

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 ФДТ.2

**«Дефекты кристаллического строения и их влияние на физические свойства  
твердых тел»**

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

2020

**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** - «Дефекты кристаллического строения и их влияние на физические свойства твердых тел» являются углубленное изучение взаимосвязи микроструктуры реальных кристаллов с их физическими свойствами. Цель преподавания дисциплины достигается путем овладения аспирантами теоретических знаний о видах дефектов и их влияния на физические свойства твердых тел, а также в формировании универсальных и общепрофессиональных компетенций. Данная задача решается посредством прочтения курса лекций и проведения практических занятий по данной дисциплине. Для закрепления знаний, полученных на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы, предусмотрено проведение контрольных работ, защита отчетов по самостоятельной работе.

## 1.2 Виды и задачи профессиональной деятельности по дисциплине:

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

- 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
ОПК-1                      Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<b>Знает и понимает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные методы и информационно-коммуникационные технологии при осуществлении научно-исследовательской деятельности <b>Код 31(ОПК-1)</b></li> <li>- особенности информационных технологий при осуществлении научно-исследовательской деятельности в вузе на основе компетентностного подхода <b>Код 32(ОПК-1)</b></li> </ul>
	<b>Умеет (способен продемонстрировать):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельно планировать научно-исследовательскую деятельность <b>Код У1(ОПК-1)</b></li> <li>- анализировать, планировать и оценивать самостоятельную научно-исследовательскую деятельность <b>Код У2(ОПК-1)</b></li> </ul>
	<b>Владеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современными методами проведения научных исследований и анализа полученных результатов <b>Код В1(ОПК-1)</b></li> <li>- методами организации научно-</li> </ul>

	исследовательской деятельности, методами руководства научным коллективом <b>Код В2 (ОПК-1)</b>
ПК-1 Способность к самостоятельной разработке экспериментальных методов изучения физических свойств и созданию физических основ технологии получения материалов с определенными свойствами	<b>Знает и понимает:</b> - экспериментальные методы изучения физических свойств металлов, их сплавов, диэлектриков, полупроводников <b>Код 31 (ПК-1)</b> - основы создания технологий получения материалов с определенными свойствами <b>Код 32(ПК-1)</b>
	<b>Умеет (способен продемонстрировать):</b> - самостоятельно разрабатывать методы изучения физических свойств металлов, их сплавов, диэлектриков, полупроводников <b>Код У1 (ПК- 1)</b> - проектировать оригинальные установки для исследования физических свойств материалов <b>Код У2(ПК- 1)</b>
	<b>Владеет:</b> - технологиями получения материалов с определенными свойствами <b>Код В1(ПК-1)</b> - навыками определения технологических режимов получения материалов с определенными свойствами <b>Код В2(ПК-1)</b>
ПК-3 Готовность осуществлять теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ	<b>Знает и понимает:</b> - особенности воздействия различных видов излучений на природу изменения физических свойств конденсированного вещества <b>Код 31(ПК-3)</b> - характеристики и особенности различных видов излучения, влияющих на изменение физических свойств конденсированного вещества <b>Код 32(ПК-3)</b>
	<b>Умеет (способен продемонстрировать):</b> - осуществлять теоретические и экспериментальные исследования воздействия различных видов излучений на изменение физических свойств конденсированного вещества <b>Код У1(ПК- 3)</b> - использовать различного вида излучения для формирования физических свойств конденсированного вещества <b>Код У2(ПК- 3)</b>
	<b>Владеет:</b> - методами и технологиями формирования физических свойств конденсированного вещества, использующими различные виды излучений и высокотемпературную плазму <b>Код В1(ПК-3)</b>

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

Дисциплина «Дефекты кристаллического строения и их влияние на физические свойства твердых тел» логически связана с такими дисциплинами, практиками, научными исследованиями, как:

ОПК-1 – Физика конденсированного состояния, Эмиссионные методы диагностики повреждений в деформируемых твердых телах

ПК-1 – Эмиссионные методы диагностики повреждений в деформируемых твердых телах, Физические принципы метода наноиндентирования в физике твердого тела, Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук

ПК-3 – Эмиссионные методы диагностики повреждений в деформируемых твердых телах, Научно-исследовательский семинар, Научно-исследовательская деятельность

## 2. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры:

Дисциплина «Дефекты кристаллического строения» и их влияние на физические свойства твердых тел» является факультативной части в учебном плане ОП по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия, направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния.

