

## Рабочая программа дисциплины

**1. Название дисциплины:** Основы системного программирования

**2. Уровень высшего образования** – магистратура

**3. Направление подготовки:** 03.04.02 Физика (магистратура)

**4. Аннотация:**

Курс знакомит слушателей с основами системного программирования – области программирования, занимающейся проблемой взаимодействия аппаратного и программного обеспечения. По ходу курса рассматривается организация компьютерной системы от цифрового логического уровня до уровня операционной системы. Описываются подходы к проектированию современных компьютерных архитектур. Рассмотрены также практические вопросы создания драйверов для ОС семейства Linux. Особенность курса является написание учащимися серии программ, эмулирующих работу некой абстрактной вычислительной машины на разных уровнях. Задача курса заключается в том, чтобы дать слушателям представление об организации и архитектуре классических вычислителей с целью последующего применения и адаптации этих знаний при разработке квантовых вычислительных систем.

**5. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся (указывается согласно рабочему плану):**

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа, 2 часа коллоквиумов), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

**6. Формируемые компетенции и входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

**НАЗВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ:**

СПК-1 Способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений.

СПК-2 Способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений.

СПК-3 Способность организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования.

## ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Для того чтобы формирование данных компетенций было возможно, обучающийся, приступивший к освоению образовательной программы, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные методы научно-исследовательской деятельности.
- **УМЕТЬ:** выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

Для освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретаемые в рамках общей дисциплины «Программирование», магистерской программы «Программирование микроконтроллеров и ПЛИС-1». Также необходимы базовые знания языка программирования С.

## **7. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,  форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего, часы	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
<b>1. Введение</b> Понятие операционной системы (ОС). Сведения об архитектуре компьютеров. Архитектура фон Неймана, гарвардская архитектура. История развития компьютерных архитектур и ОС. Многоуровневая компьютерная организация. Типы компьютеров. Классификация языков программирования. Компиляция, интерпретация, трансляция.		2			2	2 часа Знакомство с базовой литературой по теме архитектуры компьютеров.		2

<p><b>2. Архитектура компьютера</b>  Сведения об архитектурах x86, ARM и AVR. Цифровой логический уровень. Микроманды и микроархитектура. Машинные инструкции. Системы команд RISC и CISC. Непосредственная, прямая, регистровая, косвенная регистровая адресация памяти. Принципы проектирования современных архитектур. Параллелизм на уровне команд. Классификация Флинна: SISD, SIMD, MISD, MIMD архитектуры.</p>	2	1		3	3 часа Написание программы по эмуляции арифметико-логического устройства процессора для целочисленной арифметики.		3
<p><b>3. Устройство процессора</b>  Суперскалярный и векторный процессор. Поток выполнения команд, арифметико-логическое устройство, регистры. Вектор прерываний, перехват исключений. Способы повышения производительности выполнения программ: кэш память, конвейер, предсказание переходов, внеочередное выполнение.</p>	2	2		4	4 часа Написание интерпретатора-эмулятора процессора, выполняющего «машинный код» для абстрактной вычислительной машины (набор её инструкций будет описан на семинарах).		4
<p><b>4. Основы ассемблера</b>  Язык ассемблера. Ассемблер x86. AT&amp;T синтаксис. Формат операторов, директивы, макроопределения. Процесс ассемблирования: двухпроходная схема. Таблица символических имён.</p>	2	3		5	2 часа Написание программы, выводящей строку «Hello, world!» на ассемблере x86.  3 часа		5

						Написание программы на ассемблере x86, вызывающей подпрограмму сложения двух целых чисел, и выводящей результат в терминал.	
<p><b>5. Уровень операционной системы</b></p> <p>Процесс начальной загрузки компьютера. Интерфейсы BIOS и UEFI. Самотестирование POST. Загрузчики ядра ОС UEFI и GRUB. Ядро ОС Linux. Программа init. Виртуальная память, страничная организация памяти. Системные вызовы. Корневая файловая система. Дерево устройств. Загрузка пользовательских программ. Режим ядра и пользователя. Компоновка программ: статическая и динамическая. Формат исполняемых и компокуемых файлов ELF.</p>	6	4	2 часа Коллоквиум по пройденным темам и сдаче написанных программ	12	6 часов Написание загрузчика файлов ELF для абстрактной учебной вычислительной машины и последующий запуск кода в эмуляторе процессора, написанном ранее.  Подготовка к коллоквиуму	6	
<p><b>6. Гибридные вычислительные устройства</b></p> <p>Система на кристалле (SoC). Сопроцессоры, мультипроцессоры и мультикомпьютеры. Механизмы доступа к памяти UMA, NUMA, COMA. Взаимодействие между процессором и программируемой логической интегральной схемой (ПЛИС). Драйверы символьных и блочных устройств. Операции с файлами символьных устройств, связь с системными вызовами.</p>	4	4		8	8 часов Написание простейшего драйвера символьного устройства, реализующего структуру памяти типа стек.	8	

Автоматическое создание файлов устройств с помощью демона udev.								
<b>Промежуточная аттестация - зачет</b>			2		2	8 часов Подготовка к промежуточной аттестации (зачету).		8
<b>Итого</b>		18	16	2	36			36

\* Текущий контроль успеваемости в рамках занятий семинарского типа реализуется в форме обсуждения.

