

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ВВЕДЕНИЕ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.  
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

Направление подготовки 03.03.02–Физика

Направленность: Физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

**Кострома**

Рабочая программа дисциплины «Введение в материаловедение. Механические свойства твердых тел» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.03.02–Физика, утвержден 07.08.2014 г.

Разработал:   
подпись Белкин Павел Николаевич, профессор кафедры общей и теоретической физики, д.т.н., профессор

Рецензент:   
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 15 от 29 июня 2017 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 12 от 28 июня 2018 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 10 от 20 мая 2019 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 10 от 7 мая 2020 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики

Протокол заседания кафедры № 5 от 14 января 2021 г.

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики



подпись

Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и

теоретической физики, к.т.н., доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью данного курса является подготовка бакалавров физики к научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой деятельности в научно-исследовательских институтах, лабораториях, конструкторских или проектных бюро, на предприятиях путем формирования соответствующих компетенций.

В результате изучения учебной дисциплины «Введение в материаловедение. Механические свойства твердых тел» у обучаемых должны сформироваться профессиональные компетенции:

– способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

– способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4).

Задачи дисциплины:

– освоить базовые понятия физики металлов и их строения, виды напряженного и деформированного состояния, основы теории прочности и разрушения, виды испытаний, характеристики прочности и методы их измерения.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать**

– специализированные разделы физики для освоения профильных дисциплин, в частности, основные типы кристаллических решеток и дефекты их строения; взаимосвязь условий нагружения и напряженного состояния; законы диффузии;

– необходимые на практике профессиональные сведения, полученные при освоении профильных физических дисциплин, в частности, виды испытаний материалов для определения их механических свойств; методы проведения испытаний, получаемые характеристики и единицы их измерения;

**уметь**

– использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин, в частности, виды деформации и понятия напряженного состояния, кристаллизацию сплавов, оценивать характеристики диффузии атомов в твердых телах;

– применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин, в частности проводить численные оценки напряженного и деформированного состояния тел; проводить выбор методов и средств измерения механических свойств применительно к конкретным деталям механизмов;

**владеть**

– специализированными знаниями в области физики, в частности, навыками измерения физических величин и построения графических зависимостей;– методами статистической обработки результатов измерений;

– навыками применения на практике профессиональных знаний и умений, полученных при освоении профильных физических дисциплин, в частности, методами измерений механических свойств и навыками использования необходимого оборудования.

освоить компетенции:

– способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

– способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4).

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Введение в материаловедение. Механические свойства твердых тел» изучается в пятом семестре и является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 образовательной программы подготовки бакалавров физики. Содержание курса охватывает основные понятия механики, процессы, происходящие в деформируемых телах, условия их нагружения, методы испытаний. Связь изучаемых механических свойств со структурой и составом материалов будет изучаться в других дисциплинах данного модуля. К ним относятся «Физика

твердого тела», «Физика поверхности», «Основы трибологии», «Металловедение и термическая обработка металлов».

Перед изучением дисциплины «Введение в материаловедение» обучающийся должен иметь представления об основных понятиях и законах механики, начальные сведения о молекулярном строении твердых тел, явлениях переноса, изучаемых в рамках курса общей физики, уметь использовать соответствующие уравнения математической физики в различных физических моделях. Студенты должны иметь начальное химическое образование, прежде всего, знакомство со свойствами металлов. Требуемые знания и умения формируются в рамках базовой части профессионального цикла основной образовательной программы бакалавриата.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для изучения цикла дисциплин по материаловедению.

#### 4. Объем дисциплины (модуля)

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	2
Общая трудоемкость в часах	72
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	32
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные занятия	–
Самостоятельная работа в часах	40
Форма промежуточной аттестации	Зачет 3 семестр

##### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные занятия	
Консультации	–
Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	–
Курсовые работы	–
Курсовые проекты	–
Всего	32,25

#### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

##### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.ед/час	Аудиторные			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические	Лабораторные	
1	Строение металлов	8	2	2		4
2	Напряженное состояние	8	2	2		4
3	Упругие свойства	4	1	1		2
4	Пластические свойства	8	2	2		4

5	Разрушение	8	2	2		4
6	Статические испытания	8	2	2		4
7	Динамические испытания	6	1	1		4
8	Твердость	6	2	2		2
9	Жаропрочность. Явление ползучести	4	1	1		2
10	Усталость	6	1	1		4
	Зачет	6				6
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>40</b>

## 5.2. Содержание дисциплины

**ТЕМА 1. Строение металлов.** Кристаллические и аморфные тела, поликристаллы и монокристаллы. Понятия компонента, фазы и структуры. Межатомные связи в кристаллах. Типы кристаллических решеток. Кристаллографические индексы плоскостей и направлений. Явление полиморфизма. Твердые растворы внедрения, замещения, вычитания. Химические соединения. Механические смеси. Промежуточные фазы. Точечные дефекты. Дислокации в кристаллах. Поверхностные дефекты. Жидкие кристаллы. Неметаллические материалы (полимеры, стекло, керамика). Основы патентного права, методика оформления заявок на изобретения и патенты.

