Приложение 4

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Механика твердого тела

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.ДВ.01.01 Механика твердого тела относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции**		**Наименование оценочного средства**	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	**Результаты обучения по дисциплине**	**Для текущего контроля успеваемости**	**Для промежуточной аттестации**
ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	*ИД ПК-1: Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин*	*ИД ПК-1:* *Знать:* *31: Знать теоретические основы механики твердого тела и методов моделирования в механике сплошных сред.* *32: Знать метод конечных элементов в части приложения для задач механики твердого тела.* *33: Знать методы физических исследований, необходимые для получения новых знаний и решения задач в области механики твердого тела.* *34: Знать теоретические основы аналитических и численных методов исследований в рамках механики твердого тела, необходимых для выполнения практических заданий и расчетно-графических работ по дисциплине «Основы механики твердого тела».* *35: Знать блок решения статических задач механики твердого тела в программном комплексе ANSYS WORKBENCH* *36: Знать блок решения температурных задач механики твердого тела в программном комплексе ANSYS WORKBENCH* *37: Знать требования к*	*Собеседование* *Тест* *Расчетно-графическая работа* *Задачи*	*Зачёт:* *Контрольные вопросы*

		документам, предъявляемым в качестве отчетных за выполненные расчетно-графические работы (практические задания). *Уметь:* *У1: Уметь соотносить знания различных разделов механики твердого тела с профильными знаниями в области физического материаловедения, а также со знаниями в смежных областях.* *У2: Уметь использовать знания различных разделов механики твердого тела для решения типовых (стандартных) задач в области механики твердого тела.* *У3: Уметь использовать специализированные знания в области механики сплошных сред для обоснования выбора оптимального способа решения поставленных задач.* *У4: Уметь анализировать и обосновывать выбор оптимального решения исследовательских и практических задач, стоящих перед студентом в рамках курса «Основы механики твердого тела».* *У5: Уметь использовать возможности современных аналитических и численных методов механики сплошных сред для решения сложных экспериментальных и теоретических физических задач в области механики твердого тела.* *У6: Уметь решать статические задачи механики твердого тела в программном комплексе ANSYS WORKBENCH.* *У7: Уметь решать температурные задачи механики твердого тела в программном комплексе* *Владеть:*		

		В1: Владеть методами, теориями и инструментарием дисциплины «Механика твердого тела», базирующихся на различных разделах механики сплошных сред. *В2: Владеть опытом использования знаний и методов механики твердого тела для получения новых знаний и решения задач в области механики твердого тела.* *В3: Владеть опытом проведения сложных (комплексных) теоретических численно-аналитических исследований (выполнения расчетно-графических работ) в области механики твердого тела с использованием современных методов механики сплошных сред.* *В4: Владеть опытом анализа полученных теоретических численно-аналитических результатов и их интерпретации с учетом профессиональных знаний в области теории и методов в рамках механики твердого тела.* *В5: Владеть навыками проведения численных расчетов с использованием пакета ANSYS WORKBENCH.*		

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	**3**
Часов по учебному плану	**108**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	**24**
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	**24**
- КСР	**1**

самостоятельная работа	**59**
Промежуточная аттестация	**0** **Зачёт**

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Основные соотношения механики сплошных сред	21	6	4	10	11
Теория упругости изотропных и анизотропных тел	22	6	4	10	12
Методы численного моделирования задач механики сплошных сред	34	6	10	16	18
Теория пластичности	30	6	6	12	18
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	24	24	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Основные соотношения механики сплошных сред
Теория напряжений. Теория деформаций.
Тема 2. Теория упругости изотропных и анизотропных тел
Зависимости между напряжениями и деформациями для упругого изотропного тела; условия начала пластичности для изотропного тела; условия начала пластичности для анизотропного тела
Тема 3 Методы численного моделирования задач механики сплошных сред
Обобщенное понятие конечного элемента
Тема 4 Теория пластичности
Основные законы теории пластичности: теория течения;
Подходы к численному моделированию с использованием метода конечных элементов задач теории пластичности.
Подходы к численному моделированию с использованием метода конечных элементов задач теплопроводности.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

