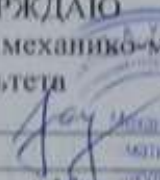


МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан механико-математического
факультета

 Захаров А.М.
Механико-математический факультет

28 09 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

ОСНОВЫ НАНОМЕХАНИКИ

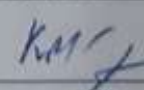


Направление подготовки бакалавриата
01.04.03 Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки бакалавриата
Механика деформируемого твердого тела

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Колесникова А.С.		28.09.2021
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		28.09.2021
Заведующий кафедрой	Коссович Л.Ю.		28.09.2021
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Основы наномеханики» являются знакомство с некоторыми основными экспериментальными методами исследования размеров, структур и механических свойств наноматериалов и теоретическими основами расчета свойств наноматериалов, которые могут понадобиться в практической и научно-исследовательской деятельности выпускников магистратуры.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Основы наномеханики» относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» вариативной части раздела обязательные дисциплины (Б1.В.ОД.5). Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс в 3 семестре заканчивается экзаменом.

Изложение основ данного курса опирается на следующие дисциплины: «Общая физика», «Математический анализ», «Сопротивление материалов», «Численные методы», «Уравнения математической физики».

Знания и умения, полученные при изучении курса «Основы наномеханики» используются при изучении дисциплин профессионального цикла, а также при написании курсовых и выпускных квалификационных работ (магистерских работ).

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Основы наномеханики»

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.	1.1_М.УК-1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.	Знать: содержание и особенности процессов, протекающих при решении задачи. Уметь: самостоятельно анализировать проблемную ситуацию и выявлять ее составляющие и связи между ними. Владеть: технологиями организации процесса, протекающего при решении задачи.

<p>УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p>	<p>1.4_М.УК-2. Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических семинарах и конференциях.</p>	<p>Знать: основные математические модели и методы исследуемой предметной области; необходимые и достаточные условия их реализации. Уметь: публично представлять собственные и известные научные результаты. Владеть: основными методами математического моделирования при решении прикладных задач наномеханики.</p>
<p>ОПК-1. Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики.</p>	<p>2.1_М.ОПК-1. Способен осуществить сбор и анализ научно-технической информации, в том числе с применением сети «Интернет».</p>	<p>Знать: основные понятия наномеханики. Уметь: анализировать данные о методах физического, математического и компьютерного моделирования, специализированных программных комплексах, применяемых при решении задач в области избранных видов профессиональной деятельности. Владеть: навыками работы с физико-математическими источниками информации на бумажном и электронном носителях.</p>

<p>ОПК-2. Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.</p>	<p>3.1_М.ОПК-2. Способен подобрать методы для построения и исследования моделей в области механики, биомеханики, теории колебаний, соответствующие поставленной цели.</p>	<p>Знать: методы физического, математического и компьютерного моделирования Уметь: анализировать данные о методах физического, математического и компьютерного моделирования, специализированных программных комплексах, применяемых при решении задач в области избранных видов профессиональной деятельности. Владеть: навыками работы с физико-математическими источниками информации на бумажном и электронном носителях.</p>
<p>ОПК-3. Способен разрабатывать новые методы экспериментальных исследований и применять современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности.</p>	<p>1.1_М.ОПК-3. Демонстрирует знание современных методов исследования механических процессов, применяемых в научных и проектно-технологических целях.</p>	<p>Знать: рекомендованные преподавателем труды по изучаемым вопросам. Уметь: самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные методы экспериментальных исследований в области механики деформируемых тел и сред. Владеть: научной терминологией.</p>
<p>ОПК-4. Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики.</p>	<p>1.1_М.ОПК-4. Демонстрирует фундаментальные знания современных информационных технологий, основных положений и концепций в области программирования, архитектуры языков программирования.</p>	<p>Знать: основные информационные технологии. Уметь: применять информационные технологии к решению задач наномеханики. Владеть: навыками аналитического и численного решения таких задач и представления полученных результатов в виде научной статьи, доклада или лекции.</p>
<p>ПК-1. Способен разрабатывать новые</p>	<p>5.1_М.ПК-1. Обладает навыками тестирования</p>	<p>Знать: закономерности строения и</p>

