

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тамбовский государственный университет имени Г.Р.Державина»  
Институт математики, физики и информационных технологий  
Кафедра теоретической и экспериментальной физики



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

Якунина И.Н.

«19» января 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.ОД.2

**«Нелинейная динамика пластических неустойчивостей в металлах»**

Направление подготовки:

03.06.01 - ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность (профиль)

**«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

Уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации  
по программам подготовки  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения

очная, заочная

Год набора

2021

**Автор программы:**

Доктор, физико-математических наук, профессор Шибков А.А.,

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 - ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ (уровень - подготовка кадров высшей квалификации) (приказ Минобрнауки РФ от 30 июля 2014 г. № 867).

Рабочая программа принята на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики «15» января 2021 года, протокол № 6.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры
3. Объем и содержание дисциплины
4. Контроль знаний обучающихся
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

## 1. Цели и задачи дисциплины

**1.1 Цель дисциплины** заключается в углубленном изучении нелинейной динамики дефектов в деформируемых металлах и ее связи с механической устойчивостью и прочностью твердых тел, а также в формировании универсальных и общепрофессиональных компетенций.

### 1.2 Виды и задачи профессиональной деятельности по дисциплине:

научно-исследовательская деятельность в области физики и астрономии; преподавательская деятельность в области физики и астрономии.

К задачам профессиональной деятельности относятся:

- освоение методов научных исследований; освоение теорий и моделей; участие в проведении физических исследований по выбранной тематике; участие в обработке полученных результатов научных исследований на современном уровне; работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий;
- освоение методов применения результатов научных исследований в инновационной деятельности;
- освоение методов инженерно-технологической деятельности; участие в обработке и анализе полученных данных с помощью современных информационных технологий;
- знакомство с основами организации и планирования физических исследований; участие в информационной и технической организации научных семинаров и конференций; участие в написании и оформлении научных статей и отчетов.

**1.3 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:**

Код и наименование компетенции ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения по дисциплине, необходимые для формирования компетенции
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p><b>Знает и понимает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <b>Код 31 (УК-1)</b></li> </ul>
	<p><b>Умеет (способен продемонстрировать):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов <b>Код У1 (УК-1)</b></li> <li>- при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений <b>Код У2 (УК-1)</b></li> </ul>
	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <b>Код В1 (УК-1)</b></li> <li>- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <b>Код В2 (УК-1)</b></li> </ul>

ПК-2 Готовность осуществлять теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, диэлектриков и полупроводников и механизмов изменения этих свойств при различных внешних воздействиях	<b>Знает и понимает:</b> - физическую природу свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников <b>Код З1(ПК-2)</b> - механизмы изменения свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников при различных внешних воздействиях <b>Код З2(ПК-2)</b>
	<b>Умеет (способен продемонстрировать)</b> - теоретически и экспериментально исследовать физико-механические свойства металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников <b>Код У1 (ПК-2)</b> - исследовать тонкую структуру металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников и механизмов изменения структуры различных внешних воздействий <b>Код У1(ПК-2)</b>
	<b>Владеет:</b> - теоретическими и экспериментальными методами изучения физической природы свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников <b>Код В1(ПК-2)</b> - технологиями изменения свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников, использующими различные внешние воздействия <b>Код В2(ПК-2)</b>
ПК-5 Готовность к изучению экспериментального состояния конденсированных веществ (сильное сжатие, ударные воздействия, изменение гравитационных полей, низкие температуры), фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы состояния	<b>Знает и понимает:</b> - условия фазовых переходов в конденсированном веществе при сильных сжатиях, ударных воздействиях, низких температурах <b>Код З1(ПК-5)</b> - методы изучения экспериментального состояния конденсированного вещества <b>Код З2(ПК-5)</b>
	<b>Умеет (способен продемонстрировать):</b> - реализовывать экстремальные условия, вызывающие фазовые переходы в конденсированном веществе <b>Код У1(ПК-5)</b> - целенаправленно использовать сильное сжатие, ударное воздействие, низкие температуры для создания определенного структурного состояния <b>Код У2(ПК-5)</b>
	<b>Владеет:</b> - технологиями сильного сжатия, ударного воздействия и воздействия низкими температурами на конденсированное вещество <b>Код В1(ПК-5)</b>

**1.4 Согласование междисциплинарных связей** дисциплин, практик, научных исследований, обеспечивающих освоение компетенций.

