МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Заочный факультет
Кафедра высшей геодезии

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор
А. Л. Степанченко
17 февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ «Б1.В.05.02 ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ГРАВИМЕТРИЯ»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Геодезия

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: заочная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 4 года 8 месяца(-ев)

Объем: в зачетных единицах: 6 з.е.
в академических часах: 216 ак.ч.

Москва, 2023

Разработчики:
Преподаватель кафедры высшей геодезии Юзефович П. А.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 972

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Заочный факультет	Председатель Учебно-методической комиссии	Литвиненко М. В.	Рассмотрено	15.12.2022, № 3/23

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

3. Место дисциплины в структуре ОП

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

5. Содержание дисциплины
   5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
   5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля

6. Оценочные материалы текущего контроля

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

8. Порядок проведения промежуточной аттестации

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
   9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
   9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
   9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
   9.4. Оборудование и технические средства обучения

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - получение обучающимися теоретических знаний об основных проявлениях, методах определения, измерения и описания неоднородностей гравитационного поля Земли, их влиянии и учете при производстве геодезических работ, а также в формировании практических навыков в решении научно-технических и практических задач по созданию и поддержанию государственных систем координат и высот, а также гравиметрической системы для решения научно-технических и производственных задач в данной профессиональной сфере

Задачи изучения дисциплины:

- формирование понятия о закономерностях проявления гравитационного поля Земли, представления о неоднородностях гравитационного поля в глобальном и локальном масштабе и об их роли в решении геодезических задач;
- освоение навыков проведения измерений гравитационного поля в локальных масштабах, навыков работы с вычислительной техникой для совместной обработки геодезических и гравиметрических данных;
- получение компетенций для анализа и интерпретации результатов совместной вычислительной обработки геодезических и гравиметрических данных;
- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности, решать практические задачи в рамках отечественной научной школы геодезической гравиметрии в области изучения гравитационного поля и математического описания его характеристик.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-1 Способен проводить прикладные исследования, обрабатывать и анализировать результаты

ПК-1.1 Выполняет эксперимент и оформляет результаты исследований и разработок

Знать:

ПК-1.1/Зн1 Информационные и телекоммуникационные технологии для представления результатов геодезических работ

Уметь:

ПК-1.1/Ум1 Анализировать и систематизировать обрабатываемую информацию

Владеть:

ПК-1.1/Нв1 Навыками обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний

ПК-1.2 Обрабатывает и анализирует научно-техническую информацию и результаты исследований

Знать:

ПК-1.2/Зн2 Нормативно-технические и руководящие документы в области создания, поддержания и развития государственной координатной основы

Уметь:

ПК-1.2/Ум1 Применять современные программные средства обработки и уравнивания геодезических полевых и орбитальных измерений

Владеть:

ПК-1.2/Нв1 Навыками обработки, анализа результатов исследований с использованием научно-технической информацией по соответствующей области знаний

ПК-1.3 Готовит элементы документации, проектов, планов и программ проведения отдельных этапов работ

Знать:

ПК-1.3/Зн1 Нормативно-правовую базу в области геодезических работ

Уметь:

ПК-1.3/Ум1 Разрабатывать и оформлять технический проекты и программы геодезических работ

Владеть:

ПК-1.3/Нв1 Специализированным программным обеспечением для математической обработки результатов высокоточных измерений и их оформлением для проектной документации

ПК-9 Способен выполнять обеспечение инженерно-геодезических работ

ПК-9.1 Создает планово-высотные сети спутниковыми и наземными методами

Знать:

ПК-9.1/Зн1 Основные системы координат, свойства гравитационного поля и связи между его элементами и системами координат и высот

Уметь:

ПК-9.1/Ум1 Вычислять и выражать одни элементы гравитационного поля через другие, связывать элементы гравитационного поля с элементами систем геодезических координат и высот

Владеть:

ПК-9.1/Нв1 Методами решения геодезических и гравиметрических задач с применением вычислительной техники

ПК-9.2 Определяет планово-высотные координаты точек местности и промплощадок, а также элементов строительных конструкций инженерных сооружений и технологического оборудования наземными и спутниковыми методами

Знать:

ПК-9.2/Зн1 Условия проведения гравиметрических работ на местности и промплощадках, порядок работы с приборами, их характеристики и класс точности, методы использования дополнительной геодезической и гравиметрической информации при гравиметрических работах и инженерных изысканиях и формы представления результатов работ

