

высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра физики полупроводников

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Радиационная физика полупроводников для аспирантов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 3

профиль

Физика конденсированного состояния

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.ф.-м.н., профессор, член - корр. РАН



А.В. Двуреченский

Заведующий кафедрой физики полупроводников ФФ
академик РАН, д.ф.-м.н.,



А.В. Латышев

Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Радиационная физика для аспирантов»	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	6
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	7
5. Перечень учебной литературы	10
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	11
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	11
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	12
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	12
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине	12

Аннотация

к рабочей программе дисциплины «**Радиационная физика для аспирантов**»
» Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Физика конденсированного состояния**

Дисциплина «Радиационная физика для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика конденсированного состояния» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Радиационная физика для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика конденсированного состояния».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Цели дисциплины – овладение аспирантами основными понятиями, теоретическими моделями, методами и базовыми экспериментальными результатами в области физики конденсированного состояния и знакомство с современным состоянием данной области науки. В задачи входит углубленное изучение теоретических основ физики конденсированного состояния, развитие практических навыков решения задач и чтения оригинальной журнальной литературы в области физики конденсированного состояния, формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах физики конденсированного состояния, проблемах приложения методов физики конденсированного состояния в фундаментальных исследованиях и в приложениях, связанных с навигацией и связью. Дисциплина предназначена для аспирантов, область будущей профессиональной деятельности которых включает научные исследования, метрология и инженерная деятельность с использованием физики конденсированного состояния.

Дисциплина «Радиационная физика для аспирантов» реализуется в третьем семестре (второй курс аспирантуры).

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости включает контроль посещаемости обучающимися занятий, сдачу заданий, оценку их активности в ходе дискуссий и заключается в презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Радиационная физика для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции и практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

3	108	32	16		12	46		2		
Всего 108 часов /3 зачетных единицы из них: - контактная работа 62 часа - в интерактивных формах 28 часов										
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2										

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем /Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Физические процессы в твердых телах при радиационных воздействиях.	1-2	6	2	2		2			
2.	Упругие и неупругие соударения	3-4	6	2	2		2			
3.	Каналирование в монокристаллах	5-6	6	2	2		2			
4.	Радиационные дефекты при облучении ионами и нейтронами.	7-8	6	2	2		2			
5.	Процессы на поверхности полупроводников при облучении ионами низких энергий	9-10	6	2	2		2			
6.	Термическая стабильность радиационных изменений кристаллов	11-12	6	2	2		2			
7.	Оборудование для облучения электронами, ионами и нейтронами. МОП-приборы	13-14	6	2	2		2			
8.	Анализ структуры и состава твердых тел на основе радиационных процессов	15-16	6	2	2		2			
9.	Научные доклады обучающихся по тематикам их	1-16	58	16		12	30			

	научных исследований								
10.	Зачет	17	2						2
Всего			108	32	16	12	46		2

Программа курса по разделам и темам

Раздел 1. Введение в радиационную физику твердого тела. Условия классического и квантовомеханического описания взаимодействия быстрых частиц с твердым телом; приближение парных столкновений.

Раздел 2. Физические процессы в твердых телах при радиационных воздействиях (фотоны, мягкое рентгеновское излучение, низкоэнергетические электроны, тяжелые заряженные частицы, быстрые нейтроны, высокоэнергетические электроны, гамма – кванты, медленные нейтроны). Первичные и вторичные процессы.

Раздел 3. Кинематика упругих соударений. Максимальная переданная энергия атомам мишени. Пороговая энергия смещения атома в твердом теле. Сечение рассеяния. Пролет частиц в твердом теле.

Раздел 4. Потери энергии быстрых частиц в веществе на неупругие и упругие соударения. Тормозное рентгеновское излучение, черенковское излучение. Определение неупругих потерь энергии в твердом теле для быстрых частиц (приближение Н.Бора).

Раздел 5. Потенциалы ионно-атомного взаимодействия, модель атома Томаса-Ферми, заряд иона при движении в твердом теле, определение неупругих и упругих потерь энергии в твердом теле для любых значений энергий.

Раздел 6. Каналирование в монокристаллах. Рассеяние быстрых частиц на дефектах и примесях, смещенных из узлов решетки.