Дисциплина «Нелинейная динамика пластических неустойчивостей в металлах» и их влияние на физические свойства твердых тел» логически связана с такими дисциплинами, практиками, научными исследованиями, как:

УК-1 – История и философия науки, Организационно-методическое обеспечение научно-исследовательской деятельности в области физики конденсированного состояния, Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности)

ПК-2 Физика конденсированного состояния, Физические принципы метода наноиндентирования в физике твердого тела, Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности)

ПК-5 – Электрофизические методы стабилизации механических свойств авиационных сплавов, Физика поверхностных явлений

## 2. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры:

Дисциплина «Нелинейная динамика пластических неустойчивостей в металлах» и их влияние на физические свойства твердых тел» относится к вариативной части учебного плана ОП по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия, направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния.

Дисциплина «Нелинейная динамика пластических неустойчивостей в металлах» изучается во 2 семестре.

## 3. Объём и содержание дисциплины

### 3.1 Объём дисциплины

Очная форма обучения: 2 з.е.

Заочная форма обучения: 2 з.е.

Вид учебной работы	Очная форма обучения (всего часов)	Заочная форма обучения (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<i>Контактная работа (по учебным занятиям)</i>	22	4
Лекции (Л)	10	4
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	12	-
Лабораторные занятия (ЛЗ)	-	-
<i>Самостоятельная работа (СР)</i>	50	68
<i>Зачет</i>		

### 3.2 Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час. (очная/заочная)				Формы текущего контроля
		Л	ПЗ	ЛЗ	СР	
1.	Тема 1. Мультимасштабная неустойчивость пластической деформации кристаллов	2/1	3/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
2.	Тема 2. Макропластические неустойчивости	2/1	3/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа

3	Тема 3. Полосы макролокализованной деформации	2/1	2/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
4.	Тема 4. Механизмы пространственной связи	2/1	2/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
5	Тема 5. Динамика деформационных полос и механизмы вязкого разрушения металлов	2/-	2/-	-	10/12	письменная самостоятельная работа

### **Тема 1. МУЛЬТИМАШТАБНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ КРИСТАЛЛОВ**

**Лекция.** Нестационарное движение индивидуальных дислокаций в рельефе Пайерса и в структуре точечных стопоров. Динамика дислокационных скоплений. Линии и полосы скольжения. Полосы макролокализованной деформации Людерса, полосы Портевена-Ле Шателье. Об-разование шейки перед разрушением.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Нестационарное движение индивидуальных дислокаций в рельефе Пайерса и в структуре точечных стопоров. Динамика дислокационных скоплений. Линии и полосы скольжения. Полосы макролокализованной деформации Людерса, полосы Портевена-Ле Шателье. Об-разование шейки перед разрушением.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **Тема 2. МАКРОПЛАСТИЧЕСКИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ**

**Лекция.** Классификация пластических неустойчивостей по Эстрину и по Коксу. Людерсова не-устойчивость. Неустойчивость Портевена-Ле Шателье. Отрицательная скоростная чув-ствительность деформирующего напряжения, механизм динамического деформационного старения.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Классификация пластических неустойчивостей по Эстрину и по Коксу. Людерсова не-устойчивость. Неустойчивость Портевена Ле-Шателье. Отрицательная скоростная чув-ствительность деформирующего напряжения, механизм динамического деформационного старения.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **Тема 3. ПОЛОСЫ МАКРОЛОКАЛИЗОВАННОЙ ДЕФОРМАЦИИ**

**Лекция.** Зуб текучести и полоса Людерса. Структура полосы Людерса, механизм распространения фронта Людерса. Классификация полос Портевена-Ле Шателье. Модели Коттрела, Пеннинга и Кубена-Эстрина.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Зуб текучести и полоса Людерса. Структура полосы Людерса, механизм распространения фронта Людерса. Классификация полос Портевена-Ле Шателье. Модели Коттрела, Пеннинга и Кубена-Эстрина.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

