

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ливанов Дмитрий Викторович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 19.07.2026 12:56:46  
Уникальный программный ключ:  
c6d909c49c1d2034fa3a0156c4eaa51e7232a3a2

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»

## ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 4

заседания учебно-методического совета от 27 ноября 2023

ПОВЕСТКА:

Рассмотрение дополнительных общеобразовательных и профессиональных программ.

Проректор по учебной работе А. А. Воронов

СЛУШАЛИ: Директора Физтех-школы прикладной математики и информатики А.М. Райгородского.

ПОСТАНОВИЛИ:

Рекомендовать к утверждению в установленном порядке Программу профессиональной переподготовки «Научное программирование»

Форма проведения заседания: заочная

Председатель УМС МФТИ



А.А. Воронов

Ученый секретарь УМС МФТИ



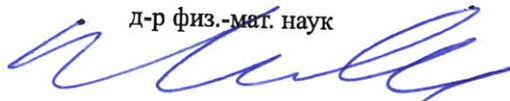
М.В. Березникова

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

д-р физ.-мат. наук



Д. В. Ливанов

«27 » ноября 2023 г.

**Дополнительная профессиональная программа**  
**Программа профессиональной переподготовки**  
**«Научное программирование»**

Москва 2023

<b>Оглавление</b>	<b>2</b>
1. Рабочая группа	2
2. Профессиональные стандарты, учтённые в содержании программы	2
3. Квалификационные требования, учтённые в содержании программы	2
4. Требования федерального государственного стандарта высшего образования, на основании которых была разработана программа	2
5. Характеристика новой квалификации и связанных с ней видов профессиональной деятельности, трудовых функций и (или) уровней квалификации.	2
6. Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень компетенций, формирующихся в результате освоения программы	3
7. Цель программы	4
8. Планируемые результаты обучения по программе	4
9. Учебный план	4
10. Календарный учебный график	5
11. Рабочие программы (учебная программа)	5
12. Организационно-педагогические условия реализации дополнительной профессиональной программы	6
12.1. Требования к квалификации педагогических кадров/представителей предприятий и организаций, обеспечивающих реализацию образовательного процесса	6
12.2. Требования к материально-техническим условиям	6
12.3. Требованиям к информационным и учебно-методическим условиям*	6
12.4. Общие требования к организации образовательного процесса*	6
13. Формы аттестации и оценочные материалы по программе	7

## 1. Рабочая группа

С целью повышения качества дополнительной профессиональной программы (ДПП) с учетом требований профессиональных стандартов (ПС) в группу разработчиков входили:

**Райгородский Андрей Михайлович**

Доктор физико-математических наук, директор ФПМИ МФТИ

**Благодарный Евгений Владимирович**

заведующий учебно-методической лабораторией инноватики ФПМИ МФТИ

**Иванова Анастасия Сергеевна**

руководитель проектов учебно-методической лаборатории инноватики ФПМИ МФТИ

**Нозик Александр Аркадьевич**

физик-экспериментатор, специалист по анализу данных в физическом эксперименте и научному программному обеспечению. Старший научный сотрудник ИЯИ РАН, заместитель заведующего лабораторией методов ядерно-физических экспериментов МФТИ

## 2. Профессиональные стандарты, учтённые в содержании программы

Настоящая дополнительная профессиональная программа (ДПП) разработана с учётом соответствующих ей профессиональных стандартов (ПС) из национального реестра профессиональных стандартов. Профессиональные стандарты (ПС), связанные с настоящей ДПП:

*06.001 Программист*

*06.003 Архитектор программного обеспечения*

*06.015 Специалист по информационным системам*

*06.022 Системный аналитик*

## 3. Квалификационные требования, учтённые в содержании программы

Квалификационные требования, учтённые в содержании программы, указаны в описании должностей единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих. Причём учтены требования должностей, указанных в дополнительных характеристиках отобранных для данной программы ОТФ (п. 5. настоящего документа), которые приведены в указанных в п. 2. настоящего документа профессиональных стандартах (ПС) в строке «ЕТКС или ЕКС». Квалификационные требования инкорпорированы в настоящий документ путём отсылки и являются его неотъемлемой частью.

## 4. Требования федерального государственного стандарта высшего образования, на основании которых была разработана программа

Настоящей дополнительной профессиональной программе соответствует федеральный государственный стандарт высшего образования (ФГОС ВО):

*01.03.02 "Прикладная математика и информатика" (бакалавриат)*

Настоящая дополнительная профессиональная программа разработана на основании требований указанного ФГОС ВО.

Полный перечень требований приведён в тексте указанного ФГОС ВО, инкорпорирован в настоящий документ путём отсылки и является его неотъемлемой частью.

