

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Введение в континуальную теорию дефектов

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1 –Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости;

ИПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

2. Задачи освоения дисциплины

– Ознакомиться с современными физическими представлениями о ротационной деформации кристаллических тел и о механизмах ее зарождения и развития в рамках континуальных методов и подходов. Познакомиться с модельными представлениями переориентации кристаллической решетки путем зарождения и движения дефектов дисклинационного типа.

– Научиться проводить анализ полей напряжений и энергий различных дисклинационных конфигураций.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 3, зачёт.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен владеть основными представлениями и понятиями из курсов: Кристаллография, Физика твердого тела, Дефекты в твердых телах, Теория дислокаций.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 12 ч.;

– практические занятия: 12 ч.;

в том числе практическая подготовка: 12 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Введение.

Этапы развития представлений о пластической деформации. Многостадийность деформации и разрушения. Масштабные уровни процессов разрушения и пластической деформации. Коллективные дислокационные эффекты. Ротационная пластическая деформация.

Тема 2. Основы тензорного исчисления.

Определение тензора. Примеры тензоров. Матричное представление тензора. Операции над тензорными величинами. Симметрия тензоров. Изотропные тензора. Дуальный вектор. Дифференциальные операторы тензорного анализа. Линейный интеграл векторного поля. Поток векторного поля. Интегральное представление дифференциальных операторов.

Тема 3. Элементы континуальной теории дефектов.

Поле дисторсий. Тензор деформации. Тензор изгиба-кручения. Условия совместности деформации. Дислокации как дефекты континуальной среды. Задача о равновесии тела с пластической деформацией в анизотропном теле. Непрерывное распределение дефектов. Кривизна кристаллической решетки. Градиенты кривизны кристаллической решетки. Дислокационно-дисклинационный механизм переориентации кристаллической решетки. Прямолинейные дисклинации. Поля напряжений прямолинейных дисклинации. Нанополосы переориентации. Дипольная и квадрупольная дисклинационные конфигурации. Поля напряжений нанодиполя частичных клиновых дисклинаций. Поля напряжений квадрупольной и мультипольной конфигураций частичных клиновых дисклинаций. Распределение удельной упругой энергии дисклинационных конфигураций. Энергии дисклинационных конфигураций. Многосвязное тело. Дислокационные и дисклинационные петли. Изолированный дефект. Непрерывные распределения бесконечно малых петель дефектов.

Тема 4. Дисклинационные механизмы фрагментации и переориентации.

Развитие полос переориентации в кристаллах. Дисклинационные модели границ зерен. Дисклинационные механизмы упрочнения. Дисклинационные механизмы разрушения. Дисклинации в композитных и полимерных материалах. Квазивязкий механизм переориентации потоками неравновесных точечных дефектов в полях высоких локальных градиентов напряжений.

Тема 5. Элементы калибровочной теории.

Классическое описание деформации сплошной среды. Группа внутренних симметрий. Локализация группы внутренних симметрий. Калибровочные поля. Трансляционная пластичность.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы, включающей контроль посещаемости, результаты выполнения заданий по материалам курса (выступление и работа на практических занятиях), и фиксируется в форме баллов (нарастающим итогом): посещаемость – максимальный балл 10, выполнение заданий по материалам курса – 40. Контрольная точка проводится не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачёт в третьем семестре проводится в письменной форме по вопросам. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Промежуточная аттестация заключается в проведении семинарских / практических занятий. На промежуточную аттестацию планируется не более 50 баллов.

Зачет включает 2 вопроса по 10 баллов из списка контрольных вопросов по курсу (приведен в разделе 11), проверяющих сформированность компетенции ПК-1 в соответствии с индикаторами ИПК-1.1 и ИПК-1.2. Ответы даются в развернутой форме.

Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученных по итогам текущего контроля и промежуточной аттестации: оценка «зачтено» – от 60 баллов.

Примеры вопросов:

1. Масштабные уровни процессов разрушения и пластической деформации.
2. Поле дисторсий. Тензор малых деформаций и малых поворотов.

Дополнительные и/или уточняющие вопросы по основным темам и содержанию курса (разделы 8, 11), позволяющие оценить уровень освоения всей программы. Ответ на уровне формулировки основных определений и представлений.

Например:

Вопрос 1. Коллективные дислокационные эффекты.

Вопрос 2. Трансляционная пластичность.

Вопрос 3. Определение тензора.

Вопрос 4. Поле напряжений диполя.

И т.д.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21840>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Основная и дополнительная учебная литература.

г) Практические занятия на которых выполняются лабораторные работы

План семинарских и лабораторных занятий по дисциплине.

