

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР  
А.А.Панфилов



« 07 » 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Теория эксперимента»**  
(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки 28.03.01. Нанотехнологии и микросистемная техника.

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

| Семестр      | Трудоем-<br>кость зач.<br>ед., час. | Лек-<br>ций,<br>час. | Практич.<br>занятий,<br>час. | Лаборат.<br>лабот,<br>час. | СРС,<br>час | Форма промежуточного<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|--------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------|--|
| 7            | 5 /180                              | 18                   | 36                           | -                          | 90          | Экзамен (36)                                     |
| <b>Итого</b> | 5 /180                              | 18                   | 36                           | -                          | 90          | Экзамен (36)                                     |

Владимир 201\_\_

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения дисциплины «Теория эксперимента» являются формирование у обучающихся понимания научных основ планирования, проведения и обработки результатов эксперимента и получение практических навыков для последующего их использования в профессиональной деятельности.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Теория эксперимента» относится к обязательным дисциплинам вариативной части профессионального цикла ОПОП подготовки бакалавров по направлению «28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника». Дисциплина находится в логической и содержательно-методической взаимосвязи с такими дисциплинами ОПОП как «Математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Метрология, стандартизация, сертификация и технические измерения», «Физические основы микро и нанотехнологий» и «Основы программирования», которые преподаются обучающимся в предыдущих семестрах программы подготовки. Успешное освоение дисциплины «Теория эксперимента» предполагает наличие у обучающихся знаний, умений и готовностей, полученных при изучении указанных дисциплин и в ходе прохождения учебной практики. Освоение дисциплины «Теория эксперимента» необходимо для изучения курсов «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.», «Проектирование электронных средств в нанoeлектронике» и «Квантовые измерения», а также для эффективного выполнения научно-исследовательской работы, выполняемой обучающимися в девятом семестре, и дальнейшей подготовки выпускной квалификационной работы и др.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить следующие компетенции:

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

способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);

готовностью использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-9).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### 1) Знать:

- адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);
- методы обработки и представления данных экспериментальных исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ОПК-5);
- базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-9).

### 2) Уметь:

- применять знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики адекватные современному уровню знаний в области нано- и микросистемной техники (ОПК-1);
- применять современные методы обработки и представления данных экспериментальных исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ОПК-5);
- использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-9).

### 3) Владеть:

- методами естественных наук и математики адекватными современному уровню знаний в области нано- и микросистемной техники (ОПК-1);
- современными методами обработки и представления данных экспериментальных исследований нано- и микросистемной техники (ОПК-5);
- навыками использования базового контрольно-измерительного оборудования для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-9).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часа.

| №<br>пп | Раздел (тема)<br>дисциплины | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды учебной работы, вклю-<br>чая самостоятельную работу<br>студентов<br>и трудоемкость (в часах) | Объем<br>учебной<br>работы,<br>с приме- | Формы теку-<br>щего контроля<br>успеваемости<br>(по неделям) |
|---------|-----------------------------|---------|--------------------|---|---|--|
|---------|-----------------------------|---------|--------------------|---|---|--|

|               |  |          |  | Лекции    | Семинары | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРС       | КП / КР  | нием интерактивных методов (в часах / %) | семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|---------------|--|----------|--|-----------|----------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------|----------|--|--|
| 1.            | Теория эксперимента: введение в предмет, основные понятия и определения. | 7        |  | 2         |          | 4                    |                     |                    | 18        |          | 3/50                                     |  |
| 2.            | Погрешности измерений.   | 7        |  | 4         |          | 8                    |                     |                    | 18        |          | 4/33,3%                                  |  |
| 3.            | Полный факторный эксперимент.  | 7        |  | 4         |          | 8                    |                     |                    | 18        |          | 4/33,3%                                  | Рейтинг-контроль №1                                      |
| 4.            | Дисперсионный анализ.  | 7        |  | 4         |          | 8                    |                     |                    | 18        |          | 4/33,3%                                  | Рейтинг-контроль №2                                      |
| 5.            | Идентификация статистических моделей объектов по данным экспериментов    | 7        |  | 4         |          | 8                    |                     |                    | 18        |          | 4/33,3%                                  | Рейтинг-контроль №3                                      |
| <b>Всего:</b> |  | <b>7</b> |  | <b>18</b> | <b>-</b> | <b>36</b>            | <b>-</b>            | <b>-</b>           | <b>90</b> | <b>-</b> | <b>19/35%</b>                            | <b>Экзамен 36</b>  |

## 2. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проведение лекционных занятий обеспечено специализированными аудиториями, оборудованными компьютерами и электронными проекторами, что позволяет сопровождать чтение лекций демонстрацией компьютерных слайдов.

