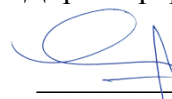


Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала МГУ в городе
Сарове



_____/В.В. Воеводин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

«Информационные технологии в мега-сайенс экспериментах»

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки / специальность:

02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" (3++)

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

Суперкомпьютерные технологии и фундаментальная информатика

Форма обучения:

очная

Саров 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" программы магистратуры в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целями дисциплины

- Ознакомление с основными принципами и концепциями информационных технологий в контексте мега-сайнс экспериментов.
- Понимание важности использования вычислительных мощностей и программного обеспечения для обработки, моделирования и анализа данных в научных экспериментах.
- Изучение современных подходов, алгоритмов и систем обработки и управления, обработки и анализа данных, разработанных для создания и запуска крупных научных установок.
- Понимание принципов интеграции гетерогенных вычислительных ресурсов в единую киберинфраструктуру.

1.2. Задачи дисциплины:

- Описание и рассмотрение мега-сайнс экспериментов, их особенностей и технологической базы.
- Рассмотрение концепций распределенных вычислений, таких как Grid и Cloud Computing, а также изучение вопросов виртуализации ресурсов и микросервисной архитектуры.
- Изучение систем распределенного хранения данных, используемых в крупнейших научных экспериментах, и исследование методов управления большими данными.
- Предоставление описания систем мониторинга вычислительных инфраструктур в крупных экспериментах.
- Базовый обзор современных интеллектуальных методов обработки данных, используемых в области физики высоких энергий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

А. Информация об образовательном стандарте и учебном плане.

Тип Стандарта: магистр филиала МГУ в Сарове, учебный план магистратуры;

— **направление подготовки** «Фундаментальная информатика и информационные технологии»,

— **наименование учебного плана** «Суперкомпьютерные технологии и фундаментальная информатика»

Б. Место дисциплины в образовательном стандарте и учебном плане:

— вариативная часть;

— блок дисциплин: профессиональный;

— курс – 2.

— семестр – 4.

В. Перечень дисциплин, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: «Технологии суперкомпьютерного кодизайна», «Параллельное программирование», «Параллельные методы решения задач».

Кроме того, учащиеся должны владеть английским языком на уровне Intermediate и выше.

Г. Общая трудоемкость (в ак. часах и зачетных единицах): 108 ак. ч., 3 зач. ед.

3. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:
инструментальные:

- Технические навыки, включая использование вычислительных мощностей и программного обеспечения для обработки, моделирования и анализа данных.
- Работа с инструментами Grid и Cloud Computing.
- Владение методами виртуализации ресурсов и микросервисной архитектурой.
- Умение работать с системами распределенного хранения данных.

Системные компетенции:

- Понимание основных принципов и концепций информационных технологий в мега-сайнс экспериментах.
- Знание технологической базы и организации крупнейших научных экспериментов.
- Понимание интеграции гетерогенных вычислительных ресурсов в единую киберинфраструктуру.
- Понимание принципов оркестрации и управления большими объемами данных.

Профессиональные компетенции:

В области научно-исследовательской деятельности:

- Умение проводить анализ данных и применять статистические методы для научных исследований.
- Навыки выбора математических моделей для описания и предсказания результатов экспериментов.

В области проектной и производственно-технологической деятельности:

- Навыки планирования и управления информационными технологиями в рамках проектов.
- Умение оценивать и управлять рисками, связанными с информационными технологиями в мега-сайнс экспериментах.
- Навыки применения инженерных методов и инструментов для разработки и внедрения информационных систем.

В области организационно-управленческой деятельности:

- Умение организовывать и координировать работу группы или команды в рамках информационных технологий мега-сайнс экспериментов.
- Навыки принятия решений и планирования, связанные с информационными технологиями в мега-сайнс экспериментах.
- Умение взаимодействовать с заинтересованными сторонами и эффективно коммуницировать по результатам работы научных экспериментов.

В области инновационной деятельности:

- Навыки поиска и анализа новых технологий, которые могут быть применены в мега-сайнс экспериментах.
- Умение разрабатывать и внедрять инновационные подходы и решения в информационные технологии мега-сайнс экспериментов.

