

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 07.10.2026 12:21:22
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»

Проректор по учебно-
методической работе
_____ Ю.А. Устименко
«15» июня 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.В.ДВ.01.01 Физика атома и атомного ядра**

Направление подготовки: **44.03.05 Педагогическое образование) с двумя профилями под-
готовки)**

Направленность (профиль): **Физика, Математика**

Форма обучения: очная

Курс – 5

Семестр – 10

Всего зачетных единиц – 2, часов – 72

Форма отчетности: зачет – 10 семестр

Программу разработал: кандидат педагогических наук, доцент А.В. Дюндин

Одобрена на заседании кафедры
«8» июня 2023 г., протокол № 14

Заведующий кафедрой _____ А.В. Дюндин

Смоленск
2023

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Физика атома и атомного ядра» включена в формируемую участниками образовательных отношений часть учебного плана по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (профиль «Физика, Математика»).

Для освоения дисциплины «Физика атома и атомного ядра» студент должен обладать базовыми знаниями и умениями, полученными в ходе изучения таких дисциплин, как «Общая и экспериментальная физика», «Основы теоретической физики», «Астрономия».

В результате изучения дисциплины «Физика атома и атомного ядра» студент приобретает знания и умения, необходимые для выполнения профессиональной деятельности по профилю направления подготовки.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-6. Способен использовать научные знания в предметной области (физика) в процессе формирования предметной компетенции обучающихся в рамках реализации основной общеобразовательной программы	Знать: современное состояние и перспективы развития физики как учебной дисциплины, направления развития школьного физического образования, теоретические основы обучения физике, принципы построения методической системы обучения физике, основные линии школьного курса физики, их структуру, содержание и роль, этапы формирования физических понятий, методические подходы к изучению основных тем школьного курса физики; Уметь: анализировать и интерпретировать содержание физических понятий, теорем, задач, разрабатывать фрагменты уроков, организовывать образовательный процесс обучения физике, конструировать методику введения понятий, изучения теорем, решения задач; Владеть: основными приемами организации деятельности школьников по изучению физики, навыками разработки методики изучения частных вопросов обучения физики, исследовательскими методами в профессиональной деятельности.
ПК-8 Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин и решения естественнонаучных задач	Знать: основные методы обработки, структурирования, анализа и синтеза получаемой информации, основные определения, принципы и законы физики, методы физических исследований, базовые принципы постановки и решения естественнонаучных задач. Уметь: использовать физические и математические модели при решении практических задач, осуществлять учебный эксперимент и обрабатывать его результаты, доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть его следствия. Владеть: навыками методами обработки,

	анализа и синтеза информации, первичными навыками применения математического аппарата к решению конкретных задач в области физики.
--	--