математические модели и методы расчета поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях.	разработанных моделей и методов, верификации результатов расчета	функционирования основных биосистем на атомарном уровне. Уметь: использовать знания строения и функционирования основных биосистем на атомарном уровне. Владеть: навыками определения общих форм и закономерностей строения и функционирования биологических объектов.
ПК-2. Способен к проведению теоретических и экспериментальных научных исследований в области механики деформируемого твердого тела.	1.1_М.ПК-2. Демонстрирует знание современных научных достижений в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.	Знать: современные научные достижения в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний. Уметь: публично представлять, объяснять, защищать построенную математическую модель и выбранный алгоритм. Владеть: навыками предоставления своих результатов.
ПК-4. Способен к проведению расчетов деталей, узлов и отсеков конструкции на прочность и анализу их результатов.	3.1_М.ПК-4. Способен провести анализ результатов расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции.	Знать: рекомендованные преподавателем труды по изучаемым вопросам. Уметь: анализировать результаты расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции. Владеть: навыками аналитического и численного решений различных классов задач, описывающих биомеханические процессы.

4. Структура и содержание дисциплины «Основы наномеханики»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям)
-------	-------------------	---------	--------	--	---

				Лекции	Лабораторных	Практические занятия	КСР	СРС	<i>семестра)</i> Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение	3	1	2	-	-	-	-	
2	Основные понятия и определения	3	2	2	-	-		4	Устный опрос, доклад
3	Современные теоретические методы исследования механических свойств наноструктур	3	3-6	4	-	4		8	Устный опрос, доклад
3.1	Компьютерные методы моделирования наноструктур (Квантово-химические методы. Молекулярно-механические методы. Гибридные методы. Крупнозернистые методы. Метод молекулярной динамики.)	3	3-5	2	-	4		4	
3.2	Существующие методики исследования упругих свойств наноструктур конечных размеров и с учетом периодических условий. Наноиндентирование. Кривая нагрузки-разгрузки.	3	6	2	-	-		4	Устный опрос, доклад
4	Современные экспериментальные методы исследования свойств наноструктур	3	7-10	4	-	4	1	8	Консультации, дискуссии, устный опрос, доклад
4.1	Экспериментальные свойства наноструктур	3	7-8	2	-	2		4	

	исследуются с помощью электронного микроскопа, атомно-силового микроскопа, туннельного микроскопа. Применение атомно-силовой микроскопии для исследования деформаций.								
4.2	Устройство атомно-силового микроскопа. Основные характеристики кантиллеров. Принцип работы. Схема обратной связи атомно-силового микроскопа. Параметры обратной связи.	3	9-10	2	-	2		4	Устный опрос, доклад
5	Механические свойства наноструктур	3	11 - 18	6	-	8	1	14	Консультации, дискуссии, устный опрос, доклад
5.1	Способ определения устойчивости наноструктур. Дефекты и напряжения в наноструктурах. Фазовые переходы в наноструктурах.	3	11 - 12	2	-	2		4	
	Тепловые свойства нанокластеров. Кристалл графена при моментном взаимодействии. Рассмотрение соседей второго порядка.	3	13 - 14	2		2		5	Устный опрос, доклад
5.2	Кристаллы со структурой алмаза при моментном взаимодействии. Нахождение связи микро- и макропараметров. Особенность расчета изгибной жесткости нанокристаллов. Учет моментного	3	15 - 18	2	-	6		5	Контрольная работа

взаимодействия при расчете изгибной жесткости наноструктур. Описание кристаллической упаковки частиц с учетом моментных взаимодействий.									
Всего	3	18	18	-	18	2	34	Экзамен (36)	

1. Введение

Понятие нанотехнологий. Наноразмерность. Области применения наноструктур. Перспектива развития наноструктур. Нанотехнологии в наномеханике. Наномеханические системы.

2. Основные понятия и определения

Классификация наноструктур. Структурные особенности наноструктур. Основные свойства наноструктур.

3. Современные теоретические методы исследования механических свойств наноструктур

Компьютерные методы моделирования наноструктур (Квантово-химические методы. Молекулярно-механические методы. Гибридные методы. Крупнозернистые методы. Метод молекулярной динамики.). Существующие методики исследования упругих свойств наноструктур конечных размеров и с учетом периодических условий. Наноиндентирование. Кривая нагрузки-разгрузки.

4. Современные экспериментальные методы исследования свойств наноструктур

Микроскопы, позволяющие экспериментальным путем исследовать свойства наноструктур: электронного микроскопа, атомно-силового микроскопа, туннельного микроскопа. Применение атомно-силовой микроскопии для исследования деформаций. Устройство атомно-силового микроскопа. Основные характеристики кантилеверов. Принцип работы. Схема обратной связи атомно-силового микроскопа. Параметры обратной связи.

