

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики**

А.М. Райгородский

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Математическое моделирование Земной климатической системы
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
курс:	2
квалификация:	магистр

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

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составили:

Е.М. Володин, д-р физ.-мат. наук, доцент

Н.Г. Яковлев, д-р физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике 13.03.2020

Аннотация

Цель курса Математическое моделирование Земной климатической системы заключается в представлении некоторых результатов работы, проводимой в Институте вычислительной математики РАН, по созданию численной модели земной системы, отвечающей современным требованиям и находящейся на переднем крае мировой научно-технологической деятельности в этом направлении. Эта модель используется как для прогноза будущих изменений климата, так и для исследования последствий этих изменений для экосистем суши и моря, газового состава атмосферы, земной электрической цепи и т.п. Студентам предоставлена возможность ознакомиться с основами численных моделей климата, позволяющих находить с помощью средств вычислительной математики решение систем полных трехмерных уравнений гидротермодинамики атмосферы и океана с учетом всего разнообразия энергозначимых процессов, а также с постановками и методами решения задач,

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

освоение студентами фундаментальных знаний в области принципов математического моделирования общей циркуляции атмосферы, а также в области природы самой общей циркуляции атмосферы.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области физики климатической системы;
- обучение студентов принципам построения моделей общей циркуляции атмосферы и модели земной системы в целом;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области динамики и физики климатической системы, а также математического моделирования климатической системы в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, 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 информатики и вычислительной техники 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-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области математики, естественных наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знание информационно-коммуникационных технологий для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
	ОПК-4.4 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
современные проблемы физики, химии, математики;
теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
принципы симметрии и законы сохранения;
новейшие открытия естествознания;
постановку проблем математического моделирования;
о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
работать на современных компьютерах;
абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
планировать оптимальное проведение численного эксперимента.

владеть:

планированием, постановкой и обработкой результатов численного эксперимента;
научной картиной мира;
математическим моделированием физических задач.

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	Зачем нужны модели климатической системы. Уравнения движения вязкой сжимаемой жидкости. Упрощения исходных уравнений. Уравнения геофизической гидродинамики, баротропного вихря. Геострофическое приближение. Различные системы координат. Законы сохранения для уравнений. Необходимость параметризации процессов подсеточного масштаба.	2	2		
2	Решение уравнений гидротермодинамики конечно-разностным, спектральным и полулагранжевым методом. Схемы по времени. Радиация в атмосфере и ее параметризация. Парниковый эффект.	3	3		5
3	Турбулентность в пограничном слое и ее описание в моделях. Процессы в почве и на поверхности. Конденсация и формирование облачности. Баланс энергии и воды в атмосфере.	3	3		

4	Углеродный цикл и его взаимодействие с климатом. Химия атмосферы, ее взаимодействие с атмосферной динамикой. Моделирование атмосферных аэрозолей. Электрические явления в атмосфере.	3	3		5
5	Метан в климатической системе и его роль в изменении климата. Взаимодействие климата и ледниковых щитов. Ледниковые периоды и межледниковья. Методы анализа данных моделирования и наблюдений. Статистическая значимость отличия данных численных экспериментов. Эмпирические ортогональные функции, канонический корреляционный анализ.	2	2		
6	Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата. Современные проблемы моделирования изменений климата.	2	2		5
Итого часов		15	15		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. Зачем нужны модели климатической системы. Уравнения движения вязкой сжимаемой жидкости. Упрощения исходных уравнений. Уравнения геофизической гидродинамики, баротропного вихря. Геострофическое приближение. Различные системы координат. Законы сохранения для уравнений. Необходимость параметризации процессов подсеточного масштаба.

Взаимодействие различных компонент климатической системы. Обратные связи. Концепция бесшовного моделирования климата и погоды. Основные уравнения динамики атмосферы. Приближение гидростатики.

Геострофическое приближение. Термический ветер. Циклострофическое приближение. Волны Россби. Понятие кинетической и доступной потенциальной энергии. Преобразование энергии. Сферическая система координат. Z , P , сигма и гибридная вертикальные координаты. Осреднение уравнений динамики атмосферы и вклад в них подсеточных процессов. Адвективная и дивергентная форма записи уравнений.

2. Решение уравнений гидротермодинамики конечно-разностным, спектральным и полулагранжевым методом. Схемы по времени. Радиация в атмосфере и ее параметризация. Парниковый эффект.

Принципы построения конечно-разностных схем. Понятие аппроксимации и устойчивости. Простейшие конечно-разностные схемы решения уравнения переноса и теплопроводности. Спектральный и полулагранжевый метод решения уравнений динамики атмосферы.

Уравнения переноса излучения в атмосфере. Оптическая толщина. Методы решения уравнений переноса излучения. Парниковый эффект. Равновесная чувствительность климата к внешнему воздействию. Основные обратные связи, определяющие чувствительность.

3. Турбулентность в пограничном слое и ее описание в моделях. Процессы в почве и на поверхности. Конденсация и формирование облачности. Баланс энергии и воды в атмосфере.

Гипотеза Буссинеска. Аэродинамические формулы расчета потоков с поверхности. Расчет температуры поверхности. Уравнения переноса тепла и влаги в почве. Мерзлота в почве. Необходимость учета испарения с растительности. Устьичное сопротивление.

Вертикальная и бароклинная неустойчивости – основные процессы, приводящие к конденсации водяного пара. Конденсация и испарение осадков. Необходимость параметризации конвекции. Баланс энергии и воды в климатической системе.

4. Углеродный цикл и его взаимодействие с климатом. Химия атмосферы, ее взаимодействие с атмосферной динамикой. Моделирование атмосферных аэрозолей. Электрические явления в атмосфере.

Рассматриваются способы расчета потоков углекислого газа между атмосферой и океаном, растениями и почвой. Рассматриваются обратные связи между изменением климата и углеродным циклом.

Рассматривается взаимодействие динамики и химии атмосферы связанное с эволюцией озона. Излагаются основные принципы моделирования эволюции атмосферных аэрозолей. Рассматривается физика атмосферных электрических явлений и ее представление в моделях климата.

5. Метан в климатической системе и его роль в изменении климата. Взаимодействие климата и ледниковых щитов. Ледниковые периоды и межледниковья. Методы анализа данных моделирования и наблюдений. Статистическая значимость отличия данных численных экспериментов. Эмпирические ортогональные функции, канонический корреляционный анализ.

Стационарные волны северного и южного полушария на различных высотах зимой и летом. Причины возникновения стационарных волн и их роль в динамике атмосферы.

Рассматриваются современные концепции механизмов смены ледниковых периодов и межледниковий и возможности моделирования этих процессов.

Показываются основные методы разделения сигнала от воздействий на климатическую систему и естественной изменчивости. Рассматривается применение эмпирических ортогональных функций и канонического корреляционного анализа в исследовании изменчивости погоды и климата.

6. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата. Современные проблемы моделирования изменений климата.

Рассматривается современное состояние проблемы моделирования климата, его изменений в последние 150-200 лет и возможности прогноза будущих изменений климата. Рассматриваются возможности искусственного влияния человека на климат с целью смягчения глобального потепления, а также вероятные последствия такого влияния.

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

Доска, ноутбук и мультимедийное оборудование (проектор или плазменная панель).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. А. Гилл Динамика атмосферы и океана. В 2 т. Т. 1; пер. с англ. В. Э. Рябина, А. Н. Филатова ; под ред. Г. П. Курбаткина. — [Научное изд.] — М. : Мир, 1986. — 397 с. : ил. - 2600 экз. (в пер.).
2. А. Гилл Динамика атмосферы и океана. В 2 т. Т. 2; пер. с англ. В. Э. Рябина, А. Н. Филатова ; под ред. Г. П. Курбаткина. — [Научное изд.] — М. : Мир, 1986. — 415 с. : ил. - Библиогр.: с. 372-409. - 2600 экз. (в пер.).
3. Г. И. Марчук и др. Облака и климат: монография — Л. : Гидрометеиздат, 1986. — 511 с.: ил. -Библиогр.: с. 505-508. -Предм. указ.: с. 509-511. -1470 экз.
4. Солнечно-земные связи, погода и климат: колл. монография / под ред. Б. Мак-Кормана, Т. Селиги ; пер. с англ. под ред. Г. С. Иванова-Холодного. — М. : Мир, 1982. — 384 с. - Предмет. указ.: с. 379-380. - 3500 экз.

Дополнительная литература

1. Володин Е.М., Галин В.Я., Грицун А.С. и др. Математическое моделирование Земной системы. Под ред. Яковлева Н.Г. М., МАКС Пресс, 2016. --328с.
2. Кислов А.В. Климатология. Москва, Академия, 2011. - 221с.
3. Houghton J. The physics of atmospheres. Cambridge University Press, 2002, 320p

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

Журналы Известия РАН. Физика атмосферы и океана, доступные через Internet научные и научно-технические журналы: <http://scitation.aip.org/>, <http://www.sciencemag.org/> электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса (<http://www.inm.ras.ru/library/direct2/Volodin.pdf>).

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

Журналы Известия РАН. Физика атмосферы и океана, доступные через Internet научные и научно-технические журналы: <http://scitation.aip.org/>, <http://www.sciencemag.org/> электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса (<http://www.inm.ras.ru/library/direct2/Volodin.pdf>).

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, понятия, аксиомы, алгоритмы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

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

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
курс:	<u>2</u>
квалификация:	магистр

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

Разработчики:

Е.М. Володин, д-р физ.-мат. наук, доцент

Н.Г. Яковлев, д-р физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, 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 информатики и вычислительной техники 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-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области математики, естественных наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знание информационно-коммуникационных технологий для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
	ОПК-4.4 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование Земной климатической системы» обучающийся должен:

знать:

место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
современные проблемы физики, химии, математики;
теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
принципы симметрии и законы сохранения;
новейшие открытия естествознания;
постановку проблем математического моделирования;
о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
работать на современных компьютерах;
абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
планировать оптимальное проведение численного эксперимента.

владеть:

планированием, постановкой и обработкой результатов численного эксперимента;
научной картиной мира;
математическим моделированием физических задач.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 11-ом семестре:

1. Почему в самые сильные западные ветры в тропосфере наблюдаются в зимнем полушарии около 30 градуса широты на высоте около 200 мб? Почему особенно сильные ветры расположены на той же долготе, что и максимумы осадков вблизи Экватора (например, в январе максимум осадков над Индонезией, а максимум скорости зонального ветра на уровне 200 мб над югом Японии)?
2. Уходящая на верхней границе атмосферы длинноволновая радиация составляет в среднем 235 Вт/м², что соответствует поглощенной коротковолновой радиации. Удвоение содержания CO₂ уменьшает уходящую длинноволновую радиацию на 4 Вт/м². Оцените величину потепления, необходимую для того, чтобы скомпенсировать нарушение радиационного баланса. Радиационная температура Земли составляет 258 К. Обратными связями между температурой и водяным паром, а также альбедо и облаками пренебречь. Насколько в этом случае потеплеет через 1 год после мгновенного удвоения CO₂, если предположить, что при потеплении равномерно нагревается 100-метровый слой океана?
3. Рассматриваются данные среднесуточной температуры приповерхностного воздуха на 10 метеостанциях Московской области за последние 10 лет (то есть размерность по пространству 10, по времени 3650). Как вы думаете, какой будет первая ЭОФ этих данных?
4. Извержения вулканов нередко забрасывают значительное количество частиц пепла в стратосферу, где они существуют в течение нескольких месяцев или даже лет. Предполагая, что частицы отражают 1% приходящей к ним солнечной радиации и не влияют на прохождение длинноволновой радиации, оцените, какое равновесное изменение температуры можно ожидать в этом случае. Каким будет реальное изменение температуры поверхности через год после извержения, если в изменение температуры вовлечен 100-метровый слой океана. Обратными связями между температурой и водяным паром, а также количеством облаков, пренебречь.
5. Как вы думаете, почему максимальные скорости западного ветра в нижней мезосфере заметно меньше в январе в северном полушарии (60-70 м/с), чем в июле в южном полушарии (100-120 м/с)?
6. Вертикальный градиент температуры в тропиках в тропосфере близок к влажноадиабатическому. Учитывая зависимость влажноадиабатического градиента от температуры, оценить, где при удвоении содержания CO₂ произойдет более сильное потепление: в тропической верхней тропосфере или у поверхности земли? Почему при явлении Эль-Ниньо в верхней тропосфере в тропиках обычно теплеет сильнее, чем у поверхности?
7. На широте 60N вблизи поверхности Земли скорость геострофического западного ветра, осредненная вдоль круга широты, составляет 5 м/с. Из-за трения о поверхность Земли ветер отклоняется от геострофического и появляется компонента ветра, направленная с юга на север, и равная 0.5 м/с. Найти величину ускорения, создаваемую силой трения.
8. Как вы думаете, в какой сезон в средних широтах северного полушария амплитуда долгопериодной атмосферной изменчивости максимальна? Почему?
9. На широте 45N в нижней мезосфере скорость геострофического зонального ветра составляет 50 м/с, а ускорение, сообщаемое потоку из-за разрушения гравитационных волн, составляет 0.001 м/с². Найти величину меридиональной скорости ветра, возникающей вследствие отклонения ветра от геострофического.
10. Рассматриваются данные среднемесячной температуры воздуха у поверхности, осредненной по северному полушарию, и по южному полушарию, за последние 10 лет (то есть по пространству размерность данных 2, по времени 240). Как вы думаете, каким будет первая ЭОФ для этих данных? Как должен выглядеть ее коэффициент Фурье?
11. В какой сезон меридиональная циркуляция Ферреля должна быть интенсивнее: летом или зимой? Как вы думаете, во сколько примерно раз интенсивнее?
12. Почему при увеличении содержания углекислого газа в атмосфере в тропосфере происходит потепление, а в стратосфере и мезосфере - похолодание?
13. Почему запущенный с поверхности Земли воздушный шар, как правило, при подъеме поворачивает направо (в северном полушарии)?

14. Как выглядят бароклинные волны у поверхности в северном полушарии? Что изменится, если рассмотреть бароклинные волны в южном полушарии. Будут ли максимумы и минимумы давления, связанные с бароклинными волнами в южном полушарии, сдвигаться с высотой к востоку, или к западу?

15. Почему летом в Казахстане температура днем нередко достигает 40°C, а на той же широте при такой же солнечной погоде на Украине такая температура крайне редка?

16. Ослабляется или усиливается циркуляция Уокера во время повышения температуры на востоке Тихого океана (при Эль-Ниньо)? Как вы думаете, почему события, аналогичные Эль-Ниньо, не происходят в Индийском океане?

Билет №1

1. Почему в стратосфере и мезосфере летом ветер восточный, а зимой западный? Оцените, какая будет скорость зонального ветра на уровне 1 мб в средних широтах летнего и зимнего полушария, если на уровне 150 мб скорость равна нулю, а температура стратосферы, осредненная по высотам от 1 до 150 мб составляет на летнем полюсе 250 К, на Экваторе 230 К, а на зимнем полюсе 220 К, и температура меняется линейно в зависимости от широты.

2. Почему в самые сильные западные ветры в тропосфере наблюдаются в зимнем полушарии около 30 градуса широты на высоте около 200 мб?

Билет №2

1. Каким будет реальное изменение температуры поверхности через год после извержения, если в изменение температуры вовлечен 100-метровый слой океана. Обратными связями между температурой и водяным паром, а также количеством облаков, пренебречь.

2. Почему в средних широтах северного полушария циклоны обычно движутся с юга на север по отношению к среднему потоку, а антициклоны - с севера на юг?

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

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.