3. Содержание дисциплины

1. *Физика атомного ядра и высоких энергий.* Типы взаимодействий в природе (сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное). Физические законы: уравнения движения и законы сохранения. Связь законов сохранения и динамической симметрии.
2. *Основные свойства атомных ядер и ядерных сил* Состав атомных ядер. Основные свойства протона и нейтрона (заряд, масса, спин , магнитный момент). Соотношение между числом протонов и числом нейтронов в стабильных ядрах. Заряд ядра. Масса ядра и массовое число. Изотопы. Изобары. Изотоны. Размеры и форма ядер. Плотность ядерного вещества. Свойства ядерных сил (величина, радиус действия, изотопическая инвариантность, спиновая зависимость, нецентральность, обменный характер, насыщение, инвариантность относительно пространственной инверсии). Понятие о мезонной теории ядерных сил. Периодичность ядерных свойств. Магические ядра и их особенности. Модель ядерных оболочек.
3. *Радиоактивность и ядерные реакции.* Закон радиоактивного распада. Типы радиоактивных превращений. Радиоактивные семейства. Энергетические спектры частиц, образующихся при радиоактивных распадах. Нейтрино. Роль нейтрино в астрофизике. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. СРТ-теорема. Ядерные реакции и их классификация. Реакции через образование составного ядра и прямые ядерные реакции. Эффективные сечения реакций. Резонансные процессы, Деления ядер. Вероятность деления, среднее время жизни, период полураспада. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление. Вторичные нейтроны. Ядерное топливо. Цепной процесс деления и его практическое использование. Ядерные реакторы. Типы ядерных реакторов(РБМК, ВВЭР, реакторы на быстрых нейтронах). Термоядерные реакции синтеза. Проблема получения управляемой реакции синтез.
4. *Элементарные частицы.* Классификация элементарных частиц. Лептоны. Мезоны. Барионы. Гипероны. Взаимодействия элементарных частиц Концепция взаимодействия. Переносчики взаимодействий. Гравитоны. Фотоны. Промежуточные бозоны. Глюоны. Составные модели элементарных частиц. Модель кварков. Фундаментальные частицы(кварки и лептоны). Кварковый состав мезонов, кварковый состав барионов. Законы сохранения электрического заряда, барионного заряда, лептонного заряда. Правила изменения изотопического спина, странности, гиперзаряда. Правила отбора. Метод диаграмм Фейнмана изображения процессов взаимодействия элементарных частиц.
5. *Симметрии.* Нарушение симметрий. Спонтанное нарушение симметрии. Струны. Струнные модели элементарных частиц. Суперсимметрия. Суперструнные модели элементарных частиц. Единые модели взаимодействий элементарных частиц. Теории большого объединения.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1	Физика атомного ядра и высоких энергий	14	2		4		8

2	Основные свойства атомных ядер и ядерных сил	14	2		4		8
3	Радиоактивность и ядерные реакции	14	2		2		10
4	Элементарные частицы	16	4		2		10
5	Симметрии	14	2				12
Итого		72	12	—	12	—	48

5. Виды учебной деятельности

Лекции

1. *Физика атомного ядра и высоких энергий.* Типы взаимодействий в природе (сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное). Физические законы: уравнения движения и законы сохранения. Связь законов сохранения и динамической симметрии.

2. *Основные свойства атомных ядер.* Состав атомных ядер. Основные свойства протона и нейтрона (заряд, масса, спин, магнитный момент). Соотношение между числом протонов и числом нейтронов в стабильных ядрах. Заряд ядра. Масса ядра и массовое число. Изотопы. Изобары. Изотоны. Ядро и ядерные силы. Размеры и форма ядер. Плотность ядерного вещества. Свойства ядерных сил (величина, радиус действия, изотопическая инвариантность, спиновая зависимость, нецентральность, обменный характер, насыщение, инвариантность относительно пространственной инверсии). Теории ядерных сил. Понятие о мезонной теории ядерных сил. Периодичность ядерных свойств. Магические ядра и их особенности. Модель ядерных оболочек.

3. *Радиоактивность.* Закон радиоактивного распада. Типы радиоактивных превращений. Радиоактивные семейства. Энергетические спектры частиц, образующихся при радиоактивных распадах. Нейтрино. Роль нейтрино в астрофизике. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. СРТ-теорема. Ядерные реакции и их классификация. Реакции через образование составного ядра и прямые ядерные реакции. Эффективные сечения реакций. Резонансные процессы, Деления ядер. Вероятность деления, среднее время жизни, период полураспада. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление. Вторичные нейтроны.

4. *Основы ядерной энергетики.* Ядерное топливо. Цепной процесс деления и его практическое использование. Ядерные реакторы. Типы ядерных реакторов (РБМК, ВВЭР, реакторы на быстрых нейтронах). Проблема получения управляемой реакции синтеза. Топливо для термоядерных реакторов.