В рамках лекционного курса используются также следующие технологии:

Технология проблемного обучения (case study). При рассмотрении вопросов практического применения рассмотренного теоретического материала, используется диалог со студентами на предмет возможных способов решения поставленной задачи.

Встречи с учеными и специалистами, работающими в направлении развития материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Проведение лекционных занятий обеспечено специализированными аудиториями, оборудованными компьютерами и электронными проекторами, что позволяет сопровождать чтение лекций демонстрацией компьютерных слайдов.

## 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### а) вопросы рейтинг-контроля:

#### Рейтинг-контроль 1

1. Дайте определение эксперимента.
2. Какие вопросы решает планирование эксперимента?

3. Классификация экспериментов.
4. Дайте определение математической модели объекта исследования.
5. Что называют факторами, областью определения факторов?
6. Что называют функцией отклика и поверхностью отклика?
7. Виды математических моделей.
8. Перечислите основные задачи и этапы проведения экспериментальных исследований.
9. Дайте определение параметра оптимизации. Перечислите требования, предъявляемые к параметру оптимизации.
10. Что называют обобщенным параметром оптимизации?
11. Назначение шкалы желательности и кривой желательности.
12. Что называют уровнями факторов и интервалом варьирования факторов?
13. Как зависит количество опытов в эксперименте от числа уровней факторов?
14. Дайте определение факторного пространства.
15. Дайте определение физической величины.
16. Перечислите основные типы физических величин. Дайте характеристику каждому типу.
17. Перечислите методы измерений. Дайте характеристику каждому методу.
18. Что называют погрешностью измерений? Классификация погрешностей.
19. Математическая модель погрешности измерения.
20. Особенности аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности измерения.

### **Рейтинг-контроль 2**

1. Что называют функцией и плотностью распределения случайной величины?
2. Дайте определение математического ожидания и дисперсии случайной величины.
3. Основные законы распределения случайной величины, применяемые при планировании эксперимента. Числовые характеристики этих законов.
4. Дайте определения генеральной совокупности, выборки.
5. Характеристики точечной оценки и критерии ее качества.
6. Интервальная оценка и доверительный интервал.
7. Что называют статистической гипотезой? Параметрические и непараметрические гипотезы.
8. Что называют уровнем значимости и областью принятия гипотезы?

9. Дайте определение статистического критерия. Что называют мощностью критерия?
10. Перечислите этапы проверки гипотезы.
11. Что относят к ошибкам первого и второго рода и какова вероятность их совершить?
12. Задача, решаемая при проверке гипотезы о законе распределения.
13. Роль критерия Пирсона при проверке гипотезы о законе распределения.
14. Какие статистические критерии применяются при проверке параметрических гипотез?
15. Выборочные средние, порядок их проверки.
16. Выявление грубых погрешностей с использованием параметрических гипотез.
17. Задачи, решаемые в дисперсионном анализе.
18. Дать характеристику межгрупповой и внутригрупповой дисперсии. Дисперсионное отношение.
19. Какая параметрическая гипотеза принимается в качестве нулевой при дисперсионном анализе? Порядок проверки этой гипотезы.
20. Какое вероятностное распределение применяют для проверки гипотезы в дисперсионном анализе? Перечислите его числовые характеристики.

### **Рейтинг-контроль 3**

1. Дайте определение статистической и функциональной связи.
2. Что называют корреляционной связью?
3. Перечислите причины возникновения корреляционной связи между признаками.
4. Какие задачи решает корреляционно-регрессионный анализ?
5. В чем заключается суть метода наименьших квадратов?
6. Практическое значение парной линейной корреляции.
7. Что называют уравнением регрессии?
8. Дайте определение коэффициента корреляции.
9. Перечислите основные этапы изучения корреляционной зависимости. Какие задачи решаются на каждом этапе?
10. Как зависит число опытов от вида принимаемой математической модели?
11. Чем можно объяснить широкое распространение полиномиальных моделей?
12. Дайте определение полного факторного эксперимента.
13. Что характеризуют  $\beta$ -коэффициенты?