[1] Морозов О.А., Солдатов Е.А., Чупрунов Е.В. «О примени семибалльной системы оценки уровня знаний студентов на физическом факультете // Вестник ННГУ. Серия «Инновации в образовании». 2005, Выпуск 1(6), с. 105-111.
[2] Приказ ректора ННГУ №229-ОД от 10 октября 2002 г. о введении семибалльной системы оценивания в ННГУ.
[3]Нохрин А.В., Лопатин Ю.Г., Пискунов А.В., Чувильдеев В.Н., Смирнова Е.С. «Изучение процессов рекристаллизации при отжиге сильнодеформированных металлов. Практикум» - Н.Новгород: ННГУ, 2016, 31 с. (электронное издание, http://www.unn.ru/books/met_files/Recrystallization.pdf) и
[4] 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]

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Типовые вопросы для собеседования

1. Дайте определение напряженного состояния в точке тела
2. Дайте определение видов напряженного состояния
3. Разложение тензора напряжений. Девиатор напряжений
4. Дайте определение главных напряжений
5. Дайте определение интенсивности напряжений

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программе подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых

Оценка	Критерии оценивания
	ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

№	Вопрос	Вариант ответа 1	Вариант ответа 2	Вариант ответа 3	Вариант ответа 4
1.	$\sigma_0 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ - это...	Интенсивность напряжений	Среднее напряжение	Давление	Нет правильного ответа
2.	Нормальное напряжение – это...	Проекция полного напряжения по рассматриваемой площадке на направление нормали к площадке	Напряжение, действующее по нормали к площадке	Напряжение нормальное к главному напряжению	Нет правильного ответа
3.	Интенсивность напряжений – это...	Величина пропорциональная корню квадратному из второго инварианта девиатора напряжений	Это касательное напряжение, действующее по площадкам равнонаклоненным ко все осям главных напряжений	Это максимальное главное напряжение	Нет правильного ответа
4.	Условие $I_1(\mathbf{T}_\sigma), I_2(\mathbf{T}_\sigma), I_3(\mathbf{T}_\sigma) \neq 0$ определяет случай...	Одноосного напряженного состояния	Двухосного напряженного состояния	Трехосного напряженного состояния	Нет правильного ответа
5.	$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ – это...	Касательное напряжение на октаэдрической площадке	Максимальное касательное напряжение	Интенсивность касательных напряжений	Нет правильного ответа
6.	В подходе Лагранжа при описании смещений в сплошной среде фиксируется.....	Частица сплошной среды (материальная точка) и рассматривается ее движение	Точка в пространстве и рассматривается с какими параметрами различные частицы проходят через эту точку пространства	Частица сплошной среды (материальная точка) и точка в пространстве	Нет правильного ответа
7.	$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i} + u_{k,i}u_{k,j})$ – это ...	Тензор деформаций Коши	Тензор деформаций Грина	Тензор деформаций Альманси	Нет правильного ответа
8.	Условие малости деформаций осуществимо, когда ...	$\varepsilon_{ij} << 1$	$\omega_{ij} << 1$	$u_{i,j} << 1$	Нет правильного ответа
9.	$I_1(\mathbf{T}_\varepsilon)$ характеризует...	Изменение объема тела	Изменение формы тела	Искривление тела	Нет правильного ответа
10.	Геометрические (кинематические) граничные условия – это...	Условия на некоторой поверхности тела, задающие ускорение тела	Условия, задающие силовые факторы на некоторой поверхности тела	Условия, задающие смещения на некоторой поверхности тела	Нет правильного ответа
11.	Теорема Клайперона формулируется для случая	Нелинейных систем	Нелинейно упругих систем	Линейно упругих систем	Нет правильного ответа
12.	$q_i = \frac{\partial \Phi(Q_i)}{\partial Q_i}$ - это формульная запись теоремы...	Лагранжа	Клайперона	Бетти	Нет правильного ответа
13.	В случае одноосного растяжения изотропного упругого тела при величине нормального напряжения σ энергия изменения формы равно	0	$\frac{1+\nu}{E}\sigma^2$	$\frac{1+\nu}{3E}\sigma^2$	Нет правильного ответа
14.	В вариационном принципе Лагранжа вариация перемещений (допустимые перемещения) должны удовлетворять	Уравнениям равновесия и статическим граничным условиям	Уравнениям равновесия и соотношениям Коши	Уравнениям равновесия и геометрическим граничным условиям	Нет правильного ответа

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программе подготовки. (Процент правильных ответов от 99% до 100%)
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. (Процент правильных ответов от 91% до 98%)
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. (Процент правильных ответов от 86% до 90%)
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
	Допущено несколько негрубых ошибок. (Процент правильных ответов от 71% до 85%)
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. (Процент правильных ответов от 51% до 70%)
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. (Процент правильных ответов от 31% до 50%)
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. (Процент правильных ответов<30%)

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Расчетно-графическая работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Тематика расчетно-графических работ

1. Исследование напряженно-деформированного состояния балки из слоистого композита в условиях прямого поперечного изгиба при различной ориентации слоев по отношению к оси балки.
2. Моделирование растяжения цилиндрического образца до момента потери устойчивости процесса деформирования (образования шейки) включительно.
3. Моделирование сжатия цилиндрического образца из упругопластического материала между двумя жесткими плитами.

Критерии оценивания (оценочное средство - Расчетно-графическая работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Отчет о проделанной расчетно-графической работе содержит ряд некритических отклонений от формы, описанной в учебном (учебно-методическом) пособии к лабораторной работе. При ответах на дополнительные вопросы (при сдаче отчета по расчетно-графической работе) студент демонстрирует знание основного материала с рядом негрубых ошибок или погрешностей, наличие минимально необходимого множества навыков, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение обозначить проблемные ситуации, владение источниками, а также отвечает на большинство поставленных вопросов. В тексте отчета неправомерные заимствования отсутствуют.
не зачтено	Отчет о проделанной расчетно-графической работе не представлен или форма представленного отчета существенно отличается от формы, описанной в учебном (учебно-методическом) пособии к расчетно-графической работе. При ответах на дополнительные вопросы (при сдаче отчета по расчетно-графической работе) студент демонстрирует полное непонимание смысла проблем, присутствуют грубые ошибок в основном материале, студент не демонстрирует достаточно полное владение терминологией, а также отсутствую один или несколько навыков, предусмотренных данной компетенцией. В тексте отчета встречаются

Оценка	Критерии оценивания
	элементы неправомочного заимствования, в том числе – текста расчетно-графических работ других студентов

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. В случае плоского напряженного состояния найти напряжения, действующие по площадке нормаль, к которой составляет угол 30° с направлением первого главного напряжения, если главные напряжения равны соответственно 200 МПа и 10 МПа.
2. В случае плоского напряженного состояния найти напряжения, действующие по площадке нормаль, к которой составляет угол 45° с направлением первого главного напряжения, если главные напряжения равны соответственно 250 МПа и – 20 МПа.
3. В случае плоского напряженного состояния найти напряжения, действующие по площадке нормаль, к которой составляет угол 60° с направлением первого главного напряжения, если главные напряжения равны соответственно 150 МПа и 100 МПа.
4. В случае плоского напряженного состояния найти напряжения, действующие по площадке нормаль, к которой составляет угол 80° с направлением первого главного напряжения, если главные напряжения равны соответственно 150 МПа и 140 МПа.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	При оформлении задачи может быть сделан ряд некритических отклонений от формы. В процессе решения задачи может быть допущен ряд вычислительных ошибок. Все теоретические соотношения, используемые при решении задачи, должны быть выбраны правильно.
не зачтено	Задача не решена до конца. Неверно выбраны теоретические соотношения.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения	**плохо**	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	не зачтено		**зачтено**				

компет							
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	**превосходно**	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворитель	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

	но	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	**неудовлетворительно**	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Механические напряжения и механические деформации.

2. Обобщенное понятие конечного элемента.

3. Условия начала пластичности для анизотропного тела.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности
не зачтено	обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Работнов Юрий Николаевич. Механика деформируемого твердого тела : [учеб. пособие для мех.-мат. и физ. специальностей ун-тов]. - 2-е изд., испр. - М. : Наука, 1988. - 711, [1] с. : ил. - 1.80., 12 экз.
2. Работнов Юрий Николаевич. Механика деформируемого твердого тела : [учеб. пособие для ун-тов]. - М. : Наука, 1979. - 744 с. : ил. - 1.90., 3 экз.
3. Малинин Николай Николаевич. Прикладная теория пластичности и ползучести : учеб. для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1975. - 399 с. - 1.20., 10 экз.
4. Малинин Николай Николаевич. Сборник задач по прикладной теории пластичности и ползучести : [учеб. пособие для машиностроит. специальностей вузов] / под ред. Н. Н. Малинина. - М. : Высшая школа, 1984. - 231 с. : ил. - 0.35., 1 экз.

