

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 13 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Дискретные математические модели
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Математическое моделирование физико-механических процессов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование комплекса знаний, умений и навыков в области построения дискретных математических моделей, их анализа и применения к исследованию физико-механических процессов на нано-, микро- и макро- уровнях, происходящих в конденсированных средах в результате внешних термомеханических воздействий.

Задачи дисциплины:

- изучение принципов построения дискретных математических моделей для проведения научного исследования физико-механических процессов на различных уровнях организации материи — от наночастиц до макроскопических объемов конденсированных сред;
- формирование умения выделять структурные элементы на рассматриваемом уровне организации материи, описывать законы их физического взаимодействия и эволюции на языке математики, обосновывать необходимость выбора дискретного или континуального подхода для описания исследуемых физико-механических процессов;
- формирование умения переходить от концептуальной формулировки дискретной математической модели к ее математической постановке и применять методы вычислительной математики для получения решений научно-исследовательских и прикладных задач в области физики и механики с помощью построенных дискретных математических моделей;
- формирование навыков применения методов математического моделирования и вычислительной математики при компьютерной реализации дискретных математических моделей, навыков работы с пакетами прикладного программного обеспечения, а также навыков анализа получаемых результатов и их применения для решения научно-исследовательских и прикладных задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- тела с кристаллическим строением от наночастиц до макроуровня;
- дислокации и пластическое течение в металлах;
- процессы диффузии в жидкостях и пористых телах;
- ударные волны в жидкостях и газах.

1.3. Входные требования

Поскольку дискретные математические модели конденсированных сред должны описывать поведение материальных тел, а также, в той или иной степени, отражать их структуру и строение, то при изучении данного курса используются различные разделы физики, в частности, физика твердого тела, теоретическая механика, термодинамика, а также основы статистической физики. С другой стороны, занимаясь математическим моделированием поведения различных материалов, дисциплина Дискретные математические модели существенно опирается на такие дисциплины и разделы математики, как алгебра, анализ, тензорное исчисление, дифференциальная геометрия, уравнения математической физики и др.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-3	ИД-1ОПК-3	Знает математические модели, применяемые для описания взаимодействия и законов эволюции дискретных элементов структуры в конденсированных средах на различных масштабных уровнях	Знает особенности применения методов математического моделирования, а также методов вычислительной математики при решении научных и прикладных задач.	Собеседование
ОПК-3	ИД-21ОПК-0	Умеет обосновывать и выбирать известные или формулировать новые математические модели для описания взаимодействия и законов эволюции выбранных дискретных элементов структуры при построении дискретных математических моделей для теоретического исследования физико-механических процессов в конденсированных средах	Умеет создавать математические модели и использовать их в научной и познавательной деятельности, обосновывать применение методов вычислительной математики в научной и познавательной деятельности	Отчёт по практическому занятию
ОПК-3	ИД-31ОПК-0	Владеет навыками применения методов математического моделирования и вычислительной математики при компьютерной реализации дискретных математических моделей физико-механических процессов в конденсированных средах	Владеет навыками профессиональными навыками создания и использования в научной и познавательной деятельности математических моделей, а также методов вычислительной математики.	Зачет
ПКО-1	ИД-1ПКО-01	Знает области и особенности применимости дискретных и континуальных подходов для решения научно-исследовательских и прикладных задач при описании физико-механических процессов в конденсированных средах	Знает методы анализа научных данных; методы и средства планирования и организации исследований и разработок	Экспресс-тест
ПКО-1	ИД-2ПКО-		Умеет оформлять	Индивидуаль