14. Перечислите этапы планирования и реализации полного факторного эксперимента.
15. Что называют кодированием факторов? Зачем его проводят?
16. Геометрическое представление планов типа  $2^k$ .
17. Как происходит формирования матрицы планирования экспериментов? Постройте матрицу планирования для планов  $2^2; 2^3; 2^4$ .
18. Свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента.
19. Что называют рандомизацией опытов? Зачем ее проводят?
20. Какие опыты называют параллельными?
21. Как и для чего проводится проверка однородности дисперсии параллельных опытов?
22. Что означает понятие «воспроизводимость эксперимента»?
23. Как оценить ошибку эксперимента?
24. Какой метод применяется при расчете коэффициентов уравнения регрессии?

Запишите формулу расчета  $b$ -коэффициентов.

25. Что называют взаимодействием факторов и как оно учитывается при планировании полного факторного эксперимента?
26. Что называют взаимодействием первого, второго, третьего и т.д. порядка? Как определяется число возможных взаимодействий факторов?
27. Способы проверки значимости  $b$ -коэффициентов.
28. Чем может быть обусловлена незначимость коэффициентов уравнения регрессии?
29. Как и для чего проводится проверка адекватности уравнения регрессии?
30. Что называют дробным факторным экспериментом?
31. Дайте определение дробной реплики полного факторного эксперимента.
32. Порядок планирования дробного факторного эксперимента.
33. Какие планы называют насыщенными?
34. Явление смешивания оценок  $\beta$ -коэффициентов в дробном факторном эксперименте.

35. Что называют генерирующим соотношением и определяющим контрастом?

**б) вопросы к экзамену**

1. Определение эксперимента. Какие вопросы решает планирование эксперимента? Классификация экспериментов.
2. Определение математической модели объекта исследования. Факторы и область определения факторов.

3. Функция отклика и поверхность отклика.
4. Виды математических моделей. Этапы проведения эксперимента. Основные задачи эксперимента.
5. Параметры оптимизации. Требования, предъявляемые к параметру оптимизации.
6. Обобщенный параметр оптимизации.
7. Уровни факторов и интервал варьирования факторов. Зависимость количества опытов в эксперименте от числа уровней факторов. Требования, предъявляемые к факторам.
8. Факторное пространство и физическая величина. Основные типы физических величин.
9. Методы измерений физических величин и их характеристики.
10. Погрешность измерений. Классификация погрешностей по форме выражения, по характеру поведения во времени, по причине возникновения.
11. Математическая модель погрешности измерения. Особенности аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности измерения.
12. Правила округления числовых значений результата измерения.
13. Функция распределения и плотность вероятности случайной величины. Свойства плотности вероятности. Определение математического ожидания и дисперсии случайной величины.
14. Основные законы распределения случайной величины, применяемые при планировании эксперимента. Числовые характеристики этих законов.
15. Генеральная совокупность, выборки. Характеристики точечной оценки и критерии ее качества.
16. Интервальная оценка и доверительный интервал.
17. Статистическая гипотеза. этапы проверки гипотезы. Параметрические и непараметрические гипотезы. Уровень значимости и область принятия гипотезы.
18. Статистические критерии. Мощностью критерия.
19. Ошибки первого и второго рода. Задача о проверке гипотезы о законе распределения. Критерий Пирсона.
20. Основные гипотезы о выборочных средних, порядок их проверки.
21. Выявление грубых погрешностей с использованием параметрических гипотез.
22. Задачи, решаемые в дисперсионном анализе. Межгрупповая и внутригрупповая дисперсии. Вариации групповых средних вокруг общего среднего?



23. Нулевая гипотеза принимается при дисперсионном анализе. Порядок проверки этой гипотезы. Дисперсионное отношение.
24. Вероятностные распределения для проверки гипотезы в дисперсионном анализе и их числовые характеристики.
25. Статистическая и функциональная связь. Корреляционная связь.
26. Перечислите
27. Причины возникновения корреляционной связи между признаками. Задачи корреляционно-регрессионного анализа. Коэффициенты корреляции.
28. Метод наименьших квадратов. Уравнение регрессии.
29. Практическое значение парной линейной корреляции. Корреляционный анализ модели.
30. Нелинейные модели и способы их построения. Полиномиальные модели.
31. Полный факторный эксперимент. Основные этапы планирования и реализации.
32. Смысл  $\beta$ -коэффициентов.
33. Кодированием факторов.
34. Геометрическое представление планов типа  $2^k$ . Формирование матрицы планирования экспериментов.
35. Построить матрицу планирования для планов  $2^2; 2^3; 2^4$ .
36. Свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента.
37. Что называют рандомизацией опытов? Зачем ее проводят?
38. Какие опыты называют параллельными?
39. Как и для чего проводится проверка однородности дисперсии параллельных опытов?
40. Что означает понятие «воспроизводимость эксперимента»?
41. Как оценить ошибку эксперимента?
42. Какой метод применяется при расчете коэффициентов уравнения регрессии? Запишите формулу расчета  $b$ -коэффициентов.
43. Что называют взаимодействием факторов и как оно учитывается при планировании полного факторного эксперимента?
44. Что называют взаимодействием первого, второго, третьего и т.д. порядка? Как определяется число возможных взаимодействий факторов?
45. Способы проверки значимости  $b$ -коэффициентов.
46. Чем может быть обусловлена?

47. Проверка адекватности уравнения регрессии и значимость коэффициентов полученной модели.

48. Что называют дробным факторным экспериментом?

49. Дробный факторный эксперимент. Насыщенные планы.

50. Явление смешивания оценок  $\beta$ -коэффициентов в дробном факторном эксперименте.

*в) вопросы к самостоятельной работе студента:*

1. Модели временных рядов.

2. Функция отклика и поверхность отклика.

3. Аддитивные и мультипликативные составляющие погрешности измерения.

4. Закон больших чисел и его следствия.

5. Определение факторного пространства для физической величины.

6. Основные законы распределения случайной величины, применяемые при планировании эксперимента. Числовые характеристики этих законов.

7. Правила округления числовых значений результата измерения.

8. Статистические гипотезы. Формулы Байеса.

9. Модели авторегрессии. Модели ARM.

10. Обобщённый метод наименьших квадратов.

11. Дробный факторный эксперимент. Насыщенные планы. Явление смешивания оценок

### **3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**а) основная литература:**

1. **Основы инженерного эксперимента:** Учебное пособие / С.И. Лукьянов, А.Н. Панов, А.Е. Васильев. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 99 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-369-01301-4. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=431382>.

2. **Вероятность и статистика/** В.Б. Монсик, А.А. Скрынников. - 2-е изд. - М.: БИНОМ. ЛЗ, 2013. - 381 с.: ISBN 978-5-9963-2292-3 <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=542220>.

**б) дополнительная литература:**

1. Кремер, Н. Ш. **Теория вероятностей и математическая статистика** [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. - 551 с. - (Се-

рия «Золотой фонд российских учебников»). - ISBN 978-5-238-01270-4.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=394979>.

2. Кобелев, Н. Б. **Введение в общую теорию имитационного моделирования. Пособие для разработчиков имитационных моделей и их пользователей** [Электронный ресурс]/Н. Б. Кобелев. - М.: Принт – Сервис, 2007. - 126 с. - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=435607>.

3. Березинец, И. В. Практикум по теории вероятностей и математической статистике/ И. В. Березинец; Высшая школа менеджмента СПбГУ. — 9-е изд., испр. и доп. — СПб.: Изд-во «Высшая школа менеджмента», 2013 — 163 с. - ISBN 978-5-9924-0088-5.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=492718>

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Пакет прикладных программ Matlab;
2. [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru);
3. [www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru)
4. <http://crm.ics.org.ru/journal/page/crminfo/>
5. [http://nanorf.ru/science.aspx?cat\\_id=4353](http://nanorf.ru/science.aspx?cat_id=4353)
6. <http://math.semestr.ru/group/sampling-method.php>.

**4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Преподавание дисциплины предусматривает применение мультимедийных презентаций и компьютерных симуляций, что обеспечивается проведением занятий в оборудованных мультимедийным оборудованием аудиториях кафедры ФиПМ (ауд. 420-3, ауд. 430-3).

Для обеспечения проведения практических работ имеются компьютерные классы кафедры ФиПМ (лаб. 511-3, лаб. 100-3).

Для обеспечения проведения лабораторных работ имеются специализированные учебно-научные лаборатории, оборудованные современным оборудованием (лаб. 107-3, 107а-3, 419-3, 123-3) и пакетом прикладных программ Matlab.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.03.01. Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочую программу составил  
профессор кафедры ФиПМ Бутковский О.Я.  
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя) Анжелов А.А. - и.о. спец. канд. техн. наук, отдела РКП "ГАП Радуга"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 18 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой Аракелян С.М.  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01. Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии Аракелян С.М.  
(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М.Аракелян

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М.Аракелян