

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау
А.В. Рогачев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Гравиметрия и магнитометрия
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра прикладной геофизики
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: С.А. Тихоцкий, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры прикладной геофизики 28.01.2022

Аннотация

Курс посвящён методам изучения недр по данным об аномалиях потенциальных полей – силы тяжести и магнитного поля Земли.

В первой части курса изучаются основы теории потенциала. Дается представление о природе и основных особенностях поля силы тяжести и фигуры Земли и магнитного поля Земли. Рассматриваются, в том числе, вопросы генерации магнитного поля Земли и его эволюции (инверсии, экскурсы, вариации).

Рассматриваются приборы и методы измерения компонентов потенциальных полей, методы обработки результатов измерений и создания карт, баз данных и 3D моделей аномальных полей. Изучаются, в том числе, современные методы изучения полей при помощи спутниковых систем и измерений при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Изучаются методы решения обратных задач теории потенциала в различных классах моделей сред, используемых при поиске и разведке полезных ископаемых и мониторинге процессов разработки. Рассматриваются вопросы комплексирования данных об аномалиях потенциальных полей с данными других геофизических методов и создания согласованных геофизических интерпретационных моделей.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Знакомство с основными проблемами современной гравиметрии и магнитометрии в приложении к задачам поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, а также – навигации по потенциальным полям Земли.

Задачи дисциплины

1. Получение студентами знаний о магнитном поле Земли и поле силы тяжести, методах их измерения;
2. Ознакомление студентов с основными принципами решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии;
3. Знакомство с применением гравиметрии и магнитометрии при поиске и разведке месторождений, а также – в геонавигации.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации

ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- сведения о природе и структурно-морфологических особенностях поля силы тяжести и магнитного поля Земли, их нормальной и аномальной части;
- понятие о фигуре Земли и основы физической геодезии;
- связь между аномалиями полей и физическими свойствами горных пород;
- физические принципы, методы и приборы для измерения полей;
- применение полей при решении задач навигации, включая бурение скважин;
- методы и подходы к решению обратных задач гравиметрии и магнитометрии;
- современные проблемы развития гравиметрии и магнитометрии.

уметь:

- определять необходимость проведения гравиметрических и магнитометрических исследований при решении конкретных прикладных задач;
- определять требования к аппаратуре и методике проведения измерений гравитационного и магнитного полей Земли;
- проводить обработку результатов измерений;
- ставить и решать задачи по определению физических свойств горных пород по данным об аномалиях гравитационного и магнитного полей Земли (обратные задачи);
- применять данные о полях для решения задач навигации.

владеть:

- математическим аппаратом и методами моделирования аномалий магнитного поля Земли и поля силы тяжести;
- методами решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии;
- навыками обработки и интерпретации результатов измерений.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение	2			1
2	Поле силы тяжести и фигура Земли	2			1
3	Измерения поля силы тяжести	2			1
4	Аномальное поле силы тяжести	2			1
5	Магнитное поле Земли: происхождение, структура	4			2
6	Измерения магнитного поля Земли	4			2
7	Обратные задачи грави- и магнитометрии	8			4
8	Интерпретация результатов грави- и магнитометрии	4			2
9	Гравитационное и магнитное поля Земли в задачах навигации	2			1
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. Введение

Рассматривается значение поля силы тяжести и магнитного поля Земли в задачах прикладной геофизики. Даются основные определения и исторический экскурс.

2. Поле силы тяжести и фигура Земли

Изучается поле силы тяжести как совокупность сил гравитационного притяжения земных масс и центробежной силы. Рассматривается связь между полем силы тяжести и фигурой Земли. Вводится понятие о нормальном поле Земли, методах его определения и связи с распределением масс. Рассматривается задача определения фигуры Земли (физической геодезии). Рассматриваются приливные вариации силы тяжести.

3. Измерения поля силы тяжести

Рассматриваются основные принципы и методы измерения силы тяжести. Абсолютные измерения: баллистический метод, маятниковый метод. Относительные измерения. Сверхпроводящий гравиметр. Методика проведения гравиметрических съёмок и первичной обработки результатов. Измерения на подвижном носителе, в том числе – с использованием БПЛА. Спутниковые системы измерений поля силы тяжести. Современные тенденции и проблемы создания гравиметрической аппаратуры.

