

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Функциональные и смарт- материалы

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): заведующий кафедрой, д.н. Воронина Е.В. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Elena.Voronina@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях, планировать и организовывать физические исследования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные тенденции изменения физических и химических свойств материалов в зависимости от внешних факторов и технологических условий;
- основные свойства и перспективы применения различных групп материалов;
- методы испытаний материалов;
- методы и схемы расчета основных параметров материалов различного функционального назначения;

Должен уметь:

- анализировать возможность применения физических свойств материалов в создании новых приборов;
- оценивать физические величины - характеристики материалов;
- анализировать возможность применения физических свойств материалов в создании новых приборов;
- выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

Должен владеть:

- методикой работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- элементарными навыками выполнения и оформления результатов измерений для аттестации процессов и материалов;
- способностью к самостоятельному образованию и пополнению знаний;
- основными принципами оценки результативности проектов по улучшению свойств материалов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- использовать профессиональные знания в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности;
- к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;
- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.06 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 48 часа(ов), в том числе лекции - 24 часа(ов), практические занятия - 24 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 96 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- сто- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Материалы с заданными свойствами Смарт-материалы	3	4	0	4	0	0	0	14
2.	Тема 2. Термоэлектрические материалы	3	4	0	4	0	0	0	14
3.	Тема 3. Материалы с эффектом памяти формы	3	4	0	4	0	0	0	12
4.	Тема 4. Инварный эффект, промышленные инвары	3	4	0	2	0	0	0	14
5.	Тема 5. Материалы с гигантской магнитострикцией	3	2	0	4	0	0	0	14
6.	Тема 6. Магнитокалорический эффект, материалы	3	2	0	4	0	0	0	14
7.	Тема 7. Прецизионные сплавы	3	4	0	2	0	0	0	14
	Итого		24	0	24	0	0	0	96

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Материалы с заданными свойствами Смарт-материалы

Функциональные материалы. Материалы с особыми физическими свойствами. Материалы с повышенными технологическими свойствами : чугуны, бронзы, латуни, износостойкие сплавы, мягкие сплавы. Материалы триботехнического назначения. Материалы с высокими упругими свойствами. Оловянные бронзы, безоловянные бронзы, высокооловянные бронзы. Литейные латуни. Силумины, сплавы алюминия с медью и кремнием, сплавы алюминия с магнием, сложнолегированные сплавы алюминия.ими свойствами.

"Умные" материалы и их применение. Самовосстанавливающиеся материалы. Термопластичные полимеры, керамические самовосстанавливающиеся материалы. Самовосстановление бетона. Самовосстанавливающиеся металлические системы. Самосмазывающиеся материалы. Самоочищающиеся материалы. Проводящие полимеры (полимеры с собственной проводимостью). Магнитореологические и электрореологические жидкости.

Магнитореологические пены. Магнитореологические эластомеры. Механические, магнитодеформационные свойства, магнитодвижительные свойства, магнитотемпературные свойства эластомеров. Электрохромные материалы. Основные технологии смарт-стекла. "Умные" гидрогели.

Методы исследования структурно-фазового состояния вещества. Элементный анализ.

Тема 2. Термоэлектрические материалы

Эффекты Зеебека и Пельтье. Применение термоэлектрических материалов. Термодинамический подход к описанию эффекта Зеебека. Термомагнетизм: эффект Нернста - Эттингсгаузена. Новые материалы для термоэлектричества. Пространственно-неоднородные термоэлектрики. Пути улучшения термоэлектрической добротности однородных материалов. Выбор оптимальной концентрации носителей. Выбор оптимальной ширины запрещённой зоны.

Модификация химического состава. Сверхрешетки. Квантовые проволоки. Материалы с низкой теплопроводностью. Скучтерудиты. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КЛАТРАТЫ. Фононное стекло - электронный кристалл. Перспективы поиска.