Раздел 7. Пробеги ионов в твердых телах, распределение пробегов; распределение имплантируемых элементов по глубине с учетом эффекта каналирования;

Раздел 8. Радиационные дефекты при облучении ионами и нейтронами. Пространственное распределение радиационных дефектов. Введение дефектов при облучении нейтронами. Число смещенных атомов при облучении ионами и нейтронами, распределение дефектов по глубине; соотношение между средним проецированным пробегом ионов и положением максимума концентрации дефектов.

Раздел 9. Подпороговое дефектообразование в полупроводниках: экситонный и электронно-дырочный механизмы; ионизационный механизм; электростатический механизм.

Раздел 10. Атомная конфигурация точечных дефектов. Типы точечных дефектов в твердом теле при облучении быстрыми частицами и взаимодействии компонентов пар Френкеля между собой и с примесями: вакансии, дивакансии, тетра-, пентавакансии, расщепленные междоузельные атомы, димеждоузельные конфигурации, цепочки междоузельных атомов.

Раздел 11. Предельная концентрация точечных дефектов при облучении различными частицами. Переход кристалл-аморфное состояние. Зависимость процесса аморфизации от температуры и массы налетающей частицы.

Раздел 12. Процессы на поверхности полупроводников при облучении ионами низких энергий: распыление, зависимость распыления от энергии и массы ионов, угла падения частиц на поверхность; механизмы послойного ионного травления полупроводников.

Раздел 13. Термическая стабильность радиационных изменений кристаллов. Механизмы отжига.

Раздел 14. Импульсный отжиг полупроводников: рекристаллизация имплантированных слоев, диффузия и сегрегация примесей; диффузионный синтез соединений при импульсном воздействии на двухслойную или многослойную структуру.

Раздел 15. Оборудование для облучения электронами, ионами и нейтронами. Фотонные фабрики.

Раздел 16. Ионное легирование. Основные преимущества метода. МОП-приборы: самосовмещенный затвор, снижение порогового напряжения; КМОП-транзисторы. Синтез захороненных слоев. Ионное перемешивание.

Раздел 17. Трансмутационное легирование полупроводников при облучении нейтронами. Активационный анализ. Спектрометрия обратного резерфордовского рассеяния. Масс-спектрометрия вторичных ионов и нейтральных частиц. Оже-спектрометрия.

План практических занятий

1. Введение в радиационную физику твердого тела. Условия классического и квантовомеханического описания взаимодействия быстрых частиц с твердым телом; приближение парных столкновений. Физические процессы в твердых телах при радиационных воздействиях (фотоны, мягкое рентгеновское излучение, низкоэнергетические электроны, тяжелые заряженные частицы, быстрые нейтроны, высокоэнергетические электроны, гамма – кванты, медленные нейтроны). Первичные и вторичные процессы.
2. Кинематика упругих соударений. Максимальная переданная энергия атомам мишени. Пороговая энергия смещения атома в твердом теле. Сечение рассеяния. Пробег частиц в твердом теле.
3. Потери энергии быстрых частиц в веществе на неупругие и упругие соударения. Тормозное рентгеновское излучение, черенковское излучение. Определение неупругих потерь энергии в твердом теле для быстрых частиц (приближение Н.Бора).
4. Потенциалы ионно-атомного взаимодействия, модель атома Томаса-Ферми, заряд иона при движении в твердом теле, определение неупругих и упругих потерь энергии в твердом теле для любых значений энергий.
5. Каналирование в монокристаллах. Рассеяние быстрых частиц на дефектах и примесях, смещенных из узлов решетки. Пробеги ионов в твердых телах, распределение пробегов; распределение имплантируемых элементов по глубине с учетом эффекта каналирования
6. Радиационные дефекты при облучении ионами и нейтронами. Пространственное распределение радиационных дефектов. Введение дефектов при облучении нейтронами. Число смещенных атомов при облучении ионами и нейтронами, распределение дефектов по глубине; соотношение между средним проецированным пробегом ионов и положением максимума концентрации дефектов.
- 7.; Подпороговое дефектообразование в полупроводниках: экситонный и электронно-дырочный механизмы; ионизационный механизм; электростатический механизм
8. Атомная конфигурация точечных дефектов. Типы точечных дефектов в твердом теле при облучении быстрыми частицами и взаимодействии компонентов пар Френкеля между собой и с примесями: вакансии, дивакансии, тетра-, пентавакансии, расщепленные междоузельные атомы, димеждоузельные конфигурации, цепочки междоузельных атомов
- 9.. Предельная концентрация точечных дефектов при облучении различными частицами. Переход кристалл-аморфное состояние. Зависимость процесса аморфизации от температуры и массы налетающей частицы.
- 10.. Процессы на поверхности полупроводников при облучении ионами низких энергий: распыление, зависимость распыления от энергии и массы ионов, угла падения частиц на поверхность; механизмы послойного ионного травления полупроводников.
11. Термическая стабильность радиационных изменений кристаллов. Механизмы отжига. Импульсный отжиг полупроводников: рекристаллизация имплантированных слоев, диффузия и сегрегация примесей; диффузионный синтез соединений при импульсном воздействии на двухслойную или многослойную структуру
- 12.. Оборудование для облучения электронами, ионами и нейтронами. Фотонные фабрики. Ионное легирование. Основные преимущества метода. МОП-приборы: самосовмещенный затвор, снижение порогового напряжения; КМОП-транзисторы. Синтез захороненных слоев. Ионное перемешивание

13.. Трансмутационное легирование полупроводников при облучении нейтронами. Активационный анализ. Спектрометрия обратного резерфордского рассеяния. Масс-спектрометрия вторичных ионов и нейтральных частиц. Оже-спектрометрия.

Теоретический материал курса освещается в ходе лекций. В лекциях обсуждается как необходимый математический аппарат и теоретические аспекты алгоритмов, так и реальные примеры использования обсуждаемых методов из практики наиболее известных экспериментов в мировой науке. Практикуется обсуждение проблемных вопросов, в том числе, с элементами свободной дискуссии с участием обучающихся и преподавателя. На занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся. Темы закрепляются в ходе самостоятельной работы обучающегося по решению задач с использованием рекомендованной литературы, а также в процессе научно-исследовательской деятельности. Материал всех лекций доступен в электронном виде. В ходе лекций широко используются компьютерные демонстрации.

Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада. Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением различных методов.	12

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных. Подготовка к практическим занятиям. Решение практических заданий.	46

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Магомедов М.Н. Изучение межатомного взаимодействия, образования вакансий и самодиффузии в кристаллах / М.Н. Магомедов Москва: Физматлит, 2010, 543 с.: ил., табл.; 22 см. ISBN 978-5-9221-1246-8.
2. Эланго М.А. Элементарные неупругие радиационные процессы / М. А. Эланго Москва: Наука, 1988, 148, [2] с.: ил. ; 22 см. ISBN 5-02-013831-2.
3. Фелдман Л, Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок / Пер.с англ. В.А. Аркадьева, Л.И. Огнева; Под ред. В.В. Белошицкого М: Мир, 1989, 342 с.: ил. ISBN 5030010173.

5.2 Дополнительная литература

4. Ланно М., Бургуэн Ж. Точечные дефекты в полупроводниках: экспериментальные аспекты / Жак Бургуэн, Мишель Ланно; пер. с англ. Ю.М. Гальперина [и др.]; под ред. [и с предисл.] В.Л. Гуревича Москва: Мир, 1985, 304 с..

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Размещение учебных материалов: Адрес страницы кафедры ИФП СО РАН
<http://www.isp.nsc.ru/obrazovanie/aspirantura/obshchaya-informatsiya>.

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;
- Электронный архив: «Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства» - URL: <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html>
- Раздел "Образование" сайта ИФП СО РАН - URL: http://www.isp.nsc.ru/index.php?ACTION=part&id_part=4&sub_part=81
- Поисковая платформа "Web of Knowledge" http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=S2kBCc@@@5IIfkFB7B9a&preferencesSaved=&highlighted_tab=WOS;
- <http://wokinfo.com/russian>

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).
6. БД Scopus (Elsevier).

7.2 Информационные справочные системы

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

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

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и проверки заданий для самостоятельного решения, презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса Текущий контроль успеваемости учитывается в рамках промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Радиационная физика для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Радиационная физика для аспирантов

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	Работа на занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	Работа на занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.	
УК-5.3	Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости		

от специфики профиля подготовки.		Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные	Продемонстрированы частично основные умения. Решены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены

		задачи. Имеют место грубые ошибки.	типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/раздела м дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимал ный набор навыков при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами .	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов. Продемонс трированы знания по решению нестандарт ных задач.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Тематика докладов дисциплины «Радиационная физика для аспирантов».

