

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

 Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Введение в физику ускорителей

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Направленность (профиль) подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Болтакова Н.В. (кафедра ядерно-физического материаловедения, Институт физики), Natalya.Boltakova@kpfu.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные характеристики ускорителей и пучков заряженных частиц;
- основные методы ускорения;
- принципы сохранения частиц в пучке в процессе ускорения.

Должен уметь:

- эффективно применять полученные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной экспериментальной физики элементарных частиц.

Должен владеть:

- техникой расчета различных параметров экспериментов с ускорителями

Должен продемонстрировать способность и готовность:

- к участию в обсуждениях, экспериментах.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 87 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 52 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 21 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 5 семестре.

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

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение. Ускорители прямого действия	5	4	0	6	0	0	0	3
2.	Тема 2. Циклические ускорители. Поперечная устойчивость и фокусировка. Индукционное ускорение. Бетатрон. ВЧ - ускорение. Автофазировка в циклических ускорителях.	5	6	0	8	0	0	0	3
3.	Тема 3. Возмущения и допуски в циклических ускорителях. Методы охлаждения пучков заряженных частиц в циклических ускорителях. Пространственный заряд и когерентные неустойчивости.	5	6	0	6	0	0	0	3
4.	Тема 4. Типы циклических резонансных ускорителей. Линейные циклические ускорители.	5	4	0	8	0	0	0	2
5.	Тема 5. Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях. Эффекты пространственного заряда в линейных ускорителях. Конструкция и параметры линейных ускорителей. Ускорители со встречными пучками.	5	6	0	10	0	0	0	6
6.	Тема 6. Источники заряженных частиц. Новые методы ускорения	5	4	0	8	0	0	0	2
7.	Тема 7. Радиационная защита ускорителей	5	4	0	6	0	0	0	2
	Итого		34	0	52	0	0	0	21

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Введение. Ускорители прямого действия**

Хронология развития ускорительной физики и техники. Ускорители в современной науке и промышленности. Ускорение в электростатических, вихревых и высокочастотных электрических полях. Принципиальные схемы ускорителей. Светимость ускорителя. Ускорители трансформаторного типа. Каскадные ускорители.

**Тема 2. Циклические ускорители. Поперечная устойчивость и фокусировка. Индукционное ускорение. Бетатрон. ВЧ - ускорение. Автофазировка в циклических ускорителях.**

Поперечная устойчивость и фокусировка. Фокусировка неоднородным магнитным полем. Критерий устойчивости и бетатронные колебания в периодических системах. Простейшие элементы фокусирующей системы.

Индукционное ускорение. Бетатрон.

Автофазировка в циклических ускорителях: равновесная частица, принцип автофазировки, фазовые колебания.

**Тема 3. Возмущения и допуски в циклических ускорителях. Методы охлаждения пучков заряженных частиц в циклических ускорителях. Пространственный заряд и когерентные неустойчивости.**

Резонансы бетатронных колебаний, параметрический резонанс, резонансы связи, нелинейные резонансы.

Радиационное, электронное, ионизационное (мюонное).

Статические эффекты пространственного заряда; некогерентный сдвиг частоты бетатронных колебаний (формула Ласлетта). Когерентные колебания пучка. Инкременты когерентных неустойчивостей. Импеданс цилиндрической камеры. Критерий Кайла-Шнелля). Затухание Ландау и другие кинетические эффекты. Неустойчивости в цепочке малых сгустков.

#### **Тема 4. Типы циклических резонансных ускорителей. Линейные циклические ускорители.**

Типы циклических резонансных ускорителей. Описание и конструкция. Магниты и их питание. Ускоряющие системы. Циклические ускорители с постоянным магнитным полем (циклотрон, синхроциклотрон, микротрон). Основные характеристики ускоряющих систем. Особенности систем со стоячей волной. Диафрагмированный волновод.

#### **Тема 5. Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях. Эффекты пространственного заряда в линейных ускорителях. Конструкция и параметры линейных ускорителей. Ускорители со встречными пучками.**

Продольное движение в поле волны. Предгруппировка частиц.

Продольное движение в самосогласованном поле. Нагрузка током и оптимизация параметров ускорителя.

Линейные резонансные ускорители электронов. Линейные ускорители ионов.

Метод встречных пучков. Накопление легких частиц. Накопление тяжелых частиц. Ускоряюще-накопительные комплексы. Линейные коллайдеры. Сильноточные электронные и ионные пучки. Импульсные источники мощности. Сильноточные диоды.

#### **Тема 6. Источники заряженных частиц. Новые методы ускорения**

Электронные пушки. Ионные источники на основе высоковольтного разряда. Электронно-циклотронные резонансные (ЭЦР) источники. Лазерные ионные источники. Ионные источники с электронным пучком-ионизатором.

Ускорение электронных колец. Лазерные и плазменные методы ускорения. Синхротронное излучение.

