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

Геодезический 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)
# НАУКИ О ЗЕМЛЕ
# «Б1.В.03.02 ТЕОРИЯ ФИГУР ПЛАНЕТ И ГРАВИМЕТРИЯ»

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 21.05.01 Прикладная геодезия

Направленность(профиль) подготовки: Инженерно-геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации объектов нефтегазового и энергетического комплексов

Квалификация (степень) выпускника: инженер-геодезист

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 5 лет

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

Москва, 2023

**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 | Геодезический факультет | Председатель ученого совета факультета | Половнев О. В. | Рассмотрено | 23.01.2023, № 8 |

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-3 Способен обеспечить инженерно-геодезические работы

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

*Знать:*

ПК-3.1/Зн1 Пределы и масштаб влияния локальных неоднородностей гравитационного поля на результаты инженерно-геодезических работ различной степени сложности и точности

*Уметь:*

ПК-3.1/Ум1 Учитывать влияние местных особенностей гравитационного поля в обработке специальных геодезических измерений

*Владеть:*

ПК-3.1/Нв1 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/Зн1 Свойства различных систем высот над уровнем моря в связи с решаемыми задачами

*Уметь:*

ПК-3.2/Ум1 Вычислять высотные отметки реперов на основе измеренных превышений и гравиметрических определений

*Владеть:*

ПК-3.2/Нв1 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/Зн1 Особенности высокоточного нивелирования на вертикальных объектах и в горных условиях

*Уметь:*

ПК-3.3/Ум1 Обработывать и уравнивать результаты высокоточного нивелирования на вертикальных объектах и в горных условиях

*Владеть:*

ПК-3.3/Нв1 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/Зн1 Методы вычисления влияния неоднородности гравитационного поля на различных этапах геодезических работ

*Уметь:*

ПК-3.4/Ум1 Обработывать и уравнивать результаты гравиметрических определений

*Владеть:*

ПК-3.4/Нв1 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/Зн1 Методы использования дополнительной гравиметрической информации при инженерно-геодезических работах и инженерных изысканиях

*Уметь:*

ПК-3.5/Ум1 Проектировать и проводить вспомогательные гравиметрические определения

*Владеть:*

ПК-3.5/Нв1 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/Зн1 Преимущества системы динамических высот при обработке сетей вблизи гидротехнических объектов

*Уметь:*

ПК-3.6/Ум1 Установливать системы динамических высот для обработки высокоточного нивелирования вблизи гидротехнического объекта

*Владеть:*

ПК-3.6/Нв1 Методами измерений силы тяжести для перехода к геопотенциальным числам

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

*Знать:*

ПК-3.7/Зн1 Способы коррекции инженерно-геодезических работ на основании данных гравиметрических определений

*Уметь:*

ПК-3.7/Ум1 Интерпретировать результаты гравиметрических определений

*Владеть:*

ПК-3.7/Нв1 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/Зн1 Содержание каталогов Главной высотной основы I—II классов

*Уметь:*

ПК-3.8/Ум1 Составлять каталоги для линий и полигонов ГВО I—II классов на основе технических отчётов о выполненном нивелировании.

*Владеть:*

ПК-3.8/Нв1 Обработкой и уравниванием результатов высокоточного геометрического нивелирования

## 3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.03.02 «Теория фигур планет и гравиметрия» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 6, 7.

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | 108 | 3 | 26 | 26 | 20 | Экзамен (36) |
| 7 семестр | 144 | 4 | 36 | 36 | 36 | Экзамен (36) |
| Всего | 252 | 7 | 62 | 62 | 56 | 72 |

## 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** | **72** | **26** | **26** | **20** | ПК-3.1<br>ПК-3.2<br>ПК-3.3<br>ПК-3.4 |
| Тема 1.1. Сведения из геодезии и математики | 10 | 4 | 4 | 2 | |
| Тема 1.2. Теория поля | 10 | 4 | 4 | 2 | |
| Тема 1.3. Гармонические функции | 12 | 4 | 4 | 4 | |
| Тема 1.4. Гравитационное поле | 16 | 6 | 6 | 4 | |
| Тема 1.5. Специальные функции | 12 | 4 | 4 | 4 | |
| Тема 1.6. Краевые задачи теории потенциала | 12 | 4 | 4 | 4 | |
| **Раздел 2. Аномальное гравитационное поле и системы физических высот** | **108** | **36** | **36** | **36** | ПК-3.5<br>ПК-3.6<br>ПК-3.7<br>ПК-3.8 |
| Тема 2.1. Повторение и обобщение изученного | 18 | 6 | 6 | 6 | |
| Тема 2.2. Сфероидальные координаты | 18 | 6 | 6 | 6 | |
| Тема 2.3. Нормальное поле | 18 | 6 | 6 | 6 | |
| Тема 2.4. Системы высот «над уровнем моря» | 24 | 8 | 8 | 8 | |
| Тема 2.5. Аномальное поле | 30 | 10 | 10 | 10 | |
| **Итого** | **180** | **62** | **62** | **56** | |