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
	01	Умеет проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты с помощью разрабатываемых дискретных математических моделей физико-механических процессов в конденсированных средах на различных масштабных уровнях; оформлять результаты научных исследований в виде отчетов, презентаций и т.п.	результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	ное задание
ПКО-1	ИД-ЗПКО-01	Владеет навыками выполнения этапов разработки концептуальных и теоретических моделей в рамках дискретного подхода	Владеет навыками осуществления разработки планов и методических программ проведения	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)			
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	34	34	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Дискретные математические модели в физике и механике конденсированных сред	0	0	22	60
<p>Тема 1. Об истории дискретного математического моделирования в физике и механике. История формирования дискретно-атомистического подхода к определению физико-механических свойств конденсированных сред от Коши до наших дней. Методы молекулярной динамики и статики. Сведения о видах взаимодействия атомов и о потенциалах, описывающих различные виды связей. Примеры применения дискретно-атомистического подхода к определению числа независимых упругих модулей кристаллических тел. Спор о числе упругих модулей: подход Коши, подход Грина.</p> <p>Тема 2. Статический подход к исследованию физико-механических свойств материалов с кристаллическим строением при низких температурах. Построение дискретных геометрических моделей кристаллических решеток металлов (ГЦК, ОЦК, ГПУ) и углеродных материалов (графен, графит). Вычисление полной потенциальной энергии кристаллических решеток при низких температурах, определение отсчетной естественной (ненапряженной и недеформированной) конфигурации различных кристаллических решеток. Зависимость равновесного межатомного расстояния от размера образца.</p> <p>Тема 3. Переходные процессы в одномерной бесконечной цепочке атомов. Периодические граничные условия. Построение одномерного периодического потенциала взаимодействия атомов. Численное исследование бесконечной одномерной решетки атомов в динамическом подходе. Определение естественного состояния, возмущение естественного состояния, переход в новое равновесное состояние. Вычисление потенциальной, кинетической и полной энергии, их эволюция с течением времени. Вычисление равновесного межатомного расстояния в динамической системе взаимодействующих атомов. Вычисление меры температуры цепочки атомов, зависимость равновесного межатомного расстояния от меры температуры в одномерном случае.</p> <p>Тема 4. Двухкомпонентная одномерная бесконечная цепочка атомов. Вычисление упругих модулей двухкомпонентной</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>цепочки атомов. Правило смешения Бергло-Лоренца. Зависимость упругих модулей от фазового состава и дисперсности фаз. Вычисление градиентных упругих свойств.</p> <p>Тема 5. Определение числа независимых упругих модулей для различных кристаллических решеток. Группа симметрии тензора линейно-упругих свойств. Влияние класса симметрии структуры материала на число независимых ненулевых компонент тензора линейно-упругих свойств. Разработка программы в пакете символьных вычислений для определения числа независимых упругих модулей для материалов с ГЦК, ОЦК, ГПУ решетками, графита и двумерного материала с решеткой графена. Выражение компонент тензора линейно-упругих свойств через производные от удельной потенциальной энергии деформирования линейно-упругих твердых тел.</p> <p>Тема 6. Вычисление упругих модулей для конечных тел с кристаллическим строением при низкой температуре в статическом подходе. Получение «быстрых сумм» для расчета упругих модулей в статическом подходе. Вычисление упругих модулей в зависимости от размеров образца. Упругие свойства наночастиц. Идентификация параметров потенциалов межатомного взаимодействия. Предельный переход от наноуровня к физико-механическим свойствам микро- и макроскопических объемов.</p> <p>Тема 7. Метод контроля температуры в статическом подходе.</p> <p>Сведения из молекулярно-кинетической теории и термодинамики твердых тел. Построение возмущенных конфигураций атомов при заданной амплитуде возмущений и равномерном распределении направлений смещений в пространстве. Проблема построения равномерного распределения на единичной сфере. Функция распределения величины смещения, соответствующая представлению атома как гармонического осциллятора при заданной амплитуде тепловых колебаний. Минимизация потенциальной энергии в каждой реализации возмущенных конфигураций при заданной амплитуде смещений. Моделирование процесса нагрева кристаллического тела. Вычисление физико-механических свойств в каждой возмущенной конфигурации атомов. Осреднение свойств по реализациям. Связь амплитуды возмущений положений атомов с температурой решетки, мера температуры. Зависимость</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
равновесного межатомного расстояния, удельной потенциальной энергии, упругих свойств от меры температуры для различных кристаллических решеток. Получение точек структурных и фазовых превращений кристаллических тел.				
Имитационный подход в дискретном моделировании	0	0	12	12
<p>Тема 8. Метод клеточных автоматов в дискретном математическом моделировании физико-механических процессов. Сведения о клеточных автоматах, история метода, виды окрестностей. Окрестность Марголуса для моделирования физико-механических процессов. Правила клеточного автомата для моделирования процессов диффузии, течения вязких жидкостей, распространения ударных волн в жидкостях и газах. Реализация подхода клеточных автоматов для перечисленных процессов в вычислительной среде на компьютере.</p> <p>Тема 9. Метод клеточных автоматов в моделировании процессов диффузии Вычислительный эксперимент по описанию диффузии в двухкомпонентной среде. Сопоставление решений, полученных дискретным методом клеточных автоматов и численным методом решения классического дифференциального уравнения диффузии. Дискретное математическое моделирование процесса диффузии в пористой среде. Учет движения среды. Анализ полученных результатов. Практическое применение результатов для оценки зон распространения загрязнений от промышленных объектов.</p> <p>Тема 10. Метод клеточных автоматов в моделировании процесса движения дислокаций и образования дислокационных структур в металлах. Правила клеточного автомата для движения дислокаций в системе скольжения. Реализация вычислительного эксперимента. Анализ получаемых конфигураций дислокаций. Применение результатов для описания законов упрочнения по системам скольжения и типов дислокационных субструктур.</p>				
ИТОГО по 3-му семестру	0	0	34	72
ИТОГО по дисциплине	0	0	34	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Об истории дискретного математического моделирования в физике и механике
2	Статический подход к исследованию физико-механических свойств материалов с кристаллическим строением при низ-ких температурах
3	Переходные процессы в одномерной бесконечной цепочке атомов
4	Двухкомпонентная одномерная бесконечная цепочка атомов
5	Определение числа независимых упругих модулей для различных кристаллических решеток
6	Вычисление упругих модулей для конечных тел с кристаллическим строением при низкой температуре в статическом подходе
7	Метод контроля температуры в статическом подходе
8	Метод клеточных автоматов при дискретном математическом моделировании физико-механических процессов
9	Метод клеточных автоматов при моделировании процессов диффузии
10	Метод клеточных автоматов при моделировании процесса движения дислокаций и образования дислокационных структур в металлах

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе).

