

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет  
Кафедра физико-технической информатики**



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФФ  
А. Е. Бондарь  
« 08 » 08 2017 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ЭВМ В ПЛАНИРОВАНИИ И ОБРАБОТКЕ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

направление подготовки: **03.03.02 Физика, Курс 3, семестр 6**

направленность (профиль): **Физическая информатика**

Форма обучения

**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	144	32		32	78				2	
Всего 144 часа / 4 зачетных единицы, из них: - контактная работа 66 часов - в интерактивных формах 32 часа										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Разработчик:

к.ф.-м.н.

*Король*

А. А. Король

Заведующий кафедрой ФТИ ФФ НГУ

к.ф.-м.н.

*Кроковный*

П. П. Кроковный

Ответственный за образовательную программу

д.ф.-м.н., проф.

*Цыбуля*

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2017

<b>Содержание</b>	
<b>Аннотация</b> .....	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....	5
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. ....	6
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....	7
5. Перечень учебной литературы. ....	14
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....	14
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	14
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	15
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	15
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....	15

**Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«ЭВМ в планировании и обработке физического эксперимента»**  
Направление: **03.03.02 Физика**  
**Направленность (профиль): Физическая информатика**

Программа курса «ЭВМ в планировании и обработке физического эксперимента» составлена в соответствии с требованиями СУОС по направлению подготовки **03.03.02 Физика, направленность «Физическая информатика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой физико-технической информатики. Дисциплина изучается студентами третьего курса физического факультета в качестве одной из дисциплин по выбору вариативной части образовательной программы.

Цели курса – ознакомить учащихся с понятийным аппаратом и математическими основами методов компьютерной обработки экспериментальных данных и планирования эксперимента в физике; дать возможность освоить эти методы на практике; практически продемонстрировать взаимосвязь различных методов и понятийного аппарата.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

**ПК-1 – способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;**

**ПК-2 -способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** базовый набор понятий и методов теории вероятности и математической статистики, случайные числа, распространенные распределения, методы Монте Карло, основные методы безусловной и условной многомерной нелинейной оптимизации, методы генерации последовательностей псевдослучайных чисел с заданным распределением;  
представления о систематических ошибках, их источниках, способах обнаружения; распространение ошибок; методы комбинаций ошибок различных измерений.
- **Уметь:** пользоваться системой компьютерной алгебры, создавать генераторы случайных чисел по заданному распределению, использовать методы Монте Карло для интегрирования;  
анализировать, представлять и аппроксимировать экспериментальные данные, оценивать систематические ошибки из очевидных источников.
- **Владеть:** основами работы в операционной системе совместимой со стандартом Posix, базовыми конструкциями языка Python, основными операциями с системой аналитических вычислений GNU Maxima, базовыми возможностями пакета CERN ROOT, возможностями пакета Geant4 в рамках построения модели простого детектора.

Курс рассчитан на один семестр. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная

работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: опрос по материалам предыдущих лекций, лабораторные задания.

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **144** академических часов / **4** зачетные единицы.

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Дисциплина (курс) «ЭВМ в планировании и обработке физического эксперимента» имеет своей целью ознакомление учащихся с понятийным аппаратом и математическими основами методов компьютерной обработки экспериментальных данных и планирования эксперимента в физике, такими как методы статистики, оптимизации, компьютерное моделирование; возможность освоить эти методы на практике; практическая демонстрация взаимосвязи различных методов и понятийного аппарата.

Профессиональная компетенция ПК-1 – способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.

Профессиональная компетенция ПК-2 – способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

### **• Знать:**

- базовый набор понятий и методов теории вероятности и математической статистики, случайные числа, распространенные распределения, методы Монте Карло, основные методы безусловной и условной многомерной нелинейной оптимизации, методы генерации последовательностей псевдослучайных чисел с заданным распределением (ПК 1.1);
- представления о систематических ошибках, их источниках, способах обнаружения; распространение ошибок; методы комбинаций ошибок различных измерений (ПК 2.1).

### **• Уметь:**

- пользоваться системой компьютерной алгебры, создавать генераторы случайных чисел по заданному распределению, использовать методы Монте-Карло для интегрирования (ПК-1.2);
- анализировать, представлять и аппроксимировать экспериментальные данные, оценивать систематические ошибки из очевидных источников (ПК 2.2).

