навигация

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Кашеев Р.А.

Рецензент(ы):

Загретдинов Р.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Бикмаев И. Ф.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 6144414

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Кашеев Р.А. Кафедра астрономии и космической геодезии Отделение астрофизики и космической геодезии ,
Rafael.Kascheev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Теория фигуры Земли" является изучение возможностей определения фигуры Земли методом последовательных приближений по разнородным геодезическим, гравиметрическим, астрономическим и спутниковым измерениям.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.В.5 Профессиональный" основной образовательной программы 120100.62 Геодезия и дистанционное зондирование и относится к вариативной части. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в раздел "Б.3. Профессиональный цикл. Вариативная часть" ФГОС ВПО и ПрООП по направлению подготовки "Геодезия и дистанционное зондирование".

Данная учебная дисциплина должна изучаться после изучения курсов "Математика", "Физика", "Высшая геодезия", "Космическая геодезия".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-26 (профессиональные компетенции)	способность к изучению физических полей Земли и планет
ПК-25 (профессиональные компетенции)	способность к изучению динамики изменения поверхности Земли геодезическими методами и средствами дистанционного зондирования;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- знать концепцию определения фигуры Земли методом последовательного ее уточнения, а также взаимосвязь параметров, описывающих фигуру и внешнее гравитационное поле Земли;

2. должен уметь:

- ориентироваться в современных подходах, методах и средствах изучения фигуры и внешнего гравитационного поля Земли и других планет, а также тенденциях и путях развития методов решения этой задачи.

3. должен владеть:

- знаниями о методах изучения фигур нормального эллипсоида, планетарного геоида, физической поверхности и регионального геоида Земли.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2);

- способность к изучению физических полей Земли и планет (ПК-26);

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в теорию фигуры Земли	8	1	2	0	2	устный опрос
2.	Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.	8	2	1	0	4	устный опрос
3.	Тема 3. Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение.	8	3-5	1	0	8	устный опрос
5.	Тема 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения.	8	6	2	0	8	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих уклонения отвесной линии.	8	7-8	2	0	4	презентация устный опрос
7.	Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.	8	9	2	0	2	устный опрос
9.	Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.	8	10-11	2	0	6	презентация устный опрос
10.	Тема 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей тел Солнечной системы.	8	13	1	0	5	дискуссия презентация устный опрос
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			13	0	39	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в теорию фигуры Земли

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Предмет дисциплины. История определения фигуры Земли. Закон всемирного тяготения. Обзор основ теории фигуры вращающейся планеты в историческом аспекте. Достижения Ньютона, Клеро, Эйлера, Ляпунова, Пуанкаре, Маклорена, Стокса, Молоденского, Морица и др. Значение полученных результатов для физики Земли, геодезии и геодинамики.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

История эволюции представлений о фигуре и размерах Земли.

Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Сила притяжения и сила тяжести. Потенциалы сил. Свойства гравитационного потенциала. Потенциал силы тяжести и его свойства.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Представление гравитационного потенциала разложением в ряд сферических функций. Числовые параметры модели гравитационного поля планеты. Современные модели гравитационного поля Земли, оценка их точности.

Тема 3. Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение. Идеальный (идеализированный) геоид. Теорема Стокса. Постановка проблемы Стокса. Формула Пицетти-Сомильяна. Формулы нормальной силы тяжести.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Выбор модели идеального геоида. Вывод соотношений для силы тяжести на поверхности идеального геоида. Вывод формулы Клеро с точностью до малых первого порядка сжатия.

Тема 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Теория определения фигуры планетарного геоида. Возмущающий потенциал и его свойства. Превышения геоида и уклонения отвесной линии. Проблема регуляризации Земли. Проблема редукции измерений силы тяжести.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Геодезическая краевая задача Стокса для возмущающего потенциала. Решение краевой задачи в сферическом приближении. Формула Стокса для превышения геоида. Методы изучения фигуры Земли в стоксовом приближении.

Тема 6. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих уклонения отвесной линии.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Составляющие уклонения отвесной линии. Формула Венинг-Мейнеса для определения составляющих уклонения отвесной линии. Задача вычисления трансформант возмущающего потенциала и устойчивость ее решения.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Фигура планетарного геоида по современным спутниковым данным - модели геопотенциала, уровни приближений и оценка их точности. Перспективы развития космических технологий изучения фигуры Земли.

Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Теория высот в гравитационном поле Земли. Ортометрические и нормальные высоты. Аномалия высоты. Квазигеоид.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Вычисления аномалии высоты. Оценка величины расхождения фигур геоида и квазигеоида в зависимости от рельефа местности и аномальности поля силы тяжести.

Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Методы изучения фигуры физической поверхности Земли. Понятие об астрономо-геодезическом и астрономо-гравиметрическом нивелировании.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Методы изучения фигуры регионального геоида/квазигеоида.

Тема 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей тел Солнечной системы.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей Луны, Марса, Фобоса, Венеры и др.