5. Беляев Николай Михайлович. Сборник задач по сопротивлению материалов : [для втузов] / при участии Л. А. Белявского [и др.] ; под общ. ред. В. К. Качурина. - 11-е изд., стер. - М. : Наука, 1968. - 351 с. : с черт. - 0.74., 16 экз.
6. Александров Анатолий Васильевич. Основы теории упругости и пластичности : [учебник для строит. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1990. - 398, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-000053-2 (в пер.) : 1.10., 3 экз.
7. Соколовский Вадим Васильевич. Теория пластичности. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1969. - 608 с. : ил. - 1.50., 12 экз.
8. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике : пер. с англ. / под ред. Б. Е. Победри. - М. : Мир, 1975. - 541 с. : ил. - 2.70., 2 экз.
9. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды : практ. рук. / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегор. гос. ун-та, 2006. - 227 с. - В надзаг.: Нац. проект "Образование". Инновац. образоват. программа Нижегор. ун-та : Образоват.-науч. центр "Информац.-телекоммуникац. системы: физ. основы и мат. обеспечение". - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 5-85746-928-7 : 47-00., 52 экз.

Дополнительная литература:

1. Ишлинский Александр Юльевич. Математическая теория пластичности. - М. : Физматлит, 2001. - 704 с. - ISBN 5-9221-0141-2 : 70.00., 1 экз.
2. Надаи Арпад. Пластичность и разрушение твердых тел : пер. с англ. [Т. 1] / под ред. Г. С. Шапиро. - М. : Изд-во иностр. лит., 1954. - 648 с. : ил. - 30.55., 1 экз.
3. Надаи Арпад. Пластичность и разрушение твердых тел. Т. 2 / под ред. Г. С. Шапиро ; пер. В. И. Розенблюма [и др.]. - М. : Мир, 1969. - 863 с. : ил., карт. - 4.02., 11 экз.
4. Качанов Лазарь Меерович. Основы теории пластичности : [учеб. пособие для ун-тов]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1969. - 420 с. : ил. - 0.52., 10 экз.
5. Новацкий Витольд. Теория упругости / пер. с пол. Б. Е. Победри. - М. : Мир, 1975. - 872 с. : с черт. - 3435.00., 4 экз.
6. Писаренко Георгий Степанович. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести : справ. пособие / [отв. ред. А. А. Лебедев]. - Киев : Наукова думка, 1981. - 496 с. - 3400.00., 1 экз.
7. Безухов Николай Иванович. Сборник задач по теории упругости и пластичности : [для втузов]. - М. : Гостехиздат, 1957. - 286 с. : с черт. - 5.05., 1 экз.
8. Галлагер Ричард. Метод конечных элементов : основы / пер. с англ. В. М. Картвелишвили ; под ред. Н. В. Баничука. - М. : Мир, 1984. - 428 с. : ил. - 2.40., 3 экз.
9. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред / пер. с англ. А. М. Васильева ; под ред. Э. И. Григолюка. - М. : Мир, 1976. - 464 с. - 2.14., 2 экз.
10. Берендеев Николай Николаевич. Исследование влияния внутреннего трения и способа возбуждения на вынужденные колебания системы : учебно-методическое пособие / Н. Н. Берендеев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 50 с. - Текст : электронный., https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851269&idb=0.
11. Берендеев Н. Н. Методы решения задач усталости в пакете ansys workbench : учебно-методическое пособие / Берендеев Н. Н. - 2-е изд., испр. и доп. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. - 73 с. - Рекомендовано методической комиссией физического факультета для студентов ИНГУ, обучающихся по направлениям подготовки: 03.03.02 «Физика» и 03.04.02 «Физика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки.,

https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783339&idb=0.
12. Берендеев Николай Николаевич. Проведение виртуального эксперимента по растяжению образцов металлов : практикум / Н. Н. Берендеев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2020. - 37 с. - Текст : электронный., https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=794541&idb=0.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. http://www.lib.unn.ru/ - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.
2. http://www.unn.ru/books/ - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.
3. https://biblio-online.ru/ - сайт электронной библиотеки «Юрайт», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
4. https://e.lanbook.com – сайт электронно-библиотечной системы «ЛАНЬ», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
5. http://www.sciencedirect.com – сайт международного издательства «Elsiveir», публикующего статьи и монографии по актуальным направлениям физики конденсированного состояния и физического материаловедения, совпадающим с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
6. http://elibrary.ru/defaultx.asp - российская научная электронная библиотека «Elibrary», публикующая статьи, тематика которых совпадает с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
7. http://znanium.com – сайт электронно-библиотечной системы «Znanium.com», содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.
8. http://eqworld.ipmnet.ru/ - сайт электронной библиотеки EqWord, содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Берендеев Николай Николаевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Нохрин Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.11.2024, протокол № б/н.