Уметь:

ПК-9.2/Ум1 Проводить поверки и исследования гравиметров, проектировать и проводить гравиметрические определения, обрабатывать результаты гравиметрических измерений

Владеть:

ПК-9.2/Нв1 Методикой обработки результатов гравиметрических определений и использования результатов гравиметрических работ при решении инженерно-геодезических задач

ПК-9.3 Создает высокоточную планово-высотную сеть для проведения деформационного мониторинга зданий, сооружений и технологического оборудования

Знать:

ПК-9.3/Зн1 Структуру и состав государственной геодезической и гравиметрической сети, порядок подготовки планово-высотного обоснования для гравиметрического мониторинга инженерных сооружений

Уметь:

ПК-9.3/Ум1 Рассчитывать точность планово-высотного обоснования и точность гравиметрических наблюдений для целей мониторинга инженерных сооружений

Владеть:

ПК-9.3/Нв1 Методикой расчета точности гравиметрических определений и использования результатов гравиметрических работ при мониторинге инженерных сооружений

ПК-9.4 Проводит деформационный мониторинга природных объектов, сооружений и технологического оборудования

Знать:

ПК-9.4/Зн1 Условия проведения гравиметрических работ, порядок работы с приборами, методику измерений и требования для мониторинга инженерных сооружений

Уметь:

ПК-9.4/Ум1 Проводить поверки и исследования гравиметров, проектировать и проводить гравиметрические определения, обрабатывать результаты гравиметрических измерений

Владеть:

ПК-9.4/Нв1 Методикой обработки результатов гравиметрических определений и использования результатов гравиметрических работ при мониторинге инженерных сооружений

ПК-9.5 Выполняет инженерно-геодезические работы на объектах капитального строительства, в том числе особо опасных, технически сложных и уникальных объектах, а также монтажа и эксплуатации технологического оборудования

Знать:

ПК-9.5/Зн1 Условия проведения гравиметрических работ, порядок работы с приборами, методику измерений и требования для решения инженерно-практических задач, требующих учета неоднородности гравитационного поля

Уметь:

ПК-9.5/Ум1 Проводить поверки и исследования гравиметров, проектировать и проводить гравиметрические определения, обрабатывать результаты гравиметрических измерений

Владеть:

ПК-9.5/Нв1 Методикой обработки результатов гравиметрических определений и использования результатов гравиметрических работ для решения инженерных задач с учетом неоднородности гравитационного поля

ПК-9.6 Выполняет геодезическое обеспечение гидрографических работ для строительства и эксплуатации линейных и площадных сооружений в районах рек, морей, озер и водохранилищ

Знать:

ПК-9.6/Зн1 Условия проведения гравиметрических работ, порядок работы с приборами, методику измерений и требования для решения инженерно-практических задач на гидротехнических сооружениях

Уметь:

ПК-9.6/Ум1 Проводить поверки и исследования гравиметров, проектировать и проводить гравиметрические определения, обрабатывать результаты гравиметрических измерений

Владеть:

ПК-9.6/Нв1 Методикой обработки результатов гравиметрических определений и их использования для решения инженерно-практических задач на гидротехнических сооружениях

ПК-9.7 Выполняет инженерно-геодезические работы на объектах культурного наследия

Знать:

ПК-9.7/Зн1 Условия проведения гравиметрических работ высокой точности, порядок работы с приборами, методику измерений и требования для решения задач на объектах культурного наследия

Уметь:

ПК-9.7/Ум1 Проводить поверки и исследования гравиметров, проектировать и проводить гравиметрические определения, обрабатывать результаты измерений

Владеть:

ПК-9.7/Нв1 Методикой обработки результатов гравиметрических определений и их использования для решения инженерно-практических задач на объектах культурного наследия

ПК-9.8 Выполняет камеральную обработку материалов инженерно-геодезических работ, подготавливать и составлять технические отчеты о выполненных инженерно-геодезических работах

Знать:

ПК-9.8/Зн1 Методику обработки гравиметрических данных, влияние элементов гравитационного поля на координаты и высоты

Уметь:

ПК-9.8/Ум1 Использовать программы и алгоритмы вычисления элементов гравитационного поля, представлять результаты вычислений в ведомостях и отчетах

Владеть:

