

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.18

Направление подготовки: 21.03.03 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Космическая геодезия и навигация

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Автор(ы): Кашеев Р.А.

Рецензент(ы): Загретдинов Р.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Бикмаев И. Ф.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

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

### **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	способность 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	способность к изучению динамики изменения поверхности Земли геодезическими методами и средствами дистанционного зондирования
ПК-26	способность к изучению физических полей Земли и планет
ПК-29	способность к использованию материалов дистанционного зондирования и геоинформационные технологии при проведении мониторинга окружающей среды и для рационального природопользования

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

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

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.

Должен владеть:

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

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);

### **2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования**

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.18 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 21.03.03 "Геодезия и дистанционное зондирование (Космическая геодезия и навигация)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

### **3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 39 часа(ов), в том числе лекции - 39 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 33 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 8 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в теорию фигуры Земли	8	2	0	0	4
2.	Тема 2. Сила притяжения и сила тяжести.	8	6	0	0	4
3.	Тема 3. Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение.	8	6	0	0	8
4.	Тема 4. Нормальная Земля.	8	2	0	0	4
5.	Тема 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения.	8	6	0	0	8
6.	Тема 6. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих уклонения отвесной линии.	8	4	0	0	4
7.	Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.	8	2	0	0	1
8.	Тема 8. Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения.	8	4	0	0	0
9.	Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.	8	4	0	0	0
10.	Тема 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей Луны, Марса, Фобоса, Венеры и др.	8	3	0	0	0
	Итого		39	0	0	33

**4.2 Содержание дисциплины**

**Тема 1. Введение в теорию фигуры Земли**

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.**

Сила притяжения и сила тяжести. Потенциалы сил. Свойства гравитационного потенциала: непрерывность функции и её первых производных, гармоничность во внешнем пространстве, регулярность в бесконечно удаленной точке. Потенциал силы тяжести и его свойства. Проблема гармоничности потенциала силы тяжести.

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

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

**Тема 4. Нормальная Земля.**

Нормальная Земля. Требования к установлению Нормальной Земли. Фундаментальные и вспомогательные (производные) геодезические параметры Нормальной Земли. Системы геодезических параметров. Составные элементы систем геодезических параметров. Примеры актуальных современных систем геодезических параметров.

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

Теория определения фигуры планетарного геоида. Возмущающий (аномальный) потенциал и его свойства. Превышения геоида и уклонации отвесной линии и их аналитическая связь с функцией возмущающего (аномального) потенциала. Проблема регуляризации Земли. Проблема редукции измерений силы тяжести на поверхность геоида.

### **Тема 6. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих уклонации отвесной линии.**

Составляющие уклонации отвесной линии. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих уклонации отвесной линии. Сравнительный анализ астрономо-геодезических и гравиметрических уклонаций отвесной линии. Задача вычисления трансформант возмущающего (аномального) потенциала и устойчивость ее решения. Фигура планетарного геоида по современным спутниковым данным.

### **Тема 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.**

Теория высот в гравитационном поле Земли. Доказательство зависимости результатов высокоточного нивелирования от выбора пути проложения нивелирного хода. Ортометрические и нормальные высоты. Аномалия высоты. Квазигеоид. Оценка зависимости величины расхождения фигур геоида и квазигеоида от рельефа местности.

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

Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения. Вывод краевого условия геодезической краевой задачи Молоденского. Выбор краевой поверхности, фигура теллурида, аномалия высоты. Вывод интегрального уравнения Молоденского. Подходы к решению интегрального уравнения путем введения простого слоя переменной плотности.

### **Тема 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.**

Методы изучения фигуры физической поверхности Земли в региональном и локальном масштабах. Понятие об астрономо-геодезическом и астрономо-гравиметрическом нивелировании. Методы изучения фигуры регионального геоида/квазигеоида и поля составляющих уклонации отвесной линии методом ГНСС (спутникового) нивелирования.

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

Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей Луны, Марса, Фобоса, Венеры и др. Дистанционные спутниковые методы определения численных значений параметров моделей гравитационных потенциалов небесных тел. Использование лучевых ускорений летательных аппаратов для гравиметрического их исследования.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержен приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"".

