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
16 февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
НАУКИ О ЗЕМЛЕ
«Б1.В.04.03 ТЕОРИЯ ФИГУР ПЛАНЕТ И ГРАВИМЕТРИЯ»

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 21.05.01 Прикладная геодезия

Направленность(профиль) подготовки: Инженерная геодезия

Квалификация (степень) выпускника: специалист

Форма обучения: заочная

Год набора (приема на обучение): 2024

Срок получения образования: 5 лет 8 месяца(-ев)

Объем: в зачетных единицах: 7 з.е.
в академических часах: 252 ак.ч.

Москва, 2024

Разработчики:
Доцент кафедры высшей геодезии, к.т.н. Попадьев В. В.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия, утвержденного приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 944

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Заочный факультет	Председатель Учебно-методической комиссии	Литвиненко М. В.	Рассмотрено	15.02.2024, № 1

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 и планет, а также в формировании практических навыков и в готовности к самостоятельной работе в составе научных и производственных объединений, решающих научно-технические задачи по созданию и поддержанию государственных систем координат, высот и гравиметрической системы для решения научно-технических задач в профессиональной сфере инженерно-геодезических и гравиметрических кадров.

Задачи изучения дисциплины:

- Формирование понятия о закономерностях проявления гравитационного поля Земли и планет в связи с их формой и размерами, представления о неоднородностях гравитационного поля в связи с нерегулярностью внутреннего строения;
- Освоение навыков профессиональной работы с вычислительной техникой, совместной обработки геодезических и гравиметрических данных различными способами;
- Получение компетенций для математического анализа и верной интерпретации результатов совместной вычислительной обработки геодезических и гравиметрических данных об обнаруженных неоднородностях гравитационного поля Земли и планет земной группы;
- Формирование умений применять полученные знания в практической деятельности, решать теоретические и практические задачи в рамках отечественной научной школы геодезической гравиметрии, в области определения фигуры Земли и планет по результатам разнородных измерений на земной поверхности и внешнем пространстве.

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-1 Способен проводить научные исследования в области координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

ПК-1.1 Проводит исследования и эксперименты

Знать:

ПК-1.1/Зн1 Основные проявления неоднородностей гравитационного поля и связи между его элементами

Уметь:

ПК-1.1/Ум1 Вычислять и выражать одни элементы гравитационного поля через другие

Владеть:

ПК-1.1/Нв1 Отечественной и международной терминологией и верно её употреблять

ПК-1.2 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

Знать:

ПК-1.2/Зн1 Основные отличия отечественной школы теории фигуры Земли

Уметь:

ПК-1.2/Ум1 Связывать элементы гравитационного поля с элементами систем геодезических координат и высот

Владеть:

ПК-1.2/Нв1 Численными методами решения геодезических и гравиметрических задач с применением вычислительной техники

ПК-3 Способен обеспечить инженерно-геодезические работы

ПК-3.1 Создает специальные планово-высотные сети спутниковыми и наземными методами

Знать:

ПК-3.1/Зн21 Пределы и масштаб влияния локальных неоднородностей гравитационного поля на результаты инженерно-геодезических работ различной степени сложности и точности

Уметь:

ПК-3.1/Ум3 учитывать влияние местных особенностей гравитационного поля в обработке специальных геодезических измерений

Владеть:

ПК-3.1/Нв2 Прямым и косвенным определением аномалий высоты и уклонений отвесной линии

ПК-3.2 Определяет планово-высотные координаты точек местности и промплощадок, а также элементов строительных конструкций инженерных сооружений и технологического оборудования наземными и спутниковыми методами

Знать:

ПК-3.2/Зн2 Свойства различных систем высот над уровнем моря в связи с решаемыми задачами

Уметь:

ПК-3.2/Ум2 Вычислять высотные отметки реперов на основе измеренных превышений и гравиметрических определений

Владеть:

ПК-3.2/Нв2 методами измерений силы тяжести для введения поправок за переход к требуемой системе высот

ПК-3.3 Создает высокоточную планово-высотную сеть для проведения деформационного мониторинга зданий, сооружений и технологического оборудования