4. Аномальное поле силы тяжести

Изучаются аномалии силы тяжести во взаимосвязи с распределением плотности в недрах Земли. Вычисление аномалий силы тяжести: аномалии в свободном воздухе, аномалии в топографической редукции (полной, неполной, аномалии Буге), аномалии Гленни, геологические редукции. Построение карт аномалий силы тяжести, метод истокообразных аппроксимаций. Рассматривается связь аномалий силы тяжести с глубинным строением и современной динамикой планеты.

5. Магнитное поле Земли: происхождение, структура

Изучается вопрос природы магнитного поля Земли (МПЗ). Главное (ГМПЗ) и аномальное (АМПЗ) магнитное поле Земли. Геомагнитное динамо: основные принципы, современное состояние теории. Пространственно-временная структура МПЗ. Взаимодействие МПЗ с космическим излучением, магнитосфера. Временные вариации МПЗ внутреннего и внешнего происхождения. Источники постоянного АМПЗ. Магнитные свойства горных пород, их связь с составом и геологическим строением, геодинамикой. Палеомагнетизм.

6. Измерения магнитного поля Земли

Рассматриваются основные принципы и методы измерения магнитного поля Земли, включая методы ядерного магнитного и электронного парамагнитного резонанса, индукционные (феррозондовые) магнитометры. Изучаются методики проведения обсерваторских и полевых магнитных измерений, и обработки их результатов. Учёт вариаций магнитного поля. Построение карт и аппроксимационных моделей МПЗ. Измерения магнитного поля в скважинах. Измерения на подвижном носителе. Морская и аэромагниторазведка. Применение БПЛА при магнитных измерениях. Спутниковые системы измерения МПЗ.

7. Обратные задачи грави- и магнитометрии

Даются основы теории потенциала в приложении к задачам гравиметрии и магнитометрии. Изучаются вопросы реконструкции строения геологических сред по данным об аномалиях поля силы тяжести и аномальном магнитном поле. Изучаются вопросы корректности (единственности и устойчивости решений) обратных задач в различных классах сред. Понятие об аналитической аппроксимации и аппроксимационном продолжении поля. Особые точки аномальных полей, их связь со строением среды, определение положения. Корреляционные и спектральные методы в решении обратных задач. Модели случайных полей и случайных источников. Детерминистические методы решения обратных задач. Роль априорной информации о строении среды при решении обратных задач. Методы решения некорректных обратных задач, регуляризация. Численные методы в решении обратных задач гравиметрии и магнитометрии.

8. Интерпретация результатов грави- и магнитометрии

Рассматриваются вопросы построения геологических моделей и выдачи рекомендаций на дальнейшее проведение геолого-разведочных работ и(или) разработки месторождений полезных ископаемых по результатам проведения гравиразведки и магниторазведки и решения соответствующих обратных задач, в комплексе с другими геолого-геофизическими данными. В частности, рассматриваются задачи разведки и оценки запасов углеводородов по комплексу данных сейсморазведки, гравиразведки и магниторазведки.

9. Гравитационное и магнитное поля Земли в задачах навигации

Рассматриваются вопросы навигации с использованием данных о гравитационном и магнитном полях Земли. Роль данных об аномалиях силы тяжести в задачах геодезии. Навигация по магнитному полю Земли. Влияние АМПЗ и вариаций МПЗ на навигацию. Использование навигации по МПЗ в задачах наклонно-направленного бурения. Способы оценки аномалий склонения МПЗ по данным об АМПЗ при решении задач навигации.

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

Аудитория с компьютерами. Компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, интерактивная доска).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Кауфман А.А. Введение в теорию геофизических методов. Часть 1. Гравитационные, электрические и магнитные поля - Недра, Москва, 1997 г., 520 стр.
2. Жданов, М.С. Теория обратных задач и регуляризации в геофизике / М. С. Жданов ; под ред. И. М. Варенцова ; пер. с англ. С. А. Варенцовой и Е. Ю. Соколовой. - Москва : Науч. мир, 2007. - 710 с.
3. Мартышко П.С. и др. Теория и методы комплексной интерпретации геофизических данных. – Екатеринбург: УрО РАН. 2016 – 94 с.
4. Каринский А.Д. Теория полей, применяемых в разведочной геофизике. (Статические поля. Стационарное электрическое поле). / Изд. 2-е, исправленное. Учебное пособие.- Москва, 2014. - 105 с.