Дисциплина «Дефекты кристаллического строения» изучается в 3 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. ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ	2/1	3/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
2.	Тема 2. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ	2/1	3/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа

3	Тема 3. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	2/1	2/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
4.	Тема 4. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ	2/1	2/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
5	Тема 5. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ	2/-	2/-	-	10/12	письменная самостоятельная работа

### Тема 1. ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

**Лекция.** Классификация дефектов. Типы точечных дефектов. Равновесные и неравновесные точечные дефекты. Образование и миграция точечных дефектов. Тепловые, деформационные и радиационные дефекты. Кластеры точечных дефектов. Дислокации в кристаллах. Геометрические свойства дислокаций. Краевая и винтовая дислокации. Силы действующие на дислокации. Энергия дислокации, Взаимодействиями дислокаций. Аннигиляция дислокаций. Двумерные дефекты. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен и субзерен. Фазовые границы. Свободная поверхность. Поверхность скола. Трехмерные дефекты. Поры, порообразование. Включения. Микротрещины. Механизмы образования микротрещин. Иерархические структуры дефектов реального кристалла. Низкоэнергетические и высокоэнергетические дислокационные субструктуры. Плоские дислокационные скопления, двойники, линии и полосы скольжения, полосы Людерса, полосы Портевена-Ле Шателье и полосы Савара-Массона.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Классификация дефектов. Типы точечных дефектов. Равновесные и неравновесные точечные дефекты. Образование и миграция точечных дефектов. Тепловые, деформационные и радиационные дефекты. Кластеры точечных дефектов. Дислокации в кристаллах. Геометрические свойства дислокаций. Краевая и винтовая дислокации. Силы действующие на дислокации. Энергия дислокации, Взаимодействие дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Механизмы размножения дислокаций. Аннигиляция дислокаций. Двумерные дефекты. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен и субзерен. Фазовые границы. Свободная поверхность. Поверхность скола. Трехмерные дефекты. Поры, порообразование. Включения. Микротрещины. Механизмы образования микротрещин. Иерархические структуры дефектов реального кристалла. Низкоэнергетические и высокоэнергетические дислокационные субструктуры. Плоские дислокационные скопления, двойники, линии и полосы скольжения, полосы Людерса, полосы Портевена-Ле Шателье и полосы Савара-Массона.

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

### Тема 2. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

**Лекция.** Стадия микропластической деформации и зарождение дислокации. Зуб текучести и полосы Людерса. Иерархическая дислокационная структура полосы Людерса. Роль дислокационных субструктур и точечных дефектов в упрочнении поликристаллов. Проблемы объяснения прочности и пластичности нанокристаллических и квазикристаллических материалов. Дефекты решетки и механическая неустойчивость металлов и сплавов.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Стадия микропластической деформации и зарождение дислокации. Зуб текучести и полосы Людерса. Иерархическая дислокационная структура полосы Людерса. Роль дислокационных субструктур и точечных дефектов в упрочнении поликристаллов. Проблемы объяснения прочности и пластичности нанокристаллических и квазикристаллических материалов. Дефекты решетки и механическая неустойчивость металлов и сплавов.

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

### **Тема 3. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**Лекция.** Влияние структурных дефектов на электрические свойства металлических и неметаллических кристаллов. Остаточное электросопротивление. Понятие об электронных дефектах. Энергетические уровни точечных дефектов в кристаллах. Донорно-акцепторная активность дефектов в нестехиометрических соединениях. Изменение энергетического состояния носителей заряда вблизи дислокаций и поверхности кристалла. Диффузия и ионная проводимость. Соотношение Нернста - Эйнштейна.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Влияние структурных дефектов на электрические свойства металлических и неметаллических кристаллов. Остаточное электросопротивление. Понятие об электронных дефектах. Энергетические уровни точечных дефектов в кристаллах. Донорно-акцепторная активность дефектов в нестехиометрических соединениях. Изменение энергетического состояния носителей заряда вблизи дислокаций и поверхности кристалла. Диффузия и ионная проводимость. Соотношение Нернста - Эйнштейна.

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

### **Тема 4. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ**

**Лекция.** Структурно-чувствительные магнитные характеристики. Влияние дефектов на распределение спонтанной намагниченности в магнитоупорядоченных кристаллах. Влияние дефектов на процессы смещения доменных границ в магнитных материалах. Магнитоупругое взаимодействие дефектов решетки с доменными границами. Магнитное последствие. Влияние примесей и дефектов на характеристики процесса перемангничивания.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Структурно-чувствительные магнитные характеристики. Влияние дефектов на распределение спонтанной намагниченности в магнитоупорядоченных кристаллах. Влияние дефектов на процессы смещения доменных границ в магнитных материалах. Магнитное последствие. Влияние примесей и дефектов на характеристики процесса перемангничивания.