#### **Тема 4. МЕХАНИЗМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СВЯЗИ**

**Лекция.** Проблема отбора скорости и ширины полосы. Критерии отбора. Гипотеза Айфантиса. Проблема пространственной связи. Двойное поперечное скольжение. Концентрация локальных напряжений в полосах деформации. Фактор Бриджмена. Скоррелированное движение большого количества дислокаций.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Проблема отбора скорости и ширины полосы. Критерии отбора. Гипотеза Айфантиса. Проблема пространственной связи. Двойное поперечное скольжение. Концентрация локальных напряжений в полосах деформации. Фактор Бриджмена. Скоррелированное движение большого количества дислокаций.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

#### **Тема 5. ДИНАМИКА ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПОЛОС И МЕХАНИЗМЫ ВЯЗКОГО РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛОВ**

**Лекция.** Механизмы зарождения микрострещин и пор в поликристаллах. Феноменология образования шейки перед разрывом. Условия Консидера. Макрополосы локализованной деформации и образования шейки. Полосы деформации и вязкое разрушение алюминиевых сплавов. Автолокализованные электроны и дырки. Водород в ионных кристаллах.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Механизмы зарождения микрострещин и пор в поликристаллах. Феноменология образования шейки перед разрывом. Условия Консидера. Макрополосы локализованной деформации и образования шейки. Полосы деформации и вязкое разрушение алюминиевых сплавов. Автолокализованные электроны и дырки. Водород в ионных кристаллах.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **4. Контроль знаний обучающихся**

#### **4.1 Формы текущего контроля работы аспирантов:**

- письменная самостоятельная работа.

#### **4.2 Типовые задания текущего контроля**

##### Типовые вопросы самостоятельных работ

1. Нестационарное движение индивидуальных дислокаций в рельефе Пайерса.
2. Нестационарное движение индивидуальных дислокаций в структуре точечных stop-пор.
3. Динамика дислокационных скоплений.
4. Линии и полосы скольжения.
5. Полосы макролокализованной деформации Людерса.

#### **4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.**

##### Типовые вопросы для зачета

1. Общая номенклатура пластических неустойчивостей на макроскопическом уровне структурном уровне.
2. Прерывистая (лестничная) ползучесть.
3. Эффект Савара-Массона.
4. Эффект Портевена-Ле Шателье.
5. Низкотемпературная скачкообразная деформация металлов.

6. Образование шейки пред разрушением металла. Условие Консидере.
7. Механизмы формирования шейки в металлах, демонстрирующих эффект Портевена-Ле Шателье.
8. Методы исследования динамики деформационных полос в металлах и сплавах.
9. Классификация типов скачков Портевена-Ле Шателье и соответствующих деформационных полос.
10. Полоса Людерса и зуб текучести.
11. Классификация пластических неустойчивостей по Эстрину.
12. Классификация пластических неустойчивостей по Коксу.
13. Людерсова неустойчивость.
14. Неустойчивость Портевена-Ле Шателье.
15. Отрицательная скоростная чувствительность деформирующего напряжения.
16. Механизм динамического деформационного старения.
17. Приципитатная модель прерывистой деформации сплавов.
18. Металлы и сплавы, демонстрирующие различные виды макроскопических пластических неустойчивостей.
19. Влияние пластических неустойчивостей на вязкое разрушение металлов сплавов.

#### 4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации

##### Зачет

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) - основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено»	УК-1	<p>Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях</p> <p>Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p> <p>Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений</p> <p>Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p>Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.</p>
	ПК-2	<p>Сформированные систематические представления о физической природе свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников</p> <p>Сформированные систематические представления о механизмах изменения свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников при различных внешних воздействиях</p> <p>Сформированное умение теоретически и экспериментально</p>

