

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР  
Сенченко П.В.  
«28» 09 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ В ГАЗЕ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**  
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**  
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**  
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**  
Курс: **1**  
Семестр: **2**  
Учебный план набора 2022 года (индивидуальный учебный план, гр. 352-М-инд)

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	26	26	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	14	14	часов
Самостоятельная работа	64	64	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	2

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сенченко П.В.  
Должность: Проректор по УР  
Дата подписания: 28.09.2022  
Уникальный программный ключ:  
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Развитие у студентов основных представлений об общих свойствах электронных пучков и основных подходах, применяемых к их описанию, о методах и проблемах их генерации, формирования и транспортировки.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Освоение студентами базовых знаний в области физики электронных пучков.
2. Приобретение теоретических знаний в области изучения свойств электронных пучков.
3. Приобретение навыков расчёта и оптимизации полей и параметров пучков заряженных частиц в электроннооптических системах современных ускорительных установок.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.03.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПКР-10. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПКР-10.1. Знает принципы построения и функционирования изделий микро- и нанoeлектроники.	Знает принципы построения и функционирования электронно-пучковых технологий
	ПКР-10.2. Умеет рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы изделий микро- и нанoeлектроники.	Умеет рассчитывать предельно допустимые режимы работы электронно-пучковых устройств
	ПКР-10.3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и нанoeлектроники.	Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования электронной ускорительной техники

ПКР-12. Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени	ПКР-12.1. Знает принципы планирования и автоматизации проведения эксперимента.	Знает принципы планирования и автоматизации проведения экспериментов с привлечение электронной ускорительной техники
	ПКР-12.2. Умеет разрабатывать требования к средствам проведения эксперимента, контроля и диагностики.	Умеет разрабатывать требования к средствам проведения эксперимента, контроля и диагностики электронных ускорительных устройств
	ПКР-12.3. Владеет навыками тестирования и диагностики изделий микро- и нанoeлектроники.	Владеет навыками тестирования и диагностики электронных пучков и электронных ускорительных устройств
ПКР-13. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	ПКР-13.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований.	Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований в электронно-пучковой отрасли
	ПКР-13.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования.	Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования с применением электронно-пучковой техники
	ПКР-13.3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов.	Владеет навыками проведения исследований с применение современных средств и методов электронно-пучковых технологий

#### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	44	44
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	26	26
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	64	64
Подготовка к тестированию	22	22
Подготовка к контрольной работе	42	42
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	36	36
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	144	144
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	4	4

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>					
1 Физические основы электронной оптики	2	2	8	12	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
2 Элементы электронно-оптических систем	10	18	28	56	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
3 Процессы распространения электронных пучков в газе	6	6	28	40	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
Итого за семестр	18	26	64	108	
Итого	18	26	64	108	

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
1 Физические основы электронной оптики	Введение в электронную оптику. Основные законы движения заряженных частиц в однородных электрических и магнитных полях	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Итого	2	
2 Элементы электронно-оптических систем	Электронные линзы. Типы, свойства и конструкции линз.	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Магнитные фокусирующие системы, длинная магнитная линза, короткая магнитная линза.	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Электростатический метод управления направлением потоков заряженных частиц, электростатические отклоняющие системы.	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Магнитные отклоняющие системы. Сравнение электростатического и магнитного отклонения	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Аберрации электронно-оптических устройств. Сферическая и хроматическая аберрации. Кома. Астигматизм	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Итого	10	

3 Процессы распространения электронных пучков в газе	Основные процессы взаимодействия ускоренных электронов с молекулами газа и математические методы их описания. Сечения взаимодействия. Средняя длина свободного пробега.	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Рассеяние электронов в газе. Кулоновские столкновения. Формула Резерфорда. Изменение траектории и энергии ускоренных электронов при рассеянии.	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Ионизация молекул газа электронным ударом. Прямая и ступенчатая ионизация. Ионизационные потери при распространении электронного пучка в газе и плазме.	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
1 Физические основы электронной оптики	Уравнения движения заряженных частиц в электрическом и магнитном поле	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Итого	2	
2 Элементы электронно-оптических систем	Электростатическая и магнитная фокусировка пучков.	6	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Системы электростатического и магнитного отклонения электронных пучков.	6	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Аберрации электронно-оптических устройств. Методы оценки и расчета продольной и хроматической аберраций при фокусировке электронных пучков.	6	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Итого	18	
3 Процессы распространения электронных пучков в газе	Основные уравнения, описывающие взаимодействие ускоренных электронов с молекулами газа. Сечение взаимодействия. Формула Резерфорда. Формула Бете.	6	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13
	Итого	6	
Итого за семестр		26	