Кащеев Р.А. Введение в теорию гравитационного потенциала. Конспект лекций для студентов третьего курса физического факультета. Казань, 2009, 46 с. - [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/20362/1/06\\_46\\_001113.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/20362/1/06_46_001113.pdf)

Современные методы спутниковой гравиметрии - [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/27243/1/06\\_46\\_001140.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/27243/1/06_46_001140.pdf)

Введение в теорию гравитационного потенциала: (конспект лекций): [для студентов третьего курса физического факультета] - [http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06\\_46\\_2009\\_kl-000215.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06_46_2009_kl-000215.pdf)

Методы определения параметров гравитационного потенциала небесных тел - [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/27242/1/06\\_46\\_001139.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/27242/1/06_46_001139.pdf)

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 8</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Устный опрос	ПК-1	3. Геоид. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение. 4. Нормальная Земля. 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения. 6. Формула Венинг-Мейнеса для составляющих уклонения отвесной линии. 7. Теория высот в гравитационном поле Земли.
2	Реферат	ПК-29 , ПК-26 , ПК-25	1. Введение в теорию фигуры Земли 9. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли. 10. Современные представления о фигурах и структуре гравитационных полей Луны, Марса, Фобоса, Венеры и др.
3	Письменная работа	ПК-1 , ПК-26 , ПК-29	2. Сила притяжения и сила тяжести. 4. Нормальная Земля. 5. Теория определения фигуры планетарного геоида. Геодезическая краевая задача Стокса и пути ее решения.
	<b>Экзамен</b>	ПК-1, ПК-25, ПК-26, ПК-29	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап	
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.		
<b>Семестр 8</b>						
<b>Текущий контроль</b>						

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Реферат	Тема раскрыта полностью. Продемонстрировано превосходное владение материалом. Использованы надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы высокая.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрировано хорошее владение материалом. Использованы надлежащие источники. Структура работы в основном соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы средняя.	Тема раскрыта слабо. Продемонстрировано удовлетворительное владение материалом. Использованные источники и структура работы частично соответствуют поставленным задачам. Степень самостоятельности работы низкая.	Тема не раскрыта. Продемонстрировано неудовлетворительное владение материалом. Использованные источники недостаточны. Структура работы не соответствует поставленным задачам. Работа несамостоятельна.	2
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### Семестр 8

#### Текущий контроль

##### 1. Устный опрос

Темы 3, 4, 5, 6, 7

Уровенные поверхности потенциала силы тяжести. Геоид. Фигура геоида первого приближения. Уравнение поверхности сфеноида Клеро. Геометрическое сжатие фигуры Земли.

Сила тяжести на поверхности нормального эллипсоида. Формулы Клеро с точностью до малых величин первого и второго порядков величины сжатия. Теорема Стокса и ее следствия. Проблема Стокса. Формулы нормальной силы тяжести. Коэффициенты нормальных формул и методы их определения. Системы геодезических параметров.

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.

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.

##### 2. Реферат

Темы 1, 9, 10

Представления различных народов в различные исторические эпохи о мироздании и фигуре Земли. Эволюция представлений о фигуре Земли и планет на различных этапах истории цивилизации.

##### 3. Письменная работа

Темы 2, 4, 5

Темы письменных работ (опросов)

1. Различия и сходства силы притяжения и силы тяжести. Представление потенциала силы притяжения и силы тяжести. Определения понятия (категории) геоида.

2. Какова фигура геоида в первом приближении.

3. Нормальный эллипсоид. Сила тяжести на поверхности нормального эллипсоида. Формула Пицетти-Сомильяна.

4. Формула Клеро второго порядка. Нормальная сила тяжести. Формулы нормальной силы тяжести.
5. Нормальная Земля и ее фундаментальные параметры.
6. Возмущающий (аномальный) потенциал и его свойства.
7. Определение высот геоида над эллипсоидом.
8. Определение гравиметрических уклонений отвесной линии. Формула Венинг-Мейнеса.
9. Задача вычисления трансформант возмущающего потенциала.
10. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Сила притяжения и сила тяжести. Потенциал силы притяжения и силы тяжести. Геоид.
2. Фигура геоида в первом приближении. Нормальный эллипсоид.
3. Сила тяжести на поверхности нормального эллипсоида. Формула Клеро первого порядка.
4. Теорема Стокса. Проблема Стокса.
5. Сила тяжести на поверхности нормального эллипсоида. Формула Пицетти-Сомильяна.
6. Формула Клеро второго порядка. Нормальная сила тяжести. Формулы нормальной силы тяжести.
7. Нормальная Земля и ее фундаментальные параметры.
8. Возмущающий (аномальный) потенциал и его свойства.
9. Характеристики фигуры геоида и их зависимость от возмущающего потенциала.
10. Геодезическая краевая задача для возмущающего (аномального) потенциала.
11. Решение краевой задачи в сферическом приближении. Формула Стокса.
12. Вычисление высот геоида над эллипсоидом.
13. Определение гравиметрических уклонений отвесной линии. Формула Венинг-Мейнеса.
14. Задача вычисления трансформант возмущающего потенциала.
15. Теория высот в гравитационном поле Земли. Геодезические, ортометрические и нормальные высоты. Аномалия высоты.
16. Геодезическая краевая задача Молоденского и пути ее решения.
17. Методы изучения фигуры физической поверхности Земли.

### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

- 56 баллов и более - "зачтено".  
55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

- 86 баллов и более - "отлично".  
71-85 баллов - "хорошо".  
56-70 баллов - "удовлетворительно".  
55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 8</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	20
Реферат	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.	2	20

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	10
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 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](http://libweb.kpfu.ru/local_only/777052.pdf)
2. Кащеев Р.А. Введение в теорию гравитационного потенциала небесных тел. Конспект лекций / Р.А.Кащеев. - 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>
4. Кауфман, А. А. Принципы метода гравиметрии / А. А. Кауфман, Р. Хансен; пер. с англ. В. А. Ефремова и Т. А. Тимаковой. - Тверь: [Международная Ассоциация 'АИС'], 2011. - 359 с.

### 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 - ил.
2. Мориц, Г. Современная физическая геодезия / Г. Мориц. - Москва: Недра, 1983. - 392 с.
3. Серкеров, С.А. Теория гравитационного и магнитного потенциалов: учебник для вузов / С. А. Серкеров. - Москва: Недра, 1990. - 303 с.
4. Кащеев Р.А. Фигура Земли: эллипсоидальное (нормальное) приближение. Учебное пособие. / Р.А. Кащеев // 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](https://kpfu.ru/portal/docs/F_116194966/Kashheev.R.A..Figura.zemli.normalnoe.priblizhenie.pdf)
5. Кащеев Р.А. Методы определения физической поверхности Земли и фигуры регионального геоида. Учебное пособие / Р.А. Кащеев // Физический факультет Казанского государственного университета. - Казань. - 2003. - 35 с. - URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F1143271285/Kashheev.R.A..Metody.opredeleniya.fizicheskoy.poverkhnosti.Zemli.pdf>
6. Кащеев Р.А. Современные методы спутниковой гравиметрии. Конспект лекций / Р.А. Кащеев // 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>

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- 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](http://kpfu.ru/main_page?p_sub=5726)

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Лекция представляет собой основную форму организации обучения в вузе, основанную на прямой коммуникации между преподавателем и студентом. В лекции систематизированным образом последовательно излагается содержание учебного материала, делается акцент на реализацию главных идей и направлений в изучении дисциплины, дается установка на последующую самостоятельную работу.
самостоятельная работа	Среди сложившихся форм и методов обучения в вузе ведущая роль принадлежит самостоятельной работе. Практика обучения подтверждает, что только знания, добытые самостоятельным трудом, делают выпускника продуктивно мыслящим специалистом, способным творчески решать профессиональные задачи. Усиление роли самостоятельной работы студентов означает принципиальный пересмотр организации учебно-воспитательного процесса в вузе, который должен строиться так, чтобы развивать умение учиться, формировать у студента способности к саморазвитию, творческому применению полученных знаний, способам адаптации к профессиональной деятельности в современных условиях. Рекомендуемая последовательность организации самостоятельной работы: Ознакомление с содержанием учебника, изучение конспекта лекций, изучение методических пособий, представленных на сайте кафедры астрономии и космической геодезии, ознакомление с рекомендованными материалами, публикациями
реферат	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.
устный опрос	Устный опрос в рамках изучения дисциплины "Теория фигуры Земли" может использоваться как один из возможных (однако, необязательных) форм текущего контроля самостоятельной работы обучающегося. Проведение краткого устного опроса целесообразно выполнять после самостоятельного ознакомления студентами с содержанием каждого из основных разделов курса.
письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий. При выполнении и оформлении письменной работы необходимо привести и описать все этапы последовательного выполнения сформулированных условий задания, теоретические основы обсуждаемой проблемы, получение и обработку результатов измерений, расчетов, способы проверки, методику валидации качества выполненной работы.
экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Теория фигуры Земли" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

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.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 21.03.03 "Геодезия и дистанционное зондирование" и профилю подготовки Космическая геодезия и навигация .