		<p>исследовать физико-механические свойства металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников</p> <p>Сформированное умение исследовать тонкую структуру металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников и механизмов изменения структуры различных внешних воздействий</p> <p>Успешное и систематическое владение теоретическими и экспериментальными методами изучения физической природы свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников</p> <p>Успешное и систематическое владение технологиями изменения свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников, использующими различные внешние воздействия</p>
	ПК-5	<p>Сформированные систематические представления об условиях фазовых переходов в конденсированном веществе при сильных сжатиях, ударных воздействиях, низких температурах</p> <p>Сформированные систематические представления о методах изучения экспериментального состояния конденсированного вещества</p> <p>Сформированное умение реализовывать экстремальные условия, вызывающие фазовые переходы в конденсированном веществе</p> <p>Сформированное умение целенаправленно использовать сильное сжатие, ударное воздействие, низкие температуры для создания определенного структурного состояния</p> <p>Успешное и систематическое владение технологиями сильного сжатия, ударного воздействия и воздействия низкими температурами на конденсированное вещество</p>
«не зачтено»	УК-1	<p>Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач</p> <p>В целом успешно, но не систематически осуществляемый анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов</p> <p>В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений</p> <p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач</p> <p>В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.</p>

	ПК-2	<p>Неполные представления о физической природе свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников</p> <p>Неполные представления о механизмах изменения свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников при различных внешних воздействиях</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение теоретически и экспериментально исследовать физико-механические свойства металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение исследовать тонкую структуру металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников и механизмов изменения структуры различных внешних воздействий</p> <p>Испытывает затруднения в применении теоретических и экспериментальных методов изучения физической природы свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников</p> <p>Испытывает трудности при использовании технологий изменения свойств металлов, их сплавов, диэлектриков и полупроводников, использующими различные внешние воздействия</p>
	ПК-5	<p>Неполные представления об условиях фазовых переходов в конденсированном веществе при сильных сжатиях, ударных воздействиях, низких температурах</p> <p>Неполные представления о методах изучения экспериментального состояния конденсированного вещества</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение реализовывать экстремальные условия, вызывающие фазовые переходы в конденсированном веществе</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение целенаправленно использовать сильное сжатие, ударное воздействие, низкие температуры для создания определенного структурного состояния</p> <p>Испытывает трудности при использовании технологий сильного сжатия, ударного воздействия и воздействия низкими температурами на конденсированное вещество</p>

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Основная литература

1. Аксёнова К.В., Прочность и пластичность металлов и сплавов при внешних энергетических воздействиях / К.В. Аксёнова, Л.П. Бащенко, В.Е. Громов и др.; под ред. В.Е. Громова. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 208 с.
2. Шибков А.А., Золотов А.Е., Желтов М.А., Шуклинов А.В. Нелинейная динамика неравновесных систем. Часть 1. Динамика пластических неустойчивостей в деформируемых твердых телах // Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2012. 184 с.
3. Шибков А.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е. Прерывистая ползучесть и локализация пластической деформации // Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2016. 158 с.

4. Шибков А.А., Желтов М.А., Денисов А.А., Золотов А.Е. Прерывистая деформация и электропластичность алюминиевых сплавов // Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2017. 129 с.

### 5.2. Дополнительная литература

1. Шибков А.А., Золотов А.Е., Гасанов М.Ф., Желтов М.А., Гребеньков О.В. Влияние скачкообразной деформации алюминий-магниевого сплава на его электропроводность // Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42. № 7. С. 37.
2. Шибков А.А., Золотов А.Е., Желтов М.А., Денисов А.А., Гасанов М.Ф., Кочегаров С.С. Влияние геометрических концентраторов напряжения на полосообразование и прерывистую деформацию алюминий-магниевого сплава // Журнал технической физики. 2016. Т. 86. № 5. С. 68.
3. Шибков А.А., Золотов А.Е., Желтов М.А., Денисов А.А., Гасанов М.Ф., Кочегаров С.С. Влияние геометрических концентраторов напряжения на подавление током прерывистой деформации алюминий-магниевого сплава АМг5 // Журнал технической физики. 2016. Т. 86. № 5. С. 77.
4. Shibkov A.A., Gasanov M.F., Zheltov M.A., Zolotov A.E., Ivolgin V.I. Intermittent plasticity associated with the spatiotemporal dynamics of deformation bands during creep tests in an AlMg polycrystal // Int. J. Plast. V. 86. 2016. P. 37.
5. Шибков А.А., Гасанов М.Ф., Денисов А.А., Золотов А.Е., Иволгин В.И. Влияние импульсного тока на эффект Портевена-Ле Шателъе в алюминий-магневом сплаве АМг5 // Журнал технической физики. 2017. Т. 87. № 4. С. 631.
6. Шибков А.А., Желтов М.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е. Нелинейная динамика деформационных полос в алюминий-магневом сплаве при испытании на ползучесть // Журнал технической физики. 2017. Т. 87. № 10. С. 1518.
7. Шибков А.А., Желтов М.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е. Динамика полосы Людерса и разрушение алюминий-магниевого сплава, инициированные концентратором напряжений // Физика твердого тела. 2018. Т. 60. № 2 С. 315.

