



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **Электронная оптика**

**Кафедра физической электроники**

**Образовательная программа**

**11.04.04-Электроника и наноэлектроника**

Профиль подготовки:

**Физическая электроника**

Уровень высшего образования  
магистратура

Форма обучения

**Очная**

Статус дисциплины: вариативная по выбору

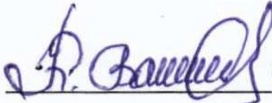
Махачкала, 2016 год

Рабочая программа дисциплины «**Электронная оптика**» составлена в 2016 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **11.04.04 Электроника и наноэлектроника** (уровень: магистратура) от «30» октября 2014г. №1407.

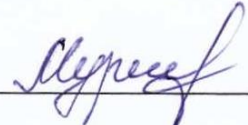
Разработчик: кафедра физической электроники, Юнусов А.М., к.ф.-м.н., доцент

**Рабочая программа дисциплины одобрена:**

на заседании кафедры физической электроники от «25» мая 2016 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Омаров О.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «26» мая 2016 г., протокол № 9.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«27» мая 2016 г.  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина входит в *вариативную по выбору* часть образовательной программы *магистратуры* по направлению 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника.

Дисциплина реализуется на физическом факультете, кафедрой физической электроники.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания; о законах движения заряженных и нейтральных частиц, законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения, основах квантового описания частиц на основе концепции волновых функций, строении атомов и молекул в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, квантовой механики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения основ физики плазмы, спектроскопии плазмы, основ физики газовых лазеров, физических основ плазменных технологий.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общекультурных – ОК-2, общепрофессиональных – ОПК-1 профессиональных - ПК-18.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме - *контрольная работа, коллоквиум* и промежуточный контроль в форме *зачета.*

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, 72 ч в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
2	72	10		22			40	Зачет

### 1. Цели освоения дисциплины.

Целью курса является ознакомление студентов с основами электронной оптики, которая является физической основой процессов, лежащих в основе действия приборов электронной оптики, а также с принципом действия и особенностями. Как существующих, так и вновь разрабатываемых приборов электронной оптики, главными результатами, достигнутыми в этой области.

В процессе изучения данной дисциплины студенты должны всесторонне и глубоко усвоить теоретический материал, овладеть методами расчета различных физических явлений в системах, находящих практическое применение, должны хорошо усвоить физическую основу работы приборов электронной оптики, взаимосвязи их характеристик и параметров, уметь применить полученные знания на практике, в частности при выполнении дипломных работ, при проведении научных исследований.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц, законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения, основах квантового описания частиц на основе концепции волновых функций, строении атомов и молекул в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, квантовой механики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения основ физики плазмы, спектроскопии плазмы, основ физики газовых лазеров, физических основ плазменных технологий.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

Компетенции	Формирование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОК-2	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно научно-педагогической деятельности;</li><li>• современные методы</li></ul>

		<p>научно-педагогической работы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• этические и правовые нормы, иметь представление о толерантности как основе взаимоотношений между людьми;</li> <li>• волновые свойства микрочастиц, квантование энергии частицы в твердом теле, элементы статистики электронов и дырок в собственных и примесных полупроводниках,</li> <li>• элементы теории дефектов в кристаллах и зонной теории, механизмы электропроводности твердых тел, методы получения и свойства контактов Ме-полупроводник.</li> <li>• Теории выпрямления, типы и механизмы пробоя барьерных структур, принцип работы фотоэлектрических приборов, физические явления на поверхности полупроводника.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• организовать научно-педагогическую работу, проявлять навыки в управлении исследовательским коллективом;</li> <li>• использовать в научных исследованиях информационные справочники и поисковые системы;</li> <li>• формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-педагогической</li> </ul>
--	--	---

		<p>деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования;</li> <li>• классифицировать материалы по кристаллической структуре, электрофизическим свойствам, рассчитывать параметры носителей заряда в полупроводниках;</li> <li>• строить энергетические диаграммы барьерных структур, определять ширину слоя объемного заряда на поверхности полупроводника и в области контакта двух материалов, измерять удельное сопротивление полупроводника.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основами научно-педагогической работы, методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях;</li> <li>• компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях;</li> <li>• навыками профессионального мышления, необходимыми для своевременного определения цели, задач педагогической деятельности.</li> </ul>
ОПК-1	способностью понимать основные проблемы в своей	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• фокусирующие</li> </ul>

	<p>предметной области, выбирать методы и средства их решения;</p>	<p>устройства:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• формирования пучка в электронной пушке;</li> <li>• первая и вторая линза электронной пушки;</li> <li>• практические конструкции электронных пушек;</li> <li>• люминирующие экраны. Характеристики экранов (спектральные, электрические);</li> <li>• принцип работы и ограничения светового микроскопа;</li> <li>• принцип работы просвечивающего электронного микроскопа;</li> <li>• типы электронных микроскопов: растровый, отражательный, эмиссионный.</li> </ul> <p><b>Уметь обслуживать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• осциллографические электронно-лучевые трубки;</li> <li>• приемные телевизионные трубки;</li> <li>• передающие телевизионные приборы (иконоскоп, ортископ);</li> <li>• ЭОПы и усилители яркости изображения. Электронный микроскоп;</li> <li>• рассчитывать параметры носителей заряда в полупроводниках, строить энергетические диаграммы барьерных структур;</li> <li>• приборы СВЧ электроники. Клистроны. Магнетрон. ЛБВ, ЛОВ.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основными методами измерений параметров и характеристик полупроводниковых материалов и приборов;</li> <li>• математическим аппаратом для расчета параметров технологического процесса</li> </ul>
--	---	--

		<p>и обработки экспериментальных данных;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основными навыками применения компьютерных технологий в научных исследованиях;</li> <li>• современными программными средствами моделирование устройств электроники и нанoeлектроники.</li> </ul>
ПК-18	<p>способность проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием к выполнению выпускных квалификационных работ бакалавров.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методику подготовки и проведения лабораторных, практических и семинарских занятий;</li> <li>• методику выдачи студентам заданий и приема расчетно-графических и контрольных работ, курсовых работ и проектов;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• самостоятельно проводить лабораторные, практические и семинарские занятия;</li> <li>• самостоятельно принимать у студентов зачеты, экзамены и оценивать результаты расчетно-графических и контрольных работ, курсовых работ и проектов;</li> <li>• использовать технические и электронные средства обучения.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками проведения лабораторных, практических и семинарских занятий;</li> <li>• навыками выдачи студентам заданий и приема расчетно-графических и контрольных работ,</li> </ul>



		курсовых работ и проектов; • культурой речи и общения.
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Оптика. Геометрическая оптика.									
1	Предмет и задачи электронной оптики. Схема аналитического расчета. Оптико-механическая аналогия.	3		1				3	Устный опрос
2	Методы расчета и экспериментального исследования электрических и магнитных полей.	3		1	2			3	Семинарское занятие
3	Движение электронов в аксиально-симметрических электрических полях. Основное уравнение электронной оптики.	3		1	2			3	Устный опрос
4	Движение электронов в аксиально-симметрических магнитных полях. Уравнение движения.	3		1				4	Устный опрос

5	Электронные линзы. Электростатические и магнитные линзы. Типы электростатических линз.	3		1	2			3	Устный опрос
6	Движение электронов в плоских полях. Цилиндрические линзы.	3		1				3	Устный опрос
7	Квадрупольные электростатические и магнитные линзы.	3						5	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 1:</i>			6	6			24	36
<b>Модуль 2. Приборы электронной оптики</b>									
1	Основные элементы электронно-лучевых приборов. Фокусирование устройства. Отклоняющие устройства. Приёмник.	3		1	6			3	Устный опрос
2	Электронный микроскоп. Разрешающая способность.	3		1				3	Устный опрос
3	Осциллографические электронно-лучевые трубки. Радиолокационные трубки. Приемные телевизионные трубки (кинескопы и, цв. проекторы)	3		1	4			3	Устный опрос
4	Приборы СВЧ электроники. Клистрон. Магнетроны. ЛБВ, ЛОВ	3			2			3	Устный опрос
5	Ускорители заряженных частиц. Циклотрон. Бетатрон. Линейные ускорители.	3		1	4			4	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 2:</i>			4	16			16	36
	<b>...Итого</b>			10	22			40	72

### **4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).**

#### ***Модуль 1.***

**Тема 1.** Прямая и обратная задачи, возникающие при рассмотрении движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Схема аналитического расчета. Оптика - механическая аналогия.

**Тема 2.** Исследование электрических полей методом конечной разности потенциалов, электролитической ванны, электроинтеграторов, упругой мембраны. Экспериментальные методы нахождения магнитных полей: метод баллистического гальванометра, метод датчика Холла, метод милливеберметра.

**Тема 3.** Распределение потенциала осесимметричного электрического поля. Траектория параксиальных электронов. Анализ основного уравнения электронной оптики. Методы решения основного уравнения. Метод последовательных приближений, метод линейных отрезков.

Распределения магнитной индукции осесимметричного магнитного поля. Движение электронов в осесимметричном магнитном поле. Уравнение траектории. Анализ основного уравнения электронной оптики. Осесимметричные электростатические электронные линзы. Оптическая сила электростатической линзы. Типы электростатических электронных линз: отдельная диафрагма, одиночная линза, иммерсионная линза, иммерсионный объектив. Электростатические электронные зеркала. Осесимметричные магнитные линзы. Оптическая сила магнитной линзы. Аберрации электронных линз. Сферическая и хроматическая аберрации. Цилиндрические электронные линзы.

Фокусировка поперечными полями. Квадрупольные электростатические и магнитные линзы.

#### ***Модуль 2.***

**Тема 4.** Фокусирующие устройства. Формирования пучка в электронной пушке. Первая линза электронной пушки, формирование скрещения. Вторая линза электронной пушки, параметры пятна. Практические конструкции электронных пушек. Пушка с нулевым током первого анода. Работа катода в электронной пушке. Отклоняющие устройства. Общие закономерности магнитного отклонения электронных пучков. Конструкция электростатических и магнитных отклоняющих систем искажения при отклонении.

Люминизирующие экраны. Характеристики экранов (спектральные, электрические).

**Тема 5.** Осциллографические электронно-лучевые трубки. Конструктивные особенности, основные параметры. Разрешающая способность, чувствительность, скорость записи, частотная характеристика. Приемные телевизионные трубки. Основные параметры, конструктивные особенности. Передающие телевизионные приборы (икonosкоп, ортикон).

ЭОПы и усилители яркости изображения. Электронный микроскоп. Принцип работы и ограничения светового микроскопа. Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа. Разрешающая способность

электронного микроскопа. Магнитный и электростатический варианты просвечивающего электронного микроскопа. Типы электронных микроскопов: растровый, отражательный, эмиссионный.

**Тема 6.** Понятие первичного пучка. Основные элементы системы формирования интенсивных электронных пучков. Схема формирования интенсивных электронных пучков. Пушки Пирса.

**Тема 7.** Приборы СВЧ электроники. Клистроны. Магнетрон. ЛБВ, ЛОВ.

### ***Темы практических занятий:***

Тема 1. Основная задача электронной оптики.

Тема 2. Методы расчета и экспериментального исследования электрических и магнитных полей.

Тема 3. Движение электронов в осесимметричных электрических и магнитных полях.

Тема 4. Электронные линзы.

Тема 5. Интенсивные пучки.

Тема 6. Основные элементы электронно-лучевых приборов.

Тема 7. Основные классы электронно-лучевых приборов.

### **Лабораторные работы (лабораторный практикум)**

Лабораторные занятия по дисциплине программой не предусмотрены.

### **5. Образовательные технологии:**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентного подхода дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 10 часов аудиторных занятий.

### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

1. Методические указания к курсу лекций по электронной оптике. ДГУ, 1998г.
2. Методические указания к проведению практических занятий по электронной оптике. ДГУ, 1998г.

**Перечень** учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;

- наглядные пособия;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

**Самостоятельная работа студентов:**

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки.

**7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

**7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-2	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно научно-педагогической деятельности;</li> <li>• современные методы научно-педагогической работы;</li> <li>• этические и правовые нормы, иметь представление о толерантности как основе взаимоотношений между людьми;</li> <li>• волновые свойства микрочастиц, квантование энергии частицы в твердом теле, элементы статистики электронов и дырок в собственных и примесных полупроводниках,</li> <li>• элементы теории дефектов в кристаллах и зонной теории, механизмы электропроводности твердых тел, методы получения и свойства контактов Ме-полупроводник.</li> <li>• Теории выпрямления, типы и механизмы пробоя барьерных структур, принцип работы фотоэлектрических приборов, физические явления на поверхности полупроводника.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• организовать научно-педагогическую работу, проявлять навыки в управлении</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

	<p>исследовательским коллективом;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать в научных исследованиях информационные справочники и поисковые системы;</li> <li>• формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-педагогической деятельности;</li> <li>• выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования;</li> <li>• классифицировать материалы по кристаллической структуре, электрофизическим свойствам, рассчитывать параметры носителей заряда в полупроводниках;</li> <li>• строить энергетические диаграммы барьерных структур, определять ширину слоя объемного заряда на поверхности полупроводника и в области контакта двух материалов, измерять удельное сопротивление полупроводника.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основами научно-педагогической работы, методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях;</li> <li>• компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях;</li> <li>• навыками профессионального мышления, необходимыми для своевременного определения цели, задач педагогической деятельности.</li> </ul>	
ОПК-1	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• фокусирующие устройства;</li> <li>• формирования пучка в электронной пушке;</li> <li>• первая и вторая линза электронной пушки;</li> <li>• практические конструкции электронных пушек;</li> <li>• люминизирующие экраны. Характеристики экранов (спектральные, электрические);</li> <li>• принцип работы и ограничения светового микроскопа;</li> <li>• принцип работы просвечивающего электронного микроскопа;</li> <li>• типы электронных микроскопов: растровый, отражательный, эмиссионный.</li> </ul> <p><b>Уметь обслуживать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• осциллографические электронно-лучевые</li> </ul>	Письменный опрос

	<p>трубки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• приемные телевизионные трубки;</li> <li>• передающие телевизионные приборы (иконоскоп, ортискон);</li> <li>• ЭОПы и усилители яркости изображения. Электронный микроскоп;</li> <li>• рассчитывать параметры носителей заряда в полупроводниках, строить энергетические диаграммы барьерных структур;</li> <li>• приборы СВЧ электроники. Клистроны. Магнетрон. ЛБВ, ЛОВ.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основными методами измерений параметров и характеристик полупроводниковых материалов и приборов;</li> <li>• математическим аппаратом для расчета параметров технологического процесса и обработки экспериментальных данных;</li> <li>• основными навыками применения компьютерных технологий в научных исследованиях;</li> </ul> <p>современными программными средствами моделирование устройств электроники и наноэлектроники.</p>	
ПК-18	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методику подготовки и проведения лабораторных, практических и семинарских занятий;</li> <li>• методику выдачи студентам заданий и приема расчетно-графических и контрольных работ, курсовых работ и проектов;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• самостоятельно проводить лабораторные, практические и семинарские занятия;</li> <li>• самостоятельно принимать у студентов зачеты, экзамены и оценивать результаты расчетно-графических и контрольных работ, курсовых работ и проектов;</li> <li>• использовать технические и электронные средства обучения.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками проведения лабораторных, практических и семинарских занятий;</li> <li>• навыками выдачи студентам заданий и приема расчетно-графических и контрольных работ, курсовых работ и проектов;</li> <li>• культурой речи и общения.</li> </ul>	Круглый стол

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание

шкал оценивания.

**Схема оценки уровня формирования компетенции ОК-2** - способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Отлично	Хорошо	Удовлетворительно
Пороговый	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	демонстрирует способность успешно использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	показывает умение использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	демонстрирует навыки использования на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом

**Схема оценки уровня формирования компетенции ОПК-1** - способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Отлично	Хорошо	Удовлетворительно
Пороговый	способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	демонстрирует способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	показывает умение понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	демонстрирует навыки понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения

**Схема оценки уровня формирования компетенции ПК-18** - способность проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров



Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Отлично	Хорошо	Удовлетворительно
Пороговый	способностью проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров	демонстрирует способность самостоятельно проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров	показывает умение проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров	демонстрирует навыки проведения лабораторных и практических занятия со студентами, руководства курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### *Вопросы к зачету.*

1. Основная задача электронной оптики.
2. Схема аналитического расчета задачи электронной оптики.
3. Оптико-механическая аналогия. Принцип Ферма, принцип Эйлера.
4. Методы расчета и экспериментального исследования электрических полей.
5. Методы измерения магнитных полей.
6. Основное уравнение параксиальной электронной оптики.
7. Оптическая сила электростатической электронной линзы.
8. Типы электростатических электронных линз.
9. Магнитная линза. Оптическая сила магнитной линзы.
10. Аберрации электронных линз.
11. Цилиндрические электронные линзы.
12. Квадрупольные электронные линзы.
13. Схема формирования интенсивных пучков.
14. Принцип построения пушек Пирса.
15. Фокусирующие системы. Основные требования предъявляемые к фокусирующим системам. Формирования пучка в электронной пушке, первая и вторая линзы.
16. Практические конструкции электронных пушек.
17. Отклоняющие системы. Электростатические и магнитные отклоняющие системы.
18. Конструкция отклоняющих систем.

- 19.Экраны, характеристики люминесцентных экранов.
- 20.Осциллографические электронно-лучевые трубки. Основные характеристики.
- 21.Приемные телевизионные трубки (кинескопы).
- 22.Передающие телевизионные трубки (иконоскоп, ортискон, видикон).
- 23.ЭОПы и усилители света. Основные характеристики.
- 24.Рентгеновский усилитель света.
- 25.Электронный микроскоп. Разрешающая сила электронного микроскопа.
- 26.Магнитный и электростатические варианты электронного микроскопа.
- 27.Типы электронных микроскопов: просвечивающий, растровый, эмиссионный, отражательный.
- 28.Электронно-лучевые коммутаторы.
- 29.Расчет пороговой чувствительности ЭОП.
- 30.ЭОП основанный на явлении вторичной электронной эмиссии на прострел.

### ТЕСТЫ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ ОПТИКЕ

1) Электрон ускорен разностью потенциалов 1 МэВ. Какую формулу нужно использовать для определения скорости электронов?

№ Да

$$m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) = eU$$

№ Нет

$$\frac{mv^2}{2} = eU$$

№ Нет

$$\frac{m_0^2 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = eU$$

№ Нет

$$\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = eU$$

2) Что общего между движением электронов в электрическом поле и распространением светового луча в оптической среде?

1. Выполняется принцип Ферма
2. Энергия электрона и фотона меняется
3. Показатель преломления в обоих случаях меняется непрерывно
4. Форма преломляющей поверхности и показатель преломления связаны.

3) Какова роль отверстия в аноде в пушке Пирса?

1. Для увеличения первеанса пучка и уменьшения токовой нагрузки катода
2. Для уменьшения токовой нагрузки катода
3. Для получения параллельного электронного пучка
4. Для увеличения первеанса пучка

4) В каком из нижеперечисленных приборов применяется пушка Пирса?

1. Клистрон
2. Радиолокационная трубка
3. Иконоскоп
4. Осциллографическая трубка

5) Какое из ниже приведенных выражений определяет электронно-оптический показатель преломления?

№ Да

$$n = \sqrt{U} - \sqrt{\frac{e}{2m}} (\vec{A} \cdot \vec{S})$$

№ Нет

$$2n = \sqrt{U}$$

№ Нет

$$n = \frac{v}{c}$$

№ Нет

$$n = \frac{c}{v}$$

6) Какие допущения вводятся при решении задач связанных с формированием интенсивных пучков?

1. Начальные скорости электронов испускаемых катодом  $v = 0$
2. пучки
3. Плотность тока не одинакова во всех точках какого-либо поперечного сечения пучка
4. Условия турбулентности потока электронов

7) Как объяснить, что основное уравнение электронной оптики неоднородное в релятивистском случае, становится однородным при  $v \approx c$ ?

1. В релятивистском случае прирост энергии электрона идет за счет увеличения скорости, а так же массы
2. При  $v \ll c$  прирост энергии электрона идет за счет увеличения скорости
3. При  $v = c$  прирост энергии электрона идет за счет увеличения массы
4. Ростом скорости электронов

8) Какие траектории электронов называются параксиальными?

1. Величины  $r \ll r^2$ , где  $r$  – удаление электрона от оси

2.  $\vartheta > \vartheta_z$ , где  $\vartheta_z$  - осевая составляющая скорости
3.  $\vartheta < \vartheta_z$

9) Какое из ниже приведенных выражений справедливо для определения оптической силы квадрупольной линзы?

1.  $\frac{1}{f} = \frac{U_3^2}{U_a^2 L a^4}$
2.  $\frac{1}{f} = \frac{U_a^2 L a^4}{U_3^2}$
3.  $\frac{1}{f} = \frac{U_3}{U_a^2 L a^3}$
- $\frac{1}{f} = \frac{a^3 U_3}{U_a^2 \cdot L}$

10) Какое из ниже приведенных выражений справедливо для определения оптической силы цилиндрической магнитной линзы?

№ Да

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{2mU_0} \int_a^b B_0^2(z) dz$$

№ Нет

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{4mU_0} \int_a^b B_0^2(z) dz$$

№ Нет

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{8mU_0} \int_a^b B_0^2(z) dz$$

№ Нет

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{mU_0} \int_a^b B_0^2(z) dz.$$

11) Какое преимущество имеет система с периодической фокусировкой по сравнению с ограничивающими системами с однородным магнитным полем?

1. Занимает меньше пространства
2. Высокая экономичность
3. Позволяет получать гладкие пучки
4. Позволяет получать пучки с высоким первансом.

12) От чего зависит увеличение длиной магнитной линзы?

1. От числа ампервитков
2. От числа витков
3. От длины
4. Увеличение длиной магнитной линзы постоянно, равно  $l$ .

13) Чем определяется тип электростатической электронной линзы?

1. Характером изменения осевого потенциала
2. Потенциалами электродов
3. Формой электродов
4. Материалом электродов

14) Какие требования предъявляются ко всем типам пучков (сплошные, ассиметричные, трубчатые, ленточные)?

1. Высокий первеанс
2. Граница пучка должна быть несколько дальше от стенок пролетной трубы
3. Непараксиальность траекторий электронов в пучке
4. Наличие релятивистских эффектов

15) Каковы преимущества квадрупольных линз по сравнению с осесимметричными и цилиндрическими линзами?

№ Да

1. В них используются поперечные поля, в которых силы, действующие на заряженную частицу, направлены почти перпендикулярно их траекториям; это позволяет создать гораздо более сильные линзы
2. Квадрупольная линза создает хорошо сфокусированное изображение точки
3. Лишена аберраций
4. Не дают поворота изображения.

16) На чем основано моделирование электрического поля методом упругой мембраны?

1. По аналогии уравнений, которым описывается поверхность упругой мембраны при небольших углах деформации и уравнение Лапласа для электрического потенциала
2. По аналогии уравнений, которым описывается поверхность упругой мембраны при небольших углах деформации и уравнение Лапласа для электрического потенциала
3. По аналогии уравнений, которым описывается поверхность упругой мембраны при небольших углах деформации и уравнение Лапласа для плоского электрического поля
4. По аналогии уравнений Лапласа и уравнения поверхности

17) Какое из ниже приведенных выражений определяет радиус бриллюэновского пучка?

№ Да

$$a = \sqrt{6,7 \cdot 10^{-7}} \frac{I^{1/2}}{B \vartheta^{1/4}}$$

№ Нет

$$a = \sqrt{6,7 \cdot 10^{-7}} \frac{I}{B \vartheta^{1/4}}$$

№ Нет

$$a = \sqrt{6,7 \cdot 10^{-7}} \frac{I}{B \vartheta^{2/3}}$$

№ Нет

$$a = \sqrt{6,7 \cdot 10^{-7}} \frac{I}{B^2 \vartheta^{1/4}}$$

18) Какой из ниже перечисленных экспериментальных методов определения электрического поля является более точным?

1. Метод электроинтеграторов
2. Метод электролитической ванны
3. Метод полупроводящей бумаги
4. Метод резиновой мембраны

19) Какое напряжение нужно подводить к электродам при определении электрического поля методом электролитической ванны?

1. Переменное ( $f=50$  Гц)
2. Постоянное
3. Переменное ( $f=10$  Гц)
4. Переменное ( $f=1$  МГц)

20) Что изучается в электронной оптике? Какой ответ правильный?

1. Движение заряженных частиц (электронов, ионов) в электрических и магнитных полях в вакууме; формирование пучков электронов и ионов; получения изображения с помощью электронных и ионных пучков
2. Движение электронов в электрических и магнитных полях, формирование электронных пучков
3. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях
4. Электронные линзы

№вопрос 1

Что общего в траектории параксиальных электронов движущихся в осесимметричных электрических и магнитных полях?

№ Да

Траектории пересекают ось симметрии

№ Нет

Траектории обратимы

№ Нет

Траектории не зависят от заряда и массы

№ Нет

Траектории плоские кривые

№вопрос 1

Каким методом не решается основная задача электронной оптики?

№ Да  
Аналитическим  
№ Нет  
Методом электронно-оптической аналогии  
№ Нет  
Методом конечной разности потенциалов  
№ Нет  
Графо-аналитическим методом.  
№вопрос 1  
Распределение основного потенциала электрического поля получено в виде некоторой кривой. Как найти траекторию электрона?  
№ Да  
Решением основного уравнения методом линейных отрезков  
№ Нет  
Решением основного уравнения электронной оптики методом последовательных приближений  
№ Нет  
Графо-аналитическим методом  
№ Нет  
Методом гравитационного моделирования.  
№вопрос 1  
Чем отличается основное уравнение электронной оптики в релятивистском случае по сравнению, когда  $v \ll c$  ?  
№ Да  
Уравнение неоднородно относительно осевого потенциала  
№ Нет  
Уравнение однородно относительно осевого потенциала  
№ Нет  
Уравнение однородно относительно  $r(z)$   
№ Нет  
Уравнение однородно относительно осевого потенциала и  $r(z)$ .  
№вопрос 1  
От чего зависит оптическая сила электростатической электронной линзы?  
№ Да  
От напряженности поля внутри линзы  
№ Нет  
От заряда электрона  
№ Нет  
От массы электрона  
№ Нет  
От квадрата напряженности электрического поля внутри линзы.  
№вопрос 1  
От чего зависит тип электростатической электронной линзы?  
№ Да  
От характера распределения осевого потенциала

№ Нет  
От напряженности поля в линзе

№ Нет  
От характера изменения первой производной осевого потенциала

№ Нет  
От характера изменения второй производной осевого потенциала

№вопрос 1  
От чего зависит оптическая сила магнитной линзы?

№ Да  
От квадрата напряженности магнитного поля

№ Нет  
От напряженности магнитного поля в линзе

№ Нет  
От числа витков катушки

№ Нет  
От длины катушки.

№вопрос 1  
От чего зависит угол поворота изображения в магнитной линзе?

№ Да  
От напряженности магнитного поля

№ Нет  
От угла вылета электрона

№ Нет  
От положения изображаемой точки относительно линзы

№ Нет  
От квадрата напряженности магнитного поля.

№вопрос 1  
Как зависит оптическая сила линзы от направления магнитного поля?

№ Да  
Не зависит

№ Нет  
Меняет знак при изменении направления магнитного поля

№ Нет  
Увеличивается

№ Нет  
Уменьшается

№вопрос 1  
Какое различие между осесимметричной и цилиндрической линзы?

№ Да  
Оптическая сила цилиндрической линзы больше

№ Нет  
Цилиндрическая линза имеет точечный фокус

№ Нет  
Осесимметрическая линза имеет линейный фокус

№ Нет



Оптическая сила цилиндрической линзы меньше.

№вопрос 1

От чего зависит оптическая сила квадрупольной электростатической линзы

№ Да

От скорости электронов

№ Нет

От материала электродов

№ Нет

От формы электродов

№ Нет

От напряженности электрического поля на оси.

№вопрос 1

Каковы причины сферической аберрации электронных линз?

№ Да

Непараксиальность электронных траекторий в плоскости объекта

№ Нет

Непараксиальность электронных траекторий в плоскости линзы

№ Нет

Взаимодействие электронов в пучке

№ Нет

Разброс электронов по скоростям.

№вопрос 1

Какой метод решения можно применить, если известно осевое распределение потенциала?

№ Да

Метод последовательных приближений

№ Нет

Метод линейных отрезков

№ Нет

Метод гравитационного моделирования

№ Нет

Метод ломанной

№вопрос 1

Какой ответ является правильным? Электростатическая электронная линза – это область осесимметричного электрического поля в которое вторая производная осевого потенциала

№ Да

Больше нуля

№ Нет

Меньше нуля

№ Нет

Равно нулю

№ Нет

Бесконечна.

№вопрос 1

В каком случае электростатическая электронная линза будет электронным зеркалом?

№ Да

Потенциал, хотя бы одного электрода линзы ниже потенциала катода

№ Нет

Потенциалы электродов линзы выше потенциала катода

№ Нет

Потенциал электродов линзы ниже потенциала катода

№ Нет

Потенциал, хотя бы одного электрода линзы равен нулю.

№вопрос 1

Каковы особенности пушек Пирса?

№ Да

Пушка однопотенциальная

№ Нет

Пушка двухлинзовая

№ Нет

Пушка с нулевым током первого анода

№ Нет

Пушка с нулевым фокусирующим потенциалом.

№вопрос 1

Под каким углом расположен формирующий электрод к сечению пучка в пушках Пирса?

№ Да

67,5°

№ Нет

65,7°

№ Нет

75°

№ Нет

60°

№вопрос 1

В каком случае не возможна фокусировка пучка, если первенс пучка имеет значение:

№ Да

$P=10^{-7} \text{ A/V}^{3/2}$

№ Нет

$P=10^{-10} \text{ A/V}^{3/2}$

№ Нет

$P=10^{-11} \text{ A/V}^{3/2}$

№ Нет

$P=10^{-12} \text{ A/V}^{3/2}$

№вопрос 1

Какими факторами можно охарактеризовать действие пространственного заряда в пучке?

№ Да

Расширением электронного пучка в пространстве свободном от поля

№ Нет

Возрастанием тока пучка

№ Нет

Ростом потенциала пучка

№ Нет

Сужением электронного пучка в пространстве свободном от поля.

№вопрос 1

Ниже перечислены области системы формирования интенсивных пучков, какая из этих областей может отсутствовать?

№ Да

Переходная область между электронной пушкой и пролетным каналом

№ Нет

Пролетный канал

№ Нет

Электронная пушка

№ Нет

Приемник электронного пучка

№вопрос 1

Каковы причины возникновения хроматической абберации?

№ Да

Разброс электронов по скоростям

№ Нет

Дифракция электронов

№ Нет

Нарушение осевой симметрии поля

№ Нет

Взаимодействие электронов в пучке.

№вопрос 1

Как будет отображаться точечный объект квадрупольной линзой?

№ Да

Отрезком прямой

№ Нет

Точкой

№ Нет

Кругом

№ Нет

Эллипсом.

№блок=2

№вопрос 2

Как уменьшить искажения при магнитном отклонении?

№ Да

Уменьшить апертуру пучка

№ Нет  
Уменьшить величину магнитного поля  
№ Да  
Уменьшить угол отклонения  
№ Да  
Увеличить ускоряющее напряжение  
№вопрос 2  
Что из себя представляют большинство практически используемых  
катодолуминофоров?  
№ Да  
Полупроводники примесные  
№ Нет  
Проводники  
№ Да  
Диэлектрики  
№ Нет  
Сегнетоэлектрики  
№вопрос 2  
Какие из указанных факторов влияют на разрешающую способность  
осциллографической трубки?  
№ Да  
Величина aberrаций электронных линз  
№ Нет  
Площадь эмитирующей поверхности катода  
№ Да  
Структура и толщина экрана  
№ Да  
Ускоряющее напряжение  
№вопрос 2  
От чего зависит качество электронно-лучевой трубки?  
№ Да  
Удельной чувствительности  
№ Нет  
Чувствительности  
№ Да  
Разрешающей способности  
№ Да  
Долговечности работы катода  
№вопрос 2  
От чего зависит чувствительность электростатического отклонения  
электронно-лучевой трубки?  
№ Да  
От ускоряющего напряжения  
№ Нет  
От массы электрона

№ Да

От длины пластин и расстояния между пластинами

№ Нет

От заряда электрона.

№вопрос 2

Как можно уменьшить искажения при электростатическом отклонении электронного пучка?

№ Да

Использовать симметричную схему подачи напряжения на отклоняющие пластины

№ Нет

Использовать несимметричную схему подачи напряжения на отклоняющие пластины

№ Да

Уменьшить угол отклонения

№ Нет

Уменьшить площадь пластины отклоняющей системы.

№вопрос 2

От чего зависит чувствительность магнитного отклонения электронно-лучевой трубки?

№ Да

От ускоряющего напряжения

№ Нет

От величины магнитного поля

№ Да

От заряда электрона

№ Нет

От тока пучка

№ Да

От массы электрона

№вопрос 2

В чем преимущество ортископа над иконоскопом?

№ Да

Имеет большую чувствительность

№ Нет

Имеет большую разрешенную способность

№ Да

Автоматически воспроизводит уровень черного

№ Нет

Хорошо работает при высоких освещенностях объекта

№вопрос 2

Какое из указанных факторов влияет на коэффициент преобразования лучистого потока?

№ Да

Чувствительность фотокатода

№ Нет

Площадь фотокатода

№ Да

Ускоряющее напряжение

№ Да

Эффективность экрана

№вопрос 2

Какие конструктивные особенности имеет рентгеновский усилитель света по сравнению с обычным усилителем?

№ Да

Большой диаметр входного фотокатода

№ Нет

Камеры рентгеновского усилителя одинаковы

№ Да

Наличие стеклянной перегородки для преобразования рентгеновского изображения в электронное

№ Нет

Наличие стекло-волоконной перегородки между камерами

№вопрос 2

Как можно изменить спектральные характеристики катодлюминофора?

№ Да

Путем термической обработки

№ Нет

Алюминиевым покрытием

№ Да

Путем удаления примесей и дефектов

№ Да

Путем механической обработки

№вопрос 2

Для чего экраны электронно-лучевых приборов алюминуют?

№ Да

Для увеличения яркости и контрастности изображения

№ Нет

Для защиты экраны от удара электронов

№ Да

Для увеличения разрешающей способности

№ Да

Для защиты люминофора от удара положительных ионов

№вопрос 2

Какие пушки применяются в осциллографических трубках?

№ Да

Электростатические пушки

№ Нет

Магнитные пушки

№ Да

Двухлинзовые пушки

№ Нет

Пушки Пирса

№вопрос 2

Какие требования предъявляются к электронному прожектору?

№ Да

Электронно-оптическая система должна обеспечивать в плоскости приемника возможно меньшее сечение электронного пучка и большую плотность тока

№ Нет

Электронно-оптическая система прожектора должна обеспечивать в плоскости приемника большую плотность тока

№ Да

Элементы прожектора должны изготавливаться из ферромагнитных металлов

№ Нет

Электронно-оптическая система прожектора должна обеспечивать в плоскости приемника не большое сечение

№вопрос 2

Какой из указанных металлов используется в качестве активатора в люминофорах?

№ Да

Серебро

№ Нет

Алюминий

№ Да

Марганец

№ Нет

Медь

№вопрос 2

От чего зависит радиус пятна на экране прожектора?

№ Да

От показателей преломления в области катода и в области изображения

№ Нет

От энергии электронов

№ Да

От радиуса скрещения

№ Да

От углов схождения электронного луча в области катода и в области изображения

№вопрос 2

Чем отличается электростатическая пушка от магнитной?

№ Да

У электростатической пушки первая и вторая линзы электростатические

№ Нет

У электростатической пушки ток пучка больше  
№ Да  
Работа электростатической пушки не требует затраты мощности  
№ Нет  
Электростатическая пушка требует стабилизации напряжения  
№вопрос 2  
Какие требования предъявляются к люминофорам, используемым для изготовления экранов?  
№ Да  
Высокая физико-химическая стойкость  
№ Нет  
Изменение свойств при измельчении до размеров нескольких микрон  
№ Да  
Хорошие вторично-эмиссионные свойства  
№ Да  
Хорошо обезгаживаются  
№вопрос 2  
Какой из указанных процессов присутствует в ортиконе?  
№ Да  
Вторичная эмиссия  
№ Нет  
Вторичное электронное умножение  
№ Да  
Фотоэмиссия  
№ Да  
Термоэлектронная эмиссия  
№вопрос 2  
Какой из указанных факторов является характерным для современных кинескопов?  
№ Да  
Алюминирование экранов  
№ Нет  
Электростатические отклоняющие системы  
№ Да  
Электростатические пушки  
№ Да  
Высокие анодные напряжения  
№вопрос 2  
Какой из указанных элементов не является характерным как для черно-белого, так и для цветного кинескопа?  
№ Да  
Магнитная отклоняющая система  
№ Нет  
Магнит коррекции синего  
№ Да



Высокие ускоряющие напряжения

№ Нет

Магнит чистоты цвета

№вопрос 2

Какой из указанных элементов не присутствует в иконоскопе?

№ Да

Фотокатод

№ Нет

Сигнальная пластина

№ Да

Фокусирующая катушка

№ Да

Стекловолоконная перегородка

№вопрос 2

В чем преимущество ортикона над иконоскопом?

№ Да

Принцип накопления заряда в ортиконе используются на сто процентов

№ Нет

Ортыкон может работать при высоких уровнях освещенности

№ Да

Большая чувствительность

№ Нет

Характеристика сигнал – свет в ортыконе линейна

№блок 3

№кейс

№вопрос 1

На рис. 1 представлена схема электростатической линзы. Потенциал катода  $U=0$ , сеточной диафрагмы  $U_c=100$  В, анодной диафрагмы  $U_a=1000$  В. Расстояние от катода К до сеточной диафрагмы  $d_1=0,5$  мм, от сеточной до анодной диафрагмы  $d_2=1$  мм. Напряженность поля слева от сеточной диафрагмы  $E_1$ , справа  $E_2$ . Напряженность поля справа от анодной диафрагмы  $E_3$ . Тип линзы:

№ Да

Иммерсионный объектив

№ Нет

Одиночная линза

№ Нет

Иммерсионная линза

№ Нет

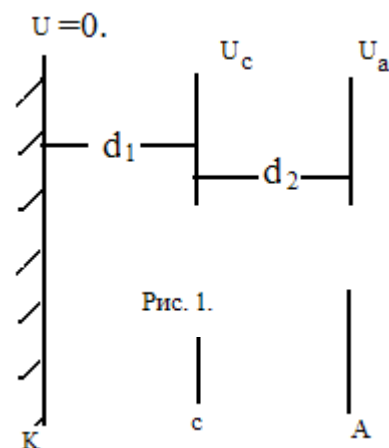
Отдельная диафрагма

№ Кейс

№вопрос 1

На рис. 1 представлена схема

электростатической линзы. Потенциал катода  $U=0$ , сеточной диафрагмы  $U_c=100$  В, анодной диафрагмы  $U_a=1000$  В. Расстояние от катода К до сеточной



диафрагмы  $d_1=0,5$  мм, от сеточной до анодной диафрагмы  $d_2= 1$  мм. Напряженность поля слева от сеточной диафрагмы  $E_1$ , справа  $E_2$ . Напряженность поля справа от анодной диафрагмы  $E_3$ . Тип линзы:

№ Да

Для увеличения первеанса пучка и уменьшения токовой нагрузки катода

№ Нет

Для уменьшения токовой нагрузки катода

№ Нет

Для получения параллельного электронного пучка

№ Нет

Для увеличения первеанса пучка

№ Кейс

№вопрос 1

На рис. 1 представлена схема электростатической линзы. Потенциал катода  $U=0$ , сеточной диафрагмы  $U_c= 100$  В, анодной диафрагмы  $U_a=1000$  В. Расстояние от катода К до сеточной диафрагмы  $d_1=0,5$  мм, от сеточной до анодной диафрагмы  $d_2= 1$  мм. Напряженность поля слева от сеточной диафрагмы  $E_1$ , справа  $E_2$ . Напряженность поля справа от анодной диафрагмы  $E_3$ . Тип линзы:

№ Да

Для увеличения первеанса пучка и уменьшения токовой нагрузки катода

№ Нет

Для уменьшения токовой нагрузки катода

№ Нет

Для получения параллельного электронного пучка

№ Нет

Для увеличения первеанса пучка

№ Кейс

№вопрос 1

На рис. 1 представлена схема электростатической линзы. Потенциал катода  $U=0$ , сеточной диафрагмы  $U_c= 100$  В, анодной диафрагмы  $U_a=1000$  В. Расстояние от катода К до сеточной диафрагмы  $d_1=0,5$  мм, от сеточной до анодной диафрагмы  $d_2= 1$  мм. Напряженность поля слева от сеточной диафрагмы  $E_1$ , справа  $E_2$ . Напряженность поля справа от анодной диафрагмы  $E_3$ . Оптическая сила сеточной и анодной диафрагмы:

№ Да

$$\frac{1}{f_c} = \frac{E_1 - E_2}{4U_c}; \frac{1}{f_a} = \frac{E_2 - E_3}{4U_a}.$$

№ Нет

$$\frac{1}{f_c} = \frac{E_2 - E_1}{4U_c}; \frac{1}{f_a} = \frac{E_3 - E_2}{4U_a}.$$

№ Нет

$$\frac{1}{f_c} = \frac{E_1}{4U_c}; \frac{1}{f_a} = \frac{E_2}{4U_a}.$$

№ Нет

$$\frac{1}{f_c} = \frac{E_2}{4U_c}; \frac{1}{f_a} = \frac{E_3}{4U_a}$$

№ Кейс

№вопрос 1

На рис. 1 представлена схема электростатической линзы. Потенциал катода  $U=0$ , сеточной диафрагмы  $U_c=100$  В, анодной диафрагмы  $U_a=1000$  В. Расстояние от катода К до сеточной диафрагмы  $d_1=0,5$  мм, от сеточной до анодной диафрагмы  $d_2=1$  мм. Напряженность поля слева от сеточной диафрагмы  $E_1$ , справа  $E_2$ . Напряженность поля справа от анодной диафрагмы  $E_3$ . Оптическая сила иммерсионного объектива:

№ Да

$$\frac{1}{f_{\text{и.о.}}} = \frac{1}{f_c} + \frac{1}{f_a}$$

№ Нет

$$\frac{1}{f_{\text{и.о.}}} = \frac{1}{f_c} - \frac{1}{f_a}$$

№ Нет

$$\frac{1}{f_{\text{и.о.}}} = -\frac{1}{f_c} - \frac{1}{f_a}$$

№ Нет

$$\frac{1}{f_{\text{и.о.}}} = -\frac{1}{f_c} + \frac{1}{f_a}$$

№ Кейс

№вопрос 1

Электростатическая отклоняющая система представляет собой пару параллельных пластин длиной  $a$ , расположенных на расстоянии  $d$ . Расстояние от середины отклоняющих пластин до экрана  $L$ . Ускоряющее напряжение  $U=2000$  В. Чувствительность отклоняющей системы:

№ Да

$$\frac{aL}{2dU}$$

№ Нет

$$\frac{aL}{4dU}$$

№ Нет

$$\frac{2aL}{dU}$$

№ Нет

$$\frac{2aL}{dU}$$

№ Кейс

№вопрос 1

Электростатическая отклоняющая система представляет собой пару параллельных пластин длиной  $a$ , расположенных на расстоянии  $d$ . Расстояние от середины отклоняющих пластин до экрана  $L$ . Ускоряющее напряжение  $U = 2000$  В. Чувствительность отклоняющей системы:

№ Да

$$\frac{L}{2U} \operatorname{tg} \alpha$$

№ Нет

$$\frac{1}{2U} \operatorname{tg} \alpha$$

№ Нет

$$\frac{L}{2} \operatorname{tg} \alpha$$

№ Нет

$$\frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha$$

№ Кейс

№вопрос 1

Электростатическая отклоняющая система представляет собой пару параллельных пластин длиной  $a$ , расположенных на расстоянии  $d$ . Расстояние от середины отклоняющих пластин до экрана  $L$ . Ускоряющее напряжение  $U = 2000$  В. Полное отклонение луча на экране, при  $a = 20$  мм,  $d = 5$  мм,  $L = 0,25$  м:

№ Да

0,5 м

№ Нет

0,75 м

№ Нет

0,05 м

№ Нет

1 м

№ Кейс

№вопрос 1

Электронно-оптическая система (рис. 2) состоит из катода К, двух диафрагм  $g_1$  и  $g_2$ , и анода А. Все расстояния между электродами одинаковы и равны  $d = 1$  см. Потенциал первой диафрагмы равен потенциалу анода и равен  $U_1 = 100$  В. Фокусные расстояния диафрагм:

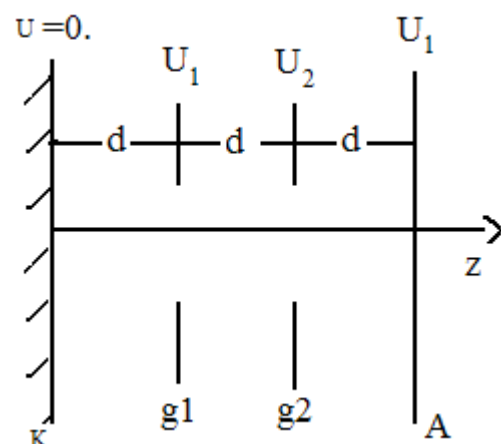
№ Да

$$f_1 = \frac{4dU_1}{U_2 - U_1}; f_2 = \frac{4dU_1}{2(U_1 - U_2)}$$

№ Нет

$$f_1 = \frac{4U_1}{U_2 - U_1}; f_2 = \frac{4U_1}{2(U_1 - U_2)}$$

№ Нет



$$f_1 = \frac{dU_1}{U_2 - U_1}; f_2 = \frac{4dU_1}{2(U_1 - U_2)}$$

Рис.2.

№ Нет

$$f_1 = \frac{U_1}{2d(U_2 - U_1)}; f_2 = \frac{U_1}{4(U_1 - U_2)}$$

№ Кейс

№вопрос 1

Электронно-оптическая система (рис. 2) состоит из катода К, двух диафрагм  $g_1$  и  $g_2$ , и анода А, Все расстояния между электродами одинаковы и равны  $d=1$  см. Потенциал первой диафрагмы равен потенциалу анода и равен  $U_1=100$  В. Оптический эквивалент рассматриваемой электронно-оптической системы:

№ Да

Первая и вторая линзы собирающие

№ Нет

Первая - собирающая, вторая - рассеивающая

№ Нет

Первая – рассеивающая, вторая - собирающая

№ Нет

Обе рассеивающие линзы.

№ Кейс

№вопрос 1

Электронно-оптическая система (рис. 2) состоит из катода К, двух диафрагм  $g_1$  и  $g_2$ , и анода А, Все расстояния между электродами одинаковы и равны  $d=1$  см. Потенциал первой диафрагмы равен потенциалу анода и равен  $U_1=100$  В. Потенциал второй диафрагмы (см. рис. 2) при  $U_1=100$  В:

№ Да

100 В

№ Нет

150 В

№ Нет

200 В

№ Нет

240 В.

№ Кейс

№вопрос 1

Магнитное поле в ускорительной камере циклотрона составляет 1,8 Тл. Объект ускорения ионы дейтерия. Максимально достижимая энергия дейтронов составляет 12 МэВ. Частота высокочастотного генератора:

№ Да

$$f = f_B = \frac{eB}{2\pi M_0}$$

№ Нет

$$f = f_B = \frac{eB}{M_0}$$

№ Нет

$$f = f_B = \frac{eB}{\pi M_0}$$

№ Нет

$$f = f_B = \frac{eB}{4\pi M_0}$$

№ Кейс

№вопрос 1

Магнитное поле в ускорительной камере циклотрона составляет 1,8 Тл. Объект ускорения ионы дейтерия. Максимально достижимая энергия дейтронов составляет 12 МэВ. Радиус вращения:

№ Да

$$r = \frac{m\vartheta}{eB}$$

№ Нет

$$r = \frac{\vartheta}{eB}$$

№ Нет

$$r = \frac{m\vartheta}{4eB}$$

№ Нет

$$r = \frac{m\sqrt{\vartheta}}{eB}$$

№ Кейс

№вопрос 1

Магнитное поле в ускорительной камере циклотрона составляет 1,8 Тл. Объект ускорения ионы дейтерия. Максимально достижимая энергия дейтронов составляет 12 МэВ. Скорость дейтронов при энергии 12 МэВ,  $f=1,38 \cdot 10^7$  Гц,  $r=0,394$  м:

№ Да

$$3,4 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

№ Нет

$$5,4 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

№ Нет

$$4,7 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

№ Нет

$$2,2 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

№ Кейс

№вопрос 1

Чувствительность фотокатода ЭОП  $k=50$  мкА/люм, световая отдача экрана  $\eta=10$  св/Вт. Ускоряющее напряжение  $U=10$  кВ. Коэффициент преобразования лучистого потока:

№ Да

$$k\eta U$$

№ Нет

$$k/\eta U$$

№ Нет

$$k\eta/U$$

№ Нет

$$k\eta$$

№ Кейс

№вопрос 1

Чувствительность фотокатода ЭОП  $k= 50$  мкА/люм, световая отдача экрана  $\eta=10$  св/Вт. Ускоряющее напряжение  $U=10$  кВ. Пороговая чувствительность:

№ Да

$$10/k\eta U$$

№ Нет

$$10^6 k/\eta U$$

№ Нет

$$1/k\eta U$$

№ Нет

$$10^5/k\eta$$

№ Кейс

№вопрос 1

Чувствительность фотокатода ЭОП  $k= 50$  мкА/люм, световая отдача экрана  $\eta=10$  св/Вт. Ускоряющее напряжение  $U=10$  кВ. Пороговая яркость объекта:

№ Да

$$10^{-5} \text{ нит}$$

№ Нет

$$10^{-7} \text{ нит}$$

№ Нет

$$10^3 \text{ нит}$$

№ Нет

$$10^{-9} \text{ нит}$$

№ Кейс

№вопрос 1

Магнитная линза представляет собой круглый виток радиусом  $R=1$  см, по которому протекает ток. Фокусное расстояние линзы  $f=10$  см. Электроны пучка ускорены потенциалом  $U_0= 1$ кВ. Фокусное расстояние магнитной линзы:

№ Да

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{8mU_0} \int_{-\infty}^{+\infty} B_0^2(z) dz$$

№ Нет

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{2mU_0} \int_{-\infty}^{+\infty} B_0^2(z) dz$$

№ Нет

$$\frac{1}{f} = \frac{8e}{U_0} \int_{-\infty}^{+\infty} B_0^2(z) dz$$

№ Нет

$$\frac{1}{f} = \frac{4e}{m} \int_{-\infty}^{+\infty} B_0^2(z) dz$$

№ Кейс

№вопрос 1

Магнитная линза представляет собой круглый виток радиусом  $R=1$  см, по которому протекает ток. Фокусное расстояние линзы  $f=10$  см. Электроны пучка ускорены потенциалом  $U_0=1$  кВ. Угол поворота магнитной линзы:

№ Да

$$\Psi = \sqrt{\frac{e}{8mU_0}} \int_{-\infty}^{+\infty} B_0(z) dz$$

№ Нет

$$\Psi = \int_{-\infty}^{+\infty} B_0(z) dz$$

№ Нет

$$\Psi = \sqrt{\frac{e}{mU_0}} \int_{-\infty}^{+\infty} B_0^2(z) dz$$

№ Нет

$$\Psi = \frac{2e}{mU_0} \int_{-\infty}^{+\infty} B_0(z) dz$$

№ Кейс

№вопрос 1

Магнитная линза представляет собой круглый виток радиусом  $R=1$  см, по которому протекает ток. Фокусное расстояние линзы  $f=10$  см. Электроны пучка ускорены потенциалом  $U_0=1$  кВ. Оптическая сила линзы:

№ Да

0,58 рад

№ Нет

2 рад

№ Нет

0,94 рад

№ Нет

1,31 рад

№ Кейс

№вопрос 1



Магнитная линза представляет собой круглый виток радиусом  $R=1$  см, по которому протекает ток. Фокусное расстояние линзы  $f=10$  см. Электроны пучка ускорены потенциалом  $U_0=1$  кВ. Сила тока:

№ Да

98 А

№ Нет

107 А

№ Нет

43 А

№ Нет

59 А

№ Кейс

№вопрос 1

Радиус равновесной орбиты в бетатроне  $R=0,4$  м. Амплитудное значение магнитного поля на равновесной орбите  $B_m=3,2 \cdot 10^{-1}$  Тл. Частота тока  $f=50$  Гц. Условие движения электрона на равновесной орбите:

№ Да

$$2B_m = B_{cp}$$

№ Нет

$$B_m = 2B_{cp}$$

№ Нет

$$5B_m = B_{cp}$$

№ Нет

$$3B_{cp} = B_m$$

№ Кейс

№вопрос 1

Радиус равновесной орбиты в бетатроне  $R=0,4$  м. Амплитудное значение магнитного поля на равновесной орбите  $B_m=3,2 \cdot 10^{-1}$  Тл. Частота тока  $f=50$  Гц. Полная энергия релятивистской частицы:

№ Да

$$E_n = c \sqrt{e^2 B^2 R^2 + m_0^2 c^2}$$

№ Нет

$$E_n = \sqrt{e^2 B^2 R^2 + m_0^2 c^2}$$

№ Нет

$$E_n = c \sqrt{e^2 B^2 + m_0^2 c^2}$$

№ Нет

$$E_n = 4 \sqrt{e^2 R^2 + m_0^2 c^2}$$

№ Кейс

№вопрос 1

Радиус равновесной орбиты в бетатроне  $R=0,4$  м. Амплитудное значение магнитного поля на равновесной орбите  $B_m=3,2 \cdot 10^{-1}$  Тл. Частота тока  $f= 50$  Гц. Полное число оборотов за цикл ускорения:

№ Да  
 $6,15 \cdot 10^{12}$

№ Нет  
 $3,4 \cdot 10^{13}$

№ Нет  
 $9 \cdot 10^{12}$

№ Нет  
 $5,5 \cdot 10^{11}$

**7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

**Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля**

Весомость текущего и промежуточного контроля – 50% (коэффициент 0,5) и итогового контроля по дисциплине – 50% (коэффициент 0,5):

**Лекции - Текущий и промежуточный контроль** включает:

- посещение занятий \_\_ 10 \_\_ бал.
- активное участие на лекциях \_\_ 15 \_\_ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум \_\_ 60 \_\_ бал.
- и др. (доклады, рефераты) \_\_ 15 \_\_ бал.

**Практика (р/з) - Текущий контроль** включает:  
(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий \_\_ 10 \_\_ бал.
- активное участие на практических занятиях \_\_ 15 \_\_ бал.
- выполнение домашних работ \_\_ 15 \_\_ бал.
- выполнение самостоятельных работ \_\_ 20 \_\_ бал.
- выполнение контрольных работ \_\_ 40 \_\_ бал.

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

**Основная:**

1. А.Г. Шерстнев «Электронная оптика». М. Энергия 1971г.
2. В. Глазер «Основы электронной оптики» М. Техн.-теор. Лит. 1957г.
3. А.А. Жигарев, Г.Г. Шамаева «электронно-лучевые и фотоэлектронные трубки». М. 1982г.
4. Н.С. Зинченко «курс лекций по электронной оптике». Изд. Харьковского университета. 1961г.

5. А.А. Жигарев «Электронная оптика и электронно-лучевые приборы»  
М. изд. ВШ. 1972г.

**Дополнительная:**

1. М.В. Кельман, С.Я. Явор «Электронная оптика» Изд. АНСССР 1963г.
2. В. Косслет «Введение в электронную оптику» Изд. Ин. Лит. 1952г.
3. А.М. Юнусов «Электронная оптика» (Метод. указания к курсу лекций).  
Махачкала 1987г.

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

**Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Международная база данных Scopus по разделу физика столкновений и элементарные процессы <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике элементарные процессы <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>

**10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по Приборам электронной оптики;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

***Самостоятельная работа студентов:***

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки.

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

1. Программное обеспечение для лекций: MS Power Point (MS Power Point Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS Power Point (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями специального физического практикума – 2 лаб.

При проведении занятий используются компьютерный класс, оснащенный современной компьютерной техникой.

При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Комплект анимированных интерактивных компьютерных демонстраций по ряду разделов дисциплины.