ПК-9.8/Нв1 Математическим аппаратом, позволяющим использовать результаты гравиметрических работ для решения инженерно-технических задач

ПК-10 Способен выполнять координатно-временное и навигационное обеспечение территории

ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем

Знать:

ПК-10.1/Зн1 Структуру, содержание и источники данных глобальных и локальных моделей гравитационного поля, области применимости таких моделей для решения практических задач

Уметь:

ПК-10.1/Ум1 Использовать программы и алгоритмы вычисления элементов гравитационного поля, правильно представлять результаты вычислений

Владеть:

ПК-10.1/Нв1 Математическим аппаратом представления исходных данных и вычисления специальных функций, способами использования результатов в инженерно-геодезических работах

ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие

Знать:

ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения

Уметь:

ПК-10.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений

Владеть:

ПК-10.2/Нв1 Математическим аппаратом вычисления специальных функций, способами использования результатов в инженерно-геодезических работах

ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

Знать:

ПК-10.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени

Уметь:

ПК-10.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников

Владеть:

ПК-10.3/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.05.02 «Геодезическая гравиметрия» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 4.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
4-я летняя сессия	216	6	12	12	174	Экзамен (18)
Всего	216	6	12	12	174	18

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

		нятия	занятия	ая работа	результаты несенные с своения

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные за	Практические	Самостоятельн	Планируемые р обучения, соотн результатами о программы
Раздел 1. Введение	**22**	**1**	**1**	**20**	ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-9.1 ПК-9.2
Тема 1.1. Сведения из сфероидической геодезии и геодезической астрономии	11	0,5	0,5	10	
Тема 1.2. Сила тяжести, её величина и характер изменения	11	0,5	0,5	10	
Раздел 2. Основной	**176**	**11**	**11**	**154**	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-9.3 ПК-9.4 ПК-9.5 ПК-9.6 ПК-9.7 ПК-9.8 ПК-10.1 ПК-10.2 ПК-10.3
Тема 2.1. Потенциал и его свойства	16	0,5	0,5	15	
Тема 2.2. Притяжение простых тел	16	0,5	0,5	15	
Тема 2.3. Гармонические функции	17	1	1	15	
Тема 2.4. Измерение силы тяжести	17	1	1	15	
Тема 2.5. Теория статического гравиметра. Измерения статическим гравиметром	12	1	1	10	
Тема 2.6. Аномалии силы тяжести и гравиметрические карты	17	1	1	15	
Тема 2.7. Нормальное поле	12	1	1	10	
Тема 2.8. Аномальный потенциал и элементы аномального поля	17	1	1	15	
Тема 2.9. Сферические и шаровые функции, модели гравитационного поля Земли	11	1	1	9	
Тема 2.10. Высоты и системы высот	17	1	1	15	
Тема 2.11. Нахождение аномального потенциала	12	1	1	10	
Тема 2.12. Учет неоднородности гравитационного поля при решении инженерных задач	12	1	1	10	
Итого	**198**	**12**	**12**	**174**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Введение

Тема 1.1. Сведения из сфероидической геодезии и геодезической астрономии

Геодезическая система координат. Соотношения параметров эллипсоида. Астрономические координаты и уклонения отвеса. Другие системы координат.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Наличие конспекта лекций

Тема 1.2. Сила тяжести, её величина и характер изменения

Закон Всемирного тяготения. Сила тяготения и центробежная сила. Сила тяжести, её единицы измерения. Изменение величины силы тяжести Земле. Вертикальный и горизонтальный градиенты. Влияние Луны и Солнца в начальном приближении.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Раздел 2. Основной

Тема 2.1. Потенциал и его свойства

Определение потенциальной функции. Градиент. Производная по направлению. Уровенная поверхность и силовая линия. Понятие геоида. Потенциал и форма уровенной поверхности поля силы тяжести однородного вращающегося шара.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Наличие конспекта лекций

Тема 2.2. Притяжение простых тел

Потенциал и сила притяжения точечной массы. Принцип суперпозиции. Гравитационное поле объёмных масс. Притяжение однородной сферы и шара. Свойства потенциала и его производных внутри и вне масс. Притяжение тонкого диска, цилиндра, плоскопараллельного слоя, конуса.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.3. Гармонические функции

Уравнение Лапласа и регулярность на бесконечности. Свойства гармонических функций. Формулы Грина. Уравнение Пуассона. Понятие о краевых задачах в геодезии. Гармонические и негармонические потенциалы.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.4. Измерение силы тяжести

