

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**и.о. директора физтех-школы  
физики и исследований им.  
Ландау**

**А.А. Воронов**

|                            |  |
|----------------------------|--|
|                            | <b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>   |
| <b>по дисциплине:</b>      | Компьютинг в физике высоких энергий  |
| <b>по направлению:</b>     | Ядерная физика и технологии  |
| <b>профиль подготовки:</b> | Ядерная физика, УТС и компьютерные методы в физике<br>Физтех-школа физики и исследований им. Ландау<br>кафедра фундаментальных и прикладных проблем физики микромира |
| <b>курс:</b>               | 1  |
| <b>квалификация:</b>       | магистр  |

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

- лекции: 60 час.
- семинары: 60 час.
- лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: Д.И. Казаков, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальных и прикладных проблем физики микромира  
04.06.2020

## Аннотация

Современный эксперимент в физике высоких энергий невозможен без применения вычислительной техники. Компьютинг играет ключевую роль на всех этапах эксперимента, начиная от приема данных с детектора и заканчивая реконструкцией событий, моделированием установки и статистическим анализом физических данных. Объем данных, получаемых в крупных экспериментах может достигать сотен петабайт ежегодно. Такой объем данных невозможно обработать даже в крупном вычислительном центре, поэтому все более важную роль играют распределенные вычисления и грид-технологии. Задача курса познакомить студентов с компьютерингом в физике высоких энергий в объеме, достаточном для физика-экспериментатора.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Целью освоения данной дисциплины является приобретение знаний и умений для обработки научной информации с использованием современных вычислительных систем.

Излагаются средства организации, инструменты и технологии, применяемые для хранения, передачи и обработки больших объемов научных данных.

#### Задачи дисциплины

- приобретение знаний о роли компьютеринга в научных исследованиях;
- умение пользоваться стандартными инструментами, применяемыми в физике для обработки данных;
- базовые знания в области шифрования, аутентификации и безопасности.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции   | Индикаторы достижения компетенции   |
|--|---|
| УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий  | УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними  |
|  | УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации  |
|  | УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности |
| ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы   | ОПК-2.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов   |
| ОПК-3 Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ | ОПК-3.1 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации               |
| ПК-1 Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий  | ПК-1.2 Умеет создавать теоретические и математические модели в области ядерной физики и технологий  |
|  | ПК-1.3 Владеет навыками работы с современными расчетными программными средствами  |
|  | ПК-2.1 Знает методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий  |

|  |  |
|--|--|
| ПК-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий | ПК-2.2 Умеет рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий  |
|  | ПК-2.3 Владеет навыками использования информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов (установок, материалов, приборов) в своей предметной области |

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы обработки, хранения и передачи научных данных;
- основы безопасности при обработке, хранении и передачи научных данных;
- историю развития, предпосылки создания, общую концепцию ГРИД;
- протоколы передачи данных;
- перспективы использования компьютерных технологии для решения масштабных задач;
- перспективные направления развития компьютерных технологий.

уметь:

- ☐ Диагностировать неполадки в сетевом соединении;
- ☐ Устанавливать безопасное соединение между узлами сети;
- ☐ Организовать хранение данных, как в базе данных, так и в виде файлов;
- ☐ Обрабатывать данные с помощью систем пакетной обработки и грид систем;
- ☐ Использовать облачные технологии для обработки данных.

владеть:

- ☐ Инструментами хранения данных;
- ☐ Инструментами обработки данных.

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

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

| №                     | Тема (раздел) дисциплины                 | Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час. |          |                 |                |
|-----------------------|--|---|----------|-----------------|----------------|
|                       |  | Лекции  | Семинары | Лаборат. работы | Самост. работа |
| 1                     | Компьютинг в физике высоких энергий.     | 6   | 7        |                 | 7              |
| 2                     | Передача данных. Сети. Протоколы.        | 9   | 8        |                 | 8              |
| 3                     | Базы данных.                             | 8   | 8        |                 | 8              |
| 4                     | Системы хранения данных.                 | 7   | 7        |                 | 7              |
| 5                     | Пакетная обработка данных.               | 5   | 5        |                 | 9              |
| 6                     | Основы безопасности.                     | 7   | 7        |                 | 9              |
| 7                     | Грид системы.                            | 6   | 6        |                 | 9              |
| 8                     | Облачные технологии.                     | 7   | 7        |                 | 9              |
| 9                     | Фреймворки для физических экспериментов. | 5   | 5        |                 | 9              |
| Итого часов           |  | 60  | 60       |                 | 75             |
| Подготовка к экзамену |  | 30 час.   |          |                 |                |
| Общая трудоёмкость    |  | 225 час., 5 зач.ед.   |          |                 |                |

