

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 учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

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 2021 года

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       |

## 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. Вакуумная и плазменная электроника: Методические указания к практическим занятиям / А. И. Аксенов - 2018. 39 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7237>.

2. Вакуумная и плазменная электроника: Методические указания по самостоятельной работе / А. И. Аксенов - 2018. 18 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7239>.

#### **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, 201 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<br>электронной оптики               | ПКР-10,<br>ПКР-12, ПКР-13 | Контрольная<br>работа | Примерный перечень<br>вариантов (заданий)<br>контрольных работ |
|   |                           | Тестирование          | Примерный перечень<br>тестовых заданий                         |
|   |                           | Экзамен               | Перечень экзаменационных<br>вопросов                           |
| 2 Элементы электронно-<br>оптических систем             | ПКР-10,<br>ПКР-12, ПКР-13 | Контрольная<br>работа | Примерный перечень<br>вариантов (заданий)<br>контрольных работ |
|   |                           | Тестирование          | Примерный перечень<br>тестовых заданий                         |
|   |                           | Экзамен               | Перечень экзаменационных<br>вопросов                           |
| 3 Процессы распространения<br>электронных пучков в газе | ПКР-10,<br>ПКР-12, ПКР-13 | Контрольная<br>работа | Примерный перечень<br>вариантов (заданий)<br>контрольных работ |
|   |                           | Тестирование          | Примерный перечень<br>тестовых заданий                         |
|   |                           | Экзамен               | Перечень экзаменационных<br>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<br>планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|---|--|---|--|
|                            |   | знать  | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от<br>максимальной<br>суммы баллов            | отсутствие знаний<br>или фрагментарные<br>знания                                       | отсутствие<br>умений или<br>частично<br>освоенное<br>умение             | отсутствие<br>навыков или<br>фрагментарные<br>применение<br>навыков                    |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до<br>69% от<br>максимальной<br>суммы баллов | общие, но не<br>структурированные<br>знания  | в целом успешно,<br>но не<br>систематически<br>осуществляемое<br>умение | в целом<br>успешное, но не<br>систематическое<br>применение<br>навыков                 |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до<br>89% от<br>максимальной<br>суммы баллов | сформированные,<br>но содержащие<br>отдельные<br>проблемы знания                       | в целом<br>успешное, но<br>содержащие<br>отдельные<br>пробелы умение    | в целом<br>успешное, но<br>содержащие<br>отдельные<br>пробелы<br>применение<br>навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от<br>максимальной<br>суммы баллов            | сформированные<br>систематические<br>знания  | сформированное<br>умение  | успешное и<br>систематическое<br>применение<br>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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>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<br>(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 большой 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  $\sim 100$  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  $n=500$ ,  $IK=0,1$  А. Как изменится чувствительность, если частоту сигналу увеличить в 5 раз?

2. Определить напряженность электрического поля, в котором электрон набирает скорость  $v = 4800$  км/с на расстоянии  $d = 0,4$  м (начальная скорость электрона  $= 0$ ).
3. Линза образована двумя диафрагмами, расстояние между которыми  $d = 10$  мм. Потенциалы диафрагм 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  $2$  кэВ 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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 № 86 от «20» 11 2020 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                             | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|---------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП        | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. Физики | Е.М. Окс          | Согласовано,<br>99053dca-2aae-4b14-<br>9bb4-8377fd62b902 |
| Начальник учебного управления         | Е.В. Саврук       | Согласовано,<br>fa63922b-1fce-4aba-<br>845d-9ce7670b004c |

### ЭКСПЕРТЫ:

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

### РАЗРАБОТАНО:

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