

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра физической химии

Авторы-составители: **Медведева Наталья Александровна**

Рабочая программа дисциплины

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Код УМК 99337

Утверждено
Протокол №7
от «15» июня 2023 г.

Пермь, 2023

1. Наименование дисциплины

Численные методы в материаловедении

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **04.04.01** Химия

направленность Химия, физика и механика материалов

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Численные методы в материаловедении** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

04.04.01 Химия (направленность : Химия, физика и механика материалов)

ПК.3 Способен проводить экспериментальные работы и обрабатывать полученные данные в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках с использованием различных методов и подходов

Индикаторы

ПК.3.1 Проводит экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии с использованием различных методов и подходов

ПК.3.2 Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	04.04.01 Химия (направленность: Химия, физика и механика материалов)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	12
Проведение практических занятий, семинаров	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Численные методы в материаловедении

Введение. Численные методы анализа. Методы компьютерного моделирования химических и физических процессов (метод Монте-Карло расчетов, метод классической молекулярной динамики, метод ab-initio). Проблемы развития материаловедения. Дизайн перспективных материалов. Методы структурного анализа и определения физико-механических свойств материалов. Статистические и динамические характеристики. Расчет транспортных свойств материалов. Статистическая обработка данных моделирования. Методы оптимизации. Работа на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. Параллельные расчеты.

1. Введение. Численные методы анализа

Введение в численные методы. Методы расчета погрешностей. Методы интерполяции и их применение. Методы численного дифференцирования. Приближение функций. Работа с полиномами. Численное интегрирование. Численные методы линейной алгебры. Решение нелинейных уравнений и их систем. Интервальные методы решения уравнений.

2. Методы компьютерного моделирования химических и физических процессов (метод Монте-Карло расчетов, метод классической молекулярной динамики, метод ab-initio)

Современные методы компьютерного моделирования физических процессов. Временные и размерные масштабы моделирования. Метод Монте-Карло расчетов и модификации. Классический метод молекулярной динамики. метод расчета из первых принципов. Организация моделирования. Постановка задачи и детали расчетов.

Сохранения и обработка результатов моделирования.

3. Проблемы развития материаловедения. Дизайн перспективных материалов

Направления исследований материаловедения. Разделы физики и химии, на которых базируется материаловедение. Классификация материалов. Кристаллические и аморфные тела. Свойства металлов и сплавов. Физические, химические и технологические свойства материалов. Механические свойства материалов и методы их определения. Вычислительная физика в дизайне новых материалов.

4. Методы структурного анализа и определения физико-механических свойств материалов

Структурный анализ конфигурационных данных моделирования. Методы кластерного анализа. Расчет статистических характеристик. Характеристики элементов и связей. Определение качественных и количественных характеристик. Формирование критериев и оценка эффективности. Оценка погрешностей расчетов и способы их представления.

5. Статистические и динамические характеристики. Расчет транспортных свойств материалов

Методы расчета динамических характеристик материалов. Расчет транспортных свойств. Определение коэффициента диффузии. Расчет вязкости. Оценка среднеквадратичного смещения частицы. Использование вычислительных методов в оценке транспортных характеристик. Оценка погрешностей расчетов. Способы минимизации погрешностей.

6. Статистическая обработка данных моделирования. Методы оптимизации

Статистическая обработка конфигурационных данных моделирования. Область допустимых значений. Классификация поисковых методов оптимизации и методология их сравнения. Классификация методов решения детерминированных задач оптимизации. Методы поиска глобального минимума одномерных многоэкстремальных функций. Задачи многокритериальной оптимизации и методы их решения. Задачи оптимального управления и методы их приближенного решения.

7. Работа на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. Параллельные расчеты.

Структура вычислительного кластера и функциональные возможности. Платформы суперкомпьютеров и их производительность. Методы параллельных расчетов. Задачи, допускающие параллельные вычисления. Способы синхронизации параллельного взаимодействия. Программные инструменты для проведения параллельных вычислений.

8. Итоговое контрольное мероприятие

Итоговое мероприятие по рассмотренным темам в ходе изучения дисциплины (см. вопросы промежуточной аттестации).

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Зенков, А. В. Численные методы : учебное пособие для вузов / А. В. Зенков. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 122 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10893-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/452695>
2. Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности: альманах / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Суперкомпьютерный консорциум ун-тов России, Рос. акад. наук. - Москва: Издательство Московского университета, 2012, ISBN 978-5-211-06528-4.-232.
3. Дизайн. Материалы. Технологии : энциклопедический словарь / под редакцией В. И. Куманин, М. С. Кухт. — Томск : Томский политехнический университет, 2011. — 320 с. — ISBN 978-5-98298-774-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/34664>
4. Столбовский, А. В. Математическое моделирование процессов в материаловедении с использованием MS Excel : учебное пособие / А. В. Столбовский, М. Л. Лобанов ; под редакцией М. А. Гервасьева. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. — 96 с. — ISBN 978-5-7996-2488-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/107055>
5. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования : учебное пособие / Г. В. Алексеев, Б. А. Вороненко, М. В. Гончаров, И. И. Холявин. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 203 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/26229>

Дополнительная:

1. Моделирование процессов и систем : учебник и практикум для академического бакалавриата / под редакцией Е. В. Стельмашонок. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 289 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-04653-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/433623>
2. Основы программирования микропроцессорных контроллеров в цифровых системах управления технологическими процессами : учебное пособие / В. С. Кудряшов, А. В. Иванов, М. В. Алексеев [и др.]. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. — 144 с. — ISBN 978-5-00032-054-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/47437.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://www.vasp.at/> Вычислительный пакет VASP

<https://www.materialsdesign.com/products> Многоуровневая архитектура среды MedeA

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Численные методы в материаловедении** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий); доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС); доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; тестирование

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные занятия: лекционный зал, ауд. 506 Университетского образовательного центра ПНППК, оснащенный презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, маркерной доской.
2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия): компьютерный класс, ауд. 503/509 Университетского образовательного центра ПНППК, оснащенный инженерными компьютерами, проектором, маркерными досками, экраном; лаборатория Искусственного интеллекта, оснащенная специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.
3. Для групповых (индивидуальных) консультаций: аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
4. Для проведения текущего контроля: аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.
5. Самостоятельная работа: аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Численные методы в материаловедении**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.3

Способен проводить экспериментальные работы и обрабатывать полученные данные в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках с использованием различных методов и подходов