### 5.3 Иные источники

К рекомендуемым Интернет-ресурсам по данной дисциплине относятся Интернет-ресурсы ведущих российских и зарубежных журналов, а также образовательные порталы и сайты ведущих российских университетов.

Интернет-ресурсы ведущих российских журналов по данной тематике:

[www.journals.ioffe.ru/fft](http://www.journals.ioffe.ru/fft) – «Физика твёрдого тела»

[www.journals.ioffe.ru/ftp](http://www.journals.ioffe.ru/ftp) – «Физика и техника полупроводников»

[www.journals.ioffe.ru/pjtf](http://www.journals.ioffe.ru/pjtf) – «Письма в журнал технической физики»

[www.journals.ioffe.ru/itf](http://www.journals.ioffe.ru/itf) – «Журнал технической физики»

[www.ieta.ac.ru](http://www.ieta.ac.ru) – ЖЭТФ

[www.ietaletters.ac.ru](http://www.ietaletters.ac.ru) – «Письма в ЖЭТФ»

[www.ufn.ru](http://www.ufn.ru) – «Успехи физических наук»

[www.nanom.ru](http://www.nanom.ru) – «Российские нанотехнологии»

[www.quant-electron.ru](http://www.quant-electron.ru) – «Квантовая электроника»

<http://impo.imp.uran.ru/fmm/> – «Физика металлов и металловедение»

Интернет-ресурсы иностранных журналов

[www.aps.org](http://www.aps.org)

[www.springeropen.com](http://www.springeropen.com)

Интернет-порталы: <http://window.edu.ru>; <https://elibrarv.ru>

### 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: специальные помещения для проведения занятий лекционного и

семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

### **Электронная информационно-образовательная среда**

<http://moodle.tsutmb.ru>

Взаимодействие преподавателя и аспиранта в процессе освоения дисциплины осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.

#### **Лицензионное программное обеспечение:**

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Операционная система Microsoft Windows 10

Adobe Reader XI (11.0.08) - Russian Adobe Systems Incorporated 10.11.2014 187, 00 MB 11.0.08

7-Zip 9.20

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

#### **Информационные справочные системы и профессиональные базы данных (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий):**

1. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ – URL: [http://  
http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/)
2. Электронная библиотека ТГУ – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru>
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» - URL: <http://www.biblioclub.ru>
4. ЭБС «IPRbooks» - URL: <http://www.iprbookshop.ru>
5. ЭБС «Юрайт»: (ВО и СПО), включая коллекцию «Легендарные книги» - URL: [www.urait.ru](http://www.urait.ru)
6. Сетевая электронная библиотека педагогических вузов - URL: <https://lanbook.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - URL: <http://elibrary.ru>
8. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» - URL: <https://нэб.рф>
9. Электронный справочник «Информо» - URL: [www.informio.ru](http://www.informio.ru)
10. БД издательства SpringerNature
  - URL: <https://link.springer.com/>
  - URL: <https://materials.springer.com/>
  - URL: <https://zbmath.org/>
  - URL: <https://goo.gl/PdhJdo> - БД Nano
11. БД ScienceDirect - URL: <https://www.sciencedirect.com/>

12. БД Scopus - URL: <http://www.scopus.com>
13. БД Web of Science  
- URL:  
[WOS GeneralSearch input.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&SID=Q1qfWXliB25bAcrIBPM&preferencesSaved](http://WOS.GeneralSearch.input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=Q1qfWXliB25bAcrIBPM&preferencesSaved)
14. Архив научных журналов зарубежных издательств URL: <https://arch.neicon.ru>
15. Словари ABBYY Lingvo x3 Европейская версия – установлены стационарно на ПК ТГУ