5. *Элементарные частицы.* Классификация элементарных частиц. Лептоны. Мезоны. Барионы. Гипероны. Взаимодействия элементарных частиц Концепция взаимодействия. Переносчики взаимодействий. Гравитоны. Фотоны. Промежуточные бозоны. Глюоны. Модель кварков. Фундаментальные частицы (кварки и лептоны). Кварковый состав мезонов, кварковый состав барионов. Законы сохранения электрического заряда, барионного заряда, лептонного заряда. Правила изменения изотопического спина, странности, гиперзаряда. Правила отбора Метод диаграмм Фейнмана изображения процессов взаимодействия элементарных частиц.

6. *Симметрии.* Нарушение симметрий. Спонтанное нарушение симметрии. Струны. Струнные модели элементарных частиц. Суперсимметрия. Суперструнные модели элементарных частиц. Единые модели взаимодействий элементарных частиц. Теории большого объединения.

Практические занятия

Практическое занятие №1

Тема: Основы физики атомного ядра

Вопросы

1. Состав ядра.
2. Радиусы и форма ядер.

Задачи

1. Оценить плотность ядерной материи.
2. Эмпирическая зависимость радиуса ядра R от числа нуклонов A ($A > 10$) $R \approx r_0 A^{1/3}$. Параметр $r_0 \approx 1.23 \cdot 10^{-13}$ см = 1.23 Фм приблизительно одинаков для всех ядер. Оценить радиусы атомных ядер ^{27}Al , ^{90}Zr , ^{238}U .
3. Считая, что разность энергий связи зеркальных ядер определяется только различием энергий кулоновского отталкивания в этих ядрах, вычислить радиусы зеркальных ядер ^{23}Na , ^{23}Mg . $E_{\text{св}}(^{23}\text{Na}) = 186.56$ МэВ, $E_{\text{св}}(^{23}\text{Mg}) = 181.72$ МэВ.
4. Массы нейтрона и протона в энергетических единицах равны соответственно $m_n = 939.6$ МэВ и $m_p = 938.3$ МэВ. Определить массу ядра ^2H в энергетических единицах, если энергия связи дейтрона $E_{\text{св}}(2,1) = 2.2$ МэВ.
5. Масса нейтрального атома ^{16}O $m_{\text{ат}}(A,Z) = 15.9949$ а.е.м. Определить удельную энергию связи ϵ ядра ^{16}O .

Практическое занятие №2

Тема: Свойства атомного ядра

Вопросы

1. Энергетические состояния ядра.
2. Спин ядра и его магнитный момент.

Задачи

1. Сравнив экспериментально измеренное значение магнитного момента дейтрона $\mu = 0.86\mu_N$ с магнитным моментом системы нейтрон-протон в состоянии с $j = 1$ и относительным орбитальным моментом $L = 0$ (S_1 -состояние), оценить вклад компоненты с $j = 1$ и $L = 2$ (D_1 -состояние) в волновую функцию дейтрона.
2. Внешний наблюдаемый квадрупольный момент ядра ^{85}Rb $Q = 0.7$ б. Определить собственный квадрупольный момент ядра Q_0 , если спин ядра ^{85}Rb равен $J = 5/2$.
3. Определить значения изоспинов I основных состояний ядер изотопов углерода ^{10}C , ^{11}C , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C .
4. На основании одночастичной модели оболочек определить значения спинов и четностей J^P основных состояний изотопов кислорода - ^{15}O , ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O .
5. Определить возможные значения спина ядра, состоящего из двух протонов и двух нейтронов в состояниях с орбитальными моментами l , равными нулю. Считать все нуклоны находящимися в одном (низшем из возможных) энергетическом состоянии.

Практическое занятие №3

Тема: Ядерные силы

Вопросы

1. Модели строения ядра.
2. Ядерные силы и их свойства.

Задачи

1. Какова должна быть кинетическая энергия электронов, чтобы с их помощью исследовать внутреннюю структуру атома, атомного ядра и нуклона?
2. Используя соотношение неопределенностей Гейзенберга «координата-импульс» ($\Delta x \Delta p \approx \hbar$), оценить кинетические энергии электрона в атоме, нуклона в ядре и кварка в нуклоне.
3. Электрон сталкивается с атомным электроном, Какова пороговая энергия рождения e^-e^+ -пары в таком столкновении?