## 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

### Семестр: 1 (Осенний)

#### 1. Компьютинг в физике высоких энергий.

Назначение. Краткая история. Основные функции, задачи.

#### 2. Передача данных. Сети. Протоколы.

Задача передачи данных. Сети передачи данных. Характеристики сетей передачи данных. ISO/OSI. Ethernet. TCP/IP. UDP. FTP, SSH, HTTP. Обмен сообщениями. MQTT, ZeroMQ.

#### 3. Базы данных.

Реляционные базы данных. Типы данных. SQL. NoSQL. DDL, DML, DCL, TCL.

#### 4. Системы хранения данных.

Распределённое хранение данных. Метаданные, каталог. Проблема управления данными.

### Семестр: 2 (Весенний)

#### 5. Пакетная обработка данных.

PBS, Torque, Condor. Maui. Управление задачами.

#### 6. Основы безопасности.

Шифрование. Аутентификация и авторизация. Проверка системы на безопасность. Использование файрвола.

#### 7. Грид системы.

История появления. Текущее состояние. Платформа DIRAC. Назначение, возможности и архитектура платформы DIRAC.

#### 8. Облачные технологии.

Виртуализация. Типы виртуализации. Обзор решений. KVM, OpenVZ. Появление облаков. OpenNebula.

#### 9. Фреймворки для физических экспериментов.

Основные этапы обработки данных: реконструкция, моделирование, анализ. Задачи фреймворков. Примеры фреймворков: Gaudi, FairRoot.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор), компьютерный класс. Необходима операционная система Linux с графической оболочкой (Ubuntu, Fedora, CentOS, Mint или аналогичный дистрибутив). Каждому студенту требуется квота в облаке: 2 виртуальные машины, 2 ядра, 4 гигабайта оперативной памяти.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

1. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы, учебное пособие для вузов : рек. М-вом образования и науки РФ /В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. Санкт-Петербург, Питер, 2019
2. Современные операционные системы [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Э. Таненбаум ; [пер. с англ. Н. Вильчинский, А. Лашкевич] .— 3-е изд. — СПб. : Питер, 2015 .— 1120 с
1. The GRID: Blueprint for a New Computing Infrastructure (2nd Ed.) I. Foster, C. Kesselman

#### Дополнительная литература

Р. Бок, Х. Грот, Д. Ноц, М. Реглер, Методы анализа данных в физическом эксперименте. М., Мир, 1993

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

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

Необходимое программное обеспечение:

ssh-client, browser (firefox, chrome), scp

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>по направлению:</b>     | Ядерная физика и технологии  |
| <b>профиль подготовки:</b> | Ядерная физика, УТС и компьютерные методы в физике<br>Физтех-школа физики и исследований им. Ландау<br>кафедра фундаментальных и прикладных проблем физики микромира |
| <b>курс:</b>               | 1  |
| <b>квалификация:</b>       | магистр  |

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** Д.И. Казаков, д-р физ.-мат. наук, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Код и наименование компетенции   | Индикаторы достижения компетенции   |
|--|---|
| УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий  | УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними  |
|  | УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации  |
|  | УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности |
| ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы   | ОПК-2.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов   |
| ОПК-3 Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ | ОПК-3.1 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации               |
| ПК-1 Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий  | ПК-1.2 Умеет создавать теоретические и математические модели в области ядерной физики и технологий  |
|  | ПК-1.3 Владеет навыками работы с современными расчетными программными средствами  |
| ПК-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий                                       | ПК-2.1 Знает методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий  |
|  | ПК-2.2 Умеет рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий   |
|  | ПК-2.3 Владеет навыками использования информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов (установок, материалов, приборов) в своей предметной области                                    |

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Компьютинг в физике высоких энергий» обучающийся должен:

### знать:

- основы обработки, хранения и передачи научных данных;
- основы безопасности при обработке, хранении и передаче научных данных;
- историю развития, предпосылки создания, общую концепцию ГРИД;
- протоколы передачи данных;
- перспективы использования компьютерных технологии для решения масштабных задач;
- перспективные направления развития компьютерных технологий.