5. Механические свойства наноструктур

Способ определения устойчивости (стабильность) наноструктур. Дефекты и напряжения в наноструктурах. Фазовые переходы в наноструктурах. Тепловые свойства нанокластеров. Кристалл графена при моментном взаимодействии. Рассмотрение соседей второго порядка. Кристаллы со структурой алмаза при моментном взаимодействии. Нахождение связи микро- и макропараметров. Особенность расчета изгибной жесткости нанокристаллов. Учет моментного взаимодействия при расчете изгибной жесткости наноструктур. Описание кристаллической упаковки частиц с учетом моментных взаимодействий.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- лекционно-семинарско-зачетная система обучения;
- информационно-коммуникационные технологии;
- проектные методы обучения;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу студентов и руководство этой работой со стороны преподавателей. Формы контроля: проверка решения практических задач, устный опрос по темам курса. В учебном процессе при реализации компетентностного подхода используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод проектов, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм, учебные групповые дискуссии.

При реализации учебной работы в форме лекций и практических занятий используются различные формы визуализации наглядного материала (мультимедийные презентации MS Power Point). На практических занятиях применяются активные формы учебного процесса по моделированию наноструктур различных конфигураций, освоению теоретических методов исследования механических свойств наноструктур и расчету механических параметров при заданных условиях, геометрических размерах и структурных особенностях наноструктур.

При обучении лиц с ограниченными возможностями и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды:

- технологии дифференциации и индивидуального обучения;
- применение соответствующих методик по работе с инвалидами;
- использование средств дистанционного общения;
- проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим дисциплинам и практическим занятиям;
- оказание помощи при подготовке к промежуточной и итоговой аттестации, а также разработка отдельного аудио курса данной дисциплины; с упором на тщательное проговаривание необходимых формул.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Основы наномеханики»

Важную роль при освоении данной дисциплины играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа призвана способствовать:

- углублению и расширению знаний в области современные теоретические методы исследования наноструктур;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки магистров «Механика и математическое моделирование».

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- работа с лекциями;
- изучение обязательной и дополнительной литературы;
- подготовка к экзамену.

Самостоятельная аудиторная работа студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; подготовке к устному опросу; поиска решений проблемных ситуаций, предложенных на лекциях и практических занятиях; поиска и устранения ошибок, заложенных в представлении материала преподавателем и допущенных другими студентами.

Самостоятельная работа студентов проводится в форме самостоятельного изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе с подготовкой реферата с дальнейшим его разбором или обсуждением на аудиторных занятиях.

Текущий контроль усвоения дисциплины «Основы наномеханики» проводится в виде устных опросов по мере завершения разделов программы.

Примерные варианты вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Основы наномеханики» содержатся в фонде оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

3 семестр

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
10	0	18	22	0	10	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции

Посещаемость, активность; количество баллов за семестр – от 0 до 10.

Критерии оценки:

- не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 70 % – 5 баллов;
- от 71% до 90% – 7 баллов;
- от 91 до 100% занятий – 10 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

Посещаемость, активность; количество баллов (за один семестр) – от 0 до 18 баллов.

Критерий оценки:

- при полностью правильном и своевременном выполнении студентом каждого практического задания в рамках изучения определенного раздела дисциплины – 2 балла;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 1.5 балла;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 50%) – 1 балл;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Самостоятельная работа

Выполнение домашних заданий, подготовка рефератов; количество баллов (за один семестр) – от 0 до 22 баллов.

За подготовку реферативных работ количество баллов (за один семестр) – от 0 до 13 баллов

Критерий оценки:

- реферат соответствует требованиям, предъявляемым к структуре и оформлению; содержание реферата соответствует заявленной теме, демонстрирует способность магистра к самостоятельной работе – 9 баллов;

- структура и оформление реферата не соответствуют предъявляемым требованиям; отсутствуют четкие выводы по теме реферата – 0 баллов.

За выполнение домашних заданий количество баллов (за один семестр) – от 0 до 9 баллов

Критерий оценки:

- при полностью правильном и своевременном выполнении студентом домашних заданий по каждому разделу дисциплины – 1 балла;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 0.5 балла;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 50%) – 0.25 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрены.

Другие виды учебной деятельности

Выполнение устного опроса по темам «Основные понятия и определения», «Современные теоретические методы исследования механических свойств наноструктур», «Современные экспериментальные методы исследования свойств наноструктур» и «Механические свойства наноструктур». Максимально возможная сумма баллов, которые может получить студент за выполнение контрольной работы составляет 10 баллов.

Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации – экзамен; количество баллов – от 0 до 40.

Экзамен проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билета и два дополнительных вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации. Билет содержит два вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации.

Критерий оценки ответа на каждый вопрос при проведении промежуточной аттестации:

- на вопрос дан правильный, полный, развернутый ответ (допускаются незначительные погрешности) – 9-10 баллов;
- на вопрос дан правильный, но неполный ответ (например, при доказательстве теоремы, изложении метода отсутствуют отдельные логические шаги; допущена ошибка при вычислении; имеются другие неточности) – 6-8 баллов;
- на вопрос дан краткий ответ, содержащий только верно сформулированные факты (допускаются незначительные погрешности) – 5 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Основы наномеханики» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Пересчет полученной студентом итоговой суммы баллов за семестр по дисциплине «Основы наномеханики» в оценку:

Итоговая сумма баллов	Оценка по дисциплине
0 – 50	неудовлетворительно
51 – 70	удовлетворительно
71 – 90	хорошо
91 – 100	отлично

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Основы наномеханики»

а) литература:

1. Пул, Чарльз П. (мл.). Нанотехнологии [Текст]: учеб. пособие / Ч. П. Пул, Ф. Дж. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 5-е изд., испр. и доп. - Москва: Техносфера, 2010. - 330, [6] с. : рис.. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-239-7 (в пер.). - ISBN 0-471-07935-9 (англ.).

2. Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям [Текст] / под ред. А. С. Сигова. - . - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 146, [6] с. : рис.. - (Нанотехнологии). - Библиогр.: с. 143-146. - ISBN 978-5-9963-0028-4 (в пер.).

3. Гусев, Александр Иванович. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст] / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 414, [2] с.: рис. - Библиогр. в конце глав. - Имен. указ.: с. 406-407. - Предм. указ.: с. 408-414. - ISBN 978-5-9221-0582-8 (в пер.).

4. Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров [Текст] / отв. ред.: В. А. Иванов, А. Л. Рабинович, А. Р. Хохлов. - . - Москва: Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2009. - 662, XX, [6] с.: фот., рис., цв. ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-397-01119-8 (в пер.).

5. Старостин, Виктор Васильевич. Материалы и методы нанотехнологии [Текст]: учеб. пособие / В. В. Старостин; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - . - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 431, [1] с.. - (Нанотехнология). - Библиогр.: с. 424-426 (41 назв.). - ISBN 978-5-94774-727-0 (в пер.).

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Unix/Linux (свободное ПО)

2. Microsoft Office (лицензионное ПО) или Open Office/Libre Office (свободное ПО)

3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др. (свободное ПО).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Основы наномеханики»

а) литература:

1. Пул, Чарльз П. (мл.). Нанотехнологии [Текст]: учеб. пособие / Ч. П. Пул, Ф. Дж. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 5-е изд., испр. и доп. - Москва: Техносфера, 2010. - 330, [6] с. : рис.. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-239-7 (в пер.). - ISBN 0-471-07935-9 (англ.). ✓5

2. Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям [Текст] / под ред. А. С. Сигова. - . - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 146, [6] с. : рис.. - (Нанотехнологии). - Библиогр.: с. 143-146. - ISBN 978-5-9963-0028-4 (в пер.). ✓20

3. Гусев, Александр Иванович. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст] / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 414, [2] с.: рис. - Библиогр. в конце глав. - Имен. указ.: с. 406-407. - Предм. указ.: с. 408-414. - ISBN 978-5-9221-0582-8 (в пер.). ✓45

4. Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров [Текст] / отв. ред.: В. А. Иванов, А. Л. Рабинович, А. Р. Хохлов. - . - Москва: Кн. дом "ЛИБРОКОМ", 2009. - 662, XX, [6] с.: фот., рис., цв. ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-397-01119-8 (в пер.). ✓3

5. Старостин, Виктор Васильевич. Материалы и методы нанотехнологии [Текст]: учеб. пособие / В. В. Старостин; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - . - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 431, [1] с.. - (Нанотехнология). - Библиогр.: с. 424-426 (41 назв.). - ISBN 978-5-94774-727-0 (в пер.). ✓3

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Unix/Linux (свободное ПО)
2. Microsoft Office (лицензионное ПО) или Open Office/Libre Office (свободное ПО)
3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др. (свободное ПО).