### **• Владеть:**

- основами работы в операционной системе совместимой со стандартом Posix, базовыми конструкциями языка Python, основными операциями с системой аналитических вычислений GNU Maxima, базовыми возможностями пакета CERN ROOT, возможностями пакета Geant4 в рамках построения модели простого детектора (ПК 1.3).

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «ЭВМ в планировании и обработке физического эксперимента» реализуется в весеннем семестре 3-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Курс реализуется кафедрой физико-технической информатики.

Перед прохождением дисциплины учащийся должен владеть математическим анализом и линейной алгеброй, иметь минимальную компьютерную грамотность (устройства ввода, текстовые редакторы, программные оболочки), базовые знания по любым языкам программирования, допускающим объектно-ориентированную парадигму (Python, C++, C#, Java).

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

1. использование компьютеров в аналитических расчетах;
2. понимание проявления статистических закономерностей в обработке данных;
3. разные способы представления полученных результатов;
4. обзор существенных для обработки и планирования эксперимента техник и алгоритмов;
5. обзор подходов к моделированию (цифровая копия) эксперимента;
6. умение оценивать статистические и систематические неопределенности.

**3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	144	32		32	78				2	
Всего 144 часа / 4 зачётные единицы, из них: - контактная работа 66 часов - в интерактивных формах 32 часа										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: опрос по материалам предыдущих лекций, лабораторные задания;

- промежуточная аттестация: дифференцированный зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- лабораторные занятия – 32 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 78 часов;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачёт) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, лабораторные занятия, дифференцированный зачёт) составляет 66 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 32 часа (лабораторные занятия).

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Лабораторные занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Введение. Организационные вопросы. Основы работы с ОС семейства Posix. Текстовый редактор. Средства разработки программ. Понятие сборки, компиляции. Системы аналитических вычислений. Система Maxima. Обсуждение первого задания практикума.	1	8	2	2	4			
2.	Система Максима. Переменные, функции. Операция eval. Операции с полиномами. Операции с радикалами, тригонометрическими функциями, экспоненты, логарифмы.	2	8	2	2	4			
3.	Система Максима. Решение уравнений и	3	8	2	2	4			

	систем, подстановки. Анализ: серии, дифференцирование, интегрирование, обыкновенные дифференциальные уравнения. Разбор выражения. Функциональное программирование.								
4.	Интерпретирующий язык Python. Базовый набор конструкций языка. Графическое представление экспериментальных данных: гистограммы, точки, ошибки, коридор, контуры, диаграмма рассеяния. Пакет ROOT. Генераторы случайных чисел. Обсуждение второго задания практикума.	4	8	2	2	4			
5.	Методы оптимизации генераторов случайных чисел. Теория вероятности. Основные понятия. Моменты, производящая функция моментов; случайные значения.	5	8	2	2	4			
6.	Математическая статистика. Основные распределения: нормальное, экспоненциальное, равномерное, бета, гамма, хи-	6	8	2	2	4			



	квадрат, Стьюдента, Коши, биномиальное, Пуассона; многомерные распределения. Комбинация случайных значений, свертка								
7.	Методы Монте-Карло. Интегрирование. Обсуждение третьего задания практикума.	7	8	2	2	4			
8.	Методы Монте-Карло. Методы уменьшения дисперсии. Математическая статистика. Несмещенные, эффективные и достаточные оценки; информация Фишера; оценка параметров, теорема Рао; метод максимального правдоподобия; доверительные интервалы;	8	8	2	2	4			
9.	Математическая статистика. Проверка гипотез, уровень значимости, метод отношения правдоподобия; оценка параметров, аппроксимация, критерии качества аппроксимации, связанные с распределением (хи-квадрат, критерий знаков), не связанные с распределением (Колмогорова, Мозеса-Смирнова); статистические	9	8	2	2	4			

	ошибки и корреляция параметров, методы оценивания: производная функции правдоподобия/хи-квадрата; графический метод;								
10.	Оптимизация функции нескольких переменных. Постановка задачи. Применение при обработке эксперимента. Одномерный поиск локального минимума. Обсуждение четвертого задания практикума.	10	8	2	2	4			
11.	Методы многомерной локальной минимизации. Условная минимизация. Глобальная минимизация. Использование пакета ROOT / Minuit2 для минимизации и аппроксимации зависимости заданной функцией.	11	8	2	2	4			
12.	Компьютерный эксперимент. Стохастическое моделирование процессов.	12	8	2	2	4			
13.	Пакет Geant4. Описание эксперимента. Генерация начальных частиц; конструирование материалов и геометрии;	13	8	2	2	4			