## 5. Характеристика новой квалификации и связанных с ней видов профессиональной деятельности, трудовых функций и (или) уровней квалификации.

«Программа профессиональной переподготовки направлена на получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности, приобретение новой квалификации (часть 5 статьи 76 Федерального закона N 273-ФЗ). Для их определения и может использоваться ПС. При этом необходимо учесть различия терминологии, используемой в образовании и в профессиональных стандартах, о которых говорилось

выше. Вид профессиональной деятельности, квалификация, упоминаемые в цитируемой статье закона, в ПС в большинстве случаев соответствуют ОТФ, иногда - ТФ.»<sup>1</sup>,

Новые квалификации (ОТФ/ТФ) и их уровни\*:

Вид профессиональной деятельности (ПС)	Новые квалификации (ОТФ/ТФ)	Уровень
Разработка, отладка, проверка работоспособности, модификация программного обеспечения	Формализация и алгоритмизация поставленных задач	3
	Написание программного кода с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными	3
	Оформление программного кода в соответствии с установленными требованиями	3
	Работа с системой контроля версий	3
	Проверка и отладка программного кода	3
Проверка работоспособности и рефакторинг кода программного обеспечения	Разработка процедур проверки работоспособности и измерения характеристик программного обеспечения	4
	Разработка тестовых наборов данных	4
	Проверка работоспособности программного обеспечения	4
	Рефакторинг и оптимизация программного кода	4
	Исправление дефектов, зафиксированных в базе данных дефектов	4
Интеграция программных модулей и компонент и верификация выпусков программного продукта	Разработка процедур интеграции программных модулей	5
	Осуществление интеграции программных модулей и компонент и верификации выпусков программного продукта	5
Разработка требований и проектирование программного обеспечения	Анализ требований к программному обеспечению	6

<sup>1</sup> Письмо Министерства образования и науки РФ от 22 апреля 2015 г. N ВК-1032/06 "О направлении методических рекомендаций"

	Проектирование программного обеспечения	6
	Разработка технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие	6

Характеристики данных ОТФ/ТФ приведены в профессиональном стандарте (ПС), указанном в п. 2. настоящего документа, инкорпорированы в настоящий документ путём отсылки, и являются его неотъемлемой частью.

Связанные виды профессиональной деятельности (ВПД):

*Разработка и отладка программного кода*

*Формализация и алгоритмизация поставленных задач*

*Написание программного кода с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными*

*Оформление программного кода в соответствии с установленными требованиями*

\* указываются соответствующие настоящей ДПП ВПД из ФГОС ВО указанном п. 4. настоящего договора, где полный текст ФГОС ВО также доступен на сайте <http://fgosvo.ru/> (либо на другом актуальном сайте с данной информацией)

Характеристика данных ВПД приведена в федеральном государственном стандарте высшего образования (ФГОС ВО), указанном в п. 4. настоящего документа, инкорпорирована в настоящий документ путём отсылки, и является его неотъемлемой частью. Указанные ВПД, освоение которых предусмотрено указанным ФГОС ВО, являются «сквозными» и служат основой овладения выбранной квалификацией (ОТФ/ТФ).

ТФ, связанные с указанными в настоящем пункте ОТФ (в случае их указания), а также их характеристики приведены в профессиональном стандарте (ПС), указанном в п. 2. настоящего документа, инкорпорированы в настоящий документ путём отсылки, и являются его неотъемлемой частью.

#### **6. Характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень компетенций, формирующихся в результате освоения программы**

Учитывая, что слушатели программы уже освоили или осваивают основную профессиональную образовательную программу, в том числе общие компетенции, соответствующего уровня профессионального образования, компетенции формирующиеся в результате освоения настоящей программы и компетенции подлежащие совершенствованию, а также их характеристика, представлены в ФГОС, указанном в п. 4. настоящего документа, инкорпорированы в настоящий документ путём отсылки, и являются его неотъемлемой частью.

Данные компетенции указанного ФГОС ВО служат основой определения результатов обучения по программе.

#### **7. Цель программы**

Реализация программы профессиональной переподготовки направлена на получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности, приобретение новой квалификации.

В соответствии с Письмом Министерства образования и науки РФ от 22 апреля 2015 г. N ВК-1032/06 «О направлении методических рекомендаций», цель представляет собой осознанное представление (предвосхищение) результата деятельности. Планируемые результаты отражены ниже.

#### **8. Планируемые результаты обучения по программе**

Планируемые результаты обучения соответствуют результатам освоения соответствующей основной профессиональной образовательной программы, а также направлены на приобретение новой квалификации, требующей изменение направленности (профиля) или специализации в рамках направления подготовки (специальности) полученного ранее профессионального образования, определены на основе профессиональных

компетенций соответствующего федерального государственного образовательного стандарта, указанного в п. 4. настоящего документа.