Методы измерения силы тяжести, их классификация. Исторические сведения о развитии гравиметрии. Абсолютный и относительный методы, их современная точность. Источники ошибок и поправки баллистического метода. Измерение вторых производных.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля

Контрольная работа

Тема 2.5. Теория статического гравиметра. Измерения статическим гравиметром

Чувствительность упругих систем. Кварцевые астазированные гравиметры. Источники ошибок. Исследования и поверки гравиметров. Гравиметрический рейс и его обработка.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.6. Аномалии силы тяжести и гравиметрические карты

Виды аномалий силы тяжести. Редукция Буге. Поправка за рельеф. Назначение и виды гравиметрических карт. Ошибка интерполяции. Дисперсия и ковариационная функция аномалий. Косвенная интерполяция аномалий в свободном воздухе.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.7. Нормальное поле

Нормальный потенциал. Способы выбора нормального поля. Нормальная Земля и фундаментальные геодезические постоянные. Геометрия нормального поля.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.8. Аномальный потенциал и элементы аномального поля

Аномальный потенциал и элементы аномального поля: аномалия высоты, аномалия силы тяжести, гравиметрическое уклонение отвеса, их величины. Связи между ними. Простейшая модель аномального поля подземной точечной массы.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.9. Сферические и шаровые функции, модели гравитационного поля Земли

Ортогональность функций и разложение по базисным функциям. Полиномы и присоединённые функции Лежандра. Элементарные сферические функции. Разложение геопотенциала тела в ряд по шаровым функциям. Стоксовы постоянные первых степеней и их физический смысл. Модели гравитационного поля.

Тема 2.10. Высоты и системы высот

Высоты - геометрические и в поле силы тяжести. Геопотенциальные величины. Динамические, ортометрические, нормальные и нормально-ортометрические высоты. Теоретическая невязка замкнутого нивелирного хода и поправки в нивелирные превышения. Чистые и смешанные аномалии силы тяжести.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля

Тестирование

Тема 2.11. Нахождение аномального потенциала

Задача Стокса и задача Молоденского. Краевое условие для смешанных и чистых аномалий. Краевое условие в сферическом приближении. Общий вид решения и нахождение элементов аномального поля. Преобразование формул для интегрирования на плоскости. Местные гравиметрические аномалии высоты и уклонения отвеса.Связь местных значений с полными величинами.Спутниковое нивелирование.

Тема 2.12. Учет неоднородности гравитационного поля при решении инженерных задач

Вычисление аномальной кривизны силовой линии и уровенной поверхности.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Экзамен, 4-я летняя сессия.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Введение

Контролируемые ИДК: ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-9.1 ПК-9.2

Тема 1.1. Сведения из сфероидической геодезии и геодезической астрономии

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Тема 1.2. Сила тяжести, её величина и характер изменения

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Найти среднюю плотность Земли (в виде шара). Результат выразить в кг/м3 и в г/см3
2. Найти значение центробежной силы на экваторе для шарообразной Земли. Результат выразить в Галах.
3. Рассчитать притяжение Луны для подлунной точки (единичной массы) на поверхности шарообразной Земли. Результат выразить в миллигалах.

4. Парашютист прыгает с высоты 700 метров. На сколько увеличилась его сила тяжести в точке приземления? Результат выразить в миллигалах.

Раздел 2. Основной

Контролируемые ИДК: ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-9.3 ПК-9.4 ПК-9.5 ПК-9.6 ПК-9.7 ПК-9.8 ПК-10.1 ПК-10.2 ПК-10.3

Тема 2.1. Потенциал и его свойства

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Тема 2.2. Притяжение простых тел

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Рассчитать аномальное притяжение залежи известняка сферической формы. Результат выразить в миллигалах. Аномальная масса сферической формы залегает на глубине a = 100 + N метров, где a – расстояние до центра сферы.
Радиус сферы r = 0.9a.
Плотность известняка δ = 2.8 г/см3.
Плотность окружающих пород (песок) δ0 = 2.0 г/см3

2. Найти притяжение частей внутреннего строения Земли по отдельности для точки, находящейся на поверхности Земли

3. Построить график изменения силы тяжести от широты g(ф) в Галах.

