МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е.Троян
«12» 10 2016 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Уровень основной образовательной программы** бакалавриат

**Направления подготовки Профиль(и)** **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
**«Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»**

**Форма обучения** очная

**Факультет** электронной техники (ФЭТ)

**Кафедра** физической электроники (ФЭ)

**Курс** 2 **Семестр** 3

**Учебный план набора 2013, 2014 года**

**Распределение рабочего времени:**

| № | Виды учебной работы | Семестр 1 | Семестр 2 | Семестр 3 | Семестр 4 | Семестр 5 | Семестр 6 | Семестр 7 | Семестр 8 | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Лекции | - | - | 18 | | | | | | 18 | часов |
| 2. | Лабораторные работы | - | - | - | | | | | | - | |
| 3. | Практические занятия | - | - | 18 | | | | | | 18 | часов |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | - | - | - | | | | | | - | |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | - | - | 36 | | | | | | 36 | часов |
| 6. | Из них в интерактивной форме | - | - | 14 | | | | | | 14 | часов |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | - | | 36 | | | | | | 36 | часов |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | - | - | 72 | | | | | | 72 | часов |
| 9. | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | - | - | - | | | | | | - | часов |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | - | - | 72 | | | | | | 72 | часов |
| | (в зачетных единицах) | - | - | 2 | | | | | | 2 | ЗЕТ |

**Зачет** 3 **семестр**

**Томск 2016**

Согласована на портале № 7521

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 73 от « 8 » 9 2016 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (квалификация (бакалавр)), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06.03.2015 г. № 177.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от « 8 » 09 2016 г., протокол № 73

Разработчик:
Доцент каф. ФЭ /В.А.Мухачёв

Заведующий кафедрой
Профессор кафедры ФЭ / П.Е.Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан ФЭТ /Воронин А.И.

Зав. профилирующей
кафедрой ФЭ / Троян П.Е.

Зав. выпускающей
кафедрой ФЭ

Эксперты:
Председатель методической
Комиссии факультета ФЭТ /И.А.Чистоедова

Председатель методической
Комиссии кафедры ФЭ /И.А.Чистоедова



Согласована на портале № 7521

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель - освоение студентами теоретических знаний и практических навыков в области планирования и обработки результатов эксперимента.

Задачи изучения дисциплины - в результате студенты должны:

- знать современные методы планирования однофакторных и многофакторных экспериментов;
-уметь обрабатывать экспериментальные данные: оценивать погрешность измерений, доверительную вероятность (надёжность) полученных результатов, исключать грубые погрешности, рассчитывать необходимое число экспериментов при указанной надёжности;
- выявлять решающие факторы при многофакторном эксперименте.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Обработка результатов эксперимента», входящая в блок дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.3.2) предназначена для ознакомления студентов с современными методами планирования эксперимента, приобретения навыков экспериментального исследования физических явлений и процессов, и обработки результатов измерения.

Предполагается, что бакалавр, независимо от профиля подготовки, должен понимать и использовать в своей практической деятельности базовые концепции и методы, развитые в современном естествознании.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

**3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:**

Способностью представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

Способностью использовать основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК- 5).

**3.2.В результате изучения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

- основные законы распределения погрешностей измерений физических величин;
- основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения;
- основные методы планирования однофакторного и многофакторного экспериментов;
- методики обработки экспериментальных данных.

**Уметь:**

- использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных;
- применять методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных проблем.

**Владеть навыками**:

- определения доверительных интервалов и доверительной вероятности при небольшом числе измерений;
- выявления грубых погрешностей;
- выявления наиболее существенных факторов, влияющих на исследуемый процесс;
- обработки и интерпретации результатов эксперимента.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| **Аудиторные занятия (всего)** | | - | - | 36 | |
| В том числе: | | | | | |
| Лекции | 18 | - | - | 18 | |
| Лабораторные работы (ЛР) | - | - | - | - | |
| Практические занятия (ПЗ) | 18 | - | - | 18 | |
| | | | | | |
| **Самостоятельная работа** | 36 | - | - | 36 | |
| В том числе: | | | | | |
| Проработка лекций, подготовка к практическим занятиям | 36 | - | - | 36 | |
| Выполнение двух индивидуальных заданий | 18 | - | - | 18 | |
| Вид аттестации (зачет) | - | - | - | | |
| Общая трудоемкость час | 72 | - | - | 72 | |