#### **Тема 7. Радиационная защита ускорителей**

Ускорители элементарных частиц как вакуумные установки. Вакуум в ускорителях. Радиационная защита ускорителей. Взаимодействие частиц с остаточным газом в ускорителе. Ионизационные потери и их флуктуации (straggling). Однократное и многократное рассеяние. Типичные вакуумные условия в различных ускорителях.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Искусственная радиоактивность и определение периодов полураспада нуклидов -

<https://kpfu.ru/docs/F1050080452/nejtronnaya.aktivaciya.pdf>

Исследование статистического характера распада радиоактивных ядер. Распределение Пуассона -

[https://kpfu.ru/portal/docs/F1160067234/raspredelenie\\_puassona.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F1160067234/raspredelenie_puassona.pdf)

Регистрация радиоактивности. Счетчик Гейгера-Мюллера - [https://kpfu.ru/docs/F1539437098/Gainov\\_Geiger\\_v7.pdf](https://kpfu.ru/docs/F1539437098/Gainov_Geiger_v7.pdf)

Регистрация спектров альфа-частиц, полупроводниковые детекторы -

[https://kpfu.ru/portal/docs/F\\_1836042626/a\\_spectroscopy\\_2022.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F_1836042626/a_spectroscopy_2022.pdf)

Физические основы дозиметрии. Радиационная безопасность -

[https://kpfu.ru/portal/docs/F\\_943997852/Fiz..osnovy.dozim.\\_fiziki\\_cor.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F_943997852/Fiz..osnovy.dozim._fiziki_cor.pdf)

### 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

Образовательный портал ОИЯИ - <https://edu.jinr.ru/ru/>

Основы физики и техники ускорителей, ТТ. 1-3, 1981-1983 гг. - [https://vk.com/wall-163473506\\_1276](https://vk.com/wall-163473506_1276)

Сайт научно-исследовательского комплекса NICA - <https://nica.jinr.ru>

Теория линейных резонансных ускорителей: Динамика частиц - <https://libcats.org/book/475744>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах допускается делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	<p>На практических занятиях необходимо внимательно относиться к ответам одноклассников и комментариям преподавателя, поскольку материал, выносимый на обсуждение на практических занятиях может не рассматриваться на лекционных занятиях. Замечания преподавателя, обращенные к другим студентам, следует учитывать при подготовке своего задания.</p> <p><b>МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ</b> (Кузнецов, С. И. Ускорители заряженных частиц)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитайте условия задачи. Сделайте сокращенную запись данных и искомых физических величин, предварительно представив их в интернациональной системе единиц (СИ).</li> <li>2. Вникните в смысл задачи. Представьте физическое явление, о котором идет речь; введите упрощающие предположения, которые можно сделать при решении. Для этого необходимо использовать такие абстракции, как материальная точка, абсолютно твердое тело, луч света.</li> <li>3. Если позволяет условие задачи, выполните схематический чертеж.</li> <li>4. С помощью физических законов установите количественные связи между заданными и искомыми величинами, то есть составьте замкнутую систему уравнений, в которой число уравнений равнялось бы числу неизвестных.</li> <li>5. Найдите решение полученной системы уравнений в виде алгоритма, отвечающего на вопрос задачи.</li> <li>6. Проверьте правильность полученного решения, используя правило размерностей.</li> <li>7. Подставьте в полученную формулу численные значения физических величин и проведите вычисления. Обратите внимание на точность численного ответа, которая не может быть больше точности исходных величин.</li> </ol>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студента заключается в анализе информации, полученной им на лекционных занятиях.</p> <p>При возникновении вопросов или проблем в понимании каких-либо тем, необходимо обратиться к самостоятельному изучению рекомендованной литературы. Если самостоятельно не удастся разобраться, нужно обратиться к преподавателю.</p> <p>Самостоятельная подготовка к практическим занятиям, выполнению письменных работ, экзамену основана на повторе лекционного материала, а также материала, изложенного в рекомендуемой литературе. Обучающийся может обратиться к другим источникам информации, к которым он имеет доступ. В последнем случае студент должен осведомиться у преподавателя о надежности данного источника с точки зрения достоверности информации.</p>
экзамен	<p>Успешное освоение курса предполагает активное участие студента путем планомерной, повседневной работы.</p> <p>При подготовке к экзамену необходимо повторить материал, согласно списку вопросов, выносимых на контроль. На каждый вопрос студент должен знать ответ хотя бы на уровне определений.</p> <p>Следует учесть, что часть материала отводится на самостоятельное изучение, поэтому в списке вопросов могут затрагиваться темы, которые не были рассмотрены на аудиторных занятиях.</p>

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика квантовых систем и квантовые технологии".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

#### Основная литература:

1. Кузнецов, С. И. Ускорители заряженных частиц. Курс физики с примерами решения задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. И. Кузнецов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 45 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/417628> (дата обращения: 24.02.2026). - Режим доступа: по подписке.
2. Иванов, А. В. Динамика заряженных частиц и интенсивных пучков в стационарных полях/Иванов А.В. - Новосибирск: НГТУ, 2011. - 211 с.: ISBN 978-5-7782-1635-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/546733> (дата обращения: 24.02.2026). - Режим доступа: по подписке.
3. Черняев, А. П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом [Электронный ресурс]: учеб. пособие - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2004. - 152 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59340> (дата обращения: 24.02.2026). - Загл. с экрана..

#### Дополнительная литература:

1. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики: учеб. пособие / С.И. Кузнецов, А.М. Лидер. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2019. - 212 с. - ISBN 978-5-9558-0350-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002478> (дата обращения: 24.02.2026). - Режим доступа: по подписке.
2. Машиностроение ядерной техники. Том IV-25. В двух книгах. Книга 1 [Электронный ресурс] / Е. О. Адамов [и др.]. - Электрон. дан. - Москва: Машиностроение, 2005. - 960 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/794> (дата обращения: 24.02.2026). - Загл. с экрана.
3. Машиностроение ядерной техники. Том IV-25. В 2-х книгах. Книга 2 [Электронный ресурс] / П. В. Андреев [и др.]. - Электрон. дан. - Москва: Машиностроение, 2005. - 944 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/795> (дата обращения: 24.02.2026). - Загл. с экрана.

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.