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



## **Тема 5. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ**

**Лекция.** Электронная структура дефектов в полупроводниках и диэлектриках. Фотопроводимость. Мелкие доноры и акцепторы в полупроводниках. Вакансии в ковалентных кристаллах. Центры окраски в ионных кристаллах. Экситоны, экситонная люминесценция. Дислокационная люминесценция ионных кристаллов. Автолокализованные электроны и дырки. Водород в ионных кристаллах.

**Практическое занятие.** Электронная структура дефектов в полупроводниках и диэлектриках. Фотопроводимость. Мелкие доноры и акцепторы в полупроводниках. Вакансии в ковалентных кристаллах. Центры окраски в ионных кристаллах. Экситоны, экситонная люминесценция. Дислокационная люминесценция ионных кристаллов. 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. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
2. Механизмы размножения дислокаций. Аннигиляция дислокаций.
3. Дефекты упаковки и частичные дислокации.
4. Фазовые границы. Свободная поверхность. Поверхность скола.
5. Механизмы образования микротрещин.

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

##### Типовые вопросы для зачёта

1. Иерархические структуры дефектов реального кристалла.
2. Типы точечных дефектов. Равновесные и неравновесные точечные дефекты.
3. Образование и миграция точечных дефектов.
4. Тепловые, деформационные и радиационные дефекты. Кластеры точечных дефектов.
5. Дислокации в кристаллах. Геометрические свойства дислокаций.
6. Краевая и винтовая дислокации. Силы, действующие на дислокации.
7. Энергия дислокации, Взаимодействие дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
8. Механизмы размножения дислокаций. Аннигиляция дислокаций.
9. Двумерные дефекты. Дефекты упаковки и частичные дислокации.
10. Границы зерен и субзерен. Фазовые границы.
11. Свободная поверхность. Поверхность скола.
12. Трехмерные дефекты. Поры, порообразование.
13. Включения. Микротрещины. Механизмы образования микротрещин.
14. Низкоэнергетические и высокоэнергетические дислокационные субструктуры.
15. Плоские дислокационные скопления, двойники, линии и полосы скольжения, полосы Людерса, полосы Портевена-Ле Шателье и полосы Савара-Массона.
16. Влияние дефектов на распределение спонтанной намагниченности в магнитоупорядоченных кристаллах.

17. Влияние дефектов на процессы смещения доменных границ в магнитных материалах. Магнитоупругое взаимодействие дефектов решетки с доменными границами.
18. Магнитное последствие. Влияние примесей и дефектов на характеристики процесса перемагничивания.
19. Мелкие доноры и акцепторы в полупроводниках.
20. Вакансии в ковалентных кристаллах.
21. Центры окраски в ионных кристаллах. Экситоны, экситонная люминесценция.
22. Дислокационная люминесценция ионных кристаллов.
23. Автолокализованные электроны и дырки. Водород в ионных кристаллах.

#### 4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации

##### Зачет

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) - основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено»	ОПК-1	<p>Сформированные, систематические представления о современных методах и информационно-коммуникационных технологиях при осуществлении научно-исследовательской деятельности</p> <p>Сформированные, систематические представления об особенностях информационных технологий при осуществлении научно-исследовательской деятельности в вузе на основе компетентного подхода</p> <p>методах самостоятельного планирования научно-исследовательской деятельности</p> <p>Сформированные, систематические представления об анализе, планировании и оценке самостоятельной научно-исследовательской деятельности</p> <p>Успешное и систематическое владение современными методами проведения научных исследований и анализа полученных результатов</p> <p>Успешное и систематическое владение методами организации научно-исследовательской деятельности, методами руководства научным коллективом</p>
	ПК-1	<p>Сформированные систематические представления об экспериментальных методах изучения физических свойств металлов, их сплавов, диэлектриков, полупроводников</p> <p>Сформированные систематические представления об основах создания технологий получения материалов с определенными свойствами</p> <p>Сформированное умение самостоятельно разрабатывать методы изучения физических свойств металлов, их сплавов, диэлектриков, полупроводников</p> <p>Сформированное умение проектировать оригинальные установки для исследования физических свойств материалов</p> <p>Успешное и систематическое владение технологиями получения материалов с определенными свойствами</p> <p>Успешное и систематическое владение технологическими режимами получения материалов с определенными свойствами</p>