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Зубко И. Ю. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы : учебное пособие для вузов / И. Ю. Зубко, Н. Д. Няшина. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	5
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]. - М: Логос, 2007.	37
2	Воробьев Е. М. Введение в систему Математика : учебное пособие для вузов / Е. М. Воробьев. - М.: Финансы и статистика, 1998.	5
3	Леонтович М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика : учебное пособие для вузов / М. А. Леонтович. - Москва: Наука, Физматлит, 1983.	5
4	Порошковые механически легированные азотистые стали с нанофазами / В. Н. Анциферов [и др.]. - Екатеринбург: УрО РАН, 2010.	2
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012	
2	Вычислительная механика сплошных сред : журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, 2008 - .	
3	Физика твердого тела : журнал / Российская академия наук. Отделение физических наук; Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе. - Санкт-Петербург: Наука, 1959 - .	
4	Физическая мезомеханика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт физики прочности и материаловедения. - Томск: Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 1998 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Н. Ашихмин [и др.]. - Москва: Логос, 2004.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Зубко И. Ю. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы : учебное пособие для вузов / И. Ю. Зубко, Н. Д. Няшина. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3502	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	Видеопроектор	1
Практическое занятие	Ноутбук	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Дискретные математические модели»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) образовательной программы: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: « Магистр »

Выпускающая кафедра: Математическое моделирование систем и процессов

Форма обучения: Очная

Курс: 2

Семестр: 3

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 3 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля при выполнении практических заданий и сдачи зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля		
	Текущий		Промежуточный
	ТТ	ТПЗ	Зачет
Усвоенные знания			
З.1. основные дискретные элементы структуры, отвечающие за механизмы деформирования в конденсированных средах на различных масштабных уровнях, виды их взаимодействия и законы эволюции	+		+
З.2. области и особенности применимости дискретных и континуальных подходов для решения научно-исследовательских и прикладных задач при описании физико-механических процессов в конденсированных средах	+		+
З.3. математические модели, применяемые для описания взаимодействия и законов эволюции дискретных элементов структуры в конденсированных средах на различных масштабных уровнях	+		+
Освоенные умения			
У.1. обосновывать и выбирать известные или формулировать новые математические модели для описания взаимодействия и законов эволюции выбранных дискретных элементов структуры при построении дискретных математических моделей для теоретического исследования физико-механических процессов в конденсированных средах	+	+	+
У.2. обосновывать и выбирать элементы структуры для построения дискретных математических моделей физико-механических процессов в конденсированных средах	+	+	+
У.3. проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты с помощью разрабатываемых дискретных математических моделей физико-механических процессов в конденсированных средах на различных масштабных уровнях	+	+	+

Приобретенные владения			
В.1. навыками анализа получаемых результатов и их применения для решения научно-исследовательских и прикладных задач, получения новых научных и прикладных результатов		+	+
В.2. навыками выполнения этапов разработки концептуальных и теоретических моделей в рамках дискретного подхода		+	+
В.3. навыками применения методов математического моделирования и вычислительной математики при компьютерной реализации дискретных математических моделей физико-механических процессов в конденсированных средах		+	+
В.4. навыками работы с пакетами прикладного программного обеспечения для реализации дискретных математических моделей и проведения вычислительного эксперимента		+	+

ТТ – текущее тестирование (собеседование и опрос по темам)

ТПЗ – текущая проверка практических заданий (летучки на практических занятиях по пройденному материалу).

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного самостоятельного выполнения практических заданий по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск студента к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Условиями допуска являются успешная сдача 80% практических заданий.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится согласно РПД в виде зачета. Зачет проводится в виде самостоятельного решения студентами набора практических заданий.

2.2.1. Вариант набора заданий для проведения зачета по дисциплине

1. Определить в рамках дискретно-атомистического подхода с помощью потенциала Ми (и самостоятельно выбранных значений степенных параметров) потенциальную энергию образца с решеткой графена, определить равновесное межатомное расстояние графена, соответствующее минимуму потенциальной энергии.
2. Определить ненулевые независимые компоненты тензора линейно-упругих свойств материала с решеткой графена в симметричной и несимметричной постановках.
3. Построить графически зависимость равновесного межатомного расстояния и упругих свойств от числа атомов на стороне образца с решеткой графена.
4. Построить аппроксимирующие функции для этих зависимостей.
5. С помощью метода клеточных автоматов описать одномерную диффузию из начального локализованного состояния, сравнить с решением классического и неклассического дифференциального уравнения диффузии при различных граничных условиях.
6. Включить в алгоритм для описания процесса диффузии наличие препятствий и построить модель диффузии в пористой среде.

2.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится во время зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в тесте дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего контроля. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.