Знать:

ПК-3.3/Зн2 Особенности высокоточного нивелирования на вертикальных объектах и в горных условиях

Уметь:

ПК-3.3/Ум2 Обработывать и уравнивать результаты высокоточного нивелирования на вертикальных объектах и в горных условиях

Владеть:

ПК-3.3/Нв2 Вычислением разностей потенциалов силы тяжести и геопотенциальных чисел на основе измеренных превышений и гравиметрических определений

ПК-3.4 Проводит деформационный мониторинг природных объектов, сооружений и технологического оборудования

Знать:

ПК-3.4/Зн2 Методы вычисления влияния неоднородности гравитационного поля на различных этапах геодезических работ

Уметь:

ПК-3.4/Ум2 Обработывать и уравнивать результаты гравиметрических определений

Владеть:

ПК-3.4/Нв2 Выполнением гравиметрических определений для мониторинга нефтегазоконденсатных месторождений

ПК-3.5 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-3.5/Зн2 Методы использования дополнительной гравиметрической информации при инженерно-геодезических работах и инженерных изысканиях

Уметь:

ПК-3.5/Ум2 Проектировать и проводить вспомогательные гравиметрические определения

Владеть:

ПК-3.5/Нв2 Выполнением высокоточного геометрического нивелирования

ПК-3.6 выполняет геодезическое обеспечение гидрографических работ для строительства и эксплуатации линейных и площадных сооружений в районах рек, морей, озер и водохранилищ

Знать:

ПК-3.6/Зн2 Преимущества системы динамических высот при обработке сетей вблизи гидротехнических объектов

Уметь:

ПК-3.6/Ум2 Установливать системы динамических высот для обработки высокоточного нивелирования вблизи гидротехнического объекта

Владеть:

ПК-3.6/Нв2 методами измерений силы тяжести для перехода к геопотенциальным числам

ПК-3.7 Выполняет инженерно-геодезические работы на объектах культурного наследия

Знать:

ПК-3.7/Зн2 Способы коррекции инженерно-геодезических работ на основании данных гравиметрических определений

Уметь:

ПК-3.7/Ум2 Интерпретировать результаты гравиметрических определений

Владеть:

ПК-3.7/Нв2 Выполнением гравиметрических определений для определения подземных пустот и фундаментов

ПК-3.8 Выполняет камеральную обработку материалов инженерно-геодезических работ, подготовка и составление технических отчетов о выполненных инженерно-геодезических работах

Знать:

ПК-3.8/Зн2 Содержание каталогов Главной высотной основы I—II классов

Уметь:

ПК-3.8/Ум2 Составлять каталоги для линий и полигонов ГВО I—II классов на основе технических отчётов о выполненном нивелировании.

Владеть:

ПК-3.8/Нв2 Обработкой и уравниванием результатов высокоточного геометрического нивелирования

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.04.03 «Теория фигур планет и гравиметрия» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 5.

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)
5-я летняя сессия	252	7	16	24	203	Экзамен (9)
Всего	252	7	16	24	203	9

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотнесенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Специальные сведения из высшей математики и математической физики	**136**	**8**	**13**	**115**	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 1.1. Сведения из геодезии и математики	13	1	2	10	
Тема 1.2. Теория поля	18	1	2	15	
Тема 1.3. Гармонические функции	18	1	2	15	
Тема 1.4. Гравитационное поле	23	1	2	20	
Тема 1.5. Специальные функции	29	2	2	25	
Тема 1.6. Краевые задачи теории потенциала	35	2	3	30	
Раздел 2. Аномальное гравитационное поле и системы физических высот	**107**	**8**	**11**	**88**	ПК-3.4 ПК-3.5 ПК-3.6

Тема 2.1. Повторение и обобщение изученного	13	1	2	10	ПК-3.7 ПК-3.8
Тема 2.2. Сфероидальные координаты	18	1	2	15	
Тема 2.3. Нормальное поле	24	2	2	20	
Тема 2.4. Системы высот «над уровнем моря»	24	2	2	20	
Тема 2.5. Аномальное поле	28	2	3	23	
Итого	**243**	**16**	**24**	**203**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Специальные сведения из высшей математики и математической физики

