

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.4

**«Эмиссионные методы диагностики повреждений
в деформируемых твердых телах»**

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 изучении методов диагностики, связанных с неразрушающим контролем повреждений в деформируемых твердых телах. Цель преподавания дисциплины достигается путем овладения аспирантами теоретических знаний о эмиссионных методах диагностики. 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	Знает и понимает: - современные методы и информационно-коммуникационные технологии при осуществлении научно-исследовательской деятельности Код 31(ОПК-1) - особенности информационных технологий при осуществлении научно-исследовательской деятельности в вузе на основе компетентностного подхода Код 32(ОПК-1)
	Умеет (способен продемонстрировать): - самостоятельно планировать научно-исследовательскую деятельность Код У1(ОПК-1) - анализировать, планировать и оценивать самостоятельную научно-исследовательскую деятельность Код У2(ОПК-1)
	Владеет: - современными методами проведения научных исследований и анализа полученных результатов. Код В1(ОПК-1) - методами организации научно-исследовательской деятельности, методами руководства научным коллективом Код В2 (ОПК-1)

<p>ПК-1 Способность к самостоятельной разработке экспериментальных методов изучения физических свойств и созданию физических основ технологии получения материалов с определенными свойствами</p>	<p>Знает и понимает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - экспериментальные методы изучения физических свойств металлов, их сплавов, диэлектриков, полупроводников Код 31 (ПК-1) - основы создания технологий получения материалов с определенными свойствами Код 32(ПК-1) <p>Умеет (способен продемонстрировать):</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно разрабатывать методы изучения физических свойств металлов, их сплавов, диэлектриков, полупроводников Код У1 (ПК- 1) - проектировать оригинальные установки для исследования физических свойств материалов Код У2(ПК- 1) <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - технологиями получения материалов с определенными свойствами Код В1(ПК-1) - навыками определения технологических режимов получения материалов с определенными свойствами Код В2(ПК-1)
<p>ПК-3 Готовность осуществлять теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ</p>	<p>Знает и понимает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности воздействия различных видов излучений на природу изменения физических свойств конденсированного вещества Код 31(ПК-3) - характеристики и особенности различных видов излучения, влияющих на изменение физических свойств конденсированного вещества Код 32(ПК-3) <p>Умеет (способен продемонстрировать):</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять теоретические и экспериментальные исследования воздействия различных видов излучений на изменение физических свойств конденсированного вещества Код У1(ПК- 3) - использовать различного вида излучения для формирования физических свойств конденсированного вещества Код У2(ПК- 3) <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами и технологиями формирования физических свойств конденсированного вещества, использующими различные виды излучений и высокотемпературную плазму Код В1(ПК-3)

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

Дисциплина «Эмиссионные методы диагностики повреждений в деформируемых твердых телах» логически связана с такими дисциплинами, практиками, научными исследованиями, как:

ОПК-1 – Физика конденсированного состояния, Дефекты кристаллического строения и их влияние на физические свойства твердых тел

ПК-1 – Физические принципы метода наноиндентирования в физике твердого тела, Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени

кандидата наук, Дефекты кристаллического строения и их влияние на физические свойства твердых тел

ПК-3 – Научно-исследовательский семинар, Научно-исследовательская деятельность, Дефекты кристаллического строения и их влияние на физические свойства твердых тел

2. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры:

Дисциплина «Эмиссионные методы диагностики повреждений в деформируемых твердых телах» относится к вариативной части учебного плана ОП по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия, направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния.

Дисциплина «Эмиссионные методы диагностики повреждений в деформируемых твердых телах» изучается в 3 семестре.

3. Объем и содержание дисциплины

3.1 Объем 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)
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<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:

№ те мы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час. (очная/заочная)				Формы текущего контроля
		Л	ПЗ	ЛЗ	СР	
1.	Тема 1. ВВЕДЕНИЕ	2/1	3/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
2.	Тема 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТН АЯ ЭМИССИЯ	2/1	3/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа

3	Тема 3. АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИ Х ТЕЛ	2/1	2/-	-	10/14	Отчет об измерениях, экспериментальная самостоятельная работа
4.	Тема 4. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ	2/1	2/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
5	Тема 5. ИК- МОНИТОРИНГ	2/-	2/-	-	10/12	Отчет об измерениях, экспериментальная самостоятельная работа

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ

Лекция. Общая характеристика методов диагностики повреждений в деформируемых твердых телах. Стандартизация методов диагностики. Автоматизация методов диагностики. Эффективность применения методов диагностики.

Практическое занятие. Сообщения и доклады по следующим вопросам: Общая характеристика методов диагностики повреждений в деформируемых твердых телах. Стандартизация методов диагностики. Автоматизация методов диагностики. Эффективность применения методов диагностики.

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

Тема 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ЭМИССИЯ

Лекция. Возможности метода ЭМЭ для исследования прерывистого течения металлов. Электрический отклик на полосообразование в металлах. ЭМЭ при разрушении металлов и сплавов. Собственное электромагнитное излучение при неустойчивом пластическом течении раз-рушении сплава Al-Mg в условиях оледенения.

Практическое занятие. Сообщения и доклады по следующим вопросам: Возможности метода ЭМЭ для исследования прерывистого течения металлов. Электрический отклик на полосообразование в металлах. ЭМЭ при разрушении металлов и сплавов. Собственное электромагнитное излучение при неустойчивом пластическом течении раз-рушении сплава Al-Mg в условиях оледенения.

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

Тема 3. АТОМНАЯ АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕЛ

Лекция. Источники упругих волн в твердых телах. Акустическая эмиссия (АЭ) при растяжении промышленных металлов и сплавов. АЭ при зарождении и распространении дислокаци-онных скоплений. АЭ в алюминий-магниевом сплаве АМг6 при зарождении и распространении полос Людерса, полос Савара-Массона и полос Портевена-Ле Шателье. АЭ при разрушении моно- и поликристаллов. АЭ при микроиндентировании.

Практическое занятие. Сообщения и доклады по следующим вопросам: Источники упругих волн в твердых телах. Акустическая эмиссия (АЭ) при растяжении промышленных металлов и сплавов. АЭ при зарождении и распространении дислокационных скоплений.

АЭ в алюминий-магниевом сплаве АМг6 при зарождении и распространении полос Людерса, полос Савара-Массона и полос Портевена-Ле Шателье. АЭ при разрушении моно- и поликристаллов. АЭ при микроиндентировании.

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

Тема 4. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ.

Лекция. Оптическая экстенсометрия. Лазерный сканирующий экстенсометр. Метод корреляции цифровых изображений. Спекловая интерферометрия. Теневой метод. Высокоскоростной оптический мониторинг динамики деформационных полос в сплавах системы Al-Mg.

Практическое занятие. Сообщения и доклады по следующим вопросам: Оптическая экстенсометрия. Лазерный сканирующий экстенсометр. Метод корреляции цифровых изображений. Спекловая интерферометрия. Теневой метод. Высокоскоростной оптический мониторинг динамики деформационных полос в сплавах системы Al-Mg.

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

Тема 5 . ИК-МОНИТОРИНГ

Лекция. Контактные и бесконтактные методы измерения тепловых полей объектов. Оптическая пирометрия. Инфракрасная пирометрия. Тепловизионная видеосъемка.

Практическое занятие. Сообщения и доклады по следующим вопросам: Контактные и бесконтактные методы измерения тепловых полей объектов. Оптическая пирометрия. Инфракрасная пирометрия. Тепловизионная видеосъемка.

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

- Отчет об измерениях, экспериментальная самостоятельная работа.

4.2 Типовые задания текущего контроля

Типовые вопросы самостоятельных работ

1. Основные понятия методов диагностики повреждений в деформируемых твердых телах.
2. Отражение и преломление волн.
3. Классификация методов контроля.
4. Пьезоэлектрические преобразователи.
5. Пьезоматериалы.

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Типовые вопросы для зачёта

1. Классификация эмиссионных методов диагностики повреждений поверхности в виде полос локализованной деформации и трещин.
2. Метод акустической эмиссии. Дискретная и непрерывная акустическая эмиссия.
3. Основные термины и параметры сигналов акустической эмиссии.
4. Микроскопические механизмы акустической эмиссии при пластической деформации металлов.

5. Акустический и оптический мониторинг полосы Людерса в металлах.
6. Возможности метода акустической эмиссии для исследования прерывистой деформации металлов и сплавов.
7. Акустический мониторинг распространения деформационных полос Портевена-Ле Шателье.
8. Механизмы генерирования сигналов акустической эмиссии при зарождении и росте деформационных полос.
9. Метод электромагнитной эмиссии. Материалы, демонстрирующие электромагнитную эмиссию при пластической деформации, разрушении и росте кристаллов.
10. Электромагнитная эмиссия при деформировании щелочно-галоидных монокристаллов.
11. Электромагнитная эмиссия при пластической деформации и разрушении поликристаллического льда.
12. Электромагнитная эмиссия при зарождении и росте кристаллов льда в переохлажденной воде.
13. Метод электромагнитной эмиссии для исследования прерывистого течения металлов.
14. Электрический отклик на полосообразование в металлах.
15. Электромагнитная эмиссия при неустойчивом пластическом течении и разрушении алюминиевого сплава в условиях обледенения.
16. Собственная электромагнитная эмиссия при развитии макроскопически неустойчивой пластической деформации металла.
17. Механизм генерирования сигналов ЭМЭ в условиях прерывистой деформации.
18. Электрохимические исследования эффекта Портевена – Ле Шателье.
19. Нестационарный электрохимический отклик на эффект Портевена – Ле Шателье.
20. Скачки электродного потенциала в ходе деформирования сплава Al-Mg в водном растворе электролита.
21. Статистический и фрактальный анализ дискретного электрохимического отклика.
22. Электрохимическая эмиссия в ходе прерывистой ползучести алюминий-магниевого сплава.
23. Корреляции скачка электродного потенциала с динамикой деформационной полосы.
24. Метод измерения и анализа нестационарного теплового излучения при пластической деформации твердых тел.
25. Термографические методы диагностики повреждений поверхности твердых тел.
26. Измерение характеристик деформационных полос термографическими методами.
27. Исследование переходов между различными типами пластических неустойчивостей термографическим методом.

4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации

Зачет

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) - основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено»	ОПК-1	Сформированные, систематические представления о современных методах и информационно-коммуникационных технологиях при осуществлении научно-исследовательской деятельности Сформированные, систематические представления об особенностях информационных технологий при осуществлении научно-исследовательской деятельности в вузе на основе компетентностного подхода, методах самостоятельного планирования научно-исследовательской деятельности Сформированные, систематические представления об

		<p>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-</p>

		<p>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>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>Неполные представления об особенностях воздействия различных видов излучений на природу изменения физических свойств конденсированного вещества</p> <p>Неполные представления о характеристиках и особенностях различных видов излучения, влияющих на изменение физических свойств конденсированного вещества</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение осуществлять теоретические и экспериментальные исследования воздействия различных видов излучений на изменение физических свойств конденсированного вещества</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение использовать различного вида излучения для формирования физических свойств конденсированного вещества</p> <p>Испытывает трудности при использовании методов и технологий формирования физических свойств конденсированного вещества, использующими различные виды излучений и высокотемпературную плазму</p>

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

1. Иванов В.И., Барат В.А. Акустико-эмиссионная диагностика: справ. М.: Издательский дом «Спектр», 2017. 368 с.

2. Барат В.А. Информационные аспекты акустико-эмиссионного контроля: учеб. пособие / В.А. Барат, В.И. Иванов, Д.В. Чернов. - М.: Издательство МЭИ, 2017. 80 с.
3. Носов В.В., Ямилова А.Р. Метод акустической эмиссии. Учебное пособие. СПб: Изд-во «Лань». 2017. 304 с.
4. Шибков А.А., Золотов А.Е., Желтов М.А., Шуклинов А.В. Нелинейная динамика неравновесных систем. Ч. 2. Мониторинг мезо- и макродефектов в деформируемых твердых телах. Тамбов: Издат. дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2013. 259 с.
5. Шибков А.А., Золотов А.Е., Денисов А.А. Эмиссионные явления прерывистой деформации металлов. Тамбов: Издат. дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2019. 160 с.

5.2. Дополнительная литература

1. Носов В.В. Принципы оптимизации технологий акустикоэмиссионного контроля прочности промышленных объектов / Дефектоскопия. № 7. 2016. С. 52.
2. Носов В.В., Самигуллин Г.Х., Ямилова А.Р., Зеленский Н.А. Микромеханическая модель акустической эмиссии как методологическая основа прогнозирования разрушения сварных соединений / Нефтегазовое дело. 2016. Т. 14. № 1. С. 244.
3. Носов В.В. Акустико-эмиссионный контроль качества пластически деформируемых заготовок / Дефектоскопия. 2017. № 5 С. 36.
4. Nosov V.V. Control of inhomogeneous materials strength by method of acoustic emission / Journal of Mining Institute. 2017. V. 226. P. 469.
5. Буйло С.И. Физико-механические, статистические и химические аспекты акустико-эмиссионной диагностики: монография / Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. 184 с.
6. Барзов А.А., Галиновский А.Л., Хафизов М.В., Колпаков В.И. Повышение производительности гидроабразивной резки материалов путем выбора рациональных режимов обработки методом акустической эмиссии // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2016. №1(670). С. 71.
7. Holford Karen M., Eatona Mark J., Hensman James J., Pullin R., Evans Sam L., Dervilis N., Worden K. A new methodology for automating acoustic emission detection of metallic fatigue fractures in highly demanding aerospace environments: An overview // Progress in Aerospace Sciences. 2017. № 90. p. 111.
8. Abhijeet J. Koranne, Jaydeep A. Kachare, Sanket A. Jadhav Fatigue crack analysis using acoustic emission // International research journal of engineering and technology (IRJET). 2017. V. 04(01). P. 1177.
9. Степанова Л. Н., Кабанов С. И., Рамазанов И. С. Вейвлет-фильтрация в задачах локализации сигналов акустической эмиссии // Контроль. Диагностика. 2008. № 1. С. 15.
10. Шибков А.А., Титов С.А., Желтов М.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е., Проскуряков К.А., Жигачев А.О. Электромагнитная эмиссия при развитии макроскопически неустойчивой пластической деформации металла // Физика твердого тела. 2016. Т. 58. № 1. С. 3.
11. Шибков А.А., Желтов М.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е. Исследование механизма низкочастотной дискретной акустической эмиссии в ходе прерывистой ползучести алюминиевого сплава // Физика твердого тела. 2017. Т. 59. № 12. С. 2363.
12. Шибков А.А., Желтов М.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е. Акустическая эмиссия при прерывистой ползучести алюминий-магниевого сплава // Физика металлов и материаловедение. 2018. Т. 119. № 1 С. 81.
13. Шибков А.А. , Денисов А.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е., Желтов М.А. Электрохимическая эмиссия в ходе прерывистой ползучести алюминий-магниевого сплава // Кристаллография. 2019. Т. 64. № 5. С. 720.
14. Шибков А.А., Денисов А.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е., Желтов М.А. Нестационарный электрохимический отклик на прерывистую деформацию Портевена - Ле Шателье алюминий-магниевого сплава // Физика твердого тела. 2019. Т. 61. № 2. С. 296.
15. Шибков А.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е., Желтов М.А., Денисов А.А., Кольцов Р.Ю., Кочегаров С.С. Электрохимическая эмиссия при деформировании и разрушении

- алюминий-магниевого сплава в водной среде // Журнал технической физики. 2020. Т. 90. № 1. С. 85.
16. Шибков А.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е., Денисов А.А., Кочегаров С.С., Кольцов Р.Ю. Высокоскоростные *in situ* исследования корреляций между формированием полос деформации и акустическим откликом в алюминий-магниевом сплаве // Кристаллография. 2020. Т. 65. № 4. С. 553.
 17. Shibkov A.A., Zheltov M.A., Gasanov M.F., Zolotov A.E., Denisov A.A., Lebyodkin M.A. Dynamics of deformation band formation investigated by high-speed techniques during creep in an AlMg alloy // Materials Science & Engineering A. 2020. V. 772. P. 138777.
 18. Шибков А.А., Желтов М.А., Гасанов М.Ф., Золотов А.Е., Денисов А.А., Кочегаров С.С. Исследование высокочастотной акустической эмиссии в ходе прерывистой ползучести алюминий-магниевого сплава // Журнал технической физики. 2020. Т. 90. № 10. С. 1694.
 19. Shibkov A.A., Lebyodkin M.A., Lebedkina T.A., Gasanov M.F., Zolotov A.E., Denisov A.A. Millisecond dynamics of deformation bands during discontinuous creep in an AlMg polycrystal // Physical Review E. 2020. V. 102. P. 043003.

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 – «Физика твёрдого тела»

www.journals.ioffe.ru/ftp – «Физика и техника полупроводников»

www.journals.ioffe.ru/pjtf – «Письма в журнал технической физики»

www.journals.ioffe.ru/itf – «Журнал технической физики»

www.ietp.ac.ru – ЖЭТФ

www.ietpletters.ac.ru – «Письма в ЖЭТФ»

www.ufn.ru – «Успехи физических наук»

www.nanom.ru – «Российские нанотехнологии»

www.quant-electron.ru – «Квантовая электроника»

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

Интернет-ресурсы иностранных журналов

www.aps.org

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/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
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 «Информио» - URL: 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
14. Архив научных журналов зарубежных издательств URL: <https://arch.neicon.ru>
15. Словари ABBYY Lingvo x3 Европейская версия – установлены стационарно на ПК ТГУ