1. Лабораторная работа. «Анализ полей напряжений (и их градиента) для диполя клиновых дисклинаций с вариацией значений вектора Франка ω и плеча диполя l ».
2. Лабораторная работа. «Выполнение персонального задания»
3. Лабораторная работа. «Выполнение персонального задания»
4. Лабораторная работа. «Выполнение персонального задания»
5. Семинар: «Поля напряжений и упругая энергия различных дисклинационных конфигураций»
6. Семинар: «Применение континуальной теории дефектов»

Примеры тем персональных заданий:

1. Анализ полей напряжений (и их градиента) квадруполя клиновых дисклинаций для различных ω , l , m .

2. Анализ полей напряжений (и их градиента) мультиполя клиновых дисклинаций для различных ω , l , m_1 , m_2 .

3. Анализ полей напряжений (и их градиента) краевой дислокации с вектором Бюргерса $b=\omega l$ (сравнение полей напряжений с диполем клиновых дисклинаций).

4. Анализ полей напряжений (и их градиента) системы N диполей расположенных симметрично относительно общего аксиального вектора.

5. Анализ полей напряжений (и их градиента) границы с переменным вектором переориентации.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента включает:

– углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;

– подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;

– подготовку к зачету.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Владимиров В.И., Романов А.Е. Дисклинации в кристаллах. – Л.: Наука, 1986. – 224 с.
2. Де Вит Р. Континуальная теория дисклинаций. – М.: Мир, 1977. – 208 с.
3. Эшелби Дж. Континуальная теория дислокаций. – М.: ИЛ, 1963. – 248 с.
4. Лихачев В.А. Волков А.Е. Шудегов В.Е. Континуальная теория дефектов. – Ленинград: Изд. Ленинградского университета, 1986. – 232 с.
5. Владимиров В.И. Физическая природа разрушения металлов. – М.: Metallurgia, 1984. – 280 с.
6. Малышев А.И., Максимова Г.М., Основы векторного и тензорного анализа для физиков. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 101 с.

б) дополнительная литература:

1. Кренер Э. Общая континуальная теория дислокаций и собственных напряжений. – М.: Мир, 1965. – 104 с.
2. Лихачев В.А., Хайров Р.Ю. Введение в теорию дисклинаций. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1975. – 183 с.
3. Панин В.Е., Лихачев В.А., Гриняев Ю.В. Структурные уровни деформации твердых тел. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. – 229 с.
4. Димитриенко Ю.И., Тензорное исчисление. Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 2001. – 575 с.
5. Схоутен Я.А., Тензорный анализ для физиков. – М.: Наука, 1965. – 455 с.
6. Коренев Г.В., Тензорное исчисление. Учеб. пособие для вузов. – М.: Издательство МФТИ, 2000. – 240 с.
7. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1965. – 427 с.
8. Победря Б.Е., Лекции по тензорному анализу. Учеб. пособие. – 3-е изд. – М.: МГУ, 1986. – 264 с.
9. Борисенко А.И., Тарапов И.Е., Векторный анализ и начала тензорного исчисления. – Харьков: Изд. Харьковского гос. Университета, 1959. – 238 с.

в) ресурсы сети Интернет:

1. ProQuest Ebook Central [Electronic resource] / ProQuest LLC. – Electronic data. – Ann Arbor, MI, USA, [s. n.]. – URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tomskuniv-ebooks/home.action> Эшелби Дж. Континуальная теория дислокаций – Электрон. дан. – <https://www.twirpx.com/file/2470985/>
2. Халл Д. Введение в дислокации – Электрон. дан. – <http://www.twirpx.com/file/1148830/>
3. Коттрелл А.Х. Дислокации и пластическое течение в кристаллах – Электрон. дан. – <http://www.twirpx.com/file/1061828/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); системы

компьютерной вёрстки LaTeX; системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica, Waterloo Maple;

– публично доступные облачные технологии (GoogleDocs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2008-2016. – URL: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Томск, 2011. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Издательство «Лань» [Электронный ресурс]:/ – Электрон. дан. – СПб., 2010. – URL: <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». – М, 2012. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012. – URL: <http://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате, оснащенные системой «Актру».

Все виды материально-информационной базы Научной библиотеки ТГУ.

Мультимедийное оборудование физического факультета ТГУ.

Программное обеспечение курсов, предшествующих изучению представленной дисциплины.

15. Информация о разработчиках

Дитенберг Иван Александрович, доктор физико-математических наук, доцент, кафедра физики металлов физического факультета ТГУ, заведующий кафедрой.

Осипов Денис Андреевич, кафедра физики металлов физического факультета ТГУ, старший преподаватель.