лабораторная работа (5 часа(ов)):

Перспективы развития планетной геодезии.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение в теорию фигуры Земли	8	1	Изучение рассматриваемых разделов курса "Теория фигуры Земли". Подготовка рефератов, эссе и презент	2	Консультации с преподавателем. Подготовка рефератов, докладов и презентаций. Обсуждение материалов.
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос
2.	Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.	8	2	Изучение рассматриваемых разделов курса "Теория фигуры Земли".	4	Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов.
3.	Тема 3. Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение.	8	3-5	Изучение рассматриваемых разделов курса "Теория фигуры Земли"	12	Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов
5.	Тема 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения.	8	6	Изучение рассматриваемых разделов курса "Теория фигуры Земли"	10	Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов
6.	Тема 6. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих уклонения отвесной линии.	8	7-8	Изучение рассматриваемых разделов курса "Теория фигуры Земли"	6	Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов
7.	Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.	8	9	Изучение рассматриваемых разделов курса "Теория фигуры Земли"	4	Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов
9.	Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.	8	10-11	Изучение рассматриваемых разделов курса "Теория фигуры Земли"	8	Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов

Устный

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей тел Солнечной системы.	8	13	Изучение рассматриваемых разделов курса "Теория фигуры Земли". Подготовка рефератов, докладов и през	8	Консультации с преподавателем. Подготовка рефератов, докладов и презентаций. Обсуждение материалов.
	Итого				56	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

При освоении дисциплины используются такие, в том числе и интерактивные, формы обучения как лекции и обсуждение теоретических вопросов, обсуждение возможных вариантов решения задач планетной геодезии, семинары, технологии проблемного и исследовательского обучения.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение в теорию фигуры Земли

Консультации с преподавателем. Подготовка рефератов, докладов и презентаций.

Обсуждение материалов. , примерные темы:

Подготовка рефератов, докладов и презентаций на темы эволюции представлений о фигуре Земли на различных этапах истории цивилизации.

устный опрос , примерные вопросы:

Устный опрос студентов и обсуждение материалов. Вопросы для обсуждения: представления различных народов о мироздании и фигуре Земли в различные исторические эпохи.

Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.

Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов. , примерные вопросы:

Вопросы для обсуждения, опроса и тестирования: Закон всемирного тяготения. Сила земного притяжения. Центробежная сила. Сила тяжести. Относительный вклад центробежной силы в силу тяжести. Потенциалы сил. Сила тяжести и ее потенциал.

Тема 3. Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение.

Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов , примерные вопросы:

Вопросы для обсуждения, опроса и тестирования: Уровенные поверхности потенциала силы тяжести. Геоид. Фигура геоида первого приближения. Уравнение поверхности сфероида Клеро. Геометрическое сжатие фигуры Земли.

Тема 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения.

Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов , примерные вопросы:

Вопросы для обсуждения, опроса и тестирования: Возмущающий потенциал и его свойства. Разложение возмущающего потенциала в ряд объемных сферических функций. Характеристики фигуры геоида и их зависимость от возмущающего потенциала. Превышения геоида над эллипсоидом. Формула Брунса. Постановка геодезической краевой задачи Стокса для возмущающего потенциала. Выбор краевого условия. Чистые и смешанные аномалии силы тяжести. Выбор краевой поверхности. Краевая задача со свободной границей и косою производной. Принципы сферической аппроксимации. Погрешность сферической аппроксимации. Решение геодезической краевой задачи Стокса в сферическом приближении методом разложения в ряд по сферическим функциям. Ряд Стокса. Замкнутая интегральная формула Стокса. Функция Стокса. Функция Гельмерта. Практические аспекты вычисления высот геоида над эллипсоидом по формуле Стокса. Требования к гравиметрической изученности Земли.

Тема 6. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих уклонения отвесной линии.

Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов, примерные вопросы:

Вопросы для обсуждения, опроса и тестирования: Уклонение отвесной линии и его составляющие в плоскостях меридиана и первого вертикала. Определение составляющих гравиметрических уклонений отвесной линии. Формула Венинг-Мейнеса. Функция Венинг-Мейнеса. Сопоставление гравиметрических и астрономо-геодезических уклонений отвесной линии.

Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.

Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов, примерные вопросы:

Вопросы для обсуждения, опроса и тестирования: Теория высот в гравитационном поле Земли. Геодезические, ортометрические и нормальные высоты. Квазигеоид. Аномалия высоты. Зависимость аномалии высоты от аномального потенциала. Региональные различия фигур геоида и квазигеоида.

Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.

Консультации с преподавателем. Устный или письменный опрос. Обсуждение материалов, примерные вопросы:

Вопросы для обсуждения, опроса и тестирования: Методы изучения фигуры физической поверхности Земли. Метод астрономо-геодезического нивелирования определения фигуры квазигеоида. Метод астрономо-гравиметрического нивелирования определения фигуры квазигеоида. Методы изучения фигуры локального геоида/квазигеоида. Геодезическая краевая задача в дискретной постановке и ее некорректный характер. Метод средне-квадратической коллокации.

Тема 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей тел Солнечной системы.

Консультации с преподавателем. Подготовка рефератов, докладов и презентаций. Обсуждение материалов, примерные темы:

Подготовка рефератов, докладов и презентаций на темы обсуждения космических программ исследования тел Солнечной системы. Вопросы для обсуждения, опроса и тестирования: Методы изучения фигур и гравитационных полей тел Солнечной системы. Спутниковые программы исследования Луны, Марса, Венеры и др. Виды спутниковых измерений. Результаты реализации программ спутниковой гравиметрии. Современные модели гравитационных потенциалов тел Солнечной системы.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Сила тяжести и ее потенциал. Геоид.
2. Фигура геоида в первом приближении.
3. Сила тяжести на поверхности нормального эллипсоида. Формула Клеро первого порядка.

4. Теорема Стокса. Проблема Стокса.
5. Решение проблемы Стокса для эллипсоида вращения.
6. Сила тяжести на поверхности нормального эллипсоида. Формула Пицетти-Сомильяна.
7. Формула Клеро второго порядка. Нормальная сила тяжести. Формулы нормальной силы тяжести.
8. Нормальная Земля и ее фундаментальные параметры.
9. Возмущающий потенциал и его свойства.
10. Характеристики фигуры геоида и их зависимость от возмущающего потенциала.
11. Геодезическая краевая задача для возмущающего потенциала.
12. Решение краевой задачи в сферическом приближении.
13. Вычисление высот геоида над эллипсоидом.
14. Определение гравиметрических уклонений отвесной линии. Формула Венинг-Мейнеса.
15. Задача вычисления трансформант возмущающего потенциала.
16. Теория высот в гравитационном поле Земли. Геодезические, ортометрические и нормальные высоты.
17. Квазигеоид. Аномалия высоты.
18. Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения.
19. Метод астрономо-геодезического нивелирования.
20. Метод астрономо-гравиметрического нивелирования.
21. Методы определения фигуры регионального геоида/квазигеоида.
22. Методы и результаты изучения фигур Луны и других тел Солнечной системы.

7.1. Основная литература:

Кашеев Р.А Введение в теорию гравитационного потенциала. (Электронный конспект лекций), Казань, 2009. <http://ksu.ru/f6/k8/index.php>;

Хаин, Виктор Ефимович. Планета Земля. От ядра до ионосферы : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 020300 "Геология" / В. Е. Хаин, Н. В. Короновский ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Геол. фак. ? Москва : КДУ, 2007 .? 243 с. : ил., цв. ил., карт., табл. ; 20 см .? Библиогр.: с. 234-243 .? ISBN 978-5-98227-261-4.

Гофман-Велленгоф, Бернхард. Физическая геодезия : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 120100 "Геодезия" специальностей 120102 "Астрономогеодезия", 120103 "Космическая геодезия" / Бернхард Гофман-Велленгоф, Гельмут Мориц ; пер. с англ. Ю. М. Неймана, Л. С. Сугаиповой ; под ред. д.т.н. Ю. М. Неймана ; Федер. агентство по образованию, Моск. гос. ун-т геодезии и картографии .? Москва : МИИГАиК, 2007 .? 410 с. : ил. ; 21 .? Библиогр.: с. 398-405 .? Предм. указ.: с. 406-410 .? ISBN 978-5-91188-007-1 ((в обл.)) , 100.

7.2. Дополнительная литература:

Шкуратов, Юрий Григорьевич. Луна далекая и близкая / Ю.Г. Шкуратов; М-во образования и науки Украины, Нац. акад. наук Украины, Харьков. нац. ун-т им. В.Н. Каразина, Радиоастроном. ин-т НАНУ.?Харьков: Харьковский национальный университет, 2006.?183 с.

Кашеев Р.А.. Методы определения физической поверхности Земли и фигуры регионального геоида. (Учебное пособие) // Казань, Изд-во физфака КГУ.- 2003.- 35 с. (15 экз.)

7.3. Интернет-ресурсы:

International Association of Geodesy - <http://www.iag-aig.org>

International Centre for Global Earth Models - <http://icgem.gfz-potsdam.de>

International Geoid Service (IGeS) - <http://www.iges.polimi.it>

Кафедра астрономии и космической геодезии - http://kpfu.ru/main_page?p_sub=5726

МИИГАиК - <http://www.miigaik.ru>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Теория фигуры Земли" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

- студенты имеют возможность получать доступ к электронным ресурсам КГУ и сети Интернет через в аудитории для самостоятельной работы и с личных мобильных устройств через WiFi-станцию;

- для поддержки мультимедиа-презентаций во время лекционных занятий используются следующие программные продукты: Microsoft Power Point в составе Microsoft Office 2007 (2 академические лицензии), OpenOffice.org 3.0 Impress (открытая лицензия GPL), Adobe Reader 9 (предоставлено физическим факультетом для 20 рабочих мест на условиях академической лицензии Microsoft);

- стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 120100.62 "Геодезия и дистанционное зондирование" и профилю подготовки Космическая геодезия и навигация .

Автор(ы):

Кашеев Р.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Загретдинов Р.В. _____

"__" _____ 201__ г.