Имеющаяся квалификация и (или) уровень образования (требования к слушателям):

*Высшее, незаконченное высшее образование или среднее профессиональное*

Новые виды профессиональной деятельности, и ПК соответствующие им, которые планируются к получению в результате обучения по настоящей программе, а также их характеристики, представлены в ФГОС, указанном в п. 4. настоящего документа, инкорпорированы в настоящий документ путём отсылки, и являются его неотъемлемой частью.

Выпускник также должен обладать прочими компетенциями в соответствии с указанным ФГОС, которые приведены и охарактеризованы в нём, инкорпорированы в настоящий документ путём отсылки, и являются его неотъемлемой частью.

Новые квалификации (ОТФ/ТФ), планируемые к приобретению в результате обучения по настоящей программе, приведены и охарактеризованы в п. 5. настоящего документа.

Приведённая информация о цели и результатах обучения является основой для разработки рабочих программ, оценочных материалов и иных компонентов дополнительной профессиональной программы.

## 9. Учебный план

№ п/ п	Наименование модулей	Всего, Час*.	в том числе:				
			Лекции**	практические занятия (семинары)	самостоятельная работа	контрольные задания	Форма аттестации***
1	Модуль 1 Прохождение заряженных частиц и квантов света через вещество	45	30	0	15	0	зачет
2	Модуль 2 Статистические методы в экспериментальной физике	49	16	16	17	0	
3	Модуль 3 Научная этика	44	28	4	8	4	
4	Модуль 4 Вычислительные методы	120	60	60	0	0	
5	Итоговая квалификационная работа	35	0	0	35	0	
	Итого:	281	134	80	67	0	

Срок освоения настоящей программы профессиональной переподготовки превышает минимально допустимый срок освоения 250 часов (либо другой установленный актуальными нормативными документами соответствующего Министерства срок) или равен ему.

## 10. Календарный учебный график

### Модуль 1 Прохождение заряженных частиц и квантов света через вещество

Обучение по установленной форме: очная, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий																
Количество академических часов: 45																
Порядковый № занятия (по горизонтали)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Лекции	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
практические	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
самостоятельные	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
тестирование	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### Модуль 2 Статистические методы в экспериментальной физике

Обучение по установленной форме: очная, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий											
Количество академических часов: 49											
Порядковый № занятия (по горизонтали)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Лекции	4	0	2	2	2	2	0	2	2	2	
практические	2	4	2	4	4	2	2	4	0	2	
самостоятельные	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Контрольные задания	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Итого	6	4	4	6	6	4	2	6	2	4	

### Модуль 3 Научная этика

Обучение по установленной форме: очная, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий								
Количество академических часов: 44								
Порядковый № занятия (по горизонтали)	1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции	4	2	4	6	6	2	2	2
практические	0	0	0	0	1	1	1	1
самостоятельные	1	1	1	1	1	1	1	1
Контрольные	0	1	0	1	0	1	0	1

задания												
Итого	5	4	5	8	8	5	4	5				

#### Модуль 4 Вычислительные методы

<b>Обучение по установленной форме: очная, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий</b>												
<b>Количество академических часов: 120</b>												
<b>Порядковый № занятия (по горизонтали)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Лекции***	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3
практические	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3
самостоятельные	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Контрольные задания	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Итого	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	4	6

#### Итоговая квалификационная работа

<b>Обучение по установленной форме: очная, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий</b>	
<b>Количество академических часов: 35</b>	
самостоятельная работа	35
Итого	35

#### 11. Рабочие программы (учебная программа)

##### Модуль 1 Прохождение заряженных частиц и квантов света через вещество

№ п/п	Содержание обучения, наименование и тематика практических занятий (вебинаров), самостоятельных работы*	Объем, ак.час.
1	Удельные ионизационные потери.	4
2	Зависимость пробег-энергия.	3
3	Дельта-электроны. Связь потерь энергии с ионизацией.	3
4	Многократное кулоновское рассеяние.	3

5	Флуктуации потерь энергии.	3
6	Методы детектирования заряженных частиц.	3
7	Удельные ионизационные потери.	3
8	Радиационное торможение электронов.	3
9	Черенковское рассеяние.	3
10	Множественное кулоновское рассеяние электронов.	3
11	Флуктуации потерь энергии.	3
12	Поглощение гамма-лучей.	3
13	Рассеяние гамма-лучей.	3
14	Образование пар.	2
15	Общий характер взаимодействия фотонов со средой.	2
16	Электронно-фотонные ливни.	2
	Итого:	45