Тема 3. Материалы с эффектом памяти формы

Сплавы с "эффектом памяти". Мартенсит и мартенситное превращение. Возврат неупругих деформаций. Двойникование. Пластическая деформация. Сверхупругость. Кристаллогеометрические характеристики МЭПФ. МЕХАНИЗМЫ НАКОПЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ. МЕХАНИЗМЫ ВОЗВРАТА ДЕФОРМАЦИИ. ЭПФ в полимерах. Стеклообразные полимеры. Сополимеры. Полимерные смеси и наполненные композиты.

Тема 4. Инварный эффект, промышленные инвары

Проблема гамма-железа. Волна спиновой плотности в кубическом гамма-Fe. Магнитная фазовая диаграмма. Состояния спиральной волны спиновой плотности в ГЦК железе : подход линеаризованных мафин-тн орбиталей зонной структуры. Инварные сплавы. . Физические свойства инварных систем: атомный объем, модуль упругости, теплоемкость, намагниченность и температура Кюри.

Тема 5. Материалы с гигантской магнитострикцией

Магнитострикционные материалы .Обменная магнитострикция.

Спонтанная магнитострикция и инвар-эффект. Анизотропная магнитострикция - магнитодипольная и одноионная. Гигантская анизотропная магнитострикция в тербии, диспрозии, их сплавах и соединениях. Проблема в использовании гигантской магнитострикции в прикладных целях.

Тема 6. Магнитокалорический эффект, материалы

Материалы с гигантской магнитострикцией. Термодинамическое описание МКЭ в магнитных материалах. Материалы, проявляющие МКЭ. Методика измерения магнитокалорического эффекта в средних магнитных полях. Методика измерения магнитокалорического эффекта в средних магнитных полях. Методика измерения магнитокалорического эффекта в средних магнитных полях.

Тема 7. Прецизионные сплавы

Сплавы с заданными магнитными свойствами: магнитно-мягкие (легко намагничиваются и размагничиваются) и магнитно-твёрдые (сохраняют намагниченность после снятия внешнего поля).

Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) - геометрические размеры изделий из них остаются стабильными при изменении температуры.

Сплавы с заданными упругими свойствами - используются в производстве пружин, мембран, деталей с высокой степенью упругости.

Сплавы с определёнными электрическими свойствами - с заданным электрическим сопротивлением, проводимостью и другими характеристиками, необходимыми для создания резисторов, нагревательных элементов и других электронных компонентов.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Парфенов В.В., Болтакова Н.В. Электрические свойства ферритов. Методическое пособие к лабораторным работам. - Казань. 2018. - 18 с. - <https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/metodicheskie-posobiya>

Парфенов В.В., Болтакова Н.В., Тагиров Л.Р., Степанов А.Л., Хайбуллин Р.И. Определение размеров металлических наночастиц из спектров плазмонного резонанса. Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. Казань, 2012.- 21 с. - <https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/metodicheskie-posobiya>

Парфенов В.В., Закиров Р.Х., Хасанов А.Т. Исследование спектров электролюминисценции светоизлучающих диодов. Учебно-методическое пособие для студентов Института физики. - Казань. 2013. - 14 с. - <https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/metodicheskie-posobiya>

Салахов А.М. Введение в технологию конструкционных материалов. Учебное пособие для студентов Института физики. - Казань, 2014. - 149 с. - <https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/metodicheskie-posobiya>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Информационный бюллетень "Перспективные Технологии" - - http://perst.issph.kiae.ru/Inform/index_tem.htm

Наука и жизнь - <https://www.nkj.ru>

Образовательный проект - <https://www.coursera.org/learn/fundamentals-of-materials-science>