	ПК-3	<p>Сформированные систематические представления об особенностях воздействия различных видов излучений на природу изменения физических свойств конденсированного вещества</p> <p>Сформированные систематические представления о характеристиках и особенностях различных видов излучения, влияющих на изменение физических свойств конденсированного вещества</p> <p>Сформированное умение осуществлять теоретические и экспериментальные исследования воздействия различных видов излучений на изменение физических свойств конденсированного вещества</p> <p>Сформированное умение использовать различного вида излучения для формирования физических свойств конденсированного вещества</p> <p>Успешное и систематическое владение методами и технологиями формирования физических свойств конденсированного вещества, использующими различные виды излучений и высокотемпературную плазму</p>
«не зачтено»	ОПК-1	<p>Неполное представление о современных методах и информационно-коммуникационных технологиях при осуществлении научно-исследовательской деятельности</p> <p>Неполное представление об особенностях информационных технологий при осуществлении научно-исследовательской деятельности в вузе на основе компетентностного подхода</p> <p>В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение самостоятельного планирования научно-исследовательской деятельности</p> <p>Неполное представление об анализе, планировании и оценке самостоятельной научно-исследовательской деятельности</p> <p>В целом успешное, но не систематическое применение современных методов проведения научных исследований и анализа полученных результатов</p> <p>В целом успешное, но не систематическое применение методов организации научно-исследовательской деятельности, методами руководства научным коллективом</p>
	ПК-1	<p>Неполные представления об экспериментальных методах изучения физических свойств металлов, их сплавов, диэлектриков, полупроводников</p> <p>Неполные представления об основах создания технологий получения материалов с определенными свойствами</p> <p>В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение разрабатывать методы изучения физических свойств металлов, их сплавов, диэлектриков, полупроводников</p> <p>В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение проектировать оригинальные установки для исследования физических свойств материалов</p> <p>В целом успешное, но не систематическое применение технологий получения материалов с определенными</p>

		свойствами Испытывает трудности при определении технологических режимов получения материалов с определенными свойствами
	ПК-3	Неполные представления об особенностях воздействия различных видов излучений на природу изменения физических свойств конденсированного вещества Неполные представления о характеристиках и особенностях различных видов излучения, влияющих на изменение физических свойств конденсированного вещества В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение осуществлять теоретические и экспериментальные исследования воздействия различных видов излучений на изменение физических свойств конденсированного вещества В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение использовать различного вида излучения для формирования физических свойств конденсированного вещества Испытывает трудности при использовании методов и технологий формирования физических свойств конденсированного вещества, использующими различные виды излучений и высокотемпературную плазму

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Портной В.К., Новиков А.И., Головин И.С. Дефекты кристаллического строения металлов и методы их анализа. М.: МИСиС. 2015.
2. Диденко И. Физика реального кристалла. М.: МИСиС. 2013.
3. 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.
4. Шибков А.А., Денисов А.А., Желтов М.А., Золотов А.Е., Гасанов М.Ф., Кочегаров С.С. Коррозия и механическая неустойчивость алюминиевых сплавов. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2017. 155 с.
5. Шибков А.А., Золотов А.Е., Гасанов М.Ф., Денисов А.А., Кочегаров С.С. Действие мощного лазерного излучения на механическую устойчивость металлов под давлением. Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2020. 165 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., Денисов А.А., Золотов А.Е., Кочегаров С.С. Влияние агрессивной среды на прерывистую деформацию алюминий-магниевого сплава АМг6. // Физика твердого тела. 2017. Т. 59. № 1. С. 96.
3. Шибков А.А., Золотов А.Е., Желтов М.А., Гасанов М.Ф., Проскуряков К.А. Влияние импульсного лазерного ИК-излучения на динамику и морфологию деформационных полос в алюминий-магниевом сплаве // Физика твердого тела.
4. 2018. Т. 60. № 9. С. 1632.

5. Шибков А.А., Золотов А.Е., Гасанов М.Ф., Желтов М.А., Проскуряков К.А., Кочегаров С.С. Разрушение алюминий-магниевого сплава при воздействии импульсного лазерного излучения в условиях ползучести // Физика твердого тела. 2018. Т. 60. № 11. С. 2240.
6. Шибков А.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е., Желтов М.А., Денисов А.А., Кочегаров С.С. Влияние лазерной обработки на прочность и прерывистую деформацию Портевена–Ле Шателье алюминиевого сплава // Физика твердого тела. 2019. Т. 61. № 8. С. 1414.
7. Shibkov A.A., Zheltov M.A., Gasanov M.F., Zolotov A.E., Denisov A.A., Kochegarov S.S. Initiation and suppression of the Portevin–Le Chatelier effect in aluminum alloy under IR laser irradiation and electric current // Crystallography Reports. 2020. V. 65. N. 6. P. 836-843.

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

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

[www.ietpletters.ac.ru](http://www.ietpletters.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://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://biblio.tsutmb.ru/elektronnyj-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 АBBYY Lingvo x3 Европейская версия – установлены стационарно на ПК ТГУ