4. На какую высоту над землёй надо подняться на широте МИИГАиК (55.6 º), чтобы сила тяжести стала равной значению силы тяжести на экваторе? Использовать 2 формулу Клеро и значение вертикального градиента.

Тема 2.3. Гармонические функции

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Разложить данную функцию f(x) на интервале [-1, 1] в ряд полиномов Лежандра до 3 степени включительно.
Построить график на интервале [-1.1, 1.1] исходной функции и ее аппроксимации f*(x). Графики расположить на одной координатной плоскости.

f*(x) = a_0 + a_1*P1 + a_2*P2 + a_3*P3

Тема 2.4. Измерение силы тяжести

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Оценить разность силы тяжести между МИИГАиК (на уровне земли) и верхней точкой башни Останкинского телецентра. Высота башни 540 м, она расположена в 6.1 км севернее МИИГАиК. Изменением высоты рельефа пренебречь. Результат выразить в миллигалах.

2. Построить график силы притяжения для модели Земли PREM500 (см. ссылку), начиная от центра Земли и до высоты H = 21000 км над поверхностью Земли. Плотность атмосферы брать за 0. В этой модели Земля состоит из множества однородных сферических слоёв

Тема 2.5. Теория статического гравиметра. Измерения статическим гравиметром

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Получить значение цены деления гравиметра и обработать гравиметрический рейс

Тема 2.6. Аномалии силы тяжести и гравиметрические карты

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисленить аномалии, оценку точности гравиметрической карты

Тема 2.7. Нормальное поле

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Вычислить для систем фундаментальных постоянных Нормальной Земли следующие параметры. Заполнить таблицу и проставить (где нужно) обозначение и единицы измерения.

Тема 2.8. Аномальный потенциал и элементы аномального поля

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Построить графики элементов аномального поля при движении вдоль оси X в диапазоне от -3а до +3а с шагом 1 м на уровне земли (Z=0).

Тема 2.10. Высоты и системы высот

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. На какую высоту нужно подняться, чтобы видимое уменьшение силы тяжести было равно суммарному действию Луны и Солнца?

A) 0.52 м
B) 5.2 м
C) 52 м
D) 520 м

2. Сфероид это:

A) Фигура, близкая к эллипсоиду вращения
B) Фигура, близкая к сфере
C) Фигура, близкая к геоиду
D) Ни одно из утверждений не верно

3. Потенциал это:

A) Числовая константа
B) Скалярная функция
C) Векторная функция
D) Ничего из перечисленного не верно

4. Производная потенциала по произвольному направлению равна

A) Нулю
B) Косинусу угла направления
C) Вектору силы
D) Проекции вектора силы на направление

5. Частные производные потенциала по направлениям осей координат равны

A) Нулю
B) Единице
C) Составляющим вектора силы
D) Косинусам углов между осями координат

6. Работа силы при перемещении вдоль уровенной поверхности равна

A) Нулю
B) Значению потенциала на этой поверхности
C) Величине силы на этой поверхности

D) Бесконечности

7. На какую высоту надо подняться, находясь на нулевой отметке на полюсе, чтобы сила тяжести стала такой же, как на экваторе?

A) 170 м
B) 1700 м
C) 17 км
D) 170 км

8. Гармонической называется функция

A) у которой произведения вторых частных производных по координатам не равны нулю
B) у которой частные производные по координатам равны нулю
C) у которой вторые частные производные по координатам равны нулю
D) у которой сумма вторых частных производных по координатам равна нулю
E) описывающая гармонические колебания

9. Потенциал объемных масс есть функция, которая

A) нерегулярна на бесконечности
B) обращается в ноль на бесконечности
C) постоянная внутри масс
D) разрывна на границе объемных масс

10. Гармоническая функция

A) удовлетворяет уравнению Лапласа
B) удовлетворяет уравнению Пуассона
C) удовлетворяет уравнениям и Лапласа и Пуассона
D) не удовлетворяет уравнениям Лапласа и Пуассона

11. Потенциал тяготения объемных масс

A) удовлетворяет уравнению Лапласа внутри и снаружи объемных масс
B) удовлетворяет уравнению Пуассона внутри и снаружи объемных масс
C) удовлетворяет уравнениям и Пуассона внутри масс и Лапласа снаружи
D) удовлетворяет уравнениям и Лапласа внутри масс и Пуассона снаружи
E) не удовлетворяет уравнениям Лапласа и Пуассона