### Модуль 2 Статистические методы в экспериментальной физике

№ п/п	Содержание обучения, наименование и тематика практических занятий (вебинаров), самостоятельных работы*	Объем, ак. час.
1	Введение в теорию вероятностей	5
2	Непрерывные и дискретные распределения	5
3	Теория принятия статистических решений	5
4	Теория оценок	7
5	Теория проверки гипотез	7
6	Статистические и систематические ошибки	6
7	Использование языка Python для анализа данных	12
8	Методы многомерной оптимизации для построения оценок	8
9	Байесовские методы	4
10	Методы Монте-Карло для анализа данных	6
	Итого	49

### Модуль 3 Научная этика

№ п/п	Содержание обучения, наименование и тематика практических занятий (вебинаров), самостоятельных работы*	Объем, ак.час.
1	Атомные проекты XX века, исторические предпосылки, политические и нравственные аспекты	2
2	Атомный проект Германии, проблема взаимоотношений внутри коллектива.	1
3	Атомный проект Англии и США, его эволюция, кадровый состав, нравственные позиции его участников и других ученых-физиков.	2
4	Атомный проект СССР, личностные проблемы начального этапа, нравственные проблемы его участников, эволюция политических взглядов его участников.	3
5	Исторические, политические и нравственные уроки истории создания ядерного оружия на историческом материале до 1953 г. по материалам международных конференций по истории атомных проектов 1996 (ОИЯИ, Дубна) и 1999 гг. (Luxemburg, Австрия).	4
6	Нравственные уроки Чернобыльской катастрофы.	2
7	Сравнение нравственных аспектов Кыштымской, Чернобыльской и Фукусимской катастроф.	2
8	Этические нормы публикационной деятельности ученого. Правила взаимоотношений с соавторами публикации, с рецензентами и редакторами научных изданий, с коллегами, публикующимися на ту же тему, правила цитирования и ссылок на чужие результаты. Этические нормы и правила участия в научных конференциях.	2
	Итого	32

### Модуль 4 Вычислительные методы

№ п/п	Содержание обучения, наименование и тематика практических занятий (вебинаров), самостоятельных работы*	Объем, ак.час.
1	Векторные и матричные нормы. Унитарные матрицы. SVD разложение. Проекторы. Задача о наименьших квадратах. QR факторизация.	4
2	Вычисления с плавающей точкой. Вычислительная устойчивость.	4
3	Матричный ранг. Приближение низкого ранга и приложения SVD.	4
4	Системы линейных уравнений. Число обусловленности	4
5	Собственные вектора и собственные значения. Методы решения симметричной задачи на собственные значения.	4
6	Разреженные матрицы. Библиотеки numru и scipy. Итеративные методы линейной алгебры.	6
7	Решение систем нелинейных уравнений. Введение в методы оптимизации	6
8	Численное интегрирование и дифференцирование. Методы интерполяции. Решение линейных интегральных уравнений.	6

9	Основные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.	6
10	Введение в методы Монте-Карло. Методы сэмплирования.	6
11	Марковские цепи Монте-Карло. Алгоритм Метрополиса — Гастингса. Сэмплирование по Гиббсу. Гамильтонов Монте-Карло.	4
12	Модели пространства состояний. Линейные динамические системы. Фильтр Калмана.	6
	Итого	120

Содержание дополнительной профессиональной программы направлено на достижение результатов её целей (планируемых результатов).

## 12. Организационно-педагогические условия реализации дополнительной профессиональной программы

### 12.1. Требования к квалификации педагогических кадров/представителей предприятий и организаций, обеспечивающих реализацию образовательного процесса

Требования к образованию педагогических и иных работников, а также (при наличии) требования к освоению ими дополнительных профессиональных программ, опыту работы в области профессиональной деятельности, соответствующей направленности ДПП:

*высшее образование, трудовой и (или) педагогический стаж от полугода, наличие опыта практической работы в сфере деятельности, совпадающей с направлением преподавания*

### 12.2. Требования к материально-техническим условиям

Перечень кабинетов, лабораторий, мастерских, тренажеров и др., обеспечивающих проведение всех предусмотренных программой видов занятий:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий, либо их эквивалентов*	Вид занятий**	Наименование оборудования, программного обеспечения***
Система дистанционного обучения провайдера массовых открытых онлайн курсов	Лекции	Слушателю необходимо наличие доступа в сеть интернет, компьютер. Преподавателю курса необходимо наличие доступа администратора курса на LMS-платформе к материалам курса.
Информационно-коммуникационная платформа дистанционных семинаров	Практические занятия (дистанционные семинары)	Слушателю необходимо наличие доступа в сеть интернет, компьютер. Преподавателю курса необходимо оборудование для проведения дистанционных семинаров (вебинаров), качественный отказоустойчивый доступ в сеть интернет.
Система дистанционного обучения провайдера массовых открытых онлайн курсов	Самостоятельная работа	Наличие компьютера и доступа в сеть интернет.