Итого	26	
-------	----	--

#### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>2 семестр</b>				
1 Физические основы электронной оптики	Подготовка к тестированию	2	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	6	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Контрольная работа
	Итого	8		
2 Элементы электронно-оптических систем	Подготовка к тестированию	10	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	18	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Контрольная работа
	Итого	28		
3 Процессы распространения электронных пучков в газе	Подготовка к тестированию	10	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	18	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Контрольная работа
	Итого	28		
Итого за семестр		64		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		100		

#### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПКР-10	+	+	+	Контрольная работа, Тестирование, Экзамен
ПКР-12	+	+	+	Контрольная работа, Тестирование, Экзамен
ПКР-13	+	+	+	Контрольная работа, Тестирование, Экзамен

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
<b>2 семестр</b>				
Контрольная работа	10	15	15	40
Тестирование	10	10	10	30
Экзамен				30
Итого максимум за период	20	25	25	100
Нарастающим итогом	20	45	70	100

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	E (посредственно)
	60 – 64	
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Агеев, И. М. Физические основы электроники и наноэлектроники : учебное пособие / И. М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. — ISBN 978-5-8114-4081-8. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/131007>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Вакуумная и плазменная электроника: Учебное пособие / А. С. Климов, А. А. Зенин, Е. М. Окс, А. В. Казаков - 2020. 203 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9520>.

2. Голант, В. Е. Основы физики плазмы : учебное пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1198-6. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167879>.

### **7.3. Учебно-методические пособия**

#### **7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Электричество и магнетизм: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / Ю. А. Бурачевский - 2018. 137 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7729>.

#### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU;
- Проектор Benq;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Физические основы электронной оптики	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

2 Элементы электронно-оптических систем	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Процессы распространения электронных пучков в газе	ПКР-10, ПКР-12, ПКР-13	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
--------	---

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. При движении заряженной частицы в постоянном электромагнитном поле сохраняется
  - 1 Обобщенная энергия частицы.
  - 2 Сумма кинетической энергии и потенциальной энергии частицы.
  - 3 Потенциальная энергия частицы.
  - 4 Работа, совершаемая над частицей электрическим полем.
2. Нерелятивистское движение заряженной частицы в скрещенных полях при условии  $E < H$  представляет собой:
  - 1 Равноускоренное движение в направлении магнитного поля и циклотронное вращение в плоскости, нормальной к магнитному полю.
  - 2 Равноускоренное движение в направлении магнитного поля и движение по циклоиде в плоскости, нормальной к магнитному полю.
  - 3 Равноускоренное движение в направлении электрического поля и циклотронное вращение в плоскости, нормальной к электрическому полю.
  - 4 Дрейф с постоянной скоростью в направлении магнитного поля и движение по цепной линии в плоскости, нормальной к магнитному полю.
  - 5 Равноускоренное движение в направлении магнитного поля и суперпозицию равномерного вращения и поступательного дрейфа в плоскости, нормальной к магнитному полю.
  - 6 Движение по спирали.
  - 7 Суперпозицию движения по циклоиде и поступательного дрейфа.
3. При каком типе столкновений налетающий электрон передает свою энергию электрону кристалла?
  - 1 Упругое столкновение
  - 2 Таких соударений не существует
  - 3 При всех типах столкновений
  - 4 Неупругое столкновение
4. Какие системы отклонения имеют больший частотный диапазон?
  - 1 Магнитные
  - 2 Квадрупольные
  - 3 Электростатические
5. При каком типе столкновений налетающий электрон не передает свою энергию электрону