	описание считывающих элементов; сбор полученных данных. Обсуждение пятого задания практикума.								
14.	Пакет ROOT. Хранение экспериментальных данных (n-tuple, иерархические форматы хранения.). Сжатие и классификация данных. Обработка и интерпретация экспериментальных данных. Теория ошибок. Обсуждение шестого задания практикума.	14	10	2	2	6			
15.	Статистические и систематические ошибки. Распространение и комбинация ошибок. Экспериментальное разрешение. Аппроксимация данных.	15	12	2	2	8			
16.	Подготовка к дифференцированному зачету.	16	16	2	2	12			
17.	Дифференцированный зачёт	17	2						2
<b>Всего</b>			<b>108</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>78</b>			<b>2</b>

### Программа и основное содержание лекций (32 часа)

1. Введение. Организационные вопросы. Основы работы с ОС семейства Posix. Текстовый редактор. Средства разработки программ. Понятие сборки, компиляции. Системы аналитических вычислений. Система Maxima. Обсуждение первого задания практикума. (2 часа)
2. Система Максима. Переменные, функции. Операция eval. Операции с полиномами. Операции с радикалами, тригонометрическими функциями, экспоненты, логарифмы. (2 часа)

3. Система Максима. Решение уравнений и систем, подстановки. Анализ: серии, дифференцирование, интегрирование, обыкновенные дифференциальные уравнения. Разбор выражения. Функциональное программирование. (2 часа)
4. Интерпретирующий язык Python. Базовый набор конструкций языка. Графическое представление экспериментальных данных: гистограммы, точки, ошибки, коридор, контуры, диаграмма рассеяния. Пакет ROOT. Генераторы случайных чисел. Обсуждение второго задания практикума. (2 часа)
5. Методы оптимизации генераторов случайных чисел. Теория вероятности. Основные понятия. Моменты, производящая функция моментов; случайные значения. (2 часа)
6. Математическая статистика. Основные распределения: нормальное, экспоненциальное, равномерное, бета, гамма, хи-квадрат, Стьюдента, Коши, биномиальное, Пуассона; многомерные распределения. Комбинация случайных значений, свертка (2 часа)
7. Методы Монте-Карло. Интегрирование. Обсуждение третьего задания практикума. (2 часа)
8. Методы Монте-Карло. Методы уменьшения дисперсии. Математическая статистика. Несмещенные, эффективные и достаточные оценки; информация Фишера; оценка параметров, теорема Рао; метод максимального правдоподобия; доверительные интервалы. (2 часа)
9. Математическая статистика. Проверка гипотез, уровень значимости, метод отношения правдоподобия; оценка параметров, аппроксимация, критерии качества аппроксимации, связанные с распределением (хи-квадрат, критерий знаков), не связанные с распределением (Колмогорова, Мозеса-Смирнова); статистические ошибки и корреляция параметров, методы оценивания: производная функции правдоподобия/хи-квадрата; графический метод. (2 часа)
10. Оптимизация функции нескольких переменных. Постановка задачи. Применение при обработке эксперимента. Одномерный поиск локального минимума. Обсуждение четвертого задания практикума. (2 часа)
11. Методы многомерной локальной минимизации. (2 часа)  
Условная минимизация. Глобальная минимизация. Использование пакета ROOT / Minuit2 для минимизации и аппроксимации зависимости заданной функцией. (2 часа)
12. Компьютерный эксперимент. Стохастическое моделирование процессов (2 часа)
13. Пакет Geant4. Описание эксперимента. Генерация начальных частиц; конструирование материалов и геометрии; описание считывающих элементов; сбор полученных данных. Обсуждение пятого задания практикума. (2 часа)
14. Пакет ROOT. Хранение экспериментальных данных (n-tuple, иерархические форматы хранения.). Сжатие и классификация данных. Обработка и интерпретация экспериментальных данных. Теория ошибок. Обсуждение шестого задания практикума. (2 часа)
15. Статистические и систематические ошибки. Распространение и комбинация ошибок. Экспериментальное разрешение. Аппроксимация данных. (2 часа)

16. Подготовка к дифференцированному зачёту. (2 часа)