- Навыки изучения и оценки эффективности новых технологий в контексте научных экспериментов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

знать

- Общие представления о мега-сайнс экспериментах и их особенностях.
- Концепции и принципы организации распределенных вычислений, таких как Grid и Cloud Computing.
- Принципы виртуализации ресурсов и микросервисная архитектура.
- Системы распределенного хранения данных, используемые в крупнейших научных экспериментах.
- Методы управления большими данными.
- Основы систем мониторинга вычислительных инфраструктур в крупнейших экспериментах.
- Основные методы анализа научных данных.

уметь

- Применять концепции организации распределенных вычислений для эффективного использования ресурсов при обработке и анализе данных мега-сайнс экспериментов.
- Работать с системами распределенного хранения данных и управлять большими объемами информации.
- Проектировать и разрабатывать микросервисную архитектуру для обработки данных научных экспериментов.
- Использовать методы управления большими данными для обеспечения эффективной работы систем обработки данных.
- Применять системы мониторинга для контроля и управления вычислительными инфраструктурами в крупных экспериментах.

владеть

- Пониманием технологической базы организации и функционирования крупнейших научно-исследовательских экспериментов.
- Навыками работы с распределенными вычислениями, виртуализацией ресурсов и микросервисной архитектурой.
- Компетенциями по использованию систем распределенного хранения данных и управлению большими объемами информации.
- Умениями управления данными в контексте научных экспериментов.
- Знаниями и навыками по мониторингу и управлению вычислительными инфраструктурами в крупных экспериментах.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 ак.ч., из них:

- лекции – 36 часов;
- семинары – 0 часов;
- лабораторная работа – 0 часов;

— самостоятельная работа – 72 часа.

Форма контроля – экзамен.

4.1. Распределение трудоемкости по разделам и темам, а также формам проведения занятий с указанием форм текущего контроля и промежуточной аттестации:

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины /	Трудоемкость (в ак. часах) по формам занятий (для дисциплин) и видам работ (для практик)			Формы контроля
		Аудиторная работа (с разбивкой по формам и видам)		Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия (семинары) / Полевые работы		
	Тема 1. Международные мега-сайенс эксперименты: Обзор	2	0	6	
	Тема 2. CERN	2	0	6	
	Тема 3. Грид	4	0	6	
	Тема 4. Виртуализация и облачные вычисления	2	0	6	
	Тема 5. Контейнеризация в облачных вычислениях	2	0	6	
	Тема 6. Распределенные файловые системы	2	0	6	
	Тема 7. Распределенные базы данных	6	0	6	
	Тема 8. Технологии управления большими данными	6	0	6	
	Тема 9. Системы мониторинга	2	0	6	
	Тема 10. Методы интеллектуального анализа данных на примере физики высоких энергий	4	0	18	
	Представление докладов на лекции + итоговое	4	0	0	

	тестирование				
2	Итого	36	0	72	экзамен

4.1. Содержание дисциплины по разделам и темам – аудиторная и самостоятельная работа:

Тема 1. Международные мега-сайенс эксперименты: Обзор

Содержание:

- Научно-технические системы: глобальный обзор
- Проекты меганауки: Определение
- Крупномасштабные объекты
- Примеры: Геномные исследования, ускорители частиц, синхротронное излучение
- Косвенные преимущества крупномасштабной науки
- Киберинфраструктура меганауки
- Россия в международных меганаучных проектах

Тема 2. CERN

Содержание:

- О ЦЕРН
- Что такое физика частиц?
- Ускорители частиц и ускорительный комплекс ЦЕРН
- Характеристики ускорителей
- Запуски БАК
- Общая информация об экспериментах на БАК
- Обработка данных в ЦЕРН
- Организация анализа и обработки данных в ЦЕРН

Тема 3. Грид

Содержание:

- История грид-вычислений
- Вычислительные требования к крупномасштабным объектам
- Определения и требования к вычислениям Грид
- Как работают вычисления Грид?
- Концепция рабочих мест Грид
- Планирование в Грид
- Архитектура Грид
- Примеры использования Грид -архитектур
- Всемирная вычислительная сеть WLCG
- Сетевое взаимодействие в Грид инфраструктурах
- Преимущества/недостатки архитектуры Грид

Тема 4. Виртуализация и облачные вычисления

Содержание:

- Определения облачных вычислений
- Основные факторы, представляющие интерес для облачных вычислений
- Разница между сетевыми и облачными вычислениями
- Виртуализация и облачные вычисления

- Сервисы облачных вычислений: IaaS, Paas, SaaS, FaaS, CaaS
- Поставщики и сервисы облачных вычислений (IBM, Microsoft, Google, Amazon)
- Облачные вычисления в меганаучных экспериментах