Тема 1.1. Сведения из геодезии и математики

Геодезическая система координат. Коэффициент искажения меры при интегрировании. Коэффициенты Ламе

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 1.2. Теория поля

Производная по направлению. Градиент скалярного поля. Поток и дивергенция векторного поля. Формулы Гаусса—Остроградского, Гаусса и Грина. Циркуляция и ротор векторного поля

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 1.3. Гармонические функции

Уравнение Лапласа и регулярность на бесконечности. Свойства гармонических функций.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 1.4. Гравитационное поле

Притяжение материальных точек. Гравитационное поле объёмных масс. Материальная поверхность и материальная линия. Потенциал двойного слоя. Уравнение Пуассона. Фундаментальная формула Грина. Дополнительные свойства гармонических функций. Притяжение простейших тел. Особенности поля притяжения Земли. Центробежная сила. Сила тяжести.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 1.5. Специальные функции

Ортогональные функции. Шаровые и сферические функции. Функции Лежандра. Основные сферические функции. Разложение потенциала объёмного тела по шаровым функциям.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 1.6. Краевые задачи теории потенциала

Задача Дирихле. Задача Неймана для сферы. Третья (смешанная) задача для сферы.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Наличие конспекта лекций

Раздел 2. Аномальное гравитационное поле и системы физических высот

Тема 2.1. Повторение и обобщение изученного

Теория поля (обобщение). Фундаментальная формула Грина и преобразование Молоденского. Ортогональные полиномы (обобщение). Сферические и шаровые функции (обобщение)

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Тема 2.2. Сфероидальные координаты

Координатные линии и поверхности специальной системы координат сжатого эллипсоида вращения, коэффициенты Ламе сфероидальной системы.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Тема 2.3. Нормальное поле

Фундаментальные, первичные и производные геодезические постоянные. Нормальное поле уровенного эллипсоида.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.4. Системы высот «над уровнем моря»

Геоид и «уровень моря». Динамические высоты. Ортометрические высоты. Нормальные высоты, вычисление гравиметрической поправки за переход от суммы измеренных превышений к разности нормальных высот.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.5. Аномальное поле

Аномалии силы тяжести. Аномалия высоты. Краевое условие для возмущающего потенциала. Интегральное уравнение М. С. Молоденского. Решение интегрального уравнения Молоденского. Точность формул Стокса и Молоденского. Уклонение отвесной линии. Вычисление аномалий высоты и уклонений отвеса. Косвенные методы получения аномалий высоты. Косвенные методы получения уклонения отвеса. Развитие метода Молоденского.

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, 5-я летняя сессия.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Специальные сведения из высшей математики и математической физики
Контролируемые ИДК: ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3

Тема 1.1. Сведения из геодезии и математики

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Определить коэффициенты a, b, c, d векторного поля F ={ax+cyz^2, by +cxz^2, 2cxyz +d}, чтобы оно было лапласовым.

Тема 1.2. Теория поля

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Вывод присоединённых функций Лежандра.

Тема 1.3. Гармонические функции

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Разложение произвольной функции f(ϕ, λ), заданной на сфере ω, по сферическим многочленам gn(ϕ, λ) разных степеней n и порядков k,

Тема 1.4. Гравитационное поле

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Вычислить значение потенциала притяжения в точке $\rho = a$, $\phi = var$, $\lambda = var$, где var —номер варианта до степени $n = 4$ и порядка $k = 4$.

Тема 1.5. Специальные функции

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Дано: GM, a, α, ω.

Найти производные геометрические и физические параметры.

Тема 1.6. Краевые задачи теории потенциала

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Раздел 2. Аномальное гравитационное поле и системы физических высот

Контролируемые ИДК: ПК-3.4 ПК-3.5 ПК-3.6 ПК-3.7 ПК-3.8

Тема 2.1. Повторение и обобщение изученного

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 2.2. Сфероидальные координаты

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Сколькими параметрами задаётся Земной эллипсоид вращения?