4. Рассчитать расстояние между уровнями 1s, 2s и 3 ядра ^{90}Zr для прямоугольной потенциальной ямы бесконечной глубины и ямы гармонического осциллятора.
5. Какова взаимная ориентация векторов и суммарного спина и полного момента нуклонов в дейтроне?

Практическое занятие №4

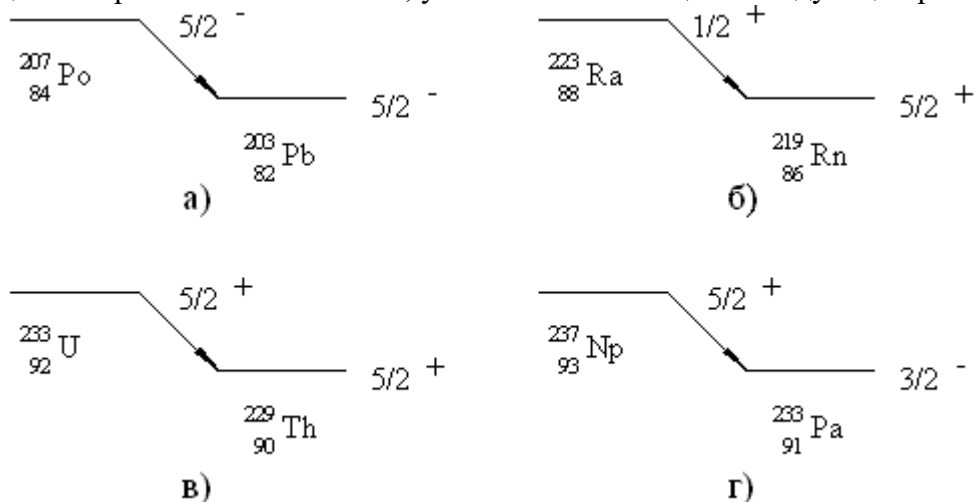
Тема: Радиоактивность

Вопросы

1. Радиоактивные превращения ядер.
2. Радиоактивные семейства.
3. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.

Задачи

1. Определить порядок запрета следующих β -переходов:
 1. $^{89}\text{Sr}(5/2^+) \rightarrow ^{89}\text{Y}(1/2^-)$;
 2. $^{36}\text{Cl}(2^+) \rightarrow ^{36}\text{Ar}(0^+)$;
 3. $^{137}\text{Cs}(7/2^+) \rightarrow ^{137}\text{Ba}(3/2^+)$.
2. Используя значения масс атомов, определить верхнюю границу спектра позитронов, испускаемых при β^+ -распаде ядра ^{27}Si . $M_{\text{ат}}(^{27}\text{Si}) = 25137.961$ МэВ, $M_{\text{ат}}(^{27}\text{Al}) = 25133.150$ МэВ (массы в энергетических единицах).
3. Определить кинетическую энергию конечного ядра при β^- -распаде ядра $^{64}\text{Cu} \rightarrow ^{64}\text{Zn} + e + \bar{\nu}_e$ когда 1) энергия антинейтрино $T_{\bar{\nu}} = 0$, 2) энергия электрона $T_e = 0$. Энергии связи ядер ^{64}Cu - 559.32 МэВ и ^{64}Zn - 559.12 МэВ.
4. Определить орбитальный момент l , уносимый α -частицей в следующих распадах:



5. Даны избытки масс атомов - $\Delta(^{114}\text{Cd}) = -90.021$ МэВ, $\Delta(^{114}\text{In}) = -88.379$ МэВ и $\Delta(^{114}\text{Sn}) = -90.558$ МэВ. Определить возможные виды β -распада ядра ^{114}In .

Практическое занятие №5

Тема: Ядерные реакции

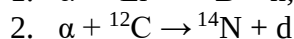
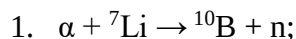
Вопросы

1. Деление ядер.
2. Порог ядерной реакции.

