

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

26 февраля 2024 г.

Е.А. Григорьева



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Физика атомного ядра и элементарных частиц

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: 2024

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. Дулов Е.Н. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Evgeny.Dulov@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
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;
ПК-4	Способность разрабатывать учебно-методические материалы и участвовать в реализации образовательных программ

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- терминологию ядерной физики и физики элементарных частиц;
- порядки физических величин, использующихся в ядерной физике;
- экспериментальные методы ядерной физики и физики элементарных частиц;
- энергетическую шкалу масс, энергию связи и дефект массы ядра;
- природу ядерных сил и современные модели ядра;
- слабые взаимодействия;
- ядерные реакции;
- законы сохранения;
- методы и приемы решения конкретных задач из области ядерной физики и физики элементарных частиц

Должен уметь:

- использовать основные соотношения ядерной физики (расчет энергетического выхода реакций, закономерности радиоактивного распада);
- использовать модели ядер (определение масс, дефекта масс, объяснение закономерностей различных видов радиоактивного распада, определение спина и четности ядра);
- выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи;
- использовать законы ядерной физики при решении профессиональных задач

Должен владеть:

Современными знаниями о строении и свойствах атомных ядер и классификации элементарных частиц.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;
- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического эксперимента

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.18 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 3 курсе в 6 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 - 89 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 54 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 19 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 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- мestr	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)							Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме		
1.	Тема 1. Свойства атомных ядер.	6	3	0	0	0	0	0	0	0
2.	Тема 2. Радиоактивность.	6	3	0	12	0	0	0	0	5
3.	Тема 3. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.	6	3	0	0	0	0	0	0	0
4.	Тема 4. Модели атомных ядер.	6	3	0	0	0	0	0	0	4
5.	Тема 5. Ядерные реакции.	6	3	0	12	0	0	0	0	0
6.	Тема 6. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	6	3	0	12	0	0	0	0	10
7.	Тема 7. Частицы и взаимодействия.	6	3	0	0	0	0	0	0	0
8.	Тема 8. Эксперименты в физике высоких энергий.	6	3	0	0	0	0	0	0	0
9.	Тема 9. Техника ускорителей.	6	3	0	0	0	0	0	0	0
10.	Тема 10. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.	6	3	0	18	0	0	0	0	0
11.	Тема 11. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.	6	2	0	0	0	0	0	0	0
12.	Тема 12. Современные астрофизические представления.	6	2	0	0	0	0	0	0	0
	Итого		34	0	54	0	0	0	0	19

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Свойства атомных ядер.

Ядерный парк, диаграмма Сегре. Изотопы, стабильные и нестабильные. Размеры и массы ядер. Внесистемная единица длины - Ферми. Атомная единица массы. Дефект масс, обычный и относительно С-12. Энергетическая шкала масс, внесистемные единицы измерения энергии. Масштабы величин в ядерной физике. Магнитные моменты нуклонов.

Тема 2. Радиоактивность.

Радиоактивные ряды. Виды радиоактивности. Закон радиоактивного распада, период полураспада и постоянная распада. Вековое равновесие. Закономерности альфа-распада, закон Гейгера-Нетолла. Закономерности бета-распада, правило Сарджента. Гипотеза нейтрино. Деление ядер, период полураспада в отношении реакции деления.

Тема 3. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.

Ядерные силы, межнуклонное взаимодействие, свойства. Мезонная модель Юкавы для ядерных сил. Пи-мезоны и их свойства. Ядерная потенциальная яма как самосогласованное поле ядерных сил. Сильное взаимодействие, кварки. Причина ненаблюдаемости кварков в свободном виде. Конфайнмент. Ядерные силы как проявление фундаментального сильного взаимодействия.

Тема 4. Модели атомных ядер.

Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера для энергии связи ядра в капельной модели. Простейшие применения капельной модели. Модель Ферми-газа. Глубина ядерного потенциального ящика в модели Ферми-газа, экспериментальные подтверждения. Оболочечная модель. Объяснение некоторых свойств ядер в рамках оболочечной модели. Обобщенная и оптическая модели ядер.

Тема 5. Ядерные реакции.

Закономерности ядерных реакций. Сечение реакции, зависимость от энергии. Реакции с образованием составного ядра. Модель Бора. Формула Брейта-Вигнера, ключевые этапы вывода. Прямые ядерные реакции, угловая зависимость сечения взаимодействия. Законы сохранения в прямых ядерных реакциях. Применение прямых ядерных реакций к определению свойств ядер.

Тема 6. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.

Прохождение заряженных частиц через вещество. Формула Бора, вывод, физические ограничения для прицельного параметра. Формула Бете как релятивистское обобщение формулы Бора. Прохождение гамма-излучения через вещество, закон Ламберта-Буттера, сечение взаимодействия, типы взаимодействий. Взаимодействие нейтронов с веществом.

Тема 7. Частицы и взаимодействия.

Элементарные частицы, определение и классификация. Законы сохранения в физике частиц. Странные частицы. Закон сохранения странности. Гипотеза кварков. Симметрии в кварковой структуре адронов, супермультиплеты. Правило Накано-Нишиджими-Геллмана. Фундаментальные бозоны и фермионы, Стандартная Модель в физике частиц. Кванты полей взаимодействий.

Тема 8. Эксперименты в физике высоких энергий.

Эксперименты по рассеянию частиц, от опытов Резерфорда до современных экспериментов. Использование волновых свойств частиц в экспериментах по рассеянию. Определение внутренней структуры ядер и частиц. Опыты Хофтадтера, определение внутренней структуры ядер. Опыты по глубоконеупрому рассеянию электронов на нуклонах. Характер получаемой информации и ограничения.