**ТЕМА 2. Напряженное состояние.** Механическое напряжение и деформации. Нормальные и касательные напряжения. Тензор напряжений. Концентрация напряжений. Напряженное и деформированное состояния при различных испытаниях. Коэффициенты мягкости и трехосности. Классификация механических испытаний и условия подобия.

**ТЕМА 3. Упругие свойства.** Упругая деформация. Закон Гука, упругие постоянные. Неполная упругость. Эффект Баушингера. Внутреннее трение в металлах.

**ТЕМА 4. Пластические свойства.** Пластическая деформация. Скольжение и двойникование в монокристаллах. Критическое скалывающее напряжение. Деформационное упрочнение при скольжении. Пластическая деформация двойникованием. Влияние различных факторов, примесей и легирующих добавок на пластическую деформацию. Сверхпластичность.

**ТЕМА 5. Разрушение.** Виды разрушения металлов. Механизмы зарождения и развития трещин. Критерий Гриффитса. Особенности вязкого и хрупкого разрушения. Переход от хрупкого разрушения к вязкому. Способы борьбы с хладноломкостью.

**ТЕМА 6. Статические испытания.** Растяжение. Пределы пропорциональности, упругости, текучести и прочности. Характеристики пластичности. Определение характеристик прочности при сжатии, изгибе, кручении. Конструкционная прочность. Государственные стандарты выполнения измерений.

**ТЕМА 7. Динамические испытания.** Особенности деформации и разрушения при динамическом нагружении. Испытания на изгиб образцов с надрезом. Ударная вязкость и ее температурная зависимость. Государственные стандарты выполнения измерений.

**ТЕМА 8. Твердость.** Методы определения твердости по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу. Единицы измерения. Микротвердость. Методы царапанья и Шора.

**ТЕМА 9. Жаропрочность. Явление ползучести.** Понятие жаропрочности. Виды ползучести. Низкотемпературная, высокотемпературная и диффузионная ползучесть. Испытания на ползучесть и длительную прочность.

**ТЕМА 10. Усталость.** Усталостные испытания. Предел выносливости. Малоцикловая усталость. Роль концентраторов напряжений. Природа усталостного разрушения. Влияние различных факторов на характеристики выносливости (параметры цикла, состояние поверхности, температура испытаний, термическая усталость). Государственные стандарты выполнения измерений.

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

С курса «Введение в материаловедение. Механические свойства твердых тел» начинается цикл дисциплин специализации «Физическое материаловедение», поэтому первый раздел является ключевым в освоении базовых понятий. Поэтому в начале изучения курса необходимо усвоить

значения терминов «компонент», «фаза», «структура». Другие также важные вопросы уже изучались в курсе общей физики (виды молекулярных связей, типы кристаллических решеток, несовершенства кристаллического строения, напряжения и деформации, закон Гука), но здесь предстоит их углубленное изучение и применение.

Особенностью курса является большая доля самостоятельной работы с учебником и вспомогательной литературой. Многие вопросы не будут обсуждаться на лекциях, поэтому их освоение нельзя откладывать на время сессии. Желательно дополнять лекцию этими материалами в том же день, или, в крайнем случае, оставлять для них место в конспекте, что требует хотя бы поверхностного знакомства с объемом дополнительной информации.

Другой особенностью дисциплины является ее прикладная направленность. В курсе общей физики законы природы изучаются с научным акцентом, то есть ради получения нового знания про объективную реальность. Этой же цели подчинен господствующий в общей физике экспериментальный подход. Практическая значимость научной информации, в частности, применения законов природы в жизни общества имеет второстепенный характер. В дисциплине «Введение в материаловедение» также имеет место научный подход, но техническая направленность имеет гораздо более выраженный характер. В некоторых разделах студенты должны знакомиться с действующими государственными стандартами, которыми регламентируются методы испытаний, оборудование для их реализации, характеристики образцов и методов измерения физических величин.

