

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от "27" апреля 2022 г. №6

Рабочая программа дисциплины
«Современные методы математического моделирования в
механике сплошных сред и физическом материаловедении»

Уровень высшего образования
Подготовка научных и научно-педагогических кадров

Научные специальности

1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика, 1.1.4. Теория вероятностей и математическая статистика, 1.1.5. Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика, 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 1.3.11. Физика полупроводников, 1.3.19. Лазерная физика, 1.3.4. Радиофизика, 1.3.7. Акустика, 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 1.4.1. Неорганическая химия, 1.4.2. Аналитическая химия, 1.4.3. Органическая химия, 1.4.4. Физическая химия, 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, 1.4.8. Химия элементоорганических соединений, 1.5.11. Микробиология, 1.5.15. Экология, 1.5.2. Биофизика, 1.5.21. Физиология и биохимия растений, 1.5.5. Физиология человека и животных, 2.2.2. Электронная компонентная база микро и наноэлектроники, квантовых устройств, 3.2.7. Аллергология и иммунология, 5.1.1. Теоретико-исторические правовые науки, 5.1.2. Публично-правовые (государственно-правовые) науки, 5.1.3. Частно-правовые (цивилистические) науки, 5.1.4. Уголовно-правовые науки, 5.1.5. Международно-правовые науки, 5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов, 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, 5.2.4. Финансы, 5.2.6. Менеджмент, 5.3.7. Возрастная психология, 5.4.2. Экономическая социология, 5.4.4. Социальная структура, социальные институты и процессы, 5.4.6. Социология культуры, 5.4.7. Социология управления, 5.5.2. Политические институты, процессы, технологии, 5.5.4. Международные отношения, глобальные и региональные исследования, 5.6.1. Отечественная история, 5.6.2. Всеобщая история, 5.6.7. История международных отношений и внешней политики, 5.7.1. Онтология и теория познания, 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания, 5.8.7. Методология и технология профессионального образования, 5.9.2. Литературы народов мира, 5.9.5. Русский язык. Языки народов России, 5.9.6. Языки народов зарубежных стран (с указанием конкретного языка или группы языков), 5.9.9. Медиакommunikации и журналистика

Нижегород
2022 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные методы математического моделирования в механике сплошных сред и физическом материаловедении» является факультативной дисциплиной и изучается в 5 семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

- научить формулировать математические постановки задач механики сплошных сред требуемые при корректном описании перспективных материалов в рамках физического материаловедения;
- научить корректно переходить от математических постановок задач к постановкам задач в рамках численного моделирования, с умением выбрать адекватную численную методику решения рассматриваемой задачи;
- научить проводить численное и компьютерное моделирование процессов при различных деформационных и температурных нагрузках;
- выработать углубленные навыки анализа результатов численного эксперимента, получаемых при исследовании сложных многофакторных физических процессов
- выработать навыки выбора оптимального инструмента для численного моделирования исследуемой задачи механики сплошных сред.

3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет всего - 36 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа – 18 часа, 18 часа – занятия семинарского типа).

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Методы численного моделирования задач механики сплошных сред (Метод конечных элементов, метод гидродинамических сглаженных частиц)	18	4	4	-	-	10	8
2. Методы моделирования связанных задач (Прямой подход к решению связанных задач, решение связанных задач с заменой физической среды)	24	4	8	-	-	12	12
3. Численное моделирование процессов деформирования и разрушения (моделирование квазистатических процессов деформирования, накопления повреждений и разрушения, моделирование импульсных процессов деформирования)	30	4	10	-		15	15

накопления повреждений и разрушения)							
В т.ч. текущий контроль		1					
Аттестация по дисциплине - Зачет							
Итого	72	16	16	-		37	35

ВСЕГО	36	36			36	35
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация - зачет						

