

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

### ***Б.1.3.7.1 «Физика интенсивных электронных и плазменных пучков»***

*по направлению подготовки*

*22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»*

*Профиль 1– «Материаловедение и технология новых материалов»*

*Квалификация – бакалавр*

форма обучения – очная

курс – 4

семестр – 7

зачетных единиц – 3

часов в неделю – 3

всего часов – 108

в том числе:

лекции – 18

коллоквиумы – нет

практические занятия – 36

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 54

зачет – 7 семестр

экзамен – нет

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью дисциплины «Физика интенсивных электронных и плазменных пучков» является формирование целостного представления о современном состоянии развития и проблемах электроники в области приборостроения, импульсной энергетики и генерирования плотных электронных и ионных пучков.

Задачи изучения дисциплины

В результате изучения курса студент должен приобрести знания по основам электронной и плазменной технологии, которые помогут ему решать научно-технологические проблемы, возникающие при работе в высокотехнологичных отраслях промышленности, а знать физические основы эмиссионных процессов; разбираться в особенностях формирования, транспортировки, управления и преобразования электронных и ионных потоков различной интенсивности (применительно к приборам вакуумной электроники). Получить практические знания и навыки по расчетам, конструированию и компьютерному моделированию элементов и узлов электронно-оптических систем приборов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Спецкурс «Дислокационная физика твердых тел» относится к числу основных дисциплин промежуточного цикла обучения специализации «Материаловедение и технология материалов», в которой рассматривается элементарная теория точечных, линейных и поверхностных дефектов, определяющих важнейшие свойства металлов и изменения их структуры при обработке и эксплуатации. Для успешного освоения дисциплины «Дислокационная физика твердых тел» студентам необходимо обладать знаниями в области следующих дисциплин:

- Б.1.1.16 «Общее материаловедение и технологии материалов»: классификацию материалов, свойства кристаллов;
- Б.1.1.8 «Физическая химия»: растворы, металлы, полимеры.
- Б.1.1.6 «Физика»: законы термодинамики; свойства кристаллов, аморфных материалов; диффузионные процессы;
- Б.1.1.5 «Математика»
- Б.1.2.5 «Физико-химические основы материаловедения и технологии получения материалов»: дислокации, дефекты кристаллов.
- Б.1.2.8 «Физика ионной имплантации металлов, полупроводников, диэлектриков».

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ПК-6.

Знает: методы использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями

Умеет: использовать на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями

Владеет: методами использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо-ду-ля	№ Неде-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы/ из них в интерактивной форме					
				Всего	Лек-ции	Коллок-виумы	Лабора-торные	Прак-тичес-кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
7 семестр									
		1	Физические основы электронной и плазменной технологий	15	2	-	-	5	7
		2	Проблемы взрывной эмиссии электронов	15	2	-	-	5	7
		3	Проблемы релятивистской высокочастотной электроники возбуждения	15	2	-	-	5	8
		4	Формирование и транспортировка электронных потоков различной интенсивности. Электронные пушки и прожекторы	16	2	-	-	5	8
		5	Управление электронными потоками. Электронные линзы.	16	4	-	-	5	8

			Преобразование энергии электронных потоков в другие виды. Эффекты взаимодействия.						
		6	Физические процессы в ионизованном газе и плазме. Типы газовых разрядов.	16	4	-	-	5	8
		7	Формирование, методы ускорения и диагностики плазменных потоков Применение изученных физических процессов в элементах и узлах вакуумных и плазменных приборов	15	2	-	-	6	8
Всего				108	18	-	-	36	54

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	<i>Физические основы электронной и плазменной технологий.</i> Основы электронно- и ионно-лучевых технологий, возможности плазмохимических технологий. Структура и эмиссионные свойства сильноточных газовых разрядов и создание на их основе эффективных источников заряженных частиц с плазменными эмиттерами. Технологические применения сильноточных импульсно-периодических электронных ускорителей.	1-3
2	2	2	<i>Проблемы взрывной эмиссии электронов</i> Электронная теория твердого тела. Базовые соотношения и модели, описывающие процессы термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторично-электронной, фотоэлектронной эмиссий. Основные типы катодных структур для указанных видов эмиссионных процессов, их конструктивные, технологические особенности и области применения.	1-3
2	2	3	<i>Проблемы релятивистской высокочастотной электроники возбуждения.</i> Электронная теория твердого тела. Базовые соотношения и модели, описывающие процессы термоэлектронной, автоэлектронной, взрывной, вторично-	1-6

			электронной, фотоэлектронной эмиссий. Основные типы катодных структур для указанных видов эмиссионных процессов, их конструктивные, технологические особенности и области применения.	
3	2	4	<i>Формирование и транспортировка электронных потоков различной интенсивности. Электронные пушки и прожекторы.</i> Движение заряженных частиц в однородном постоянном и аксиально-симметричном электростатических полях. Движение заряженных частиц в однородном постоянном магнитном поле. Движение заряженных частиц в постоянных электрическом и магнитном полях произвольной ориентации. Влияние пространственного заряда на движение электронного потока. Электронные пушки и прожекторы. Плоская пушка Пирса. Пушки Пирса цилиндрического и сферического типов. Таблицы значений Лэнгмюра. Пушки электронных приборов магнетронного типа.	1-6
3	2	5	<i>Управление электронными потоками. Электронные линзы. Преобразование энергии электронных потоков в другие виды. Эффекты взаимодействия.</i> Электростатические и магнитные линзы и их типы. Иммерсионные линзы. Одиночные (симметричные) линзы. Диафрагмы. Иммерсионные объективы. Тонкие и толстые линзы. Основные параметры линз. Понятие апертурного угла. Формула Лагранжа-Гельмгольца. Аберрации и другие виды искажений в электронных линзах. Коррекция аберраций. Фокусировка интенсивных электронных пучков.	1-6
4	2	6	<i>Физические процессы в ионизованном газе и плазме. Типы газовых разрядов.</i> Ионизованный газ и плазма, элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях, основные методы генерации плазмы, модели для описания свойств плазмы. Основы физики газового разряда. Явления переноса, колебания, неустойчивости, эмиссионные свойства и излучение плазмы. Плазма в магнитном поле. Применение плазмы в электронике.	1-8
5	2	7	<i>Формирование, методы ускорения и диагностики плазменных потоков</i> Применение изученных физических процессов в элементах и узлах вакуумных и плазменных приборов. Ионно-оптические системы. Методы ускорения и диагностики параметров плазмы. Источники ионов с поверхностной ионизацией.	1-8

			Плазменные эмиттеры. Способы отбора ионов с поверхностей различной формы. Ионная фокусировка	
--	--	--	--	--

## 6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы не предусмотрены учебным планом

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	5	1	Основы электронно- и ионно-лучевых технологий, возможности плазмохимических технологий.	[1-5,10]
2	5	2	Конструкция и принцип действия основных узлов установок.	[1-5,10]
3	5	3	Физика вакуумных разрядов, взрывной электронной эмиссии. Методы повышения электрической прочности вакуумной изоляции	[1-5,10]
4	5	4	Структура и эмиссионные свойства сильноточных газовых разрядов и создание на их основе эффективных источников заряженных частиц с плазменными эмиттерами.	[1-5,10]
5	5	5	Расчет пушек Пирса по данным электронного пучка.	[1-4, 6-9]
6	5	6	Уравнение траектории электрона в постоянном электрическом и магнитном полях.	[1-4, 6-9]
7	6	7	Ионно-лучевой ускоритель для исследований и промышленного применения.	[1-4, 6-9]

## 8. Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	2	Физические основы электронной и плазменной технологий.	1,2,16,17,25,26
2	4	Проблемы взрывной эмиссии электронов	1,2,7-11,29
3	6	Проблемы релятивистской высокочастотной электроники возбуждения.	1,2,7-11,29
4	4	Формирование и транспортировка электронных потоков различной интенсивности. Электронные пушки и прожекторы.	1,2,7-11,29
5	6	Управление электронными потоками. Электронные линзы. Преобразование энергии электронных потоков в другие виды. Эффекты	1,2,9,10,11,14,15

		взаимодействия.	
6	8	Физические процессы в ионизованном газе и плазме. Типы газовых разрядов.	1,2,9,17,29
7	4	Формирование, методы ускорения и диагностики плазменных потоков Применение изученных физических процессов в элементах и узлах вакуумных и плазменных приборов.	1,2,9,17,29

**10. Расчетно-графическая работа**  
*Не предусмотрена учебным планом*

**11. Курсовая работа**  
*Не предусмотрена учебным планом*

**12. Курсовой проект**  
*Не предусмотрен учебным планом*

**13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Сформированность компетенции ПК-6 оценивается по следующим критериям:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Б.1.3.7.1 «Физика интенсивных электронных и плазменных пучков»	Знать: методы использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	Лекции, практические занятия	Устные опросы, тестирование, экзамен
Уметь: использовать на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями		Лабораторные занятия, практические занятия	Устные опросы, тестирование	
Владеть: методами использования на практике современных представлений о влиянии		Лабораторные занятия	Устные опросы, тестирование	

		микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, частицами и излучениями		
--	--	--	--	--

*Б.1.3.7.1 «Физика интенсивных электронных и плазменных пучков»*

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	<p>Знать: методы использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов</p> <p>Уметь: использовать на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Владеть: методами использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p>
Продвинутый (хорошо)	<p>Знать: методы использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Уметь: использовать на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Владеть: методами использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействия с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p>



Высокий (отлично)	<p>Знать: методы использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Уметь: использовать на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Владеть: методами использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p>
-------------------	---

#### **14. Вопросы для зачета**

1. Определение «электронно-ионно-плазменных технологий»
2. Особенности и основные преимущества обработки веществ плазмой и потоками ускоренных частиц.
3. Основные области применения плазменных технологий и их особенности.
4. Основные области применения электронно-пучковых технологий и их особенности.
5. Основные области применения ионно-лучевых технологий и их особенности.
6. Современный уровень развития техники и технологии электронно-ионно-плазменной обработки материалов и изделий.
7. Перспективы расширения сфер применения новых технологий в промышленности.
8. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии плазмы с веществом.
9. Примеры использования процессов взаимодействия плазмы с веществом в технологии.
10. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии ускоренных электронов с веществом.
11. Современные возможности и перспективы использования основных физических процессов взаимодействия электронов с веществом в технологии.
12. Основные физические процессы, происходящие при взаимодействии ускоренных ионов с веществом.
13. Современные возможности и перспективы использования основных физических процессов взаимодействия ионов с веществом в технологии.

14. Примеры промышленных процессов обработки материалов плазмой и концентрированными плазменными потоками. Достигнутые физические, технологические и эксплуатационные показатели этих процессов и их результатов.

15. Промышленные процессы обработки материалов сфокусированными электронными пучками.

16. Промышленные процессы обработки материалов широкими электронными пучками.

17. Промышленные процессы обработки материалов сфокусированными ионными пучками.

18. Промышленные процессы обработки материалов широкими ионными пучками.

19. Комбинированные методы воздействия корпускулярных потоков на вещество.

20. Сравнительный анализ достигнутых физических и технологических показателей при использовании различных энергоносителей.

21. Основные типы, особенности конструкций, характеристики и области применения плазмодгенераторов.

22. Основные типы технологических электронных источников, особенности их конструкций, характеристики и области применения.

23. Основные типы технологических ионных источников, особенности их конструкций, характеристики и области применения.

24. Примеры оборудования для комбинированной ЭИП обработки материалов и изделий.

25. Основные этапы разработки и внедрения новых ЭИП технологий и оборудования в производство.

26. Смысл технологического анализа при внедрении новых ЭИП технологий.

27. Критерии выбора ЭИП технологий при обработке изделий

28. Основные научные проблемы, которые необходимо решить в ходе внедрения в ЭИПТ.

29. Основные этапы анализа рынка ЭИПТ и конкуренции на рынке высоких технологий.

30. Отклоняющие и фокусирующие свойства электростатического поля

31. Понятие параксиального электронного потока.

32. Отклоняющие и фокусирующие свойства постоянного магнитного поля.

33. Фазовая фокусировка.

34. Понятие слабых, интенсивных, релятивистских и нерелятивистских электронных потоков. Понятие первеанса потока.

35. Влияние анодного отверстия на формирование электронного потока. Влияние тепловых скоростей на размеры электронного потока.

36. Магнитная фокусировка и ее виды: фокусировка Бриллюэна, фокусировка сопровождения, периодическая фокусировка.

37. Электростатическая фокусировка и ее виды: центробежная фокусировка, периодическая фокусировка, фокусировка отдельными линзами.

38. Фокусирующие системы с отклоняющими полями. Способы преобразования, основанные на взаимодействии с внешними электромагнитными полями, энергетический эффект взаимодействия.

39. Способы преобразования, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами.

40. Катодолюминесценция, катодоусиление, рентгеновское излучение, нагрев.

#### **14. Образовательные технологии**

Для достижения планируемых результатов используется следующие образовательные технологии:

1. Дистанционные на основе информационно-образовательной среды СГТУ имени Гагарина Ю.А., основе реализации возможности самостоятельного изучения материалов по всем видам образовательной деятельности в соответствии с учебным планом, в том числе до прохождения занятий, текущего дистанционного консультирования студентов.

2. Развивающее проблемно-ориентированное обучение, направленное на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения на основе рассмотрения примеров из практической деятельности преподавателей, в области научно-практических исследований.

3. Личностно ориентированное обучение, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе в рамках самостоятельной работы.

#### **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

##### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Дубнищев Ю. Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учеб. пособие / Ю. Н. Дубнищев. - 4-е изд., испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 368 с. Экземпляры всего: 10.

2. Салех Б. Оптика и фотоника : принципы и применения : в 2 т. : учеб. пособие / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2012. Т. 1. - 2012. - 760 с. Экземпляры всего: 10.

3. Бондаренко Г.Г. Основы материаловедения [Электронный ресурс] : учебник / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко ; под ред. Г. Г. Бондаренко.-2-е изд. (эл.). - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 763 с.). -М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - (Учебник для высшей школы). - Систем. требования: Adobe Reader XI; экран 10".

*Режим доступа:* <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323777.html>

4. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э. Г. Раков.-Эл. изд.- М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.-477с. : ил. - (Нанотехнологии).

*Режим доступа:* <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321087.html>

5. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Старостин.-4-е изд. (эл.).-Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 434 с.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - (Нанотехнологии).-Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10".

*Режим доступа:* <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326013.html>

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6. Фахльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологии : учеб. пособие / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д. О. Чаркина, В. В. Уточниковой под ред. Ю. Д. Третьякова, Е. А. Гудилина. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2011. - 464 с. Экземпляры всего: 10

7. Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография / под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана ; пер. с англ. А. Д. Калашникова. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2011. - 528 с. Экземпляры всего: 11.

8. Фахльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологии : учеб. пособие / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д. О. Чаркина, В. В. Уточниковой под ред. Ю. Д. Третьякова, Е. А. Гудилина. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2011. - 464 с. Экземпляры всего: 10.

9. Полимерные нанокompозиты / под ред.: Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю ; пер. с англ. А. Е. Грахова под ред. Н. И. Бауровой. - М. : Техносфера, 2011. - 688 с. Экземпляры всего: 10.

10. Рыжонков Д.И. Наноматериалы : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 365 с. Экземпляры всего: 10.

#### ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

10. *Материаловедение [Текст]* : науч.-техн. журн. - М. : ООО "Наука и технологии", 1997 - . - Выходит ежемесячно. - ISSN 1684-579X(2010-2012)

11. *Известия РАН. Механика твердого тела.* - М. : Наука, 1966 - . - Выходит раз в два месяца. - ISSN 0572-329

#### 17. Материально-техническое обеспечение

Лекционная аудитория площадью 60 м<sup>2</sup>, оборудованная мебелью, компьютером, проектором, экраном, доской для записей флوماстером или

мелом, лаборатория для проведения лабораторных работ площадью 60 м<sup>2</sup>, оборудованная компьютером, проектором, экраном, доской для записей фломастером или мелом, наглядными пособиями, техническими средствами

Все лекции сопровождаются демонстрацией материалов в виде презентаций Power Point с наглядными иллюстрациями, графиками, таблицами.

### **Наглядные пособия**

1. Плакаты.
2. Образцы сталей и чугунов.
3. Образцы цветных тяжелых и легких сплавов.
4. Образцы твердых сплавов и порошковых материалов.
5. Образцы пластмасс.
6. Металлорежущие инструменты.

### **Технические средства**

1. Микроскопы МИМ-7, МБС-1.
2. Твердомеры ТП-2, ТШ.
3. Цифровой микротвердомер HVS-1000B
4. Копры маятниковые БКМ-5, КМ-05.
5. Машина испытательная универсальная Н75К-S
6. Муфельные печи.
7. Универсальный лазерный комплекс LRS-50
8. Измеритель энергии и мощности