- кристалла?
- 1 Неупругое столкновение
  - 2 При всех видах столкновений.
  - 3 Таких соударений не существует.
  - 4 Упругое столкновение
6. Какой электронный пучок считается параксиальным?
- 1 Если траектории электронов параллельны
  - 2 Отсутствует симметрия относительно оптической оси
  - 3 Расстояние от оптической оси до крайнего электрона много меньше квадрата этого расстояния.
  - 4 Расстояние от оптической оси до крайнего электрона много больше квадрата этого расстояния.
7. Как ведет себя сечение ионизации газов по мере увеличения энергии электронов?
- 1 Возрастает до энергии 1 кэВ и затем монотонно снижается;
  - 2 Падает до энергии 100 эВ и затем монотонно возрастает;
  - 3 Возрастает до энергии ~100 эВ и затем монотонно снижается;
  - 4 Наблюдается чередование нескольких максимумов и минимумов.
8. Какая величина называется интегралом движения?
- 1 Результат интегрирования уравнений Эйлера-Лагранжа.
  - 2 Сохраняющаяся величина, соответствующая движению частицы в полях с определенной симметрией.
  - 3 Результат интегрирования уравнений движения, выраженный через обобщенные координаты и обобщенные скорости.
  - 4 Результат интегрирования уравнений движения, выраженный через обобщенные координаты и обобщенные массы.
9. Что является интегралом движения при движении заряженной частицы в осесимметричном электромагнитном поле?
- 1 Аксиальная компонента момента обобщенного импульса частицы.
  - 2 Поток магнитного поля через круговое сечение, ограниченное радиус-вектором частицы.
  - 3 Поток электрического поля через круговое сечение, ограниченное радиус-вектором частицы.
  - 4 При движении в таком поле определить интеграл движения невозможно.
10. При каких условиях при транспортировке электронного пучка пространственно-периодическим магнитным полем в пучке возможна параметрическая резонансная раскачка поперечных колебаний?
- 1 При кратности баунс-частоты эффективной величине циклотронной частоты.
  - 2 При кратности эффективной величины циклотронной частоты электронной плазменной частоте.
  - 3 При кратности эффективной величины циклотронной частоты баунс-частоте.
  - 4 При кратности баунс-частоты электронной плазменной частоте.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Методы и устройства фокусировки электронных пучков.
2. Методы и устройства отклонения электронных пучков.
3. Аберрации электронно-оптических устройств и их виды.
4. Виды взаимодействий ускоренных электронов с молекулами газа.
5. Рассеяние электронного пучка. Формула Резерфорда.
6. Ионизация газа электронным пучком. Сечение ионизации.

### 9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Определить чувствительность магнитной катушки к отклонению, если амплитуда сигнала на экране 50 мм, число витков  $n=500$ ,  $IK=0,1A$ . Как изменится чувствительность, если частоту сигналу увеличить в 5 раз?
2. Определить напряженность электрического поля, в котором электрон набирает скорость  $=4800$  км/с на расстоянии  $d = 0,4$  м (начальная скорость электрона  $=0$ ).
3. Линза образована двумя диафрагмами, расстояние между которыми  $d = 10$  мм.

Потенциалы фиафрагм отсчитываются относительно потенциала катода электронной пушки и равны  $U_1 = 1$  кВ и  $U_2 = 2$  кВ. Найти оптическую силу системы считая, что ее образуют совокупность двух линз-диафрагм. Отверстия в диафрагмах имеют круглую форму и достаточно малы по сравнению с расстоянием  $d$ .

4. Электрон с энергией 50 эВ сталкивается с покоящимся атомом аргона. Найти максимальную энергию, которая может быть затрачена на возбуждение и ионизацию атома аргона.
5. Сечение ионизации атома неона электронами с энергией 150 эВ равно  $0.78 \cdot 10^{-16}$  см<sup>2</sup>. Найти число электрон-ионных пар, образующихся на 1 см длины электронного пучка с энергией 2кэВ и током в 1 мА в неоне при давлении 1 Па.

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

## 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)

С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
протокол № 98 от «30» 8 2022 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5- a537-c5831244e4ca
Заведующий обеспечивающей каф. Физики	Е.М. Окс	Согласовано, 99053dca-2aac-4b14- 9bb4-8377fd62b902
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73

### ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440- b971-ce4f7e994961
Профессор, каф. физики	А.С. Климов	Согласовано, 3ad9472f-31be-4051- a091-9e227bbc551b

### РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. физики	И.Ю. Бакеев	Разработано, 3c9d5bb8-d37d-4ec7- b724-b435d3961a37
---------------------	-------------	--