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.3.2 Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации</p>	<p>Знает основные проблемы развития материаловедения. Знает основы современных методов компьютерного моделирования процессов. Знает основные методы расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Умеет использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов в области материаловедения. Способен использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные проблемы развития материаловедения, основы современных методов компьютерного моделирования процессов и основные методы расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Демонстрирует отсутствие умение использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов в области материаловедения. Не способен использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания основных проблем развития материаловедения, основ современных методов компьютерного моделирования процессов и основных методов расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Демонстрирует частично сформированное умение использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов в области материаловедения. Демонстрирует фрагментарное применение навыков применения стандартных пакетов прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере.</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных проблем развития материаловедения, основ современных методов компьютерного моделирования процессов и основных методов расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в умении использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов в области материаловедения. Способен использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированы знания основных проблем развития материаловедения, основ современных методов компьютерного моделирования процессов, основных методов расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Успешно применяет полученные знания при использовании численных методов решения прикладных задач при математическом моделировании объектов в области материаловедения. Способен использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере.</p>
<p>ПК.3.1 Проводит экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии с использованием различных методов и подходов</p>	<p>Знает основные методы расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Знает методы статистической обработки данных моделирования. Знает основы работы на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. Умеет проводить статистическую обработку данных</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные методы расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Не структурированные знания методов статистической обработки данных моделирования. Не знает основы работы на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. Демонстрирует отсутствие умений проводить статистическую обработку данных моделирования. Не владеет современными</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>моделирования. Владеет современными методами компьютерного моделирования процессов в материаловедении и вычислительными методами для определения свойств материалов.</p>	<p>Неудовлетворител методами компьютерного моделирования процессов в материаловедении и вычислительными методами для определения свойств материалов.</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания основных методов расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Частично структурированные знания методов статистической обработки данных моделирования. Общие, но не структурированные знания основ работы на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. Демонстрирует частично сформированное умение проводить статистическую обработку данных моделирования. Демонстрирует фрагментарное применение навыков владения современными методами компьютерного моделирования процессов в материаловедении и вычислительными методами для определения свойств материалов.</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Частично структурированные знания методов статистической обработки данных моделирования. В целом структурированные знания основ работы на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в умении проводить статистическую обработку данных моделирования. Демонстрирует применение навыков владения современными методами компьютерного моделирования процессов в материаловедении и вычислительными методами для определения свойств материалов.</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные знания основных методов расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Структурированные знания методов статистической обработки данных моделирования. Структурированные знания основ работы на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. Демонстрирует сформированное умение проводить статистическую обработку данных моделирования. Демонстрирует успешное применение навыков владения современными методами</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 45 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 45 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.3.2 Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации	2. Методы компьютерного моделирования химических и физических процессов (метод Монте-Карло расчетов, метод классической молекулярной динамики, метод ab-initio) Письменное контрольное мероприятие	Знает основные методы расчета погрешностей, методы интерполяции и их умеет их применять. Владеет методами численного дифференцирования. Знает приближение функций. Владеет навыком работы с полиномами. Владеет численным интегрированием. Знает численные методы линейной алгебры. Умеет осуществлять решение нелинейных уравнений и их систем. Способен применять интервальные методы решения уравнений. Знает современные методы компьютерного моделирования физических процессов, временные и размерные масштабы моделирования.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.3.1 Проводит экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии с использованием различных методов и подходов</p>	<p>5. Статистические и динамические характеристики. Расчет транспортных свойств материалов Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Владеет методами кластерного анализа. Способен осуществить расчет статистических характеристик. Описать характеристики элементов и связей. Определить качественных и количественных характеристик. Оценить погрешности расчетов и способы их представления. Знает методы расчета динамических характеристик материалов. Умеет проводить расчет транспортных свойств. Определять коэффициента диффузии. Рассчитывать вязкости. Оценивать среднеквадратичное смещение частицы. Оценивать погрешности расчетов. Знает способы минимизации погрешностей.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.3.2 Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации</p> <p>ПК.3.1 Проводит экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в выбранной области химии с использованием различных методов и подходов</p>	<p>8. Итоговое контрольное мероприятие</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знает основные проблемы развития материаловедения. Знает основы современных методов компьютерного моделирования процессов. Знает основные методы расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Умеет использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов в области материаловедения. Способен использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере. Знает основные методы расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов. Знает методы статистической обработки данных моделирования. Знает основы работы на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах. Умеет проводить статистическую обработку данных моделирования. Владеет современными методами компьютерного моделирования процессов в материаловедении и вычислительными методами для определения свойств материалов.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

2. Методы компьютерного моделирования химических и физических процессов (метод Монте-Карло расчетов, метод классической молекулярной динамики, метод ab-initio)

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Расчетные задачи с использованием современных методов компьютерного моделирования физических процессов с учетом временных и размерных масштабов моделирования: метод	18

Монте-Карло расчетов и модификации, классический метод молекулярной динамики, метод расчета из первых принципов. Каждая задача 6 баллов. Всего 3 задачи. Итого 18 баллов.	
Для расчетных задач с использованием современных методов компьютерного моделирования: Организация моделирования. Постановка задачи и детали расчетов. Сохранения и обработка результатов моделирования. Каждая задача 2 балла. Всего 3 задачи. Итого 6 баллов.	6
Расчетные задачи на одну из тем: методы расчета погрешностей, методы интерполяции и их применение, методы численного дифференцирования, приближение функций, численное интегрирование, численные методы линейной алгебры, нелинейные уравнения и их системы, интервальные методы решения уравнений. Каждая задача 3 балла. Всего 2 задачи. Итого 6 баллов.	6

5. Статистические и динамические характеристики. Расчет транспортных свойств материалов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Расчетная задача на определение статистических и динамических характеристик и транспортных свойств материала, в том числе коэффициент диффузии, вязкости, среднеквадратичное смещение частицы. Описание полученных характеристик и связей. Все вычисления с учетом погрешности расчетов.	15
Решение расчетной задачи с помощью метода структурного анализа и определение физико-механических свойств. Описание получаемых характеристик с учетом погрешностей.	15

8. Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Выполняются индивидуальные расчетно-теоретические материаловедческие задания с помощью специальных (инструментальных) средств и сопоставляются с экспериментальными результатами.	40