Тема 5. Контейнеризация в облачных вычислениях

Содержание:

- Виртуальные машины и контейнеры: Различия
- Как эволюционировали контейнеры?
- Docker
- Золотые правила контейнеризации
- Сетевое взаимодействие контейнеров
- Управление контейнерами

Тема 6. Распределенные файловые системы

Содержание:

- Файловая система Andrew File System (AFS)
- Сетевая файловая система (NFS)
- EOS
- Файловая система Google (GFS)
- Пакетная обработка и MapReduce
- Платформа для хранения данных BigTable
- HDFS
- Ceph
- Lustre

Тема 7. Распределенные базы данных

Содержание:

- Определение распределенных баз данных
- Типы распределенных баз данных
- Обзор распределенных баз данных:
 - Google BigTable/BigQuery, Apache Hbase, Apache Cassandra, Apache Ignite, Influx DB, Couchbase, Redis, Elasticsearch, neo4j

Тема 8. Технологии управления большими данными

Содержание:

- Понятие оркестрации данных
- BigData Pipeline (конвейер данных)
- Типы конвейеров BigData
- Пакетная обработка и потоковая обработка
- Apache Airflow
- Apache Kafka
- Apache Flume
- Архитектура систем мониторинга центров обработки данных CERN и инфраструктуры WLCG

Тема 9. Системы мониторинга

Содержание:

- Определения и цели мониторинга
- Инструменты бизнес-аналитики

- Основные требования к системе мониторинга
- Мониторинг инфраструктуры WLCG
- Обзор существующих систем для мониторинга
 - Grafana/Kibana
 - Apache Superset
 - Tableau
 - Google DataStudio
 - Yandex DataLens

Тема 10. Методы интеллектуального анализа данных на примере физики высоких энергий

Содержание:

- Эволюция методов интеллектуального анализа в области физики высоких энергий
- Области применения методов интеллектуального анализа данных в физике высоких энергий
- Методы разметки данных
- Разделение сигнала и шума
- Отбор событий
- Алгоритм AdaBoost
- Парадигма Codesign
- Методы кластеризации
- Fully Convolutional Network
- U-Net
- ResNet
- U-ResNet
- R-CNN
- Region Proposal Network
- Кластеризация треков частиц
- Graph Neural Network
- Dynamic Graph CNN

5. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. Образовательные технологии.

Работа в аудитории: лекции.

Процесс изложения учебного материала сопровождается презентациями. Лекционная часть и презентации на английском языке. При чтении лекций используются элементы интерактивности – наиболее важные элементы лекций обсуждаются с аудиторией в режиме «вопрос-ответ».

Внеаудиторная работа: изучение пройденных на лекциях тем; самостоятельная работа учащихся состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической литературы, подготовки к практическим заданиям текущего контроля и итоговой аттестации.

Б. Научно-исследовательские технологии: в ходе самостоятельной работы студенты изучают основы распределенных архитектур.

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

А. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов: в ходе самостоятельной работы студенту следует использовать конспект лекций, основную и дополнительную литературу по курсу и Интернет-ресурсы.

Б. Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации (темы для докладов, рефератов, презентаций):

Сделать доклад на английском языке об одном из существующих экспериментов класса мега-сайенс. Примеры, Neptune (The World's Largest Undersea Observatory), The Very Large Array, The National Ignition Facility, Juno, a Jupiter Orbiter on a Suicide Mission, Advanced Light Source, The International Space Station, Spallation Neutron Source, Square Kilometer Array, LSST, Vera Rubin Observatory, RHIC, FAIR, XFEL, NICA, DUNE, SKIF, Baikal, Taiga observatory.

В. Примерный список вопросов для проведения итоговой аттестации:

What are the features of large-scale facility?

- a) Accessed only within single laboratory or scientific department
- b) Has its own management model
- c) Accessible to external users
- d) Has local orientation

World Wide Web was developed at?