Химия -жизнь - <https://www.hij.ru/read/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах допускается делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	На практических занятиях необходимо внимательно относится к докладам одногруппников и комментариям преподавателя, поскольку материал, выносимый на обсуждение на практических занятиях может не рассматриваться на лекционных занятиях. Замечания преподавателя, обращенные к другим докладчикам следует учитывать при подготовке своего доклада.
самостоятельная работа	В ходе подготовки к выполнению заданий промежуточного контроля изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Студентам рекомендуется получить в библиотеке КФУ доступ к ресурсам электронно-библиотечных систем, а также учебную литературу из фонда библиотеки, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.
экзамен	Экзамен - один из самых ответственных видов самостоятельной работы, и в то же время возможность сэкономить большое количество времени в период сессии, если эту подготовку начинать заблаговременно. Одно из главных правил - представлять себе общую логику предмета, что достигается проработкой планов лекций, составлением опорных конспектов, схем, таблиц. Фактически основной вид подготовки к экзамену - свертывание большого объема информации в компактный вид, а также тренировка в ее "развертывании" (примеры к теории, выведение одних закономерностей из других и т.д.). Владение этими технологиями обеспечивает, пожалуй, более половины успеха. Тем более что преподаватель обычно замечает в течение семестра целенаправленную подготовку такого студента и может поощрить его тем или иным способом. Необходимо выяснить условия проведения, самого экзаменационного испытания, использовав для этой цели прежде всего консультацию (хотя преподаватель обычно касается этой темы заранее): количество и характер вопросов, форма проведения (устно или письменно), возможность использовать при подготовке различные материалы и пособия (таблицы, схемы, тетради для практических занятий и т.д.). При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на зачете содержится два вопроса. По каждому вопросу должен быть подготовлен развернутый, исчерпывающий ответ. При неполном ответе могут быть заданы дополнительные наводящие вопросы.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
 - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
 - продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.06 Функциональные и смарт- материалы

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Сапунов, С. В. Материаловедение: учебное пособие / С. В. Сапунов. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 208 с. - ISBN 978-5-8114-1793-3. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211805> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Алексеев, Г. В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу 'Материаловедение': учебное пособие / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, С. А. Вологжанина. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 208 с. - ISBN 978-5-8114-1516-8. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211577> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Малютина, Е. С. Фазовые равновесия и структурообразование. Диаграмма фазового равновесия. Fe-C. Сборник задач: учебное пособие / Е. С. Малютина. - Москва: МИСИС, 2022. - 77 с. - ISBN 78-5-907560-08-6. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/263507> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей..
4. Функциональные материалы с эффектом памяти формы : учебное пособие / М.Ю. Коллеров, Д.Е. Гусев, Г.В. Гуртова [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2024. - 140 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. - (Высшее образование: Магистратура). - DOI 10.12737/18648. - ISBN 978-5-16-011769-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2029907> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Саттон, Э. Материаловедение 10 главных идей / Э. Саттон; перевод с английского П. В. Михеева. - Москва: ДМК Пресс, 2022. - 196 с. - ISBN 978-5-93700-138-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/314849> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Шишкин, Г. Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев; художник Н. А. Новак. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 411 с. - ISBN 978-5-00101-731-8. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/152031> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Лилеев, А. С. Фазовые равновесия и структурообразование : Превращения в твердом состоянии в металлах и сплавах : учебное пособие / А. С. Лилеев, Е. С. Малютина, А. С. Старикова. - Москва : МИСИС, 2010. - 88 с. - ISBN 978-5-87623-385-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/117154> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Новиков, И. И. Металловедение : учебник / И. И. Новиков, В. С. Золоторевский, В. К. Портной ; под редакцией В. С. Золоторевского. - 2-е изд., испр. - Москва : МИСИС, [б. г.]. - Том 1 : Основы металловедения. - 2014. - 496 с. - ISBN 978-5-87623-191-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/117185> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Новиков, И. И. Металловедение : учебник / И. И. Новиков, В. С. Золоторевский, В. К. Портной ; под редакцией В. С. Золоторевского. - 2-е изд., испр. - Москва : МИСИС, [б. г.]. - Том 2 : Термическая обработка. Сплавы - 2014. - 528 с. - ISBN 978-5-87623-217-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/117186> (дата обращения: 18.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.06 Функциональные и смарт- материалы

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая
перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.