## 8. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

8.1 Основная и дополнительная литература доступная студентам через Интернет или по запросу лектору.

## 9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Типовые контрольные вопросы и темы для обсуждения:

1. Многоуровневая компьютерная организация.
2. Различия и сходства между компиляцией, трансляцией, ассемблированием и интерпретацией.
3. Особенности и сферы применения архитектур x86, ARM, AVR.
4. Типы адресации памяти.
5. Понятие микроархитектуры и микрокоманд. Отличие от машинных инструкций.
6. Параллелизм на уровне выполнения команд. Классификация Флинна.
7. Суперскалярная и векторная архитектура процессора.
8. Методы повышения производительности выполнения команд.
9. Двухстадийный процесс ассемблирования.
10. Таблица символических имён.
11. Процесс начальной загрузки компьютера.
12. Начальная загрузка ОС Linux. Программа init.
13. Организация виртуальной памяти.
14. Корневая файловая система в ОС Linux.
15. Компоновка программ и их запуск загрузчиком.

16. Структура ELF файла и его предназначение.
17. Гибридные вычислительные системы. Методы доступа к памяти.
18. Драйверы символьных и блочных устройств.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ПОКАЗАТЕЛИ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ)

**ВЛАДЕТЬ:** профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений (В1, СПК-1).

**ВЛАДЕТЬ:** навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений (В2, СПК-2).

**ВЛАДЕТЬ:** навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений (В3, СПК-3).

**УМЕТЬ:** анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (У1, СПК-1).

**УМЕТЬ:** осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений (У2, СПК-2).

**УМЕТЬ:** организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования (У3, СПК-3).

**ЗНАТЬ:** методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений (З1, СПК-1).

**ЗНАТЬ:** способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений (З2, СПК-2).

**ЗНАТЬ:** методы организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (З3, СПК-3).

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений (B1, СПК-1).	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений	Успешное и систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений (B2, СПК-2).	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений	Успешное и систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками анализа	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое	В целом успешное, но содержащее отдельные	Успешное и систематическое применение навыков анали-



<p>методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений (ВЗ, СПК-3).</p>		<p>анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>за методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>
<p><i>УМЕТЬ:</i> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (У1, СПК-1).</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>

<p><i>УМЕТЬ:</i> осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений (У2, СПК-2).</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений</p>
<p><i>УМЕТЬ:</i> организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования (У3, СПК-3)</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>

<p><i>ЗНАТЬ:</i> методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений (31, СПК-1)</p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарное проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>Успешное и систематическое проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений</p>
<p><i>ЗНАТЬ:</i> способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений (32, СПК-2).</p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарное проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>Успешное и систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>

<b>ЗНАТЬ:</b> методы организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (33, СПК-3)	Отсутствие знаний	Фрагментарное проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	Успешное и систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования
--	-------------------	--	--	--	---

## 10. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная литература

1. Э. Таненбаум, Т. Остин. Архитектура компьютера. – СПб.: Питер, 2015.
2. Э. Таненбаум, А. Вудхалл. Операционные системы: Разработка и реализация. – СПб.: Питер, 2006.
3. К. Симмондс. Встраиваемые системы на основе Linux. / пер. с англ. А. А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2017.

### Дополнительная литература

21. Э. Таненбаум, Х. Бос. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2011.
22. Tool Interface Standard Executable and Linking Format (ELF) Specification Version 1.2.
23. System V Application Binary Interface. Edition 4.1. – <http://www.sco.com/developers/devspecs/gabi41.pdf>.
24. J. Corbet, A. Rubini, G. Kroah-Hartman. Linux Device Drivers. 3<sup>rd</sup> Edition. – O'Reilly Media, 2005.

### **11. Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:**

- <http://rus-linux.net/MyLDP/BOOKS/drivers/linux-device-drivers-00.html>

### **12. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Для освоения дисциплины необходимо посещение интерактивных занятий (лекций и семинаров) и регулярная самостоятельная работа в течение семестра. Особенностью курса является написание цикла учебных программ для практического закрепления излагаемого материала.

### **13. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости):**

При реализации учебной работы в рамках дисциплины «Основы системного программирования» лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

### **14. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика». Любая аудитория, оснащенная проекционным оборудованием с возможностью подключения к ноутбуку, экраном, и учебной доской.