

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
_____ Турилова Е.А.
"___" _____ 20__ г.

Программа дисциплины
Физика атомного ядра и элементарных частиц

Специальность: 03.05.01 - Астрономия
Специализация: Астрофизика и космология
Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель
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. 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 ориентироваться в базовых астрономических и физико-математических теориях, фундаментальных разделах математики, физики, астрономии и педагогики для решения научно-исследовательских и педагогических задач
ПК-5	Способность вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- терминологию ядерной физики и физики элементарных частиц;
- порядки физических величин, используемых 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.14.10 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.05.01 "Астрономия (Астрофизика и космология)" 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 - 49 часа(ов), в том числе лекции - 30 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 50 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 45 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-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная 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. Свойства атомных ядер.	6	2	0	0	0	0	0	4
2.	Тема 2. Радиоактивность.	6	3	0	4	0	0	0	4
3.	Тема 3. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.	6	3	0	0	0	0	0	4
4.	Тема 4. Модели атомных ядер.	6	3	0	0	0	0	0	4
5.	Тема 5. Ядерные реакции.	6	3	0	4	0	0	0	4
6.	Тема 6. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	6	3	0	6	0	0	0	4
7.	Тема 7. Частицы и взаимодействия.	6	3	0	0	0	0	0	4
8.	Тема 8. Эксперименты в физике высоких энергий.	6	2	0	0	0	0	0	4
9.	Тема 9. Техника ускорителей.	6	2	0	0	0	0	0	4
10.	Тема 10. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.	6	2	0	4	0	0	0	4
11.	Тема 11. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.	6	2	0	0	0	0	0	4
12.	Тема 12. Современные астрофизические представления.	6	2	0	0	0	0	0	6
	Итого		30	0	18	0	0	0	50

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Свойства атомных ядер.

Краткий исторический обзор эволюции представлений об ядре и частицах. Масштабы величин в ядерной физике. Внесистемные единицы измерения длины, энергии, площади. Квантовая лестница. Терминология и общепринятые обозначения. Ядерный парк. Изотопы, изотоны, изобары. Диаграмма Сегре. Размеры и массы ядер. Дефект масс, энергетическая шкала масс. Ядерный магнетон.

Тема 2. Радиоактивность.

Естественная и искусственная радиоактивность. Распространённость радиоактивных ядер в природе. Радиоактивные ряды. Виды радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Вековое равновесие. Закономерности альфа-распада, закон Гейгера-Нетолла. Закономерности бета-распада, правило Сарджента. Гипотеза нейтрино. Реакции спонтанного деления тяжёлых ядер.

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

Ядерные силы, межнуклонное взаимодействие, свойства. Радиус действия ядерных сил. Интенсивность действия ядерных сил в сравнении с силами кулоновского расталкивания протонов в ядре. Мезонная модель Юкавы для ядерных сил. Пи-мезоны. Сильное взаимодействие. 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, зависимость от направления вылета частиц. Реакции с образованием составного ядра. Модель Бора. Формула Брейта-Вигнера. Прямые ядерные реакции. Реакции срыва и подхвата. Модель Оппенгеймера-Филлипса неполного проникновения нуклона в ядро. Применение прямых ядерных реакций к определению свойств ядер.

Тема 6. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.

Прохождение заряженных частиц через вещество. Формула Бора. Формула Бете как релятивистское обобщение формулы Бора. Ультрарелятивистский случай Прохождение гамма-излучение через вещество, закон Ламберта-Бутгера, сечение взаимодействия, типы взаимодействий. Связь микроскопической характеристики сечения взаимодействия с макроскопической характеристикой линейного коэффициента ослабления. Массовый коэффициент ослабления. Взаимодействие нейтронов с веществом.

Тема 7. Частицы и взаимодействия.

Элементарные частицы, определение и классификация. Изотопические мультиплеты среди элементарных частиц. Странность частиц, супермультиплеты. Гиперзаряд. Гипотеза кварков. Правило Накано-Нишиджимы-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 Хофштадтера. Характер получаемой информации и ограничения. Внутренняя структура нейтрона и протона.

Тема 9. Техника ускорителей.

Основные этапы развития ускорителей. Высоковольтное ускорение. Индукционное ускорение. Принцип резонансного ускорения. Принцип автофазировки. Линейные ускорители заряженных частиц. Циклические ускорители заряженных частиц. Высоковольтное ускорение. Индукционное ускорение. Циклотроны. Синхротроны. Кинематика ядерных реакций, ускорители с неподвижной мишенью и ускорители на встречных пучках.

Тема 10. Спектроскопия ядерных излучений и частиц.

Рассеяние, спектроскопия и детекторы как основа экспериментальной ядерной физики. Типы детекторов, получаемая информация. Газоразрядные, сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы. Характеристики детекторов частиц - эффективность, временное и энергетическое разрешение. 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. Законы сохранения в физике частиц и их эмпирический характер. Электрослабое объединение в теории Вайнберга-Глэшоу-Салама. Цветовые заряды кварков и квантовая хромодинамика.

Тема 12. Современные астрофизические представления.

Термоядерные реакции как источник энергии звёзд. Звёздный нуклеосинтез. Жизненные циклы звёзд. Роль слабого взаимодействия. Протонный цикл. Осцилляции солнечных нейтрино. Углеродный цикл. Гипотеза Большого Взрыва. Первичный нуклеосинтез. Кривая распространённости химических элементов. Ядерная космохронология.

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

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/nucmod/nucmod3.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/kapitonov2018/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	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, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых 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.
практические занятия	В ходе практических занятий рекомендуется: - 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).
самостоятельная работа	Изучение дисциплины и самостоятельную работу следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса. Студентам рекомендуется получить в Библиотечно-информационном центре института учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины. Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы. Для самостоятельной работы рекомендуются следующие интернет ресурсы: НИИЯФ МГУ: капельная модель ядра, http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/nucmod3.htm НИИЯФ МГУ: лекции проф. Б.С. Ишханова, http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/ НИИЯФ МГУ: лекции проф. И.М. Капитонова, http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2017/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
экзамен	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 считает необходимой. Вопросы для самоподготовки, программа курса и другие материалы находятся по ссылке: http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/elektronnye-obrazovatelnye-resursy-eor

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 специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации "Астрофизика и космология".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Специальность: 03.05.01 - Астрономия
Специализация: Астрофизика и космология
Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Капитонов, И.М. Введение в физику ядра и частиц: учебник / И.М. Капитонов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 512 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2189>
2. 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. - М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2019. - 212 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1002478>
3. Савельев, И.В. Курс общей физики : учебное пособие : в 5 томах / И.В. Савельев. - Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. - Том 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц - 2011. - 384 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/708>
4. Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики : учебник / Г.С. Ландсберг. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 3 : Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика ? 2009. - 656 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2239>

Дополнительная литература:

1. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: в 3 томах / К.Н. Мухин. - Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. - Том 1: Физика атомного ядра - 2009. - 384 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/277>
2. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: в 3 томах / К.Н. Мухин. - Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. - Том 2: Физика ядерных реакций - 2009. - 326 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/279>
3. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 360 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/956758>
4. Барсуков, О.А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии: монография / О.А. Барсуков. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 560 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2722>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.14.10 Физика атомного ядра и элементарных частиц

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

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: Астрофизика и космология

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

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.