Задачи

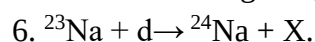
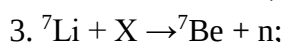
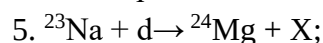
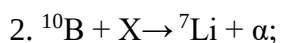
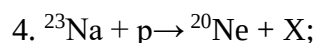
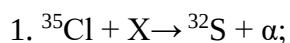
1. Какую минимальную кинетическую энергию в лабораторной системе T_{min} должен иметь нейтрон, чтобы стала возможной реакция $^{16}\text{O}(n, \alpha)^{13}\text{C}$?

2. Возможны ли реакции:



под действием α -частиц с кинетической энергией $T = 10 \text{ МэВ}$?

3. Идентифицировать частицу X и рассчитать энергии реакции Q в следующих случаях:



4. В результате поглощения ядром γ -кванта вылетает нейтрон с орбитальным моментом $l_n = 2$. Определить мультипольность γ -кванта, если конечное ядро образуется в основном состоянии.

Практическое занятие №6

Тема: Составные модели элементарных частиц

Вопросы

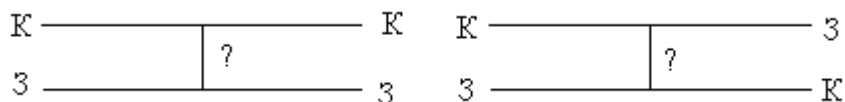
1. Кварковая структура барионов.

2. Изотопический спин и проекция изоспина частицы.

Задачи

1. Определить магнитные моменты u и d -кварков в ядерных магнетонах, считая, что их масса равна $1/3$ массы нуклона.
2. Показать, что кварк, испустив глюон, не может перейти в антикварк.
3. Построить из кварков следующие частицы: p , n , Λ , Σ^0 , Ξ^0 , Ω^- .
4. Показать, что без введения квантового числа "цвет", принимающего три значения, кварковая структура Δ^{++} , Δ^- , Ω^- противоречит принципу Паули.
5. Нарисовать кварковые диаграммы распадов
1) $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$, 2) $\pi^0 \rightarrow e^+ + e^-$, 3) $\rho^0(770) \rightarrow e^+ + e^-$, 4) $\eta'(958) \rightarrow 3\pi^0$. Какие взаимодействия ответственны за эти распады?

4. Диаграммы показывают два варианта взаимодействия красного и зеленого кварков. Определить, за счет какого взаимодействия произошла реакция в каждом случае и что было виртуальной частицей.



Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студента включает в себя:

- изучение теоретического материала по конспектам лекций и источникам из списка литературы;