### уметь:

- ☐ Диагностировать неполадки в сетевом соединении;
- ☐ Устанавливать безопасное соединение между узлами сети;
- ☐ Организовать хранение данных, как в базе данных, так и в виде файлов;
- ☐ Обработать данные с помощью систем пакетной обработки и грид систем;
- ☐ Использовать облачные технологии для обработки данных.

**владеть:**

- ☐ Инструментами хранения данных;
- ☐ Инструментами обработки данных.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Примеры контрольных заданий:

1. Проверить соединения с удалёнными серверами. Студентам предлагается список из нескольких ip адресов и доменных имён. Студенты должны изучить каждый из адресов, рассказать, где находится сервер, проверить надёжность соединения с ним, а также сообщить о возможных проблемах, связанных с безопасностью сервера.
2. Работа с ssh. Студенты должны подключиться на удалённую машину по протоколу ssh. На удалённой машине требуется набор заданий, связанных с операциями над файлами и директориями, запуском программ, редактированием файлов. Далее необходимо продемонстрировать умение перемещать файлы с локальной машины на удалённую, а также умение настроить и использовать ssh туннель.
3. Работа с базой данных. Студенты получают логин и пароль для доступа к базе данных MySQL. Требуется выполнить набор SQL запросов и ответить на список вопросов, связанных с данными, находящимися в MySQL. Далее, требуется добавить новые данные и удалить некоторые старые. В итоге необходимо сделать дамп базы данных и загрузить его в другую базу данных MySQL.
- 4 Отправка задачи в систему пакетной обработки и в грид. Студенты должны написать простую программу на языке python, C++ или другом языке программирования и отправить несколько копий этих задач в очередь. Затем продемонстрировать умение следить за ходом выполнения задач и после их успешного завершения получить результат. Задачи можно отправлять как в PBS, так и в систему DIRAC.
- 5 Работа с виртуальными машинами в облаке. Студенты должны создать виртуальную машину с определённым количеством вычислительных ядер, оперативной памяти и характеристиками сети. Далее требуется к ней подключиться, установить веб-сервер Apache и изменить стандартную страницу index.html. Далее необходимо продемонстрировать умение сохранять копию образа виртуальной машины, а также умение восстанавливать виртуальную машину из существующего образа.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень контрольных вопросов:

1. Основные функции компьютеринга в физике элементарных частиц.
2. Протокол TCP/IP.
3. Почему реляционные базы данных неудобны для хранения физических данных, получаемых в эксперименте?
4. В чем заключаются основные сложности при управлении распределенным хранением больших объемов данных?
5. Что такое пакетная обработка данных и как она осуществляется?

Примеры экзаменационных билетов в 10 семестре:

Билет 1.

1. Устройство и назначение грид-систем
2. Работа с ssh.

Билет 2.

1. Обеспечение безопасности вычислительных систем
2. Отправка задачи в систему пакетной обработки и в грид.

Билет 3.



1. Управление данными.
  2. Проверить соединения с удалёнными серверами.
- Билет 4.
1. Фреймворки для физических экспериментов.
  2. Работа с виртуальными машинами в облаке.
- Билет 5.
1. Основные этапы обработки физических данных.
  2. Работа с базой данных.

#### Критерии оценивания

Обучающемуся ставится оценка в соответствии с продемонстрированным уровнем подготовки; оценивание производится на усмотрения экзаменатора в соответствии с особенностями дисциплины и следующими критериями:

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении оценивания знаний обучающемуся предоставляется время на подготовку на усмотрение экзаменатора. Опрос обучающегося по билету на дифференцированном зачете и устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа. Оценивание знаний производится в соответствии с вышеуказанными критериями в соответствии с содержанием дисциплины.