A) Двумя: большая полуось и сжатие
B) Тремя: большая полуось, малая полуось и сжатие
C) Четырьмя: большая полуось, малая полуось, сжатие и эксцентриситет
D) Ни один вариант не верен

2. Какое число ближе всего описывает сжатие Земного эллипсоида?

A) 1:50
B) 1:300
C) 1:5000
D) 1:15000

3. Как называется угол между нормалью к поверхности эллипсоида и плоскостью экватора?

A) Геодезическая высота
B) Нормальная высота
C) Геодезическая широта
D) Ни один вариант не верен

4. Величина e2 (квадрат первого эксцентриситета) больше, меньше или равна сжатию земного эллипсоида?

A) Больше
B) Меньше
C) Равна

5. Что такое геодезическая высота?

A) Расстояние по нормали между точкой и плоскостью экватора
B) Расстояние по нормали между точкой и поверхностью эллипсоида
C) Расстояние по нормали между точкой и поверхностью геоида
D) Расстояние по нормали между точкой и поверхностью земли

6. Где проходит плоскость первого вертикала?

A) Параллельно плоскости меридиана
B) Вдоль нормали к эллипсоиду, перпендикулярно плоскости меридиана
C) Параллельно касательной плоскости к поверхности эллипсоида, перпендикулярно плоскости меридиана
D) Ни один вариант не верен

7. Где проходит плоскость первого вертикала?

A) Параллельно плоскости меридиана
B) Вдоль нормали к эллипсоиду, перпендикулярно плоскости меридиана
C) Параллельно касательной плоскости к поверхности эллипсоида, перпендикулярно плоскости меридиана
D) Ни один вариант не верен

8. Где проходит ось X геоцентрической системы координат?

A) Перпендикулярно плоскости нулевого меридиана
B) Под углом 90 градусов к плоскости экватора
C) Вдоль пересечения нулевого меридиана с плоскостью экватора
D) Вдоль оси вращения Земли

9. Какой город России расположен ближе всего к меридиану, содержащему ось Y?

A) Казань
B) Екатеринбург
C) Новосибирск
D) Красноярск
E) Хабаровск

10. Что такое астрономическая широта?

A) Угол между отвесной линией и начальным меридианом
B) Угол между отвесной линией и нормалью к эллипсоиду
C) Угол между отвесной линией и плоскостью экватора
D) Угол между отвесной линией и осью вращения Земли

11. Куда направлена сила тяжести?

A) В центр масс Земли
B) Перпендикулярно плоскости экватора
C) Перпендикулярно касательной плоскости к поверхности эллипсоида
D) Вдоль отвесной линии

12. Что такое плоскость астрономического меридиана?

A) Плоскость, параллельная оси вращения Земли и содержащая отвесную линию
B) Плоскость, параллельная отвесной линии и содержащая ось вращения Земли
C) Плоскость, содержащая нормаль к эллипсоиду и ось вращения Земли
D) Плоскость первого вертикала

13. Что такое астрономо-геодезическое уклонение отвеса?

A) Угол между отвесной линией и осью вращения Земли
B) Угол между отвесной линией и направлением нормали к эллипсоиду
C) Угол между отвесной линией и плоскостью экватора
D) Угол между отвесной линией и плоскостью начального меридиана

14. Где на Земле центробежная сила равна нулю?

A) На полюсах
B) На экваторе
C) Нигде

15. Какие из перечисленных на рисунке аномальных масс, включая топографические массы рельефа (2, 3), приводят к увеличению силы тяжести, а какие – к уменьшению?

A) все массы приводят к увеличению g
B) масса 1 – к увеличению g, массы 2 и 3 - к уменьшению g
C) масса 1 и 2 – к увеличению g, массы 3 - к уменьшению g
D) масса 1 и 3 – к увеличению g, массы 2 - к уменьшению g
E) все массы приводят к уменьшению g

16. В какую сторону перечисленные на рисунке аномальные массы отклоняют отвесную линию?

A) все массы отклоняют отвесную линию вправо
B) масса 1 – вправо, остальные влево
C) массы 1 и 2 – вправо, масса 3 - влево
D) все массы отклоняют отвесную линию влево

17. 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

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

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

19. 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

20. 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%

21. 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

22. 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

23. Какое небесное тело вызывает больший приливный эффект:

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

Тема 2.3. Нормальное поле

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Вычислите с точностью до 0, 1 мкГал нормальную силу тяжести в точке с широтой u =k икоординатой w

2. Сделать вычисления параметров нормального поля для тел Солнечной системы

Тема 2.4. Системы высот «над уровнем моря»

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Вычислить значение нормальной производной гармонической функции ∂u в точке со сферическими координатами $\rho 0 = 2$, $\varphi 0 = 1^\circ$, $\lambda 0 = 10^\circ$.

Тема 2.5. Аномальное поле

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление аномалий силы тяжести

2. Вычисление уклонений отвеса и аномалии высоты на ЭВМ

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

5-я летняя сессия, Экзамен

Контролируемые ИДК: ПК-1.1 ПК-3.1 ПК-1.2 ПК-3.2 ПК-3.3 ПК-3.4 ПК-3.5 ПК-3.6 ПК-3.7 ПК-3.8

Вопросы/Задания:

1. Сколькими параметрами задаётся Земной эллипсоид вращения?

A) Двумя: большая полуось и сжатие
B) Тремя: большая полуось, малая полуось и сжатие

C) Четырьмя: большая полуось, малая полуось, сжатие и эксцентриситет
D) Ни один вариант не верен

2. Какое число ближе всего описывает сжатие Земного эллипсоида?

A) 1:50
B) 1:300
C) 1:5000
D) 1:15000

3. Как называется угол между нормалью к поверхности эллипсоида и плоскостью экватора?

A) Геодезическая высота
B) Нормальная высота
C) Геодезическая широта
D) Ни один вариант не верен

4. Величина e2 (квадрат первого эксцентриситета) больше, меньше или равна сжатию земного эллипсоида?

A) Больше
B) Меньше
C) Равна

5. Что такое геодезическая высота?

A) Расстояние по нормали между точкой и плоскостью экватора
B) Расстояние по нормали между точкой и поверхностью эллипсоида
C) Расстояние по нормали между точкой и поверхностью геоида
D) Расстояние по нормали между точкой и поверхностью земли

6. Где проходит плоскость первого вертикала?

A) Параллельно плоскости меридиана
B) Вдоль нормали к эллипсоиду, перпендикулярно плоскости меридиана
C) Параллельно касательной плоскости к поверхности эллипсоида, перпендикулярно плоскости меридиана
D) Ни один вариант не верен

7. Где проходит ось X геоцентрической системы координат?

A) Перпендикулярно плоскости нулевого меридиана
B) Под углом 90 градусов к плоскости экватора
C) Вдоль пересечения нулевого меридиана с плоскостью экватора
D) Вдоль оси вращения Земли

8. Какой город России расположен ближе всего к меридиану, содержащему ось Y?

A) Казань
B) Екатеринбург
C) Новосибирск
D) Красноярск
E) Хабаровск

9. Что такое астрономическая широта?

A) Угол между отвесной линией и начальным меридианом
B) Угол между отвесной линией и нормалью к эллипсоиду
C) Угол между отвесной линией и плоскостью экватора
D) Угол между отвесной линией и осью вращения Земли

10. Куда направлена сила тяжести?

A) В центр масс Земли
B) Перпендикулярно плоскости экватора
C) Перпендикулярно касательной плоскости к поверхности эллипсоида
D) Вдоль отвесной линии

11. Что такое плоскость астрономического меридиана?

A) Плоскость, параллельная оси вращения Земли и содержащая отвесную линию

B) Плоскость, параллельная отвесной линии и содержащая ось вращения Земли
C) Плоскость, содержащая нормаль к эллипсоиду и ось вращения Земли
D) Плоскость первого вертикала

12. Что такое астрономо-геодезическое уклонение отвеса?

A) Угол между отвесной линией и осью вращения Земли
B) Угол между отвесной линией и направлением нормали к эллипсоиду
C) Угол между отвесной линией и плоскостью экватора
D) Угол между отвесной линией и плоскостью начального меридиана

13. Аномалия силы тяжести у основания башни высотой H=100 м составляет Δg=50 мГал, на какую величину отличается аномалия высоты $\zeta=T/\gamma$ у основания и вершины башни, если вертикальная производная аномального потенциала T имеет вид:
$\partial T/\partial H - 2/R\ T = -\Delta g$, где R - средний радиус Земли.
Членом 2/R T можно пренебречь.

1. 5 мм
2. 5 см
3. 50 см

14. В какую сторону отклоняются отвесы на побережье моря?

1. к морю
2. к материку
3. не отклоняются

15. В общем случае на уровенной поверхности

1. значение потенциала постоянно
2. значение силы постоянно

16. В чём отличие между чистыми и смешанными аномалиями силы тяжести в свободном воздухе?

1. из чистых аномалий исключено притяжение земных масс
2. эти аномалии отличаются на величину редукции Буге
3. используются геодезическая или нормальная высота

17. Весы какой конструкции будут показывать разный вес тела на разных широтах?

1. пружинные
2. с гирями;
3. оба типа.

18. Вычислить лапласиан скалярного поля $u(x, y, z)=x^2\cdot y+y^2\cdot z+z^2\cdot x$ в точке (1; -1; 2).

1. 2
2. 4
3. 0

19. Выяснить, является ли векторное поле F(x, y, z) = (y-z; z-x; x-y) соленоидальным или потенциальным.

1. соленоидальное/потенциальное
2. несоленоидальное/потенциальное
3. соленоидальное/непотенциальное

20. Геодезическая высота H равна

1. сумме нормальной высоты $H\gamma$ и высоты квазигеоида ζ
2. сумме ортометрической высоты Hg и высоты геоида N
3. сумме динамической высоты Hd и высоты геоида N

21. Даны высоты и широты горных вершин:
Эверест +8848 м, +28°, Чимборасо +6267 м, −1, 5°, Килиманджаро +5895 м, +3, 0°, Чья вершина находится дальше от начала системы координат? Отличием систем высот пренебречь.

1. Эверест
2. Чимборасо
3. Килиманджаро

22. Для перехода от измеренных превышений к разностям потенциала силы тяжести следует дополнительно определить

1. координаты нивелирных реперов
2. силу тяжести вдоль линии нивелирования
3. геодезические высоты станций нивелирного хода

23. Зависят от пути нивелирования

1. нормальные высоты
2. ортометрические высоты
3. динамические высоты
4. измеренные превышения

24. Имеют ли внутренняя и внешняя задачи Неймана однозначные решения?

1. внутренняя имеет, внешняя - не имеет
2. обе имеют единственное решение
3. внутренняя не имеет, внешняя - имеет

25. Как могут вычисляться коэффициенты разложения по системе ортогональных функций?

1. по правилу Лопиталя
2. как коэффициенты Фурье (верно)
3. из решения системы уравнений (верно)
4. по теореме Лежандра

26. Как связаны сферические и шаровые функции?

1. сферические функции определены на сфере, а шаровые - на шаре
2. шаровые функции входят в состав сферических
3. сферические функции входят в состав шаровых
4. сферические являются производными шаровых функций по направлениям

27. Какая из высот постоянна на некоторой уровенной поверхности потенциала силы тяжести, не совпадающей с геоидом?

1. ортометрическая
2. нормальная
3. динамическая
4. нормально-ортометрическая

28. Каков примерный угол между вертикальными осями штативов на расстоянии 2 км?

1. минута дуги
2. градус дуги
3. угловая секунда

29. Каков смысл нулевого и первого приближений в решении Молоденского?

1. нулевое приближение совпадает с решением Стокса
2. первое приближение учитывает притяжение внешних тел
3. первое приближение учитывает рельеф поверхности

30. Какова область применения динамических высот?

1. подземные разработки
2. гидротехнические сооружения
3. линейные изыскания
4. строительство башенных объектов

31. Каковы основные элементы аномального поля?

1. аномалия высоты
2. нормальная высота
3. уклонение отвеса
4. масса планеты

32. Каковы причины изменения отсчёта покоящегося статического гравиметра?

1. изменение освещенности
2. влияние лунно-солнечного прилива

3. дрейф упругой системы гравиметра
4. изменения уровня грунтовых вод

33. Колебания аномалий силы тяжести от точки к точке земной поверхности обусловлены

1. неоднородностью внутреннего строения Земли
2. аномалиями магнитного поля
3. неправильным рельефом земной поверхности
4. колебаниями грунтовых вод

34. На поверхности Мирового океана

1. совпадают поверхности геоида и квазигеоида
2. аномалия силы тяжести постоянна
3. значения возмущающего потенциала не изменяются

35. На поверхности Мирового океана нормальная высота $H\gamma$ и ортометрическая высота Hg равны

1. геодезической высоте
2. нулю
3. высоте морской топографической поверхности

36. Общие свойства потенциала притяжения:

1. регулярность на бесконечности
2. нулевой градиент
3. нулевой лапласиан

37. Основные положения теории Молоденского:

1. основная задача высшей геодезии сводится к определению геоида
2. земную поверхность можно определить минуя определение геоида
3. положение геоида нельзя определить по результатам только наземных измерений
4. отвесные линии на земной поверхности перпендикулярны геоиду, проходящему внутри материка

38. Отметьте все возможные способы введения нормального поля:

1. вращающаяся неоднородная жидкость
2. уровенный эллипсоид
3. система точечных масс
4. несколько гармоник ряда Лапласа

39. Отметьте первичные геодезические постоянные:

1. масса Земли
2. экваториальная полуось Земли
3. средняя угловая скорость вращения Земли
4. полярное сжатие Земли

40. Отметьте свойства ортометрической высоты точки земной поверхности:

1. измеряется вдоль реальной отвесной линии
2. строго вычисляется
3. зависит от параметров нормального поля
4. зависит от распределения масс в Земле

41. По поверхности планеты, покрытой замёрзшей однородной жидкостью в состоянии равновесия. проложен нивелирный ход. Сумма превышений в таком ходе с высокой точностью будет равна

1. π
2. $1''$
3. нулю

42. При подъёме над земной поверхностью:

1. аномалия высоты увеличится
2. аномалия высоты уменьшится
3. высота геоида увеличится

4. высота геоида уменьшится

43. Принципы введения нормального поля в теории Пицетти?

1. потенциал притяжения постоянен на поверхности отсчётного эллипсоида
2. задаются все параметры эллипсоида
3. задаются форма эллипсоида и масса (верно)
4. устанавливается угловая скорость вращения, равная средней для Земли (верно)
5. сила тяжести на поверхности эллипсоида постоянна

44. С удалением от Земли

1. аномальный потенциал увеличивается
2. аномалия высоты уменьшается
3. уклонение отвеса остаётся неизменным
4. нормальная высота уменьшается

45. Средний уровень Мирового океана

1. совпадает с квазигеоидом
2. это поверхность с постоянным возмущающим потенциалом
3. представляет морскую топографическую поверхность

46. Сумма горизонтальных углов, измеренных в треугольнике со сторонами 30 км на земной поверхности, составляет

1. 180°
2. 180°+2″
3. 360°+2″

47. У каких эллипсоидов постоянное сжатие?

1. у софокусных
2. у подобных
3. у любых эллипсоидов

48. Уклонение отвесной линии можно трактовать как:

1. угол между отвесной линией и нормалью к эллипсоиду
2. угол между векторами нормальной и реальной силы тяжести
3. угол между нормалью к эллипсоиду и вектором нормальной силы тяжести
4. угол между плоскостью горизонта и касательной к эллипсоиду

49. Чему численно равна работа?