Система дистанционного обучения провайдера массовых открытых онлайн курсов	Промежуточный, рубежный контроль, Итоговая аттестация	Наличие компьютера и доступа в сеть интернет.
--	---	---

### 12.3. Требованиям к информационным и учебно-методическим условиям\*

Основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Физматлит, 2004.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. Физматлит, 2012.
3. Новиков Г.И. Введение в ядерную физику. НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2004.
4. В. Идье, Д. Драйард, Ф. Джеймс, М. Рус, Б. Садуле. Статистические методы в экспериментальной физике. М.: Атомиздат, 1976.
5. Particle Data Group (PDG): <http://pdg.lbl.gov/2014/reviews/rpp2014-rev-probability.pdf>; <http://pdg.lbl.gov/2014/reviews/rpp2014-rev-statistics.pdf>.
6. Наука и общество. История советского атомного проекта. Труды международного симпозиума ИСАП-96. Гл. ред. А.П. Валихов. I том.— М.: ИздАТ, 1997.— 608 с. II том.— М.: ИздАТ, 1999.— 528 с.
7. Чернобыльская авария: дополнение к INSAG-1. INSAG-7. Доклад международной консультативной группы по ядерной безопасности. Серия изданий по безопасности No. 75-INSAG-7. Международное агентство по атомной энергии. Вена, 1993 г.
8. Numerical Linear Algebra, Lloyd N. Trefethen (Author), David Bau III (Author)
9. Eugene. E. Tyrtyshnikov, "Brief introduction to numerical analysis"
10. А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова, Вычислительные методы для инженеров
11. Monte Carlo Statistical Methods. Authors: C. Robert, G. Casella
12. Machine Learning: A Probabilistic Perspective, K. P. Murphy

Дополнительная литература:

1. Бете Г.А., Ашкин Ю. Прохождение излучения через вещество., сборник “Экспериментальная ядерная физика” стр.141-297, том 1, М., И\*Л, 1955.  
Мухин К.Н. Введение в ядерную физику. М.: Атомиздат, 1965.  
Ремизович В.С., Рогозкин Д.Б., Рязанов М.И. Флуктуации пробега заряженных частиц. М. Энергоатомиздат, 1988.  
Создание первой советской ядерной бомбы. Гл. ред. В.Р. Михайлов. М.: Энергоатомиздат, 1995.
1. Игорь Васильевич Курчатов в воспоминаниях и документах. — М.: ИздАТ, 2003.
2. Convex Optimization, Stephen Boyd and Lieven Vandenberghe
3. E. Hairer, S.P. Norsett, and G. Wanner, Solving Ordinary Differential Equations, Springer, 1993.
4. Approximation Theory and Approximation Practice, Lloyd N. Trefethen
5. Gaussian Processes for Machine Learning, Carl Edward Rasmussen and Christopher K.I. Williams
6. Non-Uniform Random Variate Generation, Luc Devroye

### 12.4. Общие требования к организации образовательного процесса\*

Форма обучения – очная, с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Режим обучения – 2 раз(а) в неделю по 4 академических часа.

Преподаватель проводит практические занятия дистанционно в форме вебинаров с использованием платформы ZOOM (или аналогичной).

Самостоятельная работа выполняется слушателем в удобном для слушателя режиме

В Таблице ниже описаны образовательные технологии.

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	Лекция	Изложение материала посредством лекций, обсуждение общих вопросов по тематике	Ознакомление слушателей с

		курса	базовым материалом по тематике курса
2	Практическое занятие	Выполнение практических заданий, получение обратной связи от преподавателя.	Практическое освоение теоретических знаний, Разбор ситуаций, а также углубление знаний по курсу
3	Самостоятельная работа	Самостоятельное изучение дополнительных материалов и литературы. Выполнение тренировочных тестов и заданий.	Углубление знаний по курсу. Применение знаний к своей организации / проекту
4	Выполнение контрольных заданий	Выполнение тестов, проверочных заданий.	Практическое освоение теоретических знаний, контроль освоения материалов.
5	Итоговая аттестация	Подготовка итоговой аттестационной работы.	Практическое освоение теоретических знаний, контроль освоения материалов. Получение практического результата в своих организациях / проектах

### 13. Формы аттестации и оценочные материалы по программе

Оценка качества освоения программы проводится по двухбалльной системе: «зачтено», «не зачтено» или пятибалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично» по результатам промежуточного контроля (тестирование, проверочные задания на взаимную оценку), контроля посещаемости практических занятий (вебинаров) и результатам итоговой аттестации.