Дополнительная литература

1. Гордин В.М., Золотов И.Г. Моделирование магнитоактивного слоя океанической литосферы. Теоретические и методические аспекты. - М.: ИФЗ АН СССР, 1989. -181 с.
2. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. – М.: Мир, 1986.
3. Бычков С.Г. Методы обработки и интерпретации гравиметрических наблюдений при решении задач нефтегазовой геологии – Екатеринбург: Горный институт УрО РАН, 2010. – 187 с.
4. Блох Ю.И. Теоретические основы комплексной магниторазведки. М.: - 2012г. - 160 с.
5. Блох Ю.И. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий. 2009. - 232 с.

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

Не используются

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

Подготовленные составителем программы презентации по всем темам (суммарно ~ 200 слайдов).

Подготовленные составителем расчётные модули на Python и в Excel.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра прикладной геофизики
курс:	2
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	С.А. Тихоцкий, д-р физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Гравиметрия и магнитометрия» обучающийся должен:

знать:

- сведения о природе и структурно-морфологических особенностях поля силы тяжести и магнитного поля Земли, их нормальной и аномальной части;
- понятие о фигуре Земли и основы физической геодезии;
- связь между аномалиями полей и физическими свойствами горных пород;
- физические принципы, методы и приборы для измерения полей;
- применение полей при решении задач навигации, включая бурение скважин;
- методы и подходы к решению обратных задач гравиметрии и магнитометрии;
- современные проблемы развития гравиметрии и магнитометрии.

уметь:

- определять необходимость проведения гравиметрических и магнитометрических исследований при решении конкретных прикладных задач;
- определять требования к аппаратуре и методике проведения измерений гравитационного и магнитного полей Земли;
- проводить обработку результатов измерений;
- ставить и решать задачи по определению физических свойств горных пород по данным об аномалиях гравитационного и магнитного полей Земли (обратные задачи);
- применять данные о полях для решения задач навигации.

владеть:

- математическим аппаратом и методами моделирования аномалий магнитного поля Земли и поля силы тяжести;
- методами решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии;
- навыками обработки и интерпретации результатов измерений.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Пример задания контрольной работы:

1. Заданы значения аномального магнитного поля и аномалий силы тяжести по профилю. Известно, что аномальное поле создаётся цилиндрическим индуктивно намагниченным объектом. Дать оценку планового положения, глубины аномальной плотности и намагниченности объекта. Предположить, что направление Главного магнитного поля близко к вертикали.

Пример задачи домашнего задания:

1. Значения аномального магнитного (и/или гравитационного) поля заданы по регулярной системе точек на площади. Выполнить оценку глубины залегания верхней кромки аномалообразующих объектов. Откорректировать выполненную оценку, если известны точные значения глубины в нескольких опорных точках.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов

1. Что такое геоид, квазигеоид? В чём состоит задача определения фигуры Земли по Стоксу и по Молоденскому?
2. Какие основные источники имеет магнитное поле Земли? Что такое главное магнитное поле Земли?
3. Что такое особые точки потенциального поля? Какова связь положения особых точек с особенностями строения среды?
4. Чем определяются особенности Фурье-спектров аномальных потенциальных полей?
5. Каковы основные принципы и методы комплексирования данных сейсморазведки, гравиразведки и магниторазведки?
6. Каковы магнитные свойства основных типов горных пород: осадочных (карбонатных, терригенных), магматических и метаморфических?
7. Каковы проявления месторождений углеводородов различного типа и строения в аномальном поле силы тяжести и в аномальном магнитном поле?
8. Каковы проявления рудных месторождений в аномальном поле силы тяжести и в аномальном магнитном поле?

Примеры контрольных заданий

1. Вычислить величину аномалии силы тяжести в редукции за свободный воздух и величину аномалии геоида, связанной с глубоко залегающим изометричным объектом известной массы.
2. Построить график зависимости горизонтальной и вертикальной компонент аномального магнитного поля шара заданной глубины и намагниченности, а также скалярной аномалии магнитного поля, как функции магнитной широты.
3. Качественно построить зависимость аномального горизонтальной и вертикальной компонент аномального магнитного поля, а также скалярной аномалии магнитного поля от двумерного объекта с графически заданным сечением и направлением намагниченности. Направление главного магнитного поля известно.
4. Оценить минимальную глубину залегания объекта по заданному спектру мощности аномального магнитного поля или аномального поля силы тяжести.
5. Вычислить аномалии в свободном воздухе и Буге для системы точек по заданным значениям абсолютного поля в опорной точке, приращениям поля, географическим координатам и высотам точек.
6. Дать качественную интерпретацию (указать вероятное положение источников аномалий и дать оценку их свойств) по картам аномального магнитного поля и поля силы тяжести.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачёт проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса. При проведении зачёта обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.