- a) XFEL b) CERN c) RHIC d) ITER

Megascience cyberinfrastructure consists of:

- a) Grid
- b) Clouds
- c) HPC
- d) Volunteer machines
- e) All

WLCG is an example of:

- a) Cloud computing
- b) Grid computing
- c) HPC system
- d) Hybrid system

Workflow management system in distributed computing is aimed at:

- a) The submission and scheduling of computing jobs and tasks
- b) Translates physicist requests into production tasks
- c) Management of data samples
- d) Monitoring of computing jobs and tasks

Workload Management system in distributed computing is a system for:

- a) Managing user tasks and jobs and distributing them on the grid resources
- b) Monitoring of a defined sequence of tasks
- c) Management of distributed datasets

Trigger system at the LHC is used for:

- a) Launching data replication process
- b) Filtration of uninteresting events
- c) Triggers the process of data transformation

Late-binding concept:

- a) Jobs are submitted to the nodes selected by user
- b) Jobs are submitted to successfully activated and verified pilots
- c) Jobs are submitted directly to the batch queueing systems at worker nodes

Large Hadron Collider main goal is to:

- a) Detect particles
- b) Accelerate particles
- c) Filter out particles

What is “metacomputing”?

- a) Linking volunteers’ machines via Internet
- b) Coupling heterogeneous supercomputing resources
- c) Applications providing remote data transfers

What was the standard software infrastructure for Grids?

- a) Globus Toolkit
- b) Rest API
- c) AJAX
- d) I-SOFT

What is the purpose of Grid scheduler?

- a) Allocates the selected resource for jobs
- b) Manage datasets in Grid environment
- c) Searches for the most appropriate sites to assign jobs

Examples of Grids are (might be more than 1 options):

- a) World Wide Telescope
- b) WLCG
- c) Hyper-V
- d) Google Cloud
- e) AWS EC2
- f) Biomedical Informatics Research Network

WLCG is the example of (might be more than 1 options):

- a) Cloud computing system
- b) Grid computing system
- c) HPC system
- d) Hybrid computing system

OpenStack is:

- a) Type of virtual machine
- b) Grid-based computing model
- c) Cloud orchestration software

What is the pricing system in Cloud computing?

- a) pay-as-you-go
- b) free of charge

- c) one-time purchase

Which type of the distributed computing infrastructure is more scalable?

- a) Cloud Computing
- b) Grid Computing
- c) Clusters

What is the colocation?

- a) Coupling resources from distributed locations
- b) Renting physical space from a provider
- c) Renting CPU time from a provider

Google Docs is an example of:

- d) IaaS
- e) PaaS
- f) CaaS
- g) FaaS
- h) SaaS

Google Kubernetes is an example of:

- a) IaaS
- b) PaaS
- c) CaaS
- d) FaaS
- e) SaaS

AWS Lambda is an example of?

- a) IaaS
- b) PaaS
- c) CaaS
- d) FaaS
- e) SaaS

Which level of Cloud Services implies serverless computations?

- a) IaaS
- b) PaaS
- c) CaaS
- d) FaaS
- e) SaaS

Which providers are cloud leaders according to the Gartner's Magic Quadrant?

- e) Alibaba Cloud
- f) Google
- g) IBM
- h) AWS
- i) Oracle
- j) Huawei

MongoDB is an example of:

- d) Relational DB
- e) Key-value Store
- f) Document Store
- g) Search Engine
- h) Time-series DB

How the LSM Model deals with the constantly increasing volume of SSTables?

- a) Writes only new data
- b) Data compaction process
- c) Flush SSTables to disk

Examples of column oriented DB?

- a) InfluxDB
- b) ElasticSearch
- c) Hbase
- d) MongoDB
- e) Cassandra

Partition key in Cassandra DB:

- a) Specifies the sorting order by records
- b) Establishes the distribution of data by all nodes
- c) Specifies which node holds a particular table row

Redis is:

- a) Relational DB
- b) Wide-Column DB
- c) Key-value store
- d) In-memory storage
- e) Search index

If we need to store data related to the users of some social network, which model should we choose?

- a) Key-value store
- b) Graph DB
- c) Relational DB
- d) Wide-Column store
- e) Search index

Which data storage is based on Lucene index?

- a) PostgreSQL
- b) MongoDB
- c) Neo4j
- d) ElasticSearch

Full-text search engines are:

- a) Elasticsearch
- b) Cassandra
- c) Redis
- d) Graphite

Docker Swarm and Kubernetes are examples of:

- a) Container providers
- b) Containers orchestration tools
- c) Workflow management systems
- d) Workload management systems

Which distributed file system can be used for HPC infrastructures?

- a) AFS
- b) NFS
- c) Castor
- d) Lustre

In Google File System all files are stored:

- a) As a whole
- b) In chunks
- c) In HDFS

Apache Spark stores intermediate data in:

- a) In HBase
- b) On disk as files
- c) In-memory

What is the minimal unit to deploy in Google Kubernetes?

