

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины
Теория фигуры Земли Б1.В.ОД.17

Направление подготовки: 21.03.03 - 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

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 "Б1.В.ОД.17 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование и относится к обязательным дисциплинам. 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
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью к выполнению приближенных астрономических определений, топографо-геодезических, аэрофотосъемочных, фотограмметрических, гравиметрических работ для обеспечения картографирования территории Российской Федерации в целом или отдельных ее регионов и участков
ПК-25 (профессиональные компетенции)	способностью к изучению физических полей Земли и планет
ПК-26 (профессиональные компетенции)	готовностью к исследованию новых геодезических, фотограмметрических приборов и систем, аппаратуры для аэрокосмических съемок
ПК-29 (профессиональные компетенции)	способностью к созданию трехмерных моделей физической поверхности Земли и крупных инженерных сооружений

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 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 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	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Введение в теорию фигуры Земли	8	1	3	0	0	
2.	Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.	8	2	3	0	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение.	8	3-4	5	0	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Нормальная Земля.	8	5	3	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
5.	Тема 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения.	8	6-7	6	0	0	Коллоквиум
6.	Тема 6. Формула Вининг-Мейнеса для составляющих уклонения отвесной линии.	8	8	3	0	0	
7.	Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.	8	9	3	0	0	
8.	Тема 8. Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения.	8	10	3	0	0	Дискуссия
9.	Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.	8	11-12	7	0	0	
10.	Тема 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей Луны, Марса, Фобоса, Венеры и др.	8	13	3	0	0	Презентация
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			39	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в теорию фигуры Земли

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Введение в теорию фигуры Земли. Предмет дисциплины. История определения фигуры Земли. Закон всемирного тяготения. Основы 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.

Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

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

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

лекционное занятие (5 часа(ов)):

Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение. Идеальный (идеализированный) геоид. Сила тяжести на поверхности идеального геоида. Формула Клеро. Теорема Стокса. Проблема Стокса. Формула Пицетти-Сомильяна. Формулы нормальной силы тяжести.

Тема 4. Нормальная Земля.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Нормальная Земля. Фундаментальные геодезические параметры Нормальной Земли.

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

лекционное занятие (6 часа(ов)):

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

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

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Составляющие отклонения отвесной линии. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих отклонения отвесной линии. Задача вычисления трансформант возмущающего потенциала и устойчивость ее решения. Фигура планетарного геоида по современным спутниковым данным.

Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

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

Тема 8. Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения. Вывод краевого условия геодезической краевой задачи Молоденского. Интегральное уравнение Молоденского. Подходы к решению интегрального уравнения.

Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.

лекционное занятие (7 часа(ов)):

Методы изучения фигуры физической поверхности Земли. Понятие об астрономо-геодезическом и астрономо-гравиметрическом нивелировании. Методы изучения фигуры регионального геоида/квазигеоида.

Тема 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей Луны, Марса, Фобоса, Венеры и др.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

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

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
2.	Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.	8	2	подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
3.	Тема 3. Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение.	8	3-4	подготовка домашнего задания	8	Письменное домашнее задание

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения.	8	6-7	подготовка к коллоквиуму	16	Коллоквиум
8.	Тема 8. Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения.	8	10	подготовка к дискуссии	6	Дискуссия
10.	Тема 10. Современные представления о структуре гравитационных полей Луны, Марса, Фобоса, Венеры и др.	8	13	подготовка к презентации	8	Презентация
	Итого				42	

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

Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.

Устный опрос , примерные вопросы:

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

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

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Развернутые ответы на вопросы: Нормальная сила тяжести. Формулы нормальной силы тяжести. Нормальная Земля и ее фундаментальные параметры.

Тема 4. Нормальная Земля.

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

Коллоквиум , примерные вопросы:

Теорема Стокса. Проблема Стокса. Решение проблемы Стокса для эллипсоида вращения. Сила тяжести на поверхности нормального эллипсоида. Формула Пицетти-Сомильяна. Формула Клеро второго порядка. Нормальная сила тяжести. Нормальная Земля и ее фундаментальные параметры. Возмущающий потенциал и его свойства. Характеристики фигуры геоида и их зависимость от возмущающего потенциала.

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

Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.

Тема 8. Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения.

Дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение постановки задач и решений: Геодезическая краевая задача для возмущающего потенциала. Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения.

Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.

Тема 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей Луны, Марса, Фобоса, Венеры и др.

Презентация , примерные вопросы:

презентация и сообщение на тему (по выбору студента) Метод астрономо-геодезического нивелирования. Метод астрономо-гравиметрического нивелирования. Методы определения фигуры регионального геоида/квазигеоида. Методы и результаты изучения фигур Луны и других тел Солнечной системы.

Итоговая форма контроля

экзамен (в 8 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

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:

1. Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей [Текст : электронный ресурс]: материалы XXXVI сессии Международного семинара (г. Казань, 26-31 января 2009 г.) / [сост. Н. Н. Равилова ; науч. ред.: д.г.-м.н., проф. Д. К. Нургалиев, д.г.-м.н., проф. З. М. Слепак]. - Электронные данные (1 файл: 347 Мб). - (Казань: Научная библиотека Казанского федерального университета, 2015). - Загл. с экрана. Оригинал копии: Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: материалы XXXVI сессии Международного семинара (г. Казань, 26-31 января 2009 г.) / [сост. Н. Н. Равилова; науч. ред.: д.г.-м.н., проф. Д. К. Нургалиев, д.г.-м.н., проф. З. М. Слепак]. - Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2009. - 405 с.: ил. - URL: http://libweb.kpfu.ru/local_only/777052.pdf
2. Кашеев Р.А. Введение в теорию гравитационного потенциала небесных тел. Конспект лекций / Р.А.Кашеев. - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 90 с. - URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F1381028693/Kashheev..R.A..Vvedenie.v.teoriyu.gravitacionnogo.potenciala.pdf>
3. Засов, А.В. Астрономия [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Засов, Э.В. Кононович. - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2011. - 256 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2370>

7.2. Дополнительная литература:

1. Грушинский, Н. П. Теория фигуры Земли: учебник для вузов / Н. П. Грушинский. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва: Наука, 1976. - 511 с., [3] л. ил.
2. Мориц, Г. Современная физическая геодезия / Г. Мориц. - Москва: Недра, 1983. - 392 с.
3. Серкерров, С.А. Теория гравитационного и магнитного потенциалов: учебник для вузов / С. А. Серкерров. - Москва: Недра, 1990. - 303 с.
4. Кашеев Р.А. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение. Учебное пособие. / Р.А. Кашеев // Физический факультет Казанского государственного университета. - Казань. - 2001. - 46 с. - URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F_116194966/Kashheev.R.A..Figura.zemli.normalnoe.priblizhenie.pdf
5. Кашеев Р.А. Методы определения физической поверхности Земли и фигуры регионального геоида. Учебное пособие / Р.А. Кашеев // Физический факультет Казанского государственного университета. - Казань. - 2003. - 35 с. - URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F1143271285/Kashheev.R.A..Metody.opredeleniya.fizicheskoy.poverkhnosti.Zem>
6. Кашеев Р.А. Современные методы спутниковой гравиметрии. Конспект лекций / Р.А. Кашеев // Институт физики Казанского (Приволжского) федерального университета. - Казань. - 2015. - 45 с. - URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F642313586/Kashheev..R.A..Sovremennye.metody.sputnikovoj.gravimetrii.pdf>
7. Пятьдесят лет космических исследований: сборник научных трудов / под редакцией А.В. Захарова. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 277 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48266>

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: Mircsft Pwer Pint в составе Mircsft Office 2007 (2 академические лицензии), OpenOffice.org 3.0 Impress (открытая лицензия GPL), Adbe Reader 9 (предоставлено физическим факультетом для 20 рабочих мест на условиях академической лицензии Mircsft);

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 21.03.03 "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.