

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физического факультета

_____ О.Н. Чайковская

«_____» _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

ДЕФЕКТЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Направление подготовки

03.03.02 — Физика

Профиль подготовки

Фундаментальная физика

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

1. Код и наименование дисциплины (модуля)

Код дисциплины В.6.22 «Дефекты в твердых телах»
Специализация «Физика металлов».

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Дефекты в твердых телах» относится к вариативной части Блока 1, входит в модуль по выбору «Физика металлов». Данная дисциплина обеспечивает профессиональную подготовку бакалавра.

3. Год и семестр обучения

Четвертый год; первый семестр

4. Входные требования для освоения дисциплины

Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен владеть основными представлениями и понятиями из курсов: рентгеноструктурный анализ; кристаллография; физика твердого тела; математический анализ; дифференциальные уравнения.

5. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, из которых 52 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (30 часов — занятия лекционного типа и 22 часа — практические занятия); 20 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, на подготовку к экзамену отводится 36 часов.

6. Формат обучения

Очный

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1, 1 уровень	(ПК-1) — 1 ЗНАТЬ: специфику научного знания, современные проблемы физики, приемы самообразования. УМЕТЬ: приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы. ВЛАДЕТЬ: навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.
ПК-2, 1 уровень	ПК-2) — 1 ЗНАТЬ: основные стратегии исследований в выбранной области физики. УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики. ВЛАДЕТЬ: методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов

Таблица 8.1

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости
		Лекции	Практика	Самост. работа студента	Всего	
1	Классификация дефектов в кристаллах. Точечные, линейные, плоские и объемные дефекты.	4	2	3	9	Практическое задание
2	Термодинамика точечных дефектов. Оценка энергии образования и объема вакансий.	6	4	3	13	Экспресс-контрольный опрос
3	Подвижность точечных дефектов. Экспериментальные методы измерения энергии образования и движения вакансий. Избыточные точечные дефекты.	10	8	5	23	Практическое задание
4	Радиационные дефекты в кристаллах. Межузельные атомы.	4	4	5	13	Практическое задание
5	Диффузия в кристаллах. Механизмы диффузии. Коэффициент диффузии. Связь с точечными дефектами.	6	4	4	14	Экспресс-контрольный опрос
6	Экзамен			36	36	
	ВСЕГО	30	22	56	108	

Содержание разделов дисциплины

Таблица 8.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Классификация дефектов в кристаллах. Точечные, линейные, плоские и объемные дефекты.	Доказательство существования дефектов в кристаллах. Типы и классификация дефектов решетки. Точечные, линейные и плоские дефекты. Вакансии, межузельные атомы и их комплексы. Дислокация. Атомная модель дислокаций. Ядро дислокаций. Вектор Бюргерса. Типы дислокаций. Дисклинации. Типы дисклинаций. Дефекты упаковки. Атомная модель дефекта упаковки в ГЦК и ГПУ кристаллах.
2.	Термодинамика точечных дефектов. Оценка энергии образования и объема вакансий.	Термодинамика точечных дефектов. Энергия и энтропия образования точечных дефектов и их комплексов. Вакансии в упруго-изотропной среде. Расчет поля смещений, энергии и объема вакансии. Оценка энергии образования вакансий по температуре плавления и модулям упругости. Оценка энергии образования межузельного атома.
3.	Подвижность точечных дефектов. Экспериментальные методы измерения энергии образования и движения вакансий. Избыточные точечные дефекты.	Подвижность избыточных вакансий. Закалка избыточных вакансий. Экспериментальные методы измерения энергии активации образования и миграции вакансий. Кинетика выхода вакансий на стационарные и переменные стоки.
4.	Радиационные дефекты в кристаллах. Межузельные атомы.	Радиационные дефекты. Каскады столкновений. Структура каскадов. Кластеры точечных дефектов. Межузельные атомы. Гантельная конфигурация межузельных атомов. Явления неупругости и гистерезиса. Сравнительная оценка энергий активаций образования и миграции точечных дефектов различного типа.
5.	Диффузия в кристаллах. Механизмы диффузии. Коэффициент диффузии. Связь с точечными дефектами	Диффузия в кристаллах. Уравнения Фика. Механизмы диффузии. Диффузия вакансий. Задача выхода вакансий из тонкой пластины Сток вакансий на дислокации. Вакансионный механизм самодиффузии. Связь параметров диффузии с плотностью и подвижностью вакансий. Эффект Киркенделла. Диффузионная пористость.

9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

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 экзамену.

10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, и их карты: см. ФОС к дисциплине.
- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций: см. ФОС к дисциплине.
- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения: см. ФОС к дисциплине.
- Промежуточная аттестация подразумевает проведение экзамена в устной форме, который предусматривает дифференцированное оценивание ответа. Экзаменационный билет включает 2 вопроса.

11. Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной литературы.

• Основная литература

1. В.Б. Дудникова, В.С. Урусов, Е.В. Жариков Точечные дефекты и их кластеры в кристаллах форстерита. Изучение компьютерными методами и компьютерное моделирование. Изд-во ЛАМБЕРТ, 2013.
2. Сапарова А.С. Аникина В.И. Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения. Практикум Изд-во "Проспект", 2015, 146с.

• Дополнительная литература

1. Гегузин Я. Е. Диффузионная зона. - М.: Наука, 1979. - С. 343. Гл. 1-7.
2. Зайт В. Диффузия в металлах. - М.: Изд. И. Л., 1958. - С. 372
3. Орлов А. Н., Трушин Ю. В. Энергия точечных дефектов в металлах. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - Гл. 1-3.
4. Зеленский В. Ф., Неклюдов И. М., Черняева Т. П. Радиационные дефекты и набухание металлов. - Киев: Научная мысль, 1988. - С. 293. - Гл. 1-4.
5. Баллуфи Р. В., Кинг А. Г. Стоки для точечных дефектов в металлах и сплавах. Сб. Фазовые превращения при облучении. - Челябинск: Изд. Metallurgy, 1989. - С. 118-150.
6. Томпсон Т. Дефекты и радиационные повреждения в металлах. - М.: Мир, 1971. - С. 366. - Гл. 1, 5.
7. Кирсанов В. В., Суворов А. А., Трушин Ю. В. Процессы радиационного дефектообразования в металлах. М.: Энергоатомиздат, 1985. - С. 210.
8. Келли А., Гровз Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. - М.: Мир, 1974.
9. Рогман С. Дж. Влияние облучения на диффузию в металлах и сплавах. Сб. Фазовые превращения при облучении. - Челябинск: Изд. Metallurgy, 1989. - С. 151-167.
10. J.E.Bauerle, J.S. Koehler Quenched-in Lattice Defects in Gold / Phys. Rev V.107, N6.- 1957. P. 1493- 1498.
11. R.O.Simmons, R.W. Balluffi Measurements of equilibrium vacancy concentrations in aluminum / Phys Rev V. 117 N1 P. 52- 61.
12. Границы зерен и свойства металлов. Кайбышев О. А., Валиев Р. З. М.:Metallurgy, 1987. 214 с.
13. Дамаск А., Динс Дж. Точечные дефекты в металлах. - М: Мир, 1996. - С. 288. - Гл. 1,2,3,4.
14. Орлов А. Н. Дефекты // Физическая энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1. — С. 595—597. — 704 с.,
15. Штремель М. А. Прочность сплавов. Ч. I Дефекты решетки. М.: Изд. МИСиС, 1999. - С. 383. - Гл. 2, 4.
- 16.

17. Ehrhart, P. (1991) Properties and interactions of atomic defects in metals and alloys, volume 25 of Landolt-Börnstein, New Series III, chapter 2, p. 88, Springer, Berlin
18. Hong, J.; Hu, Z.; Probert, M.; Li, K.; Lv, D.; Yang, X.; Gu, L.; Mao, N.; Feng, Q.; Xie, L.; Zhang, J.; Wu, D.; Zhang, Z.; Jin, C.; Ji, W.; Zhang, X.; Yuan, J.; Zhang, Z. (2015). "Exploring atomic defects in molybdenum disulphide monolayers". Nature Communications **6**: 6293.
19. Mayr, S.; Ashkenazy, Y.; Albe, K.; Averbach, R. (2003). "Mechanisms of radiation-induced viscous flow: Role of point defects". Phys. Rev. Lett. **90** (5): 055505.
20. Ashkenazy, Yinon; Averbach, Robert S. (2012). "Irradiation Induced Grain Boundary Flow—A New Creep Mechanism at the Nanoscale". Nano Letters **12** (8): 4084–9.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

1. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>
2. Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – М., 2013- . URL: <http://www.biblio-online.ru/>
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>
4. Электронно-библиотечная система Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». - М, 2012- . – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2011-. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
6. Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2008-2016. – URL: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?theme=system>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>
8. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справ. правовая система. – Электрон. дан. – М., 1992- . – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
9. Гарант [Электронный ресурс] : информ.-правовое обеспечение / НПП «Гарант-Сервис». – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
10. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
11. SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/>
12. 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>

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)

При осуществлении образовательного процесса предполагается использование мультимедийных технологий, электронных ресурсов и коммуникационных технологий, включая сайт физического факультета, социальные сети, электронную почту, личные сайты преподавателей.