Тема 9. Техника ускорителей.

Линейные ускорители, статические и с использованием радиочастотного поля. Циклотроны, постоянство частоты радиочастотного поля между дуантами для нерелятивистских частиц. Необходимость релятивистских поправок в общем случае. Синхротроны, устройство и принцип работы. Ускорители с неподвижной мишенью. Коллайдеры. Кинематика ядерных реакций.

Тема 10. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.

Рассеяние, спектроскопия и детекторы как основа экспериментальной ядерной физики. Ионизирующее действие излучений. Типы детекторов, получаемая информация. Характеристики детекторов, энергетическое и временное разрешение, эффективность. Трековые детекторы. Спектр, виды спектров. Опыт Ферми по наблюдению частиц-резонансов.

Тема 11. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия.

Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.

Развитие представлений о взаимодействиях в 19-20 веках. Константы взаимодействий. Заряды. Законы сохранения как проявление симметрий, теорема Нетер. Электротяглое объединение. Кванты слабого поля - промежуточные бозоны. Квантовая хромодинамика. Цветовые заряды кварков, закон сохранения для цветового заряда. Симметрия вращений в цветовом пространстве.

Тема 12. Современные астрофизические представления.

Реакции синтеза и деления ядер. Область ядер, пригодных для термоядерного синтеза. Термоядерные реакции как источник энергии звёзд. Протонный цикл. Роль слабого взаимодействия в протонном цикле. Звёзды как источники нейтрино. Осцилляции солнечных нейтрино. Углеродный цикл. Гипотеза Большого Взрыва. Нуклеосинтез во Вселенной.

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 №14-55-996ин/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

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)

НИИЯФ МГУ: капельная модель ядра - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nuclmod/nuclmod3.htm>

НИИЯФ МГУ: лекции проф. Б.С. Ишханова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

НИИЯФ МГУ: лекции проф. И.М. Капитонова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2019/index.html>

НИИЯФ МГУ: Физика высоких энергий и элементарные частицы - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/elp/index.html>

НИИЯФ МГУ: физика ядра и частиц, XX век - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект должен быть выполнен в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.</p> <p>Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны быть выполнены также аккуратно, содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом. В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:</p> <ul style="list-style-type: none"> - делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике); - составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора); - готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы); - создавать конспекты (развернутые тезисы).
практические занятия	<p>Практические занятия включают в себя решение задач и прохождение лабораторного ядерно-физического практикума. Практикум состоит из 13 лабораторных работ, из которых студент выполняет выборочно от 4 до 6 работ, на усмотрение преподавателя.</p> <p>Материалы к лабораторным работам общего физического практикума, раздел 'Ядерная физика', находятся по ссылке: http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/metodicheskie-posobiya</p>
самостоятельная работа	<p>Для самостоятельной работы рекомендуются следующие интернет ресурсы:</p> <p>НИИЯФ МГУ: капельная модель ядра, http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/nucmod3.htm</p> <p>НИИЯФ МГУ: лекции проф. Б.С. Ишханова, http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/</p> <p>НИИЯФ МГУ: лекции проф. И.М. Капитонова, http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2019/index.html</p> <p>НИИЯФ МГУ: Физика высоких энергий и элементарные частицы, http://nuclphys.sinp.msu.ru/elp/index.html</p> <p>НИИЯФ МГУ: физика ядра и частиц, XX век, http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html</p> <p>Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к промежуточным тестам и экзамену. Она включает проработку лекционного материала - изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.</p>
экзамен	<p>При сдаче экзамена допускается наличие у студента вспомогательного рукописного материала объемом не более одного листа А4 (написанного собственноручно, использование чужих вспомогательных материалов не допускается). Студент может записать на этот лист любую информацию по тематике курса, которую он посчитает необходимой.</p> <p>Вопросы для самоподготовки, программа курса и другие материалы находятся по ссылке: http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/elektronnye-obrazovatelnye-resursy-eog</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.

Специализированная лаборатория.

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".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.18 Физика атомного ядра и элементарных частиц

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: 2024

Основная литература:

1. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц : учебник / И. М. Капитонов. - 4-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 512 с. - ISBN 978-5-9221-1250-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2189> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Фриш, С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 томах / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. - 10-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - Том 3 : Оптика. Атомная физика - 2022. - 656 с. - ISBN 978-5-8114-0665-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210167> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 5 томах / И. В. Савельев. - 5-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - Том 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - 2022. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-1211-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210611> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Элементарный учебник физики : учебное пособие : в 3 томах / под редакцией Г. С. Ландсберга. - 15-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021 - Том 3 : Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. - 2021. - 664 с. - ISBN 978-5-9221-1591-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185693> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : в 3 томах / К. Н. Мухин. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - Том 1 : Физика атомного ядра. - 2022. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-0739-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210308> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : в 3 томах / К. Н. Мухин. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - Том 2 : Физика ядерных реакций - 2022. - 326 с. - ISBN 978-5-8114-0740-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210311> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Канн, К. Б. Курс общей физики: учебное пособие / К. Б. Канн. - Москва : КУРС: ИНФРА-М, 2022. - 368 с. - ISBN 978-5-905554-47-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094750> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
4. Барсуков, О. А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : монография / О. А. Барсуков. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 560 с. - ISBN 978-5-9221-1306-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2722> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.18 Физика атомного ядра и элементарных частиц

**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: 2024

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.