Слушатель считается аттестованным в случае положительных результатов работы (не менее 70% баллов от итоговой оценки) в процессе обучения и успешной сдачи экзамена. При этом баллы за экзамены начисляются только при достижении 50% порога при прохождении каждого экзаменационного испытания. После аттестации слушатель получает оценку «отлично», если набрано не меньше 80% баллов от возможного максимума, «хорошо», если набрано не меньше 65%, «удовлетворительно», если набрано не меньше 40%, в противном случае слушатель курса не сдает.

Результат тестирования, решения проверочных заданий и написания кода проверяется автоматически системой на образовательной платформе. Итоговая аттестационная работа проверяется преподавателем

Составляющие процесса обучения, которые оцениваются в ходе обучения, и их вклад в итоговую оценку представлены в Таблице ниже.

Таблица – Составляющие процесса обучения

	Основные показатели оценки	Вклад в итоговую оценку
1	Основной курс обучения	50%
2	Практические занятия	10%
3	Итоговая аттестация	40%

#### Оценочные материалы:

Модуль 1. Прохождение заряженных частиц и квантов света через вещество

Перечень контрольных вопросов:

1. Удельные ионизационные потери тяжелых заряженных частиц. Классический подход. Формула Бора и ее область применения.
2. Удельные ионизационные потери тяжелых заряженных частиц. Квантовомеханический подход. Формула Бете-Блоха.
3. Зависимость пробег-энергия для тяжелых заряженных частиц. Связь между средним и экстраполированным пробегом, разброс пробегов.
4. Дельта-электроны.
5. Связь потерь энергии тяжелых заряженных частиц с ионизацией среды.
6. Упругое рассеяние тяжелых заряженных частиц на атомах. Формула Резерфорда.
7. Многократное кулоновское рассеяние тяжелых заряженных частиц.
8. Флуктуации потерь энергии тяжелых заряженных частиц.
9. Удельные ионизационные потери бета-частиц. Формулы Мота.
10. Тормозное излучение электронов. Радиационная единица, критическая энергия.
11. Черенковское рассеяние. Вывод формулы для угла излучения.
12. Многократное кулоновское рассеяние электронов.
13. Флуктуации потерь энергии электронов. Прохождение через фольги.
14. Фотоэффект. Рентгеновское излучение, электроны Оже.
15. Томсоновское рассеяние.
16. Комптоновское рассеяние.
17. Образование электрон-позитронных пар.
18. Общий характер взаимодействия фотонов со средой.
19. Электронно-фотонные ливни.

## Модуль 2. Статистические методы в экспериментальной физике

### Перечень контрольных вопросов

1. Дайте определение вероятности (можно два).
2. Вы сдали 3 теста по коронавирусу, 2 отрицательных, 1 положительный, какая вероятность, что вы действительно больны? Процент ложноположительных результатов - 2%, ложноотрицательных - 8%. Число заболевших в России - 1 миллион.
3. Выполняется ли ЦПТ для распределения Коши? Как это можно проверить?
4. Что можно сказать, если интервальные оценки величин пересекаются?
5. Приведите условия использования критерия Стьюдента.
6. В чем заключается метод наименьших квадратов?
7. В каких случаях эффективность оценки хи-квадрат и оценки методом максимума правдоподобия будут отличаться? В какую сторону?
8. Могут ли быть случаи, когда можно сделать интервальную оценку, но нельзя точечную?
9. Что такое уровень достоверности доверительного интервала?
10. Опишите процедуру пояса достоверности Неймана.
11. Какие отличия между статистическими и систематическими погрешностями?
12. Всегда ли приборные погрешности являются систематическими?
13. Как можно улучшить статические погрешности?
14. Как можно улучшить систематические погрешности?
15. Каким образом складываются зависимые друг от друга погрешности?
16. Дайте определение информации Фишера и приведите пример ее использования.
17. Является ли критерий Пирсона всегда наилучшим?
18. Приведите как минимум один метод оптимизации функции и расскажи о его особенностях.
19. Когда целесообразно использовать методы Монте Карло, какие у них недостатки?
20. Как определяется точно численного интегрирования? Как улучшить эту точность?
21. Что такое период псевдослучайного генератора случайных чисел?

### Примеры контрольных заданий

1. В рамках мысленного эксперимента рассматривается процесс, в котором значение  $y$  зависит от значения  $x$  согласно закону  $y = a(d \cdot x + \exp(-x))$ , при этом  $a = 6800$ ,  $\tau = 12.5$ . Найти добавку  $d$  если в результате измерения получены следующие данные:

x	y	err
0.0000	6795.7751	82.4621
4.0000	5017.8682	71.2689

8.0000	3875.7458	62.1970
16.0000	2514.2291	49.5622
20.0000	2014.9880	45.6081
24.0000	1828.7464	42.9601
28.0000	1705.6864	41.4005
32.0000	1726.9978	40.7086
38.0000	1639.7133	40.8529
40.0000	1712.5872	41.1289
44.0000	1674.3187	41.9180
48.0000	1876.2540	42.9353
52.0000	1852.4924	44.1005
56.0000	1990.6411	45.3567
60.0000	2115.0275	46.6644

1. Качественно показать работу центральной предельной теоремы на компьютерном эксперименте.
2. При помощи численного эксперимента определить, при каких значениях среднего значения наблюдается относительная разница больше 1% между Пуассоновским и Нормальным распределениями.
3. По данным (данные генерируются и выдаются индивидуально) определить, соответствуют ли точки линейной или квадратичной зависимости. Оценить уровень достоверности полученного утверждения.

### Модуль 3. Научная этика

Примерные темы докладов:

1. Исторические и политические аспекты атомных проектов.
2. Личностные и нравственные конфликты участников атомных проектов.
3. Нравственные оценки событий, связанных с созданием ядерного оружия.
4. Социальные и политические аспекты причин чернобыльской катастрофы.
5. Роль человеческого фактора в причинах чернобыльской катастрофы.
6. Алгоритм подготовки научной статьи к публикации.
7. Правила и формы взаимодействия с коллегами и с организацией-хозяином при участии в научной конференции.

### Модуль 4. Вычислительные методы

Перечень контрольных вопросов

1. Рассмотрите матрицы  $X$  размером  $n \times m$ ,  $\Omega$  размером  $m \times m$  и  $\Delta$  размером  $n \times n$ . Пусть
 
$$f(A) = A^{-1}X(X^T A^{-1}X)^{-1}.$$
 Докажите, что
 
$$f(X\Omega X^T + \Delta) = f(\Delta)$$
 предполагая, что все матрицы, которые обращаются в этом уравнении, действительно являются обратимыми.

2.

Постройте руками SVD разложение следующих матриц:

$$(a) \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}, \quad (b) \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (c) \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

3.

Напишите программу, которая решает нелинейное уравнение Пуассона:

$$\phi''(x) = e^{\phi(x)} - n(x), \quad \text{где } n(x) = 1 + e^{-3(x-5)^2},$$

в области  $0 \leq x \leq 10$  с граничными условиями  $\phi(0) = \phi(10) = 0$ . Для этого дискретизируйте дифференциальное уравнение на равномерную решётку  $x_j=1, \dots, N-1$ , так что значения потенциала в точках  $x_0 = 0$  и  $x_N = 10$  зафиксированы граничными условиями, а внутри определяются дискретной версией исходного дифференциального уравнения:  $G_1 = 0, G_2 = 0, \dots, G_{N-1} = 0$ , где

$$G_j = \frac{\phi_{j+1} - 2\phi_j + \phi_{j-1}}{\delta x^2} - e^{\phi_j} + n(x_j) = 0.$$

Используйте метод Ньютона для того, чтобы найти решение этой системы. Сколько итераций нужно, чтобы получить решение с 10ю значащими цифрами?

4.

Вычислите следующий интеграл по  $n$ -мерному вектору  $\vec{x}$  (в бесконечных пределах) методом Монте-Карло:

$$\int \prod_{i=1}^n dx_i \frac{\exp(-\vec{x}^T A \vec{x})}{1 + x_1^2 + \dots + x_n^2},$$

где матрица  $A$  содержится в A4.

5.

Для целевого распределения  $\pi(x)$  и пропозала  $q(x' \leftarrow x)$ , оператор перехода Метрополиса-Хастингса дается выражением

$$T(x' \leftarrow x) = q(x' \leftarrow x) \min \left\{ 1, \frac{\pi(x')q(x \leftarrow x')}{\pi(x)q(x' \leftarrow x)} \right\}.$$

Покажите, что этот оператор удовлетворяет критерию детального баланса.

Примеры контрольных заданий (не менее пяти вопросов/заданий)

1.

Рассмотрите матрицу

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Реализуйте следующие методы нахождения максимального собственного значения (стартуйте со случайного вектора):

- Степенная итерация
- Обратная итерация с  $\mu = 3.5$
- Обратная итерация с  $\mu = 3.7$

Сколько шагов  $k$  требуется в каждом случае для того, чтобы получить настоящий собственный вектор  $v$  с точностью  $\|v - v_k\|_2 < 10^{-3}$ ?

2.

Рассмотрите единичную массу, находящуюся при  $t = 0$  в точке  $x = 0$  в состоянии покоя  $v = 0$  и подверженную силе  $f_i$  при  $i - 1 < t \leq i$ , где  $i = 1, 2, \dots, 10$ . Пусть  $a = (x(t = 10), v(t = 10))$  – вектор, состоящий из координаты и скорости частицы в момент времени  $t = 10$ . Постройте матрицу  $A$  такую, что  $a = Af$  (заметьте, что  $A$  имеет размер  $2 \times 10$ ). Используя SVD разложение, найдите  $f$  минимальной нормы такое, что  $a = (1, 0)$ .