Описание материально-технической базы

Все виды материально-информационной базы Научной библиотеки ТГУ. Мультимедийное оборудование физического факультета ТГУ. Сеть Интернет. Программное обеспечение курсов, предшествующих изучению представленной дисциплины.

Аудитории, оснащенные компьютером с проектором, обычной и интерактивной досками, в том числе интерактивной доски ActiveVision – для проведения семинаров, лекционных и практических занятий.

12. Язык преподавания: русский

13. Преподаватель: профессор Дмитриев Андрей Иванович

Автор: профессор Дмитриев Андрей Иванович

Рецензент: профессор Шилько Евгений Викторович

Программа одобрена на заседании учебно-методической
комиссии физического факультета
Томского государственного университета

30.06.2016 года, протокол № 6-16.

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физического факультета

_____ О.Н. Чайковская

« _____ » _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ДЕФЕКТЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Направление подготовки

03.03.02 – Физика

Профиль подготовки

Фундаментальная физика

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина

1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина

В результате освоения дисциплины «Дефекты в твердых телах» у обучающегося формируются следующие компетенции:

- **ПК-1:** способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
- **ПК-2:** Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Общепрофессиональная компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **ЗНАТЬ:** специфику научного знания, современные проблемы физики, приемы самообразования.
- **УМЕТЬ:** приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы. Шифр: З (ПК-1) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Неполные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных проблемы физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Сформированные и систематические знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы
УМЕТЬ: осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе Шифр: У (ПК-1) -1	Отсутствие умений	Фрагментарное следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы	В целом успешное, но не систематическое следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать эффективные методы ведения научно-исследовательской работы	Успешное и систематическое следование принципам выбора эффективных методов ведения научно-исследовательской работы

<p>УМЕТЬ:</p> <p>применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p> <p>Шифр: У (ПК-1) -2</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Частично освоенное умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p>	<p>Успешное и систематическое использование умения применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики,</p> <p>оценивать их эффективность</p>
<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>навыками работы с научной и учебной литературой</p> <p>Шифр: В (ПК-1) -1</p>	<p>Не владеет</p>	<p>Фрагментарное владение понятийным аппаратом, не владеет навыками научного анализа при работе с научной и учебной литературой</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков научного анализа при работе с научной и учебной литературой,</p> <p>нуждается в помощи преподавателя или научного руководителя</p>	<p>Владеет навыками приобретения умений и знаний при работе с научной и учебной литературой</p>	<p>Свободно владеет понятийным аппаратом и навыками анализа научной и учебной литературой</p>

<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыками приобретения умений и знаний</p> <p>Шифр: В (ПК-1) -2</p>	<p>Не владеет</p>	<p>Фрагментарное владение методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков научного анализа и методологии научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков научного анализа и методологии научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний</p>
---	-------------------	--	---	--	---

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-2: способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные стратегии исследований в выбранной области физики.
- **УМЕТЬ:** выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики.
- **ВЛАДЕТЬ:** методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-2) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p>ЗНАТЬ: методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости</p> <p>Шифр: 3 (ПК-2) -1</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Общие, но не структурированные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные систематические знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости
<p>УМЕТЬ:</p> <p>анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	В целом успешный, но содержащий отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости

Шифр: У (ПК-2) -1					
<p>УМЕТЬ:</p> <p>самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Шифр: У (ПК-2) -2</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы</p> <p>умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>Сформированное умение</p> <p>самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта; умение</p> <p>оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации различных вариантов</p>

<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p> <p>Шифр: В (ПК-2) -1</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p>
<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p> <p>Шифр: В (ПК-2) -2</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p>

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

В курсе «Дефекты в твердых телах» используется балльно-рейтинговая система оценки знаний. Максимальная сумма баллов по дисциплине составляет 100 баллов и формируется следующим образом: 35 баллов по результатам текущей аттестации и 65 баллов по результатам промежуточной аттестации (экзамен). Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученной по итогам текущего контроля и промежуточной аттестации (устного экзамена).

Текущая аттестация включает:

- активность студента на семинарских занятиях: 5 семинаров по (0-7 баллов) за каждый, итого 0-35 баллов;

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена, который предусматривает дифференцированное оценивание ответа (0-65 баллов). Каждый экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов, относящихся к различным разделам дисциплины. К экзамену допускаются только студенты, успешно прошедшие текущую аттестацию.

Критерии формирования оценки на промежуточной аттестации (экзамен)

Количество баллов	Результат, продемонстрированный студентом на экзамене
46-65	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, способному самостоятельно принимать и обосновывать решения, оценивать их эффективность.
36-45	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему не критичные неточности в ответе
16-35	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия.
0-15	Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины

Соответствие рейтинговой оценки по стобалльной шкале пятибалльной шкале:

0-50 балла – «неудовлетворительно»;

51-70 баллов – «удовлетворительно»;

71-80 баллов – «хорошо»;

81-100 баллов – «отлично».

Распределение текущего контроля по семестру.

Семестр	Форма контроля	Срок отчетности	Максимальное количество баллов
1	Семинар	3 неделя, 5-6 неделя, 10-11 неделя	35
	Экзамен		65
	Суммарный рейтинг за семестр		100

Темы практических занятий (семинаров):

- Представления об основных дефектах кристаллической решетки, структурных моделях их строения и основных свойствах.
- Методы и способы экспериментального измерения энергии образования вакансий и межузельных атомов.
- Методы и способы экспериментального измерения энергии активации миграции вакансий и межузельных атомов.
- Экспериментальные методы изучения точечных дефектов.
- Радиационная повреждаемость и каскады атомных соударений

Перечень вопросов, выносимых на экзамен

Билет № 1

1. Подвижность вакансий. Время оседлой жизни вакансий.
2. Микроскопические механизмы диффузии в кристаллах. Расчет коэффициента самодиффузии при вакансионном механизме диффузии.

Билет № 2

1. Микроскопические механизмы диффузии в кристаллах. Расчет коэффициента самодиффузии при вакансионном механизме диффузии.
2. Опыты Симмонса-Баллуффи по измерению энергии образования вакансий в экспериментах по измерению температурной зависимости размеров кристаллов и параметра решетки.

Билет № 3

1. Избыточные вакансии. Измерение энергии образования вакансий в закаленных кристаллах.
2. Комплексы вакансий. Равновесная концентрация простейших комплексов.

Билет № 4

1. Термодинамика точечных дефектов. Равновесная концентрация при произвольной температуре.
2. Подвижность вакансий. Частота прыжков вакансий по узлам решетки.

Билет № 5

1. Отжиг вакансий. Методы экспериментального определения энергии активации миграции вакансий.
2. Самодиффузия в кристаллах. Феноменологические уравнения самодиффузии. Коэффициент и энергия активации са-

модиффузии.

Билет № 6

1. Оценка вибрационной энтропии вакансий.
2. Формирование вакансионных кластеров при отжиге закаленных кристаллов. Особенности кинетики отжига вакансий с образованием переменных стоков.

Билет № 7

1. Феноменологические уравнения диффузии (Уравнения Фика). Задача о самодиффузии в полубесконечном стержне.
2. Явления упругого последействия в кристаллах с межузельными атомами.

Билет № 8

1. Задача об отжиге вакансий в тонкой пластине. Кинетика отжига вакансий в тонкой пластине.
2. Стадии отжига точечных дефектов в облученных кристаллах. Сравнительные оценки энергии миграции вакансий и межузельных атомов.

Билет № 9

1. Оценка изменения объема при образовании вакансий в модели упруго-изотропного кристалла.
2. Кинетика отжига вакансий с образованием парных вакансий.

Билет № 10

1. Дефект упаковки в ГЦК кристаллах.
2. Механизм образования вакансий. Радиационные дефекты в каскадах столкновений.

Билет № 11

1. Оценка энергии образования вакансий в модели упруго-изотропного кристалла (смещение в полости $U = \delta_0 r_0^2 / r^2$).
2. Гантельная конфигурация межузельных атомов. Экспериментальное доказательство гантельной конфигурации в облученных кристаллах.

Билет № 12

1. Оценка энергии образования межузельного атома в модели упруго-изотропного твердого тела.
2. Закалка вакансий. Влияние скорости закалки и плотности стоков.

Билет № 13

1. Модель вакансии в упруго-изотропном твердом теле. Решение уравнения для поля смещений вакансии в упруго-изотропном твердом теле.
2. Экспериментальные доказательства вакансионного механизма диффузии в металлах. Опыты Киркендалла.

Билет № 14

1. Понятие дефекта в кристаллической решетке. Типы дефектов (классификация). Типы точечных дефектов.
2. Понятие дислокации. Определение дислокаций через контур Бюргера. Ядро дислокации

Билет № 15

1. Расчет плотности упругой энергии W_0 в модели изотропного упругого твердого тела. Энергия кристалла через энергию связи атомов.
2. Экспериментальные доказательства существования дефектов. Природа переменных стоков дефектов. Вывод конфигурационной энтропии для n вакансий

Билет № 16

1. Дефект упаковки в ГЦК кристаллах.
2. Уравнения Фика и их вывод. Уравнение диффузии. Механизмы диффузии. Пути ускорения диффузии. Механизм диффузии в чистых кристаллах