12. Центробежный потенциал

A) является гармонической функцией во всем пространстве
B) является гармонической функцией на оси вращения
C) является гармонической функцией внутри притягивающих масс
D) является гармонической функцией вне притягивающих масс
E) ни одно утверждение не верно

13. Потенциал силы тяжести

A) является гармонической функцией во всем пространстве
B) является негармонической функцией во всем пространстве
C) является гармонической функцией внутри притягивающих масс
D) является гармонической функцией вне притягивающих масс

14. Краевая задача состоит в

A) определении формы краевой поверхности
B) нахождении области существования гармонической функции
C) нахождении неизвестной гармонической функции на граничной (краевой) поверхности
D) нахождении неизвестной гармонической функции вне граничной (краевой) поверхности
E) ни одно утверждение не верно

15. Нормальная Земля имеет форму

A) геоида
B) эллипсоида
C) поверхности твердой оболочки Земли
D) шара

16. Фундаментальные геодезические постоянные это

A) Элементы ориентирования геоцентрической системы координат
B) Параметры общеземного эллипсоида
C) Гравитационные параметры Земли, Луны и планет
D) Координаты исходных пунктов геодезической сети
E) Параметры проекции Гаусса-Крюгера
F) Параметры, задающие нормальное поле

17. Сколько фундаментальных геодезических постоянных должны быть независимыми величинами?

A) Два
B) Три
C) Четыре
D) Пять
E) Другое число

18. Нормальная сила тяжести это

A) сила притяжения вращающегося Земного шара
B) сила притяжения эллипсоида нормальной Земли
C) сила тяжести на поверхности эллипсоида нормальной Земли
D) сила тяжести, перпендикулярная уровенным поверхностям нормального поля

19. Уровенные поверхности нормального поля

A) Плоскости
B) Концентрические сферы
C) Софокусные эллипсоиды
D) Сфероиды, сближающиеся к экватору
E) Сфероиды, сближающиеся к полюсам
F) Конусы

20. Нормальный вертикальный градиент это

A) Изменение нормальной силы тяжести в направлении нормали к уровенной поверхности
B) Изменение нормальной силы тяжести в направлении нормали к оси вращения
C) Изменение нормальной силы тяжести в направлении нормали к плоскости экватора
D) Изменение нормального потенциала в направлении нормали к эллипсоиду
E) Другое

21. Силовые линии нормального поля

A) Прямые, сходящиеся в одну точку
B) Плоские кривые большого радиуса, выпуклые со стороны экватора
C) Плоские кривые большого радиуса, вогнутые со стороны экватора
D) Сложные пространственные кривые
E) Параллельные прямые

22. Спутниковыми измерениями определяют:

A) Высоту точки в нормальном поле
B) Нормально-ортометрическую высоту
C) Высоту точки над геоидом
D) Динамическую высоту
E) Высоту точки над эллипсоидом
F) Высоту точки над квазигеоидом
G) Нивелирное превышение
H) Геопотенциальное число

23. Геопотенциальное число это:

A) Высота пункта в нормальном поле
B) Разность потенциалов между квазигеоидом и отсчётным эллипсоидом
C) Разность потенциалов между началом счета высот и пунктом на поверхности Земли
D) Разность потенциалов между началом счета высот и геоидом
E) Разность потенциалов между началом счета высот и квазигеоидом
F) Разность потенциалов между отсчетным эллипсоидом и пунктом на поверхности Земли

24. Квазигеоид это:

A) Физическая поверхность
B) Уровенная поверхность
C) Отсчетная поверхность для геодезических высот
D) Отсчетная поверхность для нормальных высот
E) Модель гравитационного поля
F) Поверхность равных высот в нормальном поле
G) Геопотенциальное число

25. Нормальная высота это:

A) Высота точки, в которой действительное геопотенциальное число равно нормальному
B) Высота точки, в которой геопотенциальное число равно нулю
C) Высота точки, в которой геопотенциальное число равно потенциалу на эллипсоиде
D) Высота точки, в которой геопотенциальное число равно потенциалу на геоиде
E) Высота точки в нормальном поле
F) Длина отрезка нормали от пункта до эллипсоида

26. Ортометрическая высота это:

A) Высота точки над эллипсоидом
B) Высота точки над геоидом
C) Высота точки над квазигеоидом
D) Высота точки над теллуроидом
E) Высота точки, в которой геопотенциальное число равно потенциалу на эллипсоиде
F) Высота точки в нормальном поле