### 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 |
|---|
| Практическая 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 |
|---|
| Практическая работа |

*Тема 1.3. Гармонические функции*

Уравнение Лапласа и регулярность на бесконечности. Свойства гармонических функций.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Практическая 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 |
|---|
| Практическая 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 |
|---|
| Практическая 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)

*Тема 2.2. Сфероидальные координаты*

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

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Практическая работа |

*Тема 2.3. Нормальное поле*

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

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Практическая 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 |
|---|
| Практическая 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 |
|---|
| Практическая 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, 6 семестр.*

*Промежуточная аттестация: Экзамен, 7 семестр.*

## 7. Оценочные материалы текущего контроля

***Раздел 1. Специальные сведения из высшей математики и математической физики***
*Контролируемые ИДК: ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3 ПК-3.4*

*Тема 1.1. Сведения из геодезии и математики*
Форма контроля/оценочное средство: Практическая 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: Практическая работа
Вопросы/Задания:
1. Вывод присоединённых функций Лежандра.

*Тема 1.3. Гармонические функции*
Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа
Вопросы/Задания:
1. Разложение произвольной функции $f(\phi, \lambda)$, заданной на сфере $\omega$, по сферическим многочленам $gn(\phi, \lambda)$ разных степеней n и порядков k,

*Тема 1.4. Гравитационное поле*
Форма контроля/оценочное средство: Практическая 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: Практическая 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-3.5 ПК-3.6 ПК-3.7 ПК-3.8*

*Тема 2.2. Сфероидальные координаты*

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

*Тема 2.3. Нормальное поле*

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Сделать вычисления параметров нормального поля для тел Солнечной системы

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

*Тема 2.4. Системы высот «над уровнем моря»*

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычислить значение нормальной производной гармонической функции $\partial u$ 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: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление аномалий силы тяжести

2. Вычисление уклонений отвеса и аномалии высоты на ЭВМ

## 8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

*6 семестр, Экзамен*

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

Вопросы/Задания:

1. Теория фигуры Земли, геодезическая гравиметрия: предмет и задачи, связь с высшей геодезией, физикой и другими естественными науками

2. Системы координат: система геодезических координат, связь с декартовыми, коэф¬фициенты Ламе. Форма координатных линий и вид координатных поверхностей. Связь геодезической, геоцентрической и приведенной широты.

3. Земные астрономические координаты, связь астрономических координат с геодези¬ческими. Астрономический азимут и астрономическое зенитное расстояние.

4. Ортогональные системы координат. Коэффициенты Ламе: общее выражение, коэффициенты Ламе сферической, геодезической и сфероидальной систем координат.

5. Скалярное поле, потенциал, производные по направлению, уровенные поверхности, градиент. Примеры скалярных полей.

6. Векторное поле, силовые линии, поток через поверхность, дивергенция поля. Связь дивергенции и потока: теорема Гаусса—Остроградского.

7. Формула Гаусса—Остроградского, формула Гаусса, первая и вторая формулы Грина. Операторы Лапласа и Дирихле.

8. Работа векторного поля, циркуляция, ротор поля. Условия безвихре- вости поля, свойства потенциального поля.

9. «Лапласово» поле, уравнение Лапласа, гармонические функции, их характеристическое свойство, особые точки, регулярность на бесконечности,

10. Принцип экстремума потенциала притяже¬ния материального тела. Теорема Стокса.

11. Закон Ньютона всемирного притяжения, гармонич¬ность гравитационного потенциала. Гравитационное поле материального тела, интеграл Ньютона, притяжение двух тел.

12. Поток гравитационного поля точечной массы и объ¬ёмных масс через сферу и замкнутую поверхность. Уравнение Пуассона.

13. Гравитационное поле материального тела, матери¬альной поверхности и материальной линии. Примеры использования. Разрыв производных потенциала простого слоя при переходе через слой.

*7 семестр, Экзамен*

*Контролируемые ИДК: ПК-3.1 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 $\Delta g$=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 $\zeta$
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 (верно)
3. положение геоида нельзя определить по результатам только наземных измерений (верно)
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. $\pi$
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.iprbookshop.ru - электронная библиотечная система

*Ресурсы «Интернет»*

1. https://icgem.gfz-potsdam.de/tom_longtime - Модели гравитационного поля в формате gfc
2. 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.