Изучение механических свойств материалов и закономерностей их поведения в условиях силового нагружения связано с разнообразными методами исследования их структуры и фазового состава, но знакомство с ними носит лишь поверхностный, ознакомительный характер. Подробно эти методы будут изучаться в других дисциплинах специализации «Физическое материаловедение».

Некоторые вопросы курса связаны с материалом одной из базовых технических дисциплин – «Соппротивлением материалов», ряд формул дается студентам без вывода. При необходимости углубленного изучения этих вопросов студенты-физики должны обратиться к учебникам дисциплины «Соппротивление материалов», которые они к третьему курсу способны самостоятельно освоить без помощи преподавателя.

Существенная часть курса посвящена основным методам испытаний материалов для изучения их механических свойств. Здесь опять-таки делается акцент на изучении законов физики, объясняющих природу процессов в нагружаемых материалах. Но, кроме того, студенты должны приобрести знания, достаточные для самостоятельного применения этих методов на практике, чтобы использовать их в самостоятельной научной работе. Имеются в виду характеристики образцов для проведения стандартных испытаний на разрыв, ударную вязкость, усталостную прочность и другие.

Перед завершением лекционного курса студенты проходят тестирование по изученному материалу.

Лабораторные работы по курсу «Введение в материаловедение. Механические свойства твердых тел» предусматривают знакомство студентов с испытаниями образцов на оборудовании Костромского государственного технологического университета. Собственно измерения выполняет преподаватель, студенты должны записать в тетради результаты измерений и обработать их согласно принятым методикам. Испытания осуществляются на разрывной машине РМ-5, им подвергаются длинным стандартные образцы из хрупкого чугуна и пластичной малоуглеродистой стали. На той же машине испытываются на сжатие образцы из чугуна и древесины. Испытания на ударную вязкость проводятся на маятниковом копре с использованием образцов с концентратором напряжений. Испытания на изгиб студенты не изучают, поскольку аналогичную лабораторную работу они выполняли самостоятельно в курсе общей физики.

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Строение металлов	Изучение литературы	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1, 2, 5] из списка	Устный опрос

				основной литературы.	
2	Напряженное состояние	Изучение литературы	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [2] из списка основной литературы и [2] из списка дополнительной литературы.	Устный опрос
3	Упругие свойства	Изучение литературы, обработка результатов измерений	2	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [2] из списка основной литературы и [1–3] из списка дополнительной литературы.	Устный опрос
4	Пластические свойства	Изучение литературы	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [2] из списка основной литературы и [3] из списка дополнительной литературы.	Устный опрос
5	Разрушение	Изучение литературы	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [2] из списка основной литературы и [1] из списка дополнительной литературы.	Устный опрос
6	Статические испытания	Изучение литературы, обработка результатов измерений	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1, 2] из списка основной литературы.	Устный опрос, обсуждение лабораторной работы
7	Динамические испытания	Изучение литературы, обработка результатов измерений	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1, 2] из списка основной литературы.	Устный опрос, обсуждение лабораторной работы
8	Твердость	Изучение литературы, обработка результатов измерений	2	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [2] из списка основной литературы и [3] из списка дополнительной литературы.	Устный опрос, обсуждение лабораторной работы
9	Жаропрочность. Явление ползучести	Изучение литературы	2	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [2] из списка основной литературы и [3] из списка дополнительной литературы.	Устный опрос
10	Усталость	Изучение литературы	4	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать [1, 2] из списка основной литературы и [2, 3] из списка дополнительной литературы.	Устный опрос. Тестирование.

	Зачет	Ответы на вопросы к зачету	на к 6	литературы. Использовать материалы семинаров и источники из списка литературы	Вопросы к зачету
--	-------	----------------------------	--------	--	------------------

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

Ниже приведены примерные планы семинарских занятий с небольшими методическими рекомендациями при учебной нагрузке 2 часа в неделю.

### Семинар 1. Строение металлов

На этих занятиях разбираются базовые понятия физики твердого тела и материаловедения. Студенты должны знать, что такое поликристалл, монокристалл, кристаллиты или зёрна, фаза, структура. Из всех существующих межатомных связей в кристаллах предпочтение нужно отдать трём важнейшим в материаловедении: ионной связи, ковалентной и металлической. Здесь же кратко разбираются типы кристаллических решёток, подробное изучение которых будет в следующих дисциплинах, но с акцентом на явления полиморфизма. Основное внимание нужно уделить дефектам в кристаллах и показать, что именно они в значительной мере определяют свойства материала.