Согласована на портале № 7521

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| зач. ед. | 2 | - | - | 2 | |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Практич. занятия. | Самост. работа студента | Всего час. (без экзам) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Статистическая проверка гипотез о свойствах эксперимента | **4** | **4** | **8** | **16** | ОПК-1, ОПК-5 |
| **2** | Порядок статистической обработки полного факторного эксперимента | **6** | **6** | **12** | **24** | ОПК-1, ОПК-5 |
| **3** | Обработка результатов центрального композиционного ортогонального плана (ЦКОП) | **4** | **4** | **12** | **24** | ОПК-1, ОПК-5 |
| **4** | Обработка результатов центрального композиционного рототабельного плана (ЦКРП) | **4** | **2** | **4** | **8** | ОПК-1, ОПК-5 |

### 5.2 Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Наименование разделов | Содержание разделов | Трудоёмкость (час) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | Статистическая проверка гипотез о свойствах эксперимента | Критерий Кохрена. Критерий Стьюдента. Значимость коэффициентов полинома. | **4** | ОПК-1, ОПК-5 |
| **2** | Порядок статистической обработки полного факторного эксперимента | Проверка однородности дисперсий. Проверка адекватности измерений. Пример статистической обработки и анализа результатов полного факторного эксперимента. | **6** | ОПК-1, ОПК-5 |
| **3** | Обработка и анализ результатов ЦКОП | Порядок статистической обработки и анализ результатов ЦКОП на конкретном примере. | **4** | ОПК-1, ОПК-5 |
| **4** | Обработка и анализ результатов ЦКРП | Порядок статистической обработки и анализ результатов ЦКРП на конкретном примере. | **4** | ОПК-1, ОПК-5 |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **Предшествующие дисциплины** | | | | | | | | | | |
| 1. | Математика (математическая статистика) | + | + | + | + | | | | | |
| 2. | Физика | + | + | + | + | | | | | |
| 3. | Инженерная и компьютерная графика | + | + | + | + | | | | | |
| **Последующие дисциплины** | | | | | | | | | | |
| 4. | Вакуумная и плазменная элект - роника | + | + | + | + | | | | | |
| 5. | Материаловедение наноструктурированных материалов | + | + | + | + | | | | | |
| **6.** | Физика конденсированного | + | + | + | + | | | | | |



Согласована на портале № 7521

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | состояния | | | | | | | | | |
| 7. | Физические основы электроники | + | + | + | + | | | | | |
| 8. | Научно-исследовательская работа | + | + | + | + | | | | | |
| 9. | Учебно-исследовательская работа | + | + | + | + | | | | | |

**5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины и видов занятий**

| Перечень компетенций | Формы контроля | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Л | | Пр. | СРС | |
| ОПК-1 | + | | + | + | Мини-диспуты, тесты |
| ОПК-5 | + | | + | + | Мини-диспуты, тесты, защита индивидуальных заданий |

Л – лекция, Пр – практические и семинарские занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 6. Методы и формы организации обучения

**Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах**

| Методы \ Формы | Лекции (час) | Практические занятия (час) | СРС (час) | Всего |
|---|---|---|---|---|
| Защита индивидуальных заданий | | 6 | | 6 |
| Мини-диспуты на лекциях | 2 | | | 2 |
| Итого интерактивных занятий | 2 | 6 | | 8 |

## 7. Лабораторный практикум (учебным планом не предусмотрено)

## 8 Практические занятия

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика практических занятий (семинаров) | Трудо-емкость (час.) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Распределения Пуассона, Гаусса. Систематические и случайные погрешности. Критерии Стьюдента и Фишера. Оценка суммарной погрешности косвенного измерения. | 4 | ОПК-1, ОПК-5 |
| 2 | 2 | Построение матрицы планирования полного факторного эксперимента. Обработка результатов измерений полного факторного эксперимента | 6 | ОПК-1, ОПК-5 |
| 3 | 3 | Порядок статистической обработки результатов измерений ЦКОП | 4 | ОПК-1, ОПК-5 |
| 4 | 4 | Порядок статистической обработки результатов измерений ЦКРП | 4 | ОПК-1, ОПК-5 |

## 9 Самостоятельная работа

| В | Тематика самостоятельной работы | Трудо-емкость (час.) | Формируемые компетенции ОК, ПК | Контроль выполнения работы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Проработка лекций, подготовка к практическим занятиям | 36 | ОПК-1, ОПК-5 | Тестовый опрос на практике, мини-диспуты. |
| 2 | Выполнение двух индивидуальных заданий (ИЗ):<br>1. Обработка экспериментальных данных при однофакторном эксперименте.<br>2. Проверка правильности настройки двух технологических установок для получения большой партии плёночных резисторов | 36 | ОПК-1, ОПК-5 | Защита ИЗ, зачёт. |



Согласована на портале № 7521

**10. Примерная тематика курсовых проектов (работ) не предусмотрено учебным планом**

**11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов**

**Таблица 11.1** Балльные оценки для элементов контроля.

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|
| Посещение занятий | 5 | 5 | **10** |
| Индивидуальное задание №1 | 45 | | **45** |
| Индивидуальное задание №2 | | 37 | **37** |
| Компонент своевременности | 4 | 4 | **8** |
| **Итого максимум за период:** | **54** | **46** | **100** |
| **Нарастающим итогом** | **54** | **100** | **100** |

**Зачёт** ставится при успешном выполнении обоих индивидуальных заданий.

**Таблица 11.2** Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| **Баллы на дату контрольной точки** | **Оценка** |
|---|---|
| ≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | **5** |
| От 75% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | **4** |
| От 60% до 74% от максимальной суммы баллов на дату КТ | **3** |
| <60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | **2** |

**Таблица 11.3** – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| **Оценка (ГОС)** | **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** | |
| | **60 - 64** | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно), (не зачтено) | **Ниже 60 баллов** | F (неудовлетворительно) |

**12 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

**12.1 Основная литература:**

1. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента.- Учебное пособие, 2012 - [электронный ресурс] - http://miel.ru./index.php?option=com content&viw=article&id=97&Itemid=92, сайт метод пособий кафедры ФЭ

2. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента.- Учебное пособие. - Томск: ТУСУР, 2007.-116 с., (49 экз.).

**12.2 Дополнительная литература:**

1. Блохин В.Г., Глудкин О.П., Гуров А.И., Ханин М.А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов/ Под редакцией О.П. Глудкина.- М.: Радио и связь, 1997.- 232 с. (28 экз.).

**12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение**

1. Мухачёв В.А. Планирование эксперимента: Учебно-методическое пособие к аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» профиль программы «Микроэлектроника и твердотельная электроника», Томск: ТУСУР, 2012.-13 с., - [электронный ресурс] - http://miel.ru./index.php?option=com content&viw=article&id=97&Itemid=92, сайт метод. пособий кафедры ФЭ



Согласована на портале № 7521

2. Оценка погрешностей измерений: Методические указания к лабораторным работам/ Мухачёв В.А.- 2012, 24 с., режим доступа свободный для скачивания: http://edu.tusur.ru/training/publications/1099

**12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Базы для двух индивидуальных заданий (48 вариантов).

**13. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

1. Лаборатории кафедры с компьютерами для обсчёта и анализа результатов измерений.

**14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

Обьём часов, предусмотренных учебным планом, не позволяет раскрыть в лекциях подробно и глубоко материал. Поэтому главное внимание – самостоятельной работе студентов с методическим пособием. В течение семестра студенты должны выполнить два индивидуальных задания по разным темам курса. На практических занятиях происходит обсуждение и разбор методов обработки результатов однофакторного и многофакторного эксперимента и защита индивидуальных заданий.



Согласована на портале № 7521

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

**УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор по учебной работе**

_____ **П. Е. Троян**

«12» _____10_____ 2016 г.

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**Статистическая обработка результатов эксперимента**
(полное наименование учебной дисциплины или практики)

**Уровень основной образовательной программы бакалавриат**
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

**Направление(я) подготовки (специальность)28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
(полное наименование направления подготовки (специальности))

**Профиль(и) «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»**
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

**Форма обучения очная**
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

**Факультет электронной техники (ФЭТ)**
(сокращенное и полное наименование факультета)

**Кафедра физической электроники (ФЭ)**
(сокращенное и полное наименование кафедры)

**Курс 2** **Семестр 3**

**Учебный план набора 2013, 2014 года.**

**Зачет 3 семестр** **Диф. зачет _____ семестр**

**Экзамен _____семестр**

**Разработчик: доцент каф. ФЭ Мухачев В.А.**

**Томск 2016**



Согласована на портале № 7521

## 1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Обработка результатов эксперимента» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине «Обработка результатов эксперимента» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Обработка результатов эксперимента» компетенций приведен в таблице 1.

**Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций**

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|---|---|---|
| **ОПК-1** | Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики. | **Знать** основные законы физики, основы дифференциального и интегрального анализа, основные законы распределения случайных величин;<br>**Уметь** вычислять доверительные вероятности при небольшом числе измерений, определять систематические и случайные погрешности измерений;<br>**Владеть** практическими навыками определения погрешностей измерительных приборов, выбором методики измерений, необходимого числа измерений. |



Согласована на портале № 7521

| | | |
|---|---|---|
| **ОПК-5** | Способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных | **Знать** законы распределения случайных величин (Пуассона и Гаусса), способы построения гистограмм, закон сложения случайных величин, виды планирования многофакторного эксперимента;<br>**Уметь** обрабатывать результаты однофакторного и многофакторного эксперимента, строить матрицы планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ), выявлять доминирующие факторы методом ранговой корреляции и однофакторного дисперсионного анализа;<br>**Владеть** методами сравнения результатов разных серий измерений (критерии Стьюдента и Фишера), порядком статистической обработки и анализом результатов ПФЭ. |

## 2 Реализация компетенций

### 1 Компетенция ОПК-1

**ОПК-1:** Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.



Согласована на портале № 7521

**Таблица 2.– Этапы формирования компетенции ОПК-1 и используемые средства оценивания**

| 1. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | Основные законы физики, основы дифференциального анализа, основные законы и виды распределения случайных величин | **Уметь** определять закон распределения случайных величин, анализировать случайные и систематические закономерности в эксперименте | **Владеть** методикой математического анализа случайных распределений погрешностей измерений и сопоставления (сложения) с ошибками измерительных приборов. |
| **Виды занятий** | Лекции;<br>Практические занятия; | Практические занятия;<br>Индивидуальные работы; | Практические занятия;<br>Защита индивидуальных заданий; |
| **Используемые средства оценивания** | Тесты на лекциях и практических занятиях;<br>Анализ некоторых случаев с выбором методики и обсчета измерений | Выбор адекватной методики измерений и способа обсчета результатов измерений по индивидуальному заданию | Защита индивидуальных заданий |

## 2 Компетенция ОПК-5

**ОПК-5:** Способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.



Согласована на портале № 7521

**Таблица 3– Этапы формирования компетенции ОПК-5 и используемые средства оценивания**

| 2. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | **Знать** основные понятия и законы распределения Гаусса и Пуассона, методики обработки однофакторного и многофакторного экспериментов, виды планирования многофакторного эксперимента и выявления доминирующих факторов . | **Уметь** вычислять доверительные вероятности при небольшом числе измерений, определять систематические и случайные погрешности измерений | **Владеть** практическими навыками определения погрешностей измерительных приборов, выбором методики измерений, расчетом необходимого числа измерений |
| **Виды занятий** | Лекции;<br>Практические занятия; | Практические занятия;<br>Индивидуальные задания; | Практические занятия;<br>Индивидуальные задания; |
| **Используемые средства оценивания** | Тесты;<br>Разбор сложных ситуаций при выборе методики измерений | Выполнение двух индивидуальных заданий;<br>Составление матриц планирования | Защита индивидуальных заданий;<br>Способы выявления доминирующих факторов |

**1. Компетенция ОПК-1** - способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 4

**Таблица 4 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|



Согласована на портале № 7521

Согласовано на портале № 7521

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует методику работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ОПК-1 приведена в таблице 5.

**Таблица 5 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| **Показатели и критерии** | **Знать** | **Уметь** | **Владеть** |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | **Знает** основные законы физики, основы дифференциального и интегрального анализа, основные законы и виды распределения случайных величин | **Уметь** определять закон распределения случайных величин, анализировать случайные и систематические закономерности в эксперименте | **Владеть** методикой математического анализа случайных распределений погрешностей измерений и сопоставления (сложения) с ошибками измерительных приборов |
| **Хорошо (базовый уровень)** | **Знает** основные законы физики, математического анализа, виды распределения случайных величин | **Умеет** определять законы распределения случайных величин, вычислять случайные и систематические погрешности | Владеет методикой выбора измерительных приборов и вычисления суммарной погрешности измерений |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | **Знает** основные законы физики и дифференциального и интегрального | **Умеет** решать простые задачи | Может выбрать необходимые измерительные приборы и вычислить |

Согласовано на портале № 7521

| | | | |
|---|---|---|---|
| | исчисления | | систематические и случайные погрешности при участии специалиста |

**2. Компетенция ОПК-5** - способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в **таблице 6**.

**Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции **ОПК-5** приведена в таблице 7.

**Таблица 7 - Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | **Знает** основы распределения (Пуассона и Гаусса), методики обработки однофакторного и многофакторного экспериментов, виды планирования многофакторного | **Умеет** вычислять доверительные вероятности погрешностей измерений, вычислять систематические и случайные ошибки | **Владеет** практическими навыками определения погрешностей приборов, выбором методики измерений, составление матриц планирования при многофакторном эксперименте. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | эксперимента и способы выявления доминирующих факторов | измерений, определять необходимое число измерений при заданных доверительном интервале и вероятности | |
| **Хорошо (базовый уровень)** | **Знает** основные характеристики распределения Гаусса, методики обработки однофакторного эксперимента, знаком с видами планирования многофакторного эксперимента и способами выявления формирующих факторов | **Умеет** вычислять доверительные вероятности, систематические, случайные и суммарные погрешности измерений, определять необходимое число измерений при заданных доверительном интервале и доверительной вероятности . | Владеет практическими навыками определения погрешностей приборов, выбором методики измерений, способами выявления доминирующих факторов |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | **Знает** методику обработки результатов однофакторного эксперимента и способы выявления доминирующих факторов | Умеет вычислять систематические и случайные погрешности измерений, определять необходимое число измерений для достижения нужной доверительной вероятности | Владеет навыками определения погрешностей приборов, выбором методики измерений, составление матрицы планирования под руководством преподавателя. |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: тесты, контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

Типовые задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:



Согласована на портале № 7521

**3.1. Индивидуальные задания (ИЗ):**

**Тема ИЗ № 1** – Обработка результатов однофакторного эксперимента (4 варианта измерений: удельного сопротивления $(\rho)$, диэлектрической проницаемости $(\varepsilon)$, ширины запрещенной зоны полупроводника $(\Delta E)$, концентрации примеси в варикапах *(N)*.

**Тема ИЗ № 2** – Проверка правильности настройки установок для производства тонкопленочных резисторов при серийном производстве (10 вариантов).

**3.2. Тесты по следующим разделам:**

1) Определение погрешностей при однофакторном эксперименте;

2) Вычисление систематических и случайных погрешностей при однофакторном эксперименте;

3) Особенности планирования многофакторного эксперимента;

4) Матрица планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ);

5) Порядок статистической обработки результатов ПФЭ;

6) Сравнение результатов разных серий измерений (критерии Стьюдента, Фишера, Кохрена).

**3.4. Темы практических занятий:**

1) Выбор методики эксперимента, измерительных приборов, вычисление погрешности прибора по классу точности;

2) Вычисление систематической, случайной и суммарной погрешности при однофакторном эксперименте;

3) Методика определения доверительной вероятности, необходимого числа измерений при заданном доверительном интервале;

4) Полный факторный эксперимент (ПФЭ), построение матрицы планирования (ПФЭ);

5) Центральные композиционные планы: центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП), центральный композиционный ротатабельный план (ЦКРП);

6) Сравнение результатов разных серий измерений: критерии Фишера, Кохрена, Стьюдента;

7) Порядок статистической обработки и анализ результатов ПФЭ;

8) Выявление доминирующих факторов методом ранговой корреляции и однофакторного дисперсионного анализа;

9) Защита индивидуальных заданий, зачетное занятие.



Согласована на портале № 7521

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

### 4.1. Основная литература

**4.1.1.** Мухачев В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента. - Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2012.- 116с. - [электронный ресурс] - http://miel.ru./index.php?option=com content&viw=article&id=97&Itemid=92 сайт методических пособий каф. ФЭ.

**4.1.2.** Мухачев В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: Учебное пособие – Томск: ТУСУР, 2007г. – 116с., (49 экз.)

### 4.2. Дополнительная литература

**4.2.1.** Блохин В.Г., Глудкин О.П., Гуров А.И., Ханин М.А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов/ под ред. О.П.Глудкина. – М.: Радио и связь, 1997. – 223с. (28 экз.)

### 4.3. Учебно-методические пособия и программное обеспечение

**4.3.1.** Мухачев В.А. Планирование эксперимента. - Учебно-методическое пособие к аудиторным практическим занятиям и самостоятельное работе для студентов специальности 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», Томск: ТУСУР, 2016.- 13 с., - [электронный ресурс] - http://miel.ru./index.php?option=com content&viw=article&id=97&Itemid=92 сайт методических пособий каф. ФЭ.

### 4.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

### 4.5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации лекционных и практических занятий необходимы: компьютер с необходимым программным обеспечением, проектор и экран.



Согласована на портале № 7521