3.

Рассмотрите интегральное уравнение на функцию  $f(s)$ , где  $-1 \leq s \leq 1$ :

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}} \frac{y(t)}{t-s} = \cos s$$

(здесь интеграл понимается в смысле главного значения), с дополнительным условием

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}} y(t) = 0.$$

Решите это уравнение, используя квадратуру Чебышева-Гаусса. Постройте график решения как непрерывную функцию на заданном отрезке. Возможно, Вам понадобится следующее равенство:

$$\int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}(s-t)} dt = 0.$$

4.

Рассмотрите вероятностную модель

$$v \sim \mathcal{N}(v|0, 3^2), \quad x_k|v \sim \mathcal{N}(x_k|0, e^v)$$

где  $k = 1, 2, \dots, 9$ . Совместное распределение данных случайных величин имеет вид

$$p(v, x_1, \dots, x_9) = \mathcal{N}(v|0, 3^2) \prod_{k=1}^9 \mathcal{N}(x_k|0, e^v)$$

Используя иерархичность такой структуры, сгенерируйте 50000 образцов из этого распределения. Сколько из образцов имеет  $v < -5$ ?

5.

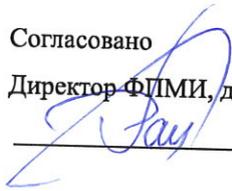
Вектора  $x_4$  и  $y_4$  дают значения некоторой функции на равномерной сетке на отрезке  $[-0.75, 0.75]$ . Используя `scipy.optimize.curve_fit`, постройте интерполяцию функции  $y(x)$  функциями вида

$$y_1(x) = p_0 + p_1x + p_2x^2 + p_3x^3 + p_4x^4 + p_5x^5, \quad y_2(x) = \frac{p_0 + p_1x + p_2x^2 + p_3x^3}{1 + q_1x + q_2x^2}.$$

Какая из этих формул лучше описывает  $y(x)$  на заданном интервале? Постройте график экстраполяции  $y(x)$  за пределы исходных данных. Можете ли вы угадать аналитическое выражение для  $y(x)$ ?

Согласовано

Директор ФЛМИ, д.ф.-м.

 А.М. Райгородский

**Пояснительная записка  
к разработке и реализации дополнительной  
профессиональной программы профессиональной переподготовки  
«Научное программирование»**

Цель курса:

1. Ознакомление слушателей с базовым материалом по тематике курса
2. Практическое освоение теоретических знаний, Разбор ситуаций, а также углубление знаний по курсу
3. Практическое освоение теоретических знаний, контроль освоения материалов. Получение практического результата в своих организациях / проектах

Связанные виды профессиональной деятельности (ВПД):

- Разработка и отладка программного кода
- Формализация и алгоритмизация поставленных задач
- Написание программного кода с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными
- Оформление программного кода в соответствии с установленными требованиями

Программа будет построена по очному принципу (с применением дистанционных образовательных технологий), которые займут:

- Модуль 1: 45 ак.ч, 30 ак.ч – лекции, 15 ак.ч – самостоятельная работа;
- Модуль 2: 49 ак.ч, 16 ак.ч – лекции, 16 ак.ч – семинары, 17 ак.ч – самостоятельная работа;
- Модуль 3: 44 ак.ч, 28 ак.ч – лекции, 4 ак.ч – семинары, 8 ак.ч – самостоятельная работа, 4 ак.ч – контрольные задания;
- Модуль 4: 120 ак.ч, 60 ак.ч – лекции, 60 ак.ч – семинары;
- Модуль 5: 35 ак.ч, 35 ак.ч – лекции;

Преподавателями курса будут являться сотрудники и преподаватели МФТИ, имеющие обширный опыт работы в области Научного программирования.

Преподаватель проводит практические занятия дистанционно в форме вебинаров с использованием платформы ZOOM (или аналогичной).

Самостоятельная работа выполняется слушателем в удобном для слушателя режиме

**Составители программы:**

**Благодарный Евгений Владимирович**

заведующий учебно-методической лабораторией инноватики ФПМИ

**Волков Никита Васильевич**

руководитель проектов учебно-методической лаборатории инноватики ФПМИ

**Инанц Гайк Ашотович**

эксперт учебно-методической лаборатории инноватики ФПМИ

**Поляков Антон Сергеевич**

эксперт учебно-методической лаборатории инноватики ФПМИ

Согласовано

Директор ФПМИ, д.ф.-м.н.



А.М. Райгородский