

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

УТВЕРЖДЕНО

**Проректор по учебной работе и
довузовской подготовке**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Компьютерное моделирование физических процессов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Компьютерное моделирование физических процессов Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра вычислительной физики
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет

2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 120 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 270, всего зач. ед.: 6

Количество контрольных работ, заданий: 3

Программу составил: Е.Л. Ступицкий, д-р техн. наук, профессор, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры вычислительной физики 04.06.2020

Аннотация

Курс направлен на приобретение практических навыков постановки и численного решения плазменно- и гидродинамических задач с учетом широкого спектра физических процессов. При этом особое значение приобретает вопрос об адаптации основ уже имеющихся алгоритмов к условиям конкретных задач с целью максимального учета ее физического содержания и особенностей. Важное значение в курсе уделяется умению продуктивно анализировать полученные результаты.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Формирование у студентов знаний в области численного моделирования фильтрационных течений многокомпонентных многофазных смесей.

Задачи дисциплины

- 1) Освоение студентами базовых знаний (понятий, концепций, методов) в области численного моделирования многокомпонентной многофазной фильтрации.
- 2) Формирование представления о фильтрационных течениях с фазовыми переходами.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
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

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия термодинамики многокомпонентных смесей;
основные модели многокомпонентной многофазной фильтрации;
основные понятия и принципы методов численного интегрирования гиперболических уравнений.

уметь:

понять поставленную задачу;
использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач многокомпонентной фильтрации;
оценивать корректность постановок задач.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;
навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, возникающих при моделировании фильтрационных течений многокомпонентных смесей.

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	Основные физические законы, модели среды и математические особенности их алгоритмов. Введение. Исходные понятия и законы.	6	2		9
2	Модель сильно разреженной среды	6	3		9
3	Кинетическое описание среды	6	3		9
4	Приближение сплошной среды	6	3		9
5	Математические модели основных физических процессов в среде	6	4		9
6	Основные методы предварительного математического анализа физических задач	3	5		10
7	Решение систем алгебраических уравнений, численное и приближенное вычисление интегралов	3	5		10
8	Приближенные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений, оценка интегралов	4	5		10
9	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	4	8		10
10	Автомодельные решения	4	6		11
11	Методы решения параболических и эллиптических задач	6	8		12
12	Компьютерные исследования и моделирование актуальных физических задач, имеющих важное научное и прикладное значение	6	8		12
Итого часов		60	60		120
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		270 час., 6 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Основные физические законы, модели среды и математические особенности их алгоритмов. Введение. Исходные понятия и законы.

1.1.1 Исходные физические понятия: частица, поле, масса, заряд.

1.1.2 Четыре вида силовых полей и их взаимодействие с веществом. Основные фундаментальные законы природы, на основе которых разрабатываются физические модели и уравнения для описания всего многообразия физических явлений в природе.

1.1.3 Физический смысл и определение дифференциальных операторов теории поля. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля.

2. Модель сильно разреженной среды

1.2.1 Определяющие характеристики: число Кнудсена, проводимость. Развитие модели молекулярной динамики для решения научных и прикладных задач, применительно к сильно разряженной верхней атмосфере.

1.2.2 Движение заряженных частиц в электромагнитном поле. Представление об адиабатических инвариантах. Основы метода Монте-Карло.

3. Кинетическое описание среды

1.3.1 Фазовое пространство. Введение функции распределения. Распределение Максвелла.

1.3.2 Общее определение сечения столкновения частиц. Формула Резерфорда для столкновения заряженных частиц. Понятие транспортного сечения. Кулоновский логарифм.

1.3.3 Кинетическое уравнение Больцмана, структура интеграла столкновения. τ приближение. Диффузионное приближение Фоккера-Планка. Самосогласованное поле в плазме. Бесстолкновительное приближение Власова. Волновая структура плазмы.

4. Приближение сплошной среды

1.4.1 Математическая модель идеального газа. Адиабатическое приближение. Дивергентная и недивергентная форма записи уравнений.

1.4.2 Уравнение Навье-Стокса для описания движения вязкого газа. Число Рейнольдса. Ламинарное и турбулентное движение – современные математические модели.

1.4.3 Эмпирический подход к описанию сложных процессов переноса.

5. Математические модели основных физических процессов в среде

1.5.1 Уравнения диффузии и теплопроводности. Коэффициенты переноса в газе и жидкости.

1.5.2 Волновые процессы, структура волнового уравнения, характер общего решения. Характеристики. Звуковые и электромагнитные волны.

1.5.3 Математическое моделирование химических и ионизационных процессов. Особенности уравнений кинетики.

1.5.4 Приближение магнитной газодинамики. Замкнутая система уравнений для поля и проводящего газа.

1.5.5 Полная система уравнений для описания многоскоростной неравновесной частично-ионизованной среды. Особенности математической структуры уравнений для наиболее характерных условий задачи.

1.5.6 Ударные волны в газе. Соотношения Ренкина-Гюгонио. Сравнительная особенность ударного и медленного сжатия.

Семестр: 2 (Весенний)

6. Основные методы предварительного математического анализа физических задач

2.1.1 Исследование входящих в уравнение функции в зависимости от аргументов и граничных условий. Выделение характерных значений задачи. Обезразмеривание уравнений и выделения главных членов.

2.1.2 Анализ возможности получения грубого аналитического решения и получение представления об общем характере исследуемого процесса.

7. Решение систем алгебраических уравнений, численное и приближенное вычисление интегралов

Исследование входящих в уравнение или интегралы функций, их графическое представление и анализ. Методы численного интегрирования, основные методы численного решения нелинейных алгебраических уравнений и систем.

8. Приближенные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений, оценка интегралов

2.3.1 Вычисление сумм при помощи интегралов. Асимптотическая оценка интегралов методом Лапласа. Приближённое интегрирование быстро колеблющихся функций.

2.3.2 Методы малых возмущений. Линеаризация и исследование устойчивости. Применение асимптотических методов к задачам нелинейных колебаний.

9. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)

2.4.1 Классические методы решения ОДУ: метод Эйлера, метод Рунге-Кутты. Анализ устойчивости разностной схемы. Многоточечный методы Адамса и Гира для решения жестких систем ОДУ.

2.4.2 Метод прогонки для численного решения краевых задач ОДУ. Неявные и полунеявные разностные схемы, их эффективность и трудности реализации.

10. Автомодельные решения

2.5.1 Размерные и безразмерные величины. Пи-теорема. Общие представления об автомодельном движении. Задача о центрированной волне разряжения. Инварианты Римана. Точечный взрыв холодной атмосфере. Простые волны. Задачи о сильном точечном взрыве.

2.5.2 Автомодельные задачи с линейной и нелинейной теплопроводностью.

11. Методы решения параболических и эллиптических задач

2.6.1 Уравнения одномерного движения газа в представлении Эйлера и Лагранжа. Использование характеристик для расчета поля течения газа. Сеточная аппроксимация дифференциальных уравнений на примере уравнений одномерного движения газа. Исследования устойчивости разностных схем. Распад произвольного разрыва - метод Годунова.

2.6.2 Метод искусственной вязкости и метод послойного сглаживания. Дивергентные схемы. Схема Лакса и Лакса-Вендроффа. Основы сеточно-характеристического метода. Основы методов частиц, плазменных листов.

12. Компьютерные исследования и моделирование актуальных физических задач, имеющих важное научное и прикладное значение

3.1. Разработка численного лагранжева алгоритма разлета разогретого газового шара с учетом простейшей кинетики

3.2. Численное решение задачи о диффузии магнитного поля в проводящий расширяющийся шар (цилиндр)

3.3. Реализация метода частиц (плазменных листов) для решения задачи о движении релятивистского пучка электронов достаточно высокой удельной энергии в разреженной ионосфере

3.4. Численное решение задачи об определении состава нижней ионосферы при воздействии на нее мощного потока радиоизлучения

3.5. Разработка численного алгоритма для расчета температуры и других параметров, расширяющегося шара при взрыве взрывчатых веществ в сильно разреженной ионосфере применительно к геофизическим плазменным экспериментам.

3.6. Разработка алгоритма уничтожения осколков астероида после воздействия на него мощного взрыва

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

Учебная аудитория.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Физические исследования и математическое моделирование крупномасштабных геофизических экспериментов/Е. Л. Ступицкий, А. С. Холодов, -Долгопрудный, Интеллект, 2019
2. Динамика мощных импульсных излучений и плазменных образований [Текст]/Е. Л. Ступицкий, -М., Физматлит, 2006
3. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений [Текст]/А. Г. Куликовский, Н. В. Погорелов, А. Ю. Семенов, -М., ФИЗМАТЛИТ, 2012

Дополнительная литература

1. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов [Текст] : монография для студентов / В. М. Головизнин [и др.] .— М. : Изд-во Моск. ун-та, 2013 .— 472 с.
2. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 6 : Гидродинамика : учеб. пособие для вузов : рек. М-вом образования Рос. Федерации / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — 3-е изд., перераб. — М. : Физматлит, 1986, 1988, 2003, 2006 .— 736 с.
3. Лекции по теоретической гидродинамике [Текст] : в 2 ч. : учеб. пособие для вузов по направлению "Прикладная математика и физика". Ч. 1 / В. В. Сычев, В. А. Башкин ; М-во образования РФ, Моск. физико-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2003 .— 188 с.
4. Численные методы газовой динамики [Текст] / У. Г. Пирумов, Г. С. Росляков - М. Высшая школа, 1987
5. Вычислительные методы в физике [Текст]/Д. Поттер , -М., Мир, 1975
6. Разностные методы решения задач газовой динамики [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский, Ю. П. Попов .— 2-е изд., испр. и доп. — М. : Наука, 1980 .— 352 с.

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

1. Orr F.M. Theory of gas injection processes. Stanford University, 2005.
2. Toro E.F. Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics. Springer, 1999.

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, изучающий курс «Компьютерное моделирование физических процессов», должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

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;
- решение задач, предлагаемых студентам на практических занятиях и в качестве курсового задания;
- подготовку к занятиям, дифференцированному зачёту и экзамену.

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

Показателем владения материалом служит умение решать задачи.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания.

При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему практические занятия.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Компьютерное моделирование физических процессов Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра вычислительной физики
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: Е.Л. Ступицкий, д-р техн. наук, профессор, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
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

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Компьютерное моделирование физических процессов» обучающийся должен:

знать:

основные понятия термодинамики многокомпонентных смесей;
основные модели многокомпонентной многофазной фильтрации;
основные понятия и принципы методов численного интегрирования гиперболических уравнений.

уметь:

понять поставленную задачу;
использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач многокомпонентной фильтрации;
оценивать корректность постановок задач.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;
навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, возникающих при моделировании фильтрационных течений многокомпонентных смесей.

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

Задания основаны на обсуждении одной из тем ниже:

1. Основные физические законы, модели среды и математические особенности их алгоритмов. Введение. Исходные понятия и законы.
2. Модель сильно разреженной среды
3. Кинетическое описание среды
4. Приближение сплошной среды
5. Математические модели основных физических процессов в среде
6. Основные методы предварительного математического анализа физических задач
7. Решение систем алгебраических уравнений, численное и приближенное вычисление интегралов
8. Приближенные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений, оценка интегралов
9. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)
10. Автомодельные решения
11. Методы решения параболических и эллиптических задач
12. Компьютерные исследования и моделирование актуальных физических задач, имеющих важное научное и прикладное значение

Критери оценивания:

10 всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений

9 всесторонние, систематизированные знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений

8 Систематизированные знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их при решении конкретных задач

7 Твердое знание материала, грамотное его изложение, умение применять полученные знания на практике. В ответе или в решении задач допускаются некоторые неточности

6 Твердое знание материала, умение применять полученные знания на практике. В ответе или в решении задач допускаются неточности

5 Общее знание материала, умение применять полученные знания в некоторых случаях. В ответе или в решении задач допускаются неточности

4 Разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий. Владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения. Способность применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации

3 Фрагментарный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

2 Отсутствие знаний по большей части основного содержания учебной программы дисциплины. Грубые ошибки в формулировках основных понятий. Неспособность использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

1 Отсутствие знаний основного содержания учебной программы дисциплины. Грубые ошибки в формулировках основных понятий. Неспособность использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

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

Каждому студенту выдается тема индивидуальной курсовой работы. Эта тема содержит физическое исследование, математический анализ и решение практической задачи, направленной на изучение либо физического явления, либо имеет прикладной характер. В том и другом случае решение задачи должно демонстрировать: во-первых, умение математически анализировать поставленную задачу; во-вторых, выбирать наиболее адекватный для данной задачи численный метод решения и реализовывать его на компьютере; в-третьих, с помощью разработанной программы выполнить требуемое исследование зависимости результатов исследования от параметров задачи. Курсовая работа должна быть написана ясным физико-математическим языком и выполнены исследования основных свойств разностной схемы.

Вопросы для дифференцированного зачета:

1. Кинетическое уравнение Больцмана, структура интеграла столкновений.
2. Уравнение диффузии и теплопроводности. Выражение для потоков и коэффициентов переноса. Феноменологическое и кинетическое описание коэффициентов вязкости. Основные представления о процессах переноса в жидкости.
3. Уравнение Навье-Стокса (феноменологический подход) как основное уравнение механики сплошной среды.
4. Магнитогидродинамическое приближение. Сила Ампера. Уравнение диффузии магнитного поля в проводящей среде. Условие вмороженности.
5. Основные методы математического анализа физических задач: аналитический анализ, статистический анализ вероятностного формулировок, анализ на основе теории размерностей, асимптотический анализ на основе теории возмущений, численный анализ.
6. Методы численного интегрирования. Метод средних прямоугольников. метод трапеций, метод Симпсона.
7. Асимптотическая оценка интегралов от сильно меняющихся функций методом Лапласа (перевала).
8. Приближенное интегрирование быстро колеблющихся функций.

9. Общий подход к численному интегрированию на основе метода неопределённых коэффициентов.
10. Основные методы численного решения нелинейных алгебраических уравнений (метод итераций, метод Ньютона, метод деления отрезка пополам и т.д.).
11. Применение асимптотических методов для решения нелинейных алгебраических уравнений.
12. Методы численного решения задач Коши для ОДУ.
13. Многоточечные методы решения ОДУ. Метод Адамса. Его модификации.
14. Метод прогонки на примере решения ОДУ 2-ого порядка.
15. Жесткие дифференциальные уравнения (пример кинетических уравнений) Использование неявных схем.
16. Уравнение одномерного движения газа в представлении Лагранжа и Эйлера.
17. Характеристика уравнений динамики идеального газа. Использование характеристик: для нахождения поля течения газа. Основы характеристик метода.
18. Распределение параметров в волне разряжения.
19. Задача о распаде произвольного разрыва. Основные представления.

Вопросы для экзамена:

1. Простые волны. Инварианты Римана.
2. Образование ударной волны. Соотношение на скачке. Соотношение Ренкина-Гюгонио.
3. Размерные и безразмерные величины. ПИ-теорема.
4. Общие представления об автомодельных задачах.
5. Автомодельная задача о сильном точечном взрыве в однородной атмосфере.
6. Автомодельные задачи линейкой теплопроводности для плоского и сферического случая.
7. Автомодельные задачи с нелинейной теплопроводностью для плоского случая.
8. Решение автомодельных задач для волны разряжения.
9. Метод малых возмущений. Линеаризация и исследование на устойчивость равновесного состояния системы.
10. Применение метода асимптотических разложений к уравнению с малым параметром при старшей производной.
11. Частные случаи асимптотических методов применения к задачам нелинейных колебаний.
12. Общая идеология метода асимптотического анализа Боголюбова.
13. Сеточная аппроксимация дифференциальных уравнений на примере уравнения одномерного газа.
14. Анализ устойчивости разностных схем на основе метода Фурье.
15. Схема Лакса и Лакса-Вендроффа в применении к гиперболическим уравнениям динамики газа.
16. Представление о сеточно-характеристическом методе решения гиперболических уравнений.
17. Разностные схемы для одномерных параболических уравнений.
18. Температурные волны и задача теплопроводности. Особенности их программной реализации.
19. Неявные разностные схемы. Их необходимость и преимущества, трудности реализации (на конкретном примере).
20. Разностная аппроксимация эллиптических уравнений. Особенности аппроксимации граничных условий при решении эллиптических уравнений.
21. Численное решение эллиптических уравнений на примере уравнения Пуассона и других электростатических задач.

Билет 1:

Автомодельные задачи с нелинейной теплопроводностью для плоского случая.

Простые волны. Инварианты Римана.

Критерии оценивания

10 всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений

- 9 всесторонние, систематизированные знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- 8 Систематизированные знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их при решении конкретных задач
- 7 Твердое знание материала, грамотное его изложение, умение применять полученные знания на практике. В ответе или в решении задач допускаются некоторые неточности
- 6 Твердое знание материала, умение применять полученные знания на практике. В ответе или в решении задач допускаются неточности
- 5 Общее знание материала, умение применять полученные знания в некоторых случаях. В ответе или в решении задач допускаются неточности
- 4 Разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий. Владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения. Способность применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации
- 3 Фрагментарный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.
- 2 Отсутствие знаний по большей части основного содержания учебной программы дисциплины. Грубые ошибки в формулировках основных понятий. Неспособность использовать полученные знания при решении типовых практических задач.
- 1 Отсутствие знаний основного содержания учебной программы дисциплины. Грубые ошибки в формулировках основных понятий. Неспособность использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

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

Во время проведения дифференцированного зачета и экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами, а также рекомендованной и дополнительной литературой.

Студенту задается вопрос по одному из пунктов программы курса и дается один час на подготовку. Время ответа не должно превышать 30 минут.