Ниже приведена примерная тематика докладов дисциплины (конкретная тема доклада определяется преподавателем совместно с обучающимся с учетом специфики научных исследований аспиранта).

1. Механизмы передачи энергии при движении быстрых частиц (электронов, ионов) в твердом теле. Максимальная переданная энергия атомам мишени. Пороговая энергия смещения атома в твердом теле

2. Потенциалы ионно-атомного взаимодействия, модель атома Томаса-Ферми, заряд иона при движении в твердом теле. Зависимость потерь энергии иона на единицу длины при движении в твердом теле в упругих и неупругих взаимодействиях в зависимости от его энергии.

3. Каналирование быстрых ионов в монокристаллах. Рассеяние быстрых частиц на дефектах и примесях, смещенных из узлов решетки.

4. Пробег ионов в твердых телах, распределение пробегов; распределение имплантируемых элементов по глубине с учетом эффекта каналирования

5. Ионное легирование. Основные преимущества метода. Использование для МОП-приборов: самосовмещенный затвор, снижение порогового напряжения.

Перечень задач для самостоятельного решения по курсу «Радиационная физика для аспирантов»:

1. Пучок ионов гелия с энергией 2 МэВ падает на серебряную фольгу толщиной и испытывает кулоновское рассеяние в соответствии с формулой Резерфорда. Каково расстояние наибольшего сближения атомов гелия с атомами мишени? Какая часть падающих ионов рассеивается назад (т.е. под углом, большим 90°)

2. Пленка углерода содержит поверхностные примеси Au, Ag и Si. Нарисуйте спектр обратного рассеяния, указав энергии и относительные амплитуды различных пиков.

3. Пользуясь законами сохранения энергии и импульса, вывести выражение для энергии, передаваемой от падающего на мишень иона атому мишени.
4. Нарисовать (качественно) зависимость потерь на единицу длины энергии быстрого иона, движущегося в твердом теле, в зависимости от его скорости.
5. Определить количество смещенных атомов при внедрении единичного иона фосфора с энергией 100 кэВ в кремний.
6. Оценить потери энергии на единицу длины ($\text{эВ}/\text{А}^\circ$) для ионов гелия с энергией 1 МэВ в кремнии.
7. Получить аналитическое выражение распределение пробегов быстрых ионов в твердом теле пользуясь законами статистической физики.
8. На основе каких физических свойств можно зафиксировать появление тонких (доли мкм) слоев расплава на поверхности полупроводников.
9. В результате импульсного воздействия мощного лазерного излучения на поверхности полупроводника образовался тонкий расплавленный слой. Как определить толщину расплавленного слоя?
10. Чему равен пробег иона фосфора с энергией 40 кэВ в кремнии в условиях каналирования?
11. Нарисуйте атомную конфигурацию точечных дефектов: вакансии, дивакансии, тетра-, пентавакансии, расщепленный междоузельный атом, димеждоузельные конфигурации, комплексы, включающие примесные атомы.
12. Выведите аналитическую зависимость дозы, необходимой для аморфизации облучаемого слоя, от температуры и массы налетающей частицы.
13. Нарисуйте последовательность технологических процессов для получения самосовмещенного затвора в МДП-транзисторе.
14. Определить дозу облучения кремния тепловыми нейтронами для введения фосфора с концентрацией $10^{12} / \text{см}^3$.
15. Найти пробег ионов мышьяка в германии с энергией 20 кэВ в предположении, что преобладают ядерные потери энергии и что сечение торможения не зависит от энергии.
16. Нарисуйте качественно пространственное распределение пробегов ионов в твердом теле и вводимых дефектов для двух случаев: а) масса налетающего иона много меньше массы атома мишени; б) обратный случай.
17. Нарисуйте качественно зависимость потерь энергии иона на ионизацию и упругие столкновения при его движении в твердом теле для быстрых ионов (движущихся со скоростью, близкой к скорости Бора) и ионов средних энергий.
18. Оцените минимальное время выхода атома из узла решетки при упругом взаимодействии с налетающей частицей и сравните с минимальным временем выхода атома из узла решетки за счет тепловых колебаний
19. Сформулируйте условия выхода атома из узла решетки за счет ионизации атомов в соседних ее узлах. Оцените характерное время выхода атома из узла решетки в таких условиях.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.