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Методы численного моделирования задач механики сплошных сред	Метод конечных элементов: Обобщенное понятие конечного элемента, прямые методы построения конечных элементов, вариационные методы построения конечных элементов, функции формы конечного элемента, криволинейные изопараметрические элементы, численное интегрирование, формулировки статических и динамических задач в методе конечных элементов; Метод гидродинамических сглаженных частиц: бессеточные методы, общие понятия, методы построения, ядро.	Лекции, Семинар	-
2	Методы моделирования связанных задач	Прямой подход к решению связанных задач: специальные типы конечных элементов, связанные задачи термоупругости, связанные термоупругодиффузионные задачи; решение связанных задач с заменой физической среды: основы методики в рамках метода конечных элементов, области применения, термоэлектроупругопластическая задача	Лекции, Семинар	Проверка проекта (расчетно-графической работы)
3	Численное моделирование процессов деформирования и разрушения	моделирование квазистатических процессов деформирования, накопления повреждений и разрушения: модель зоны связности в случае смешанных мод разрушения, расширенный	Лекции, Семинар	Проверка проекта (расчетно-графической работы)

		метод конечных элементов и его применение к задачам механики разрушения, объемное разрушение композитных и слоистых среды (модель Вилама-Варника), модель микроплоскостей (Базант), особенности комбинации нескольких моделей для получения новых моделей, подход «kill» конечного элемента и решение задач разрушения и задач кристаллизации; моделирование импульсных процессов деформирования накопления повреждений и разрушения: особенности применения метода конечных элементов в постановке Лагранжа к решению задач импульсного разрушения, особенности использования метода гидродинамических сглаженных частиц к описанию деформирования и разрушения в условиях импульсного разрушения, модель вязкого разрушения при импульсной нагрузке, модели хрупкого разрушения при импульсной нагрузке		
--	--	---	--	--

4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, подготовку устного доклада (публичного выступления), подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примерные темы для устного доклада (публичного выступления) приведены в п. 6.4 настоящей Рабочей программы дисциплины.

5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

– уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные экзаменаторами);

- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая лаконичности);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме экзамена

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине

5.2.1. При проведении зачета обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины

№	Вопрос	Вариант ответа 1	Вариант ответа 2	Вариант ответа 3	Вариант ответа 4
1.	Матрица жесткости конечного элемента задает выражение	Узловых сил через узловые перемещения	Узловых перемещений через узловые силы	Узловые силы через перемещения в точках интегрирования	Нет правильного ответа
2.	Что не меняется при применении подхода решения связанных задач с заменой физической среды	Конечно элементная сетка	Геометрия области	Внешние нагрузки	Нет правильного ответа
3.	В методе зоны связности в случае комплексного нагружения допустимо	Одной	Двух	Трех	Нет правильного ответа

	одновременное рассмотрение ... мод разрушения				
--	---	--	--	--	--

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. – 544 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ]. [Доступ через электронную библиотеку EqWord: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Zenkevich1975ru.djvu>].
2. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. М.: Наука, 1974. 640с.[6 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ]. [Доступ через электронную библиотеку EqWord: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Cherepanov1974ru.djvu>]
3. Нотт Дж. Основы механики разрушения. М.: Металлургия, 1978. 256 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ]. [Доступ через электронную библиотеку EqWord: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Nott1978ru.djvu>]
4. Брок Д. Основы механики разрушения. М.: Высш. шк., 1980. 368 с. [2 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
5. Берендеев Н.Н. Методы решения задач усталости в пакете ANSYS WORKBENCH/ Электронное учебно- методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 64 с. [Доступ на сайте ННГУ: http://www.unn.ru/books/met_files/mrzupaw.doc]
6. Берендеев Н.Н. Сопротивление усталости. Основы. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород, Нижегородский госуниверситет, 2012. – 64 с. [Доступ на сайте ННГУ: http://www.unn.ru/books/met_files/bnsu.doc]
7. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошных сред. Практическое руководство, Под ред. А.К. Любимова. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2006. 227 с. [55 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].

б) дополнительная литература

1. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. – М.: Мир: 1984. – 428 с. . [3 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].
2. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. – М.: Мир, 1976. – 464 с. [3 экз. в фундаментальной библиотеке ННГУ].

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://www.lib.unn.ru/> - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.
2. <http://www.unn.ru/books/> - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.
3. <http://eqworld.ipmnet.ru/> - сайт электронной библиотеки EqWord, содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- Для самостоятельных занятий и выполнения расчетно-графических работ со стороны предоставляется доступ к компьютерам с установленным лицензионным пакетом ANSYS WORKBENCH.
- обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Автор к.ф.-м.н., доцент Н.Н. Берендеев

Рецензент: к.ф.-м.н., зам. декана по учебной работе Белова О.В.

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н., проф. Чувильдеев В.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от _____ 2022 года, протокол № б/н