### Семинары 2. Напряженное состояние

Разбираются базовые понятия механического напряжения и деформации, их физический смысл и единицы измерения. Вводится классификация напряжений (нормальные и касательные, остаточные и действующие, растягивающие и сжимающие). Студенты должны освоить виды напряженных и деформированных состояний, понятия тензоров напряжения и деформации, а также коэффициенты мягкости и трехосности, описывающие жесткость схем нагружения.

### Семинар 3. Упругие свойства

Рассматриваются различные формы закона Гука для растяжения, сдвига и всестороннего сжатия и соответствующие им модули упругости. Студенты должны знать физическую суть упругих деформаций, в том числе, явления неполной упругости, внутреннего трения и эффект Баушингера.

### Семинары 3–4. Пластические свойства

Основной темой является диаграмма деформационного упрочнения материалов, для освоения которой необходимо знание движения дислокаций, а также скольжение и двойникование в монокристаллах. Студенты должны знать основные стадии деформационного упрочнения в различных кристаллах, включая характеристики этих стадий (коэффициент упрочнения, динамику плотности дислокаций и характер их движения).

В этой же теме изучаются влияния различных факторов на пластическую деформацию: температуры, скорости деформации, примесей, энергии дефектов упаковки, упорядочения, избыточных фаз и точечных дефектов. В разделе влияния температуры должны быть усвоены понятия и физическая сущность явлений возврата, полигонизации и динамической рекристаллизации.

### Семинары 4–5. Разрушение

Изучение темы начинается с видов и стадий разрушения, включая знакомство с понятиями среза и отрыва, зарождением и развитием трещин. Физическое описание разрушения рассматривается при теоретическом анализе энергетике роста трещины (критерий Гриффитса и параметр Ирвина). Основное внимание уделяется структурным и энергетическим характеристикам вязкого и хрупкого разрушения. Важным фрагментом темы является влияние температуры на характер разрушения, а также связанные с этим понятия хладноломкости и средств борьбы с ней.

### Семинары 5–6. Статические испытания

Раздел начинается с классификации испытаний по характеру приложения нагрузки (статические, динамические, циклические). Основной темой является диаграмма растяжения тел и критические напряжения. Студенты должны знать определения предела пропорциональности, предела упругости, пределов текучести и предела прочности, а также иметь понятия о

действующих стандартах измерения этих величин. На семинаре обязательно рассматриваются результаты измерений, полученные на соответствующих лабораторных работах.

Помимо характеристик прочности следует оценить пластичность испытанных материалов (малоуглеродистая сталь, чугун, древесина), применяя известные характеристики пластичности. Аналогично рассматриваются особенности испытаний на сжатие, кручение, изгиб, а также критерии прочности и изгибе и принятые на практике пробы.

В процессе изучения темы студенты знакомятся с явлениями резкой текучести, роли концентраторов напряжений, влиянием касательных или растягивающих напряжений, характером разрушений при различных испытаниях, типами стандартных образцов и машин для испытаний. Следует также уделить внимание ответственности исследователей, проектировщиков и исполнителей за соблюдение ГОСТов и ответственность за их нарушения.

#### **Семинары 6–7. Динамические испытания**

Прежде всего, рассматривается скорость приложения нагрузки, отличающая динамические испытания от статических. Наибольшее внимание уделяется испытания изгибом с измерением ударной вязкости. Студенты должны знать типы образцов, характеристики вязкости, в том числе температурную зависимость ударной вязкости и температуру хрупко-вязкого перехода.

#### **Семинары 7–8. Твердость**

В начале семинара нужно обсудить понятие твердости и его эволюцию, рассмотреть простейшие методы измерения твердости и геологическую шкалу твердости. Далее изучаются виды инденторов и методы измерения твердости (Бринелля, Виккерса, Роквелла, Шора, а также метод царапанья). Студенты должны знать единицы измерения твердости в разных системах единиц, возможности их пересчета. Обязательно обсуждаются результаты измерений, выполненных студентами на лабораторных работах.

#### **Семинар 8. Жаропрочность. Явление ползучести**

Разбираются понятия жаропрочности и ползучести, их роль в современной технике, в частности, в аэрокосмических устройствах. Освоение темы начинается с диаграммы ползучести и ее видов, включая особенности и характеристики деформации при различных температурах. Студенты должны знать методику проведения испытаний и длительную прочность, физический смысл измеряемых характеристик и принятую символику их записи.