1. разности высот
2. равнодействующей сил
3. разности потенциалов

50. Что не относится к общим свойствам гармонических функций:

1. нулевая дивергенция градиента
2. нулевой ротор градиента
3. нулевой градиент
4. нулевой лапласиан

51. Что не относится к свойствам нормальной высоты точки земной поверхности:

1. измеряется вдоль реальной отвесной линии
2. строго вычисляется
3. зависит от параметров нормального поля
4. зависит от распределения масс в Земле

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Шимбирев Б.П. Теория фигуры Земли. / Б.П. Шимбирев. - Недра, 1975. - 432 - Текст: непосредственный.

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

3. Огородова Л.В. Высшая геодезия. Часть III. Теоретическая геодезия: Учебник для вузов / Л.В. Огородова. - Издательство Геодезкартиздат, 2006. - 384 - 5-86066-076-6. - Текст: непосредственный.

4. 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.

5. 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. Нейман Ю.М. Сферические функции и их применение в геодезии: Учебное пособие. Для студентов ГФ. / Ю.М. Нейман, Л.С. Сугаипова. - МИИГАиК, 2005. - 87 - Текст: непосредственный.

2. Наденик Збынек. Шаровые функции для геодезии: Перевод с чешского М.И. Юркина / Под ред. Е.М. Мазуровой. / Збынек. Наденик; Збынек. Наденик ;. - МИИГАиК, 2010. - 157 - 978-5-91188-023-1. - Текст: непосредственный.

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

Профессиональные базы данных

1. http://www.miigaik.ru/library - Электронная библиотека МИИГАиК

Ресурсы «Интернет»

1. https://sdo.miigaik.ru - Система дистанционного обучения МИИГАиК
2. https://icgem.gfz-potsdam.de/tom_longtime - Модели гравитационного поля в формате gfc
3. http://www.astronet.ru/db/msg/1169819/node9.html#SECTION00960000000000000000¶¶ - Лекции проф. В. Л. Пантелеева на сайте ГАИШ МГУ

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

Специализированная лаборатория

Вариометр S-40 - 1 шт.
Гравиметр - 5 шт.
Гравиметр CG5 - 2 шт.
Гравиметр CG6 - 1 шт.
Гравиметры ГАГ-3 - 2 шт.
Гравиметры ГМТ-1 - 3 шт.

Гравиметры ГНУ-КВ - 3 шт.
Гравиметры ГНУ-КС - 7 шт.
Маятниковый прибор - 3 шт.
Маятниковый прибор АИ-55 - 1 шт.
Маятниковый прибор Бамберга - 1 шт.
Меловая доска - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

Планы практических занятий, их цель, задачи и тематика, рекомендуемая литература сообщаются преподавателем на вводных занятиях или в методических указаниях по данной дисциплине. Перед изучением темы преподаватель комментирует план семинара, актуальность темы и практическую значимость.

Во время обсуждения студентами изученного материала проясняются отдельные моменты темы, закрепляются знания, приобретаются навыки изложения и разъяснения материала, развивается речь.

Основные формы самостоятельной работы:

- конспектирование лекций и литературы;
- формулирование вопросов по лекции и заданиям для самостоятельной работы;
- доработка материалов прослушанной лекции;
- выполнение расчетно-графических работ;
- подготовка к аттестациям.

С целью контроля и подготовки студентов к изучению новой темы в начале каждого практического занятия преподавателем проводится устный опрос по выполненным заданиям предыдущей темы.

Совершенствование навыков конспектирования у студентов включает следующее:

1. Обязательны к уяснению и пониманию все термины, записанные на доске по ходу изложения или показанные на слайдах. Остальные произнесённые слова являются пояснениями.
2. Наиболее важные и принципиальные моменты темы, подлежащие конспектированию, должны проговариваться с замедлением речи несколько раз, возможно, с изменением формулировок.
3. Записанные преподавателем формулы должны конспектироваться полностью, обозначения в формулах преподаватель раскрывает устно, студенты записывают их кратко.
4. Следует разъяснить студентам принцип конспектирования не всех слов подряд, а только основных фраз с применение системы обозначений.

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.