- самостоятельно выполнение практических заданий к занятиям в процессе подготовки к последним;
- подготовка сообщения по одному из приведенных ниже вопросов для самостоятельного изучения.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Типы взаимодействий в природе (сильное. Электромагнитное, слабое, гравитационное)
2. Физические законы: уравнения движения и законы сохранения. Связь законов сохранения и динамической симметрии.
3. Основные свойства атомных ядер и ядерных сил Состав атомных ядер. Основные свойства протона и нейтрона (заряд, масса, спин , магнитный момент).
4. Соотношение между числом протонов и числом нейтронов в стабильных ядрах. Заряд ядра. Масса ядра и массовое число. Изотопы. Изобары. Изотоны.
5. Размеры и форма ядер. Плотность ядерного вещества.
6. Свойства ядерных сил (величина, радиус действия, изотопическая инвариантность, спиновая зависимость, нецентральность, обменный характер, насыщение, инвариантность относительно пространственной инверсии).
7. Понятие о мезонной теории ядерных сил. Периодичность ядерных свойств. Магические ядра и их особенности. Модель ядерных оболочек.
8. Радиоактивность и ядерные реакции. Закон радиоактивного распада. Типы радиоактивных превращений. Радиоактивные семейства.
9. Энергетические спектры частиц, образующихся при радиоактивных распадах. Нейтрино. Роль нейтрино в астрофизике.
10. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. СРТ-теорема.
11. Ядерные реакции и их классификация. Реакции через образование составного ядра и прямые ядерные реакции. Эффективные сечения реакций. Резонансные процессы.
12. Деления ядер. Вероятность деления, среднее время жизни, период полураспада. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление.
13. Вторичные нейтроны. Ядерное топливо. Цепной процесс деления и его практическое использование.
14. Ядерные реакторы. Типы ядерных реакторов(РБМК, ВВЭР, реакторы на быстрых нейтронах).
15. Термоядерные реакции синтеза. Проблема получения управляемой реакции синтез.
16. Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Лептоны. Мезоны. Барионы. Гипероны.
17. Взаимодействия элементарных частиц Концепция взаимодействия. Переносчики взаимодействий. Гравитоны. Фотоны. Промежуточные бозоны. Глюоны..
18. Составные модели элементарных частиц. Модель кварков.Фундаментальные частицы(кварки и лептоны). Кварковый состав мезонов, кварковый состав барионов.
19. Законы сохранения электрического заряда, барионного заряда, лептонного заряда.
20. Правила изменения изотопического спина, странности, гиперзаряда. Правила отбора
21. Метод диаграмм Фейнмана изображения процессов взаимодействия элементарных частиц.
22. Симметрии. Нарушение симметрий. Спонтанное нарушение симметрии.
23. Струны. Струнные модели элементарных частиц. Суперсимметрия. Суперструнные модели элементарных частиц.
24. Единые модели взаимодействий элементарных частиц. Теории большого объединения. ТБО.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Текущая аттестация выполняется по вопросам и заданиям, которые приведены в содержании практических занятий и описании самостоятельной работы студента(см. п.5)

Критерии оценки ответов на вопросы для обсуждения:

Ответ на вопрос считается удовлетворительным, если студент:

- 1) дает правильный и полный ответ;
- 2) осознает и понимает смысл вопроса и обосновывает ответ;
- 3) полно излагает изученный материал, дает правильное определение понятий;
- 4) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из источников, но и самостоятельно составленные.

Во всех других случаях ответ студента считается неудовлетворительным.

Критерии оценки выполнения задания к практическому занятию:

Практическое задание считается выполненным удовлетворительно, если студент:

- 1) выполнил задание в полном объеме и сдал его в установленные сроки;
- 2) обосновал решение с опорой на физические законы и методы;
- 3) качественно оформил задание в тетради.

Во всех остальных случаях выполнение задания читается неудовлетворительным.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Критерии выставления зачета по курсу

Оценка «Зачтено» выставляется студенту, который:

- выполнил задания всех практических занятий в семестре;
- выступил с сообщением по одному из вопросов для самостоятельного изучения.

Во всех других случаях выставляется оценка «Не зачтено».

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Бекман, И. Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения : учебник для вузов / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 493 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08692-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491394>.
2. Строковский, Е. А. Физика атомного ядра и элементарных частиц: основы кинематики : учебное пособие для вузов / Е. А. Строковский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 355 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03804-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492501>.
3. Сазонов, А. Б. Ядерная физика : учебное пособие для вузов / А. Б. Сазонов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 320 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11829-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493030>.

7.2. Дополнительная литература

1. Бекман, И. Н. Ядерные технологии : учебник для вузов / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 500 с. — (Высшее образо-

- вание). — ISBN 978-5-534-08681-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491393>.
2. Иоффе, Б. Л. История науки: атомные проекты: монография для вузов / Б. Л. Иоффе. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 191 с. — (Открытая наука). — ISBN 978-5-534-11978-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/494318>.
 3. Кузнецов, С. И. Физика: оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы : учебное пособие для вузов / С. И. Кузнецов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01420-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490370>.
 4. Милантьев, В. П. Атомная физика : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. П. Милантьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00405-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434649>