#### **Семинар 9. Усталость**

Рассматриваются особенности циклических испытаний, а также роль усталостного разрушения в современной технике. Студенты должны знать понятия физического предела выносливости, предела ограниченной выносливости и методы их измерения. Центральным вопросом является природа усталостного разрушения, закономерности зарождения и распространения трещин, роль концентраторов напряжений. Следует уделить внимание влиянию характеристик цикла нагружения, состояния поверхности и температуры на усталостные свойства, включая диаграмму предельных амплитуд и диаграмму предельных напряжений. Также рассматриваются испытания на малоцикловую усталость.

### **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

#### **а) основная литература:**

1. Солнцев, Ю.П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения: учебное пособие / Ю.П. Солнцев, В.Ю. Пирайнен, С.А. Воложанина; под ред. Ю.П. Солнцева. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2007. – 784 с. – ISBN 978-5-93808-143-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98341> (16.01.2018).
2. Никифоров, В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов : учебник для техникумов / В.М. Никифоров. - 10-е изд., стер. - Санкт-Петербург. : Политехника, 2015. - 383 с. : схем., табл., ил. - ISBN 978-5-7325-0959-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447617> (16.01.2018).

3. Виноградова, В.С. EnglishReadingDevelopment : учебное пособие / В.С. Виноградова. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург. : Политехника, 2013. – 307 с. – ISBN 978-5-7325-1017-1; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=124617> (16.01.2018).
4. Слесарчук, В.А. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие / В.А. Слесарчук. - 2-е изд., стер. - Минск : РИПО, 2015. - 392 с. : схем., ил. - Библиогр.: с. 384. - ISBN 978-985-503-499-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463342> (16.01.2018).

**б) дополнительная литература:**

1. Арзамасов Б. Н. Научные основы материаловедения / Б. Н. Арзамасов, А. И. Крашенинников, Ж. П. Пастухова, А. Г. Рахштадт. – М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. – 336 с. 15 экз.
2. Белкин П. Н. Механические свойства, прочность и разрушение твердых тел. – Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2005. – 189 с. 20 экз.
3. Чернецова Н. Л. Рабочая тетрадь по дисциплине «Основы материаловедения»: рабочая тетрадь. М.: Прометей, 2013. – 88 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=240530](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=240530)
4. Моисеев О. Н. , Шевырев Л. Ю. , Иванов П. А. Материаловедение: учебное пособие по лабораторным работам. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 244 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=464215](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=464215).
5. Технология конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / П.А. Витязь и др.; под общей редакцией П.А. Витязя и К.А. Солнцева. Минск: Беларус. навука, 2011. – 283 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=142364](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=142364)
6. Колмаков А. Г. , Баринов С. М. , Алымов М. И. Основы технологий и применение наноматериалов: монография. Москва: Физматлит, 2012. – 208 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=457666](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=457666)
7. Рудской А. И. Наноструктурированные металлические материалы. Санкт-Петербург.: Наука, 2011. – 270 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=362992](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=362992)

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Электронные библиотечные системы:

1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Znanium»

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

### **Аудитория для лекций:**

Корпус Е, № 226, количество посадочных мест – 60, мультимедийный комплекс, включающий экран, ноутбук и проектор. Специализированное демонстрационное оборудование: скамья Жуковского, гироскоп с горизонтальной осью, гироскоп с вертикальной осью, китайский волчок, вращение катушки, модель продольных и поперечных волн.

### **Аудитория для практических занятий:**

Корпус Е, № 212, количество посадочных мест – 24.

### **Аудитории для самостоятельной работы:**

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.

**Приложение к РПД**

**Практическая подготовка**

Код, направление, направленность	Наименование дисциплины/практики	Число часов дисциплины/практики, реализуемые в форме практической подготовки			
		Всего	Семестр 3		
			Лек	Пр	Лаб
03.03.02, Физика, Физика	Введение в материаловедение. Механические свойства твердых тел	4	–	4	–

Код компетенции	Индикатор компетенции	Содержание задания на практическую подготовку по выбранному виду деятельности	Число часов практической подготовки			
			Всего	Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы
ПК-1	–	Определить число атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку для гексагональной плотноупакованной кристаллической решетки	2	–	2	–
ПК-4	–	По первичным кривым растяжения, полученным в результате механических испытаний, регламентированных ГОСТ 9651–84, определить следующие характеристики поликристаллического материала: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, предел прочности	2	–	2	–