27. Гравиметрические поправки вводятся

A) в значения нормальных высот
B) в спутниковые значения высот
C) в аномалии силы тяжести
D) в нивелирные превышения
E) в геопотенциальное число
F) в высоты точек в нормальном поле

28. Высота точки в нормальном поле практически совпадает с

A) Нормальной высотой
B) Ортометрической высотой
C) Динамической высотой
D) Нормально-ортометрической высотой
E) Геодезической высотой
F) Ни с чем из перечисленного не совпадает

29. При нивелировании по уровенной поверхности

A) Не меняются только геодезические высоты
B) Не меняются только ортометрические высоты
C) Не меняются только нормальные высоты
D) Не меняются только динамические высоты
E) Не меняются ортометрические, нормальные и нормально-ортометрические высоты

30. Гравиметрические поправки зависят только от :

A) Разности широт
B) Измеренных превышений
C) Аномалий силы тяжести
D) Высот пунктов линии нивелирования
E) Всего вышеперечисленного
F) Ни от чего вышеперечисленного не зависят

Тема 2.12. Учет неоднородности гравитационного поля при решении инженерных задач

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление приливной поправки (твёрдый прилив) на заданном интервале для пункта: МИИГАиК

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

4-я летняя сессия, Экзамен

Контролируемые ИДК: ПК-1.1 ПК-9.1 ПК-10.1 ПК-1.2 ПК-9.2 ПК-10.2 ПК-1.3 ПК-9.3 ПК-10.3 ПК-9.4 ПК-9.5 ПК-9.6 ПК-9.7 ПК-9.8

Вопросы/Задания:

1. Развитие представлений о фигуре Земли: шар, эллипсоид, геоид. Физическая поверхность Земли. Системы координат.

2. История градусных измерений

3. Сила тяжести и её потенциал. Распределение силы тяжести на Земле. Свойства потенциала силы тяжести и область его существования. Уровенная поверхность

4. Закон изменения силы тяжести на поверхности однородного земного шара. Вертикальный и горизонтальный градиенты силы тяжести

5. Горизонтальный и вертикальный градиенты силы тяжести. Вторые производные и их
единицы измерения- этвеш.

6. Расстояние между уровенными поверхностями потенциала силы тяжести. Силовая линия, отвесная линия

7. Сила тяготения (притяжения) и её потенциал. Потенциал материальной точки, физический смысл потенциала. Свойства потенциала тяготения

8. Потенциал тяготения объемных масс и его свойства

9. Притяжение однородного диска и цилиндра. Притяжение бесконечного плоского и плоскопараллельного слоя. Однородное поле

10. Потенциал и сила притяжения однородной сферы и однородного шара внутри и снаружи. Свойство непрерывности потенциала и силы. Вторая производная
потенциала однородного шара.

11. Абсолютные измерения силы тяжести баллистическим методом. Атомные гравиметры. Схема баллистического гравиметра. Источники ошибок и поправки метода

12. Схема чувствительной системы статического гравиметра. Астазирование. Преимущества и недостатки гравиметров.Устройство статического гравиметра. Источники ошибок

13. Эталонирование гравиметра на базисе и методом наклона. Юстировка уровней гравиметра.

14. Гравиметрический рейс и его обработка.

15. Вторые производные потенциала силы тяжести, их физический смысл и способы измерения. Кривизна силовой линии и кривизна уровенной поверхности, их связь со вторыми производными потенциала

16. Точность гравиметрических карт. Прямая и косвенная интерполяция аномалий в свободном воздухе.

17. Гармонические функции и их свойства. Свойства потенциала тяготения. Уравнения Лапласа и Пуассона.

18. Нормальное поле и фундаментальные геодезические постоянные. Связь геометрических и физических параметров.

19. Геометрия нормального поля. Кривизна силовой линии и уровенной поверхности нормального поля

20. Свойства аномального потенциала. Связь элементов аномального поля с аномальным потенциалом.

21. Связь аномалии силы тяжести, уклонения отвеса и аномалии высоты с аномальным потенциалом. Формула Брунса (полная).

22. Свойства аномального потенциала. Понятие краевой задачи и краевого условия. Виды краевых задач.

23. Полиномы Лежандра и их свойства. Ортогональность полиномов Лежандра. Квадрат нормы. Разложение произвольной функции по базисным полиномам Pn.

24. Ряд Лапласа. Сферические функции. Классификация сферических гармоник

25. Разложение потенциала тяготения в ряд по шаровым функциям. Стоксовы постоянные

26. Модели гравитационного поля Земли. Классификация.Степень, разрешение и источники данных.

27. Аномальный потенциал в Стоксовом (сферическом) приближении. Ряд Стокса.Формулы Стокса и Венинг-Мейниса

28. Системы высот. Ортометрическая высота. Нормальная высота. Теллуроид. Квазигеоид

29. Сумма превышений замкнутого нивелирного полигона. Гравиметрические поправки в нивелирные превышения. Разность нормальных высот на берегах водоёма

30. Гравиметрическая (полная и местная) и астрономо-геодезическая аномалия высоты. Спутниковое нивелирование

31. Гравиметрическое и астрономо-геодезическое уклонение отвеса и его составляющие

32. Модели гравитационного поля Земли. Степень и разрешение. Источники данных. Заголовок и содержание файла gfc

33. Найдите силу тяжести g = F на поверхности невращающегося Земного шара радиусом R = 6371, 2 км, ответ выразите в м/с2. Выберите наиболее близкое число:

A) 0.0098206
B) 0.14460
C) 9.82
D) 981.3

34. Найдите среднюю плотность Земли δ (кг/м3) Выберите наиболее близкое число:

A) 840
B) 2400
C) 5500
D) 11000

35. По угловой скорости вращения ω = 7, 29*10-5 [с-1] для сферической Земли радиусом R = 6371, 2 км вычислите значение центробежной силы на экваторе (в Галах). Выберите наиболее близкое число:

A) 0.003
B) 3.4
C) 55.8
D) 128.3

36. Какую долю в процентах составляет изменение силы тяжести между полюсом и экватором от полной величины g? Выберите наиболее близкое значение:

A) 5%
B) 7%
C) 0.7%
D) 15%

37. Рассчитайте, на какую высоту надо подняться, чтобы сила тяжести изменилась на 6.5 Гал? Выберите наиболее близкое значение:

A) 5 м
B) 200 м
C) 1500 м
D) 21 км

38. Как называется астрономическое явление, когда Солнце и Луна находятся по одну сторону от земного наблюдателя, на одной прямой с ним?

A) Равноденствие
B) Лунное затмение
C) Верхнее солнцестояние
D) Полнолуние
E) Солнечное затмение

39. Какое небесное тело вызывает больший приливный эффект:

A) Солнце
B) Луна
C) Солнце и Луна в равной степени

40. На какую высоту нужно подняться, чтобы видимое уменьшение силы тяжести было равно суммарному действию Луны и Солнца?

A) 0.52 м
B) 5.2 м
C) 52 м
D) 520 м

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Юзефович А.П. Поле силы тяжести и его изучение: учебное пособие. / А.П. Юзефович. - МИИГАиК, 2014. - 194 - 978-5-91188-051-4. - Текст: непосредственный.

2. Огородова Л.В. Нормальное поле и определение аномального потенциала (текст лекций по геодезической гравиметрии и теории фигуры Земли): Учебное пособие. / Л.В. Огородова. - МИИГАиК, 2010. - 105 - 978-5-97788-025-5. - Текст: непосредственный.

3. Огородова Л.В. Основы теории потенциала. Гравитационное поле Земли, Луны и планет: учебное пособие. / Л.В. Огородова. - МИИГАиК, 2013. - 108 - 978-5-91188-049-1. - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Гофман-Велленгоф Б. Физическая геодезия: Пер. с англ. / Под ред. Ю.М. Неймана. / Б. Гофман-Велленгоф, Г. Мориц; Б. Гофман-Велленгоф, Г. Мориц ;. - МИИГАиК, 2007. - 426 - 978-5-91188-007-1. - Текст: непосредственный.

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. https://icgem.gfz-potsdam.de/tom_longtime - Модели гравитационного поля в формате gfc
2. https://icgem.gfz-potsdam.de/vis3d/tutorial - Визуализация сферических гармоник

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения
(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем
(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Смешанный тип

Интерактивная панель - 1 шт.

Меловая доска - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется:

- Методическими рекомендациями по дисциплине;
- Методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы студентов МИИГАиК;

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.