- a) Container
- b) Image
- c) Pod

Google BigTable is based on:

- a) B-tree index model
- b) LSM tree index model

Containers run on:

- a) Host operating system
- b) Their own operating system
- c) Bare metal

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

7.1. Основная литература:

1. The Grid: blueprint for a new computing infrastructure / ed. by Ian Foster, Carl Kesselman. - Amsterdam [etc.] : Elsevier : Morgan Kaufmann, 2004. - XXVII, 748 с.; 25 см - (The Elsevier series in Grid computing;vol. 1). ISBN 1-55860-933-4 : 6000.00
2. Дейтел, Харвин М. Операционные системы : 2. Распределенные системы, сети, безопасность / Х.М. Дейтел, П. Дж. Дейтел, Д. Р. Чофнес; Пер. с англ. С. М. Молявко. - М. : Бином, 2007. - 704 с.; 24 см. ISBN 5951801559 : 250.00
3. Целостная система управления проектом класса "мегасайенс" : монография. / Н. Н. Нурахов [и др.]. - М. : Перо, 2022. - 142, [1] с.; 21 см ISBN 978-5-00204-004-9 : 200.00
4. The CERN Large Hadron Collider: accelerator and experiments : [in 2 vol.]. : Vol. 1. LHC machine, ALICE, and ATLAS / ed. by Amos Breskin a. Rüdiger Voss. - Geneva : CERN, 2009. - [692] с. разд. паг.; 31 см ISBN 978-92-9083-336-9
5. Россия в ЦЕРН : участие науч. орг. и пром. предприятий Рос. Федерации в создании Большого адрон. коллайдера. / Объед. ин-т ядер. исслед. ; [подгот. В. В. Анашин и др.]. - Дубна : ОИЯИ, 2013. - 159, [3] с.; 24 см ISBN 978-5-9530-0361-2 : 200.00

7.2. Дополнительная литература:

1. Derek J. De Solla Price. Little science, Big science and ...beyond. – Columbia University Press, 1986
2. Artificial intelligence for high energy physics. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2022
3. Grid Computing – Making the Global Infrastructure a Reality. Edited by F. Berman, G. Fox and T. Hey 2002 John Wiley & Sons, Ltd ISBN: 0-470-85319-0
4. Foster, Y. Zhao, I. Raicu and S. Lu, "Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared," *2008 Grid Computing Environments Workshop*, Austin, TX, USA, 2008, pp. 1-10, doi: 10.1109/GCE.2008.4738445.
5. R. Buyya, C. Vecchiola and S. T. Selvi. Mastering Cloud Computing Foundations and Applications Programming - 2013 Elsevier Inc
6. American Academy of Arts and Sciences, Bold Ambition: International Large-Scale Science (Cambridge, Mass.: American Academy of Arts and Sciences, 2021).

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Compute Node for Power, LE, Self-support
2. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Head Node for Power, LE, Standard
3. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4 for x86_64
4. Операционная система Red Hat Enterprise Linux Server 5.0 for x86_64
5. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 10 SP3 for ppc64
6. Операционная система Ubuntu 18.04.
7. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
8. Операционная система ALTLinuxMATEStarterkit 9 лицензияGPL
9. Программный продукт JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
10. Программный продукт JetBrainsPyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrainsCLion Community Edition Free Educational Licenses
12. Программный продукт UPPAAL (<http://www.uppaal.org/>) академическая лицензия
13. Программный продукт Java 8 (64-bit)Oracle Corporation
14. Программный продукт Java SE Development Kit 8(64-bit) Oracle Corporation
15. Программный продукт NetBeans IDE 8.2 NetBeans.org
16. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
17. Программный продуктCodeBlocksThe Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0Free Pascal Team
19. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit)Python Software Foundation
20. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
21. Программный продуктHaskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft ProjectProfessional 2013 академическая лицензия
25. Программный продукт Microsoft VisioProfessional 2013 академическая лицензия
26. Программный продуктMicrosoft VisualStudioProfessional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для преподавания дисциплины требуется компьютерный класс, оборудованный компьютером, проектором или проекционной доской. Компьютеры должны иметь доступ к сети «Интернет».

Автор-составитель: к.т.н. Григорьева Мария Александровна (magsend@gmail.com)