### **Программа лабораторных занятий (32 часа)**

1. *Вводное занятие.* Освоение программного и аппаратного обеспечения, регистрация аккаунта. Обучение работе в среде Jupyter. (2 часа)
2. *Компьютерная алгебра:* Решение простой аналитической задачи с использованием производных высших порядков; (2 часа)
3. *Компьютерная алгебра:* Решение простой задачи на алгебру матриц. (2 часа)
4. *Генераторы случайных чисел:* Реализация генератора случайных чисел методом Неймана. (2 часа)
5. *Генераторы случайных чисел.:* Реализация генератора случайных чисел одним из предложенных методов оптимизации (прямой выборки, существенной выборки, композиций, композиций и реджекций). (2 часа)
6. *Генераторы случайных чисел:* Оценить и сравнить производительность. Представить графики нормированных гистограмм вместе с целевой функцией. (2 часа)
7. *Интегрирование методом Монте-Карло.* Реализовать простую программу двумерного интегрирования методом среднего и . (2 часа)
8. *Интегрирование методом Монте-Карло.* Реализовать простую программу двумерного интегрирования заданным преподавателем методов уменьшения дисперсии (существенной выборки) (2 часа)
9. *Оптимизация.* Практическая реализация алгоритма многомерной минимизации на выбор из представленных на лекциях. (2 часа)
10. *Оптимизация.* Минимизация с использованием системы пакета Minuit. (2 часа)
11. *Компьютерное моделирование.* Подготовить описание детектора и эксперимента с использованием пакета Geant4. (2 часа)
12. *Компьютерное моделирование.* Провести вычислительный эксперимент с использованием пакета Geant4. (2 часа)
13. *Компьютерное моделирование.* Набрать гистограммы по измеряемым параметрам, получить средствами пакета визуальное представления события. (2 часа)
14. *Обработка данных.* Определение параметров резонанса. Используя набор данных, провести отбор, построить функцию правдоподобия; извлечь параметры резонанса. (2 часа)
15. *Обработка данных.* Оценить статистическую и систематическую ошибки. (2 часа)
16. *Дополнительное время на защиту сделанных заданий (2 часа)*

## Самостоятельная работа студентов (78 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к лабораторным занятиям	34
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	32
Подготовка к дифференцированному зачёту	12

### 5. Перечень учебной литературы.

#### 5.1. Основная литература

1. Худсон, Дерек, Статистика для физиков: Лекции по теории вероятностей и элементарной статистике.
2. Тейлор, Джон Р, Введение в теорию ошибок: [для студентов и преподавателей вузов].

#### 5.2. Дополнительная литература

3. Лукин, П.А., Методы Монте-Карло для физиков: методическое пособие.

### 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

4. Лукин, П, А., ROOT - программная оболочка для обработки данных: методическое пособие

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Интернет-ресурсы:

руководство по CAS Maxima: <http://maxima.sourceforge.net/documentation.html>

руководство по пакету CERN ROOT: <http://root.cern.ch/root/doc/RootDoc.html>

руководство по пакету Geant4: <http://geant4.web.cern.ch/geant4/support/userdocuments.shtml>

интерактивная рабочая площадка под управлением системы Jupyter:

<https://ftikorol.inp.nsk.su>

#### 7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

#### 7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль***

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра сдачи результатов лабораторных заданий и опроса в конце каждой лекции.

#### ***Промежуточная аттестация***

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в зачетную сессию на дифференцированном зачете в форме сдачи заданий (проверка освоения компетенций ПК-1, ПК-2). Основным критерием является выполнение шести заданий.

Итоги промежуточной аттестации (дифференцированного зачёта) оцениваются по пятибалльной шкале:

- оценка «отлично»: если все задания сданы на оценку «отлично» и продемонстрировано понимание связанного с выполнением задания инструментария (понятий, алгоритмов и т.д.). (продвинутый уровень освоения компетенций);
- оценка «хорошо» ставится при наличии небольших недочетов в решении заданий (базовый уровень освоения компетенций);

- оценка «удовлетворительно» соответствует обнаруженным более серьезным проблемам в заданиях и понимании (пороговый уровень освоения компетенций);
- оценка «неудовлетворительно»: неспособность выполнить задания (компетенции не сформированы).

**Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «ЭВМ в планировании и обработке физического эксперимента».**

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.



## Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### Список лабораторных заданий

1. *Задание:* решение простой аналитической задачи с использованием производных высших порядков; решение простой задачи на алгебру матриц.

*Для сдачи работы на отлично учащийся должен:*

- получить правильные ответы при аналитических вычислениях;
- провести проверку

*Вариант условия:*

- а. Найти значение первых пяти производных в точке  $x=0$  для функции  $f(x)=\exp(-x \cos(x))$
- б. Построить матричное представление поворотов Эйлера, показать его ортогональность

2. *Задание:* Реализация генератора случайных чисел (1) методом Неймана и (2) одним из предложенных методов оптимизации (прямой выборки, существенной выборки, композиций, композиций и реджекций). Сравнить производительность. Представить график нормированную гистограмму и целевой функции.

*Для сдачи работы на отлично учащийся должен:*

- представить нормированные гистограммы, соответствующую целевой функции для обоих методов;
- оценить производительность, объяснить полученные численные значения производительности.

*Вариант условия:*

$$f(x)=1/(1+x^2)+1+x$$

3. *Задание:* Реализовать простую программу одномерного интегрирования методом Монте-Карло двумя способами: методом среднего и заданным преподавателем методов уменьшения дисперсии (метод существенной выборки).

*Для сдачи работы на отлично учащийся должен:*

- представить результат работы программы: значение, ошибка, промежуточные значения;
- продемонстрировать понимание текста программы;
- результат работы должен согласовываться (с точностью до ошибки) с результатом аналитических вычислений, в случае несогласия (несобств. интегралы) представить объяснение;
- объяснить величину изменения ошибки;
- объяснить изменение ошибки при накоплении данных;

*Вариант условия:*

$$\text{проинтегрировать } f(x)=10^{-6}/(x^2+10^{-4}) \text{ на диапазоне } [-1, 1]$$

4. *Задание:* Практическая реализация алгоритма многомерной минимизации на выбор из представленных на лекциях. Минимизация с использованием системы пакета Minuit.

*Для сдачи работы на отлично учащийся должен:*

- представить результат минимизации с использованием пакета Minuit (CERN Root);
- представить работающую программу численной многомерной минимизацию заданной функции;

- представить последовательность шагов минимизации.

*Вариант условия:*

$$f(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 + 4/(1 + \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}) + (x + y + z)/\sqrt{3}$$

5. *Задание:* Провести простой вычислительный эксперимент с использованием пакета Geant4, набрать гистограммы по измеряемым параметрам, получить средствами пакета визуальное представления события. Для сдачи работы на отлично учащийся должен:

- представить визуализацию нескольких событий;
- представить гистограммы по измеряемым параметрам;
- оценить ожидаемую эффективность и сравнить с полученной по гистограммам, объяснить величину расхождения.

*Вариант условия:*

В направлении по оси z испускаются электроны, энергия 10 МэВ, угловой разброс 5 градусов, в 1 метре ортогонально пучку расположена квадратная золотая пластинка толщиной 1 мм, шириной 10 см; за ней вплотную -- кубический свинцовый поглотитель; размер ребра 1 м.

Гистограммы:

- выделившаяся энергия в пластинке
- выделившаяся энергия в поглотителе
- средние координаты x и y в пластинке

6. *Задание:* определение параметров резонанса. Используя два набора данных, провести отбор, построить функцию правдоподобия; извлечь параметры резонанса. Оценить статистическую и систематическую ошибки.

*Для сдачи работ на отлично учащийся должен:*

- представить гистограмму;
- представить функцию правдоподобия;
- определить параметры резонансов и статистические ошибки;
- оценить систематические ошибки (основные, очевидные).

*Варианты условия:* представленные таблицей энергия, видимое сечение с ошибкой и эффективность.

### **Примерные вопросы на дифференцированный зачёт**

1. Дать определение моментам распределения, производящей функции моментов.
2. Как в системе Maxima определяется переменная? Функция? Что означает операция штрих? Двойной штрих?
3. Нормальное, экспоненциальное, равномерное распределения: форма плотности вероятности, первый момент и второй центральный момент.
4. Графическое представление экспериментальных данных: гистограммы, точки, ошибки, коридор, контуры, диаграмма рассеяния.
5. Несмещенные, эффективные и достаточные оценки; информация Фишера; оценка параметров, теорема Рао.
6. Методы оптимизации генераторов случайных чисел.
7. Комбинация случайных значений, свертка.
8. Методы уменьшения дисперсии для интегрирования методом Монте Карло.
9. Метод максимального правдоподобия; оценка параметров, аппроксимация.
10. Структура задания для моделирования пакетом Geant4.
11. Несмещенные, эффективные и достаточные оценки; доверительные интервалы.
12. Метод минимизации Нелдера-Мида.

13. Статистические и систематические ошибки. Распространение и комбинация ошибок. Экспериментальное разрешение.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «ЭВМ в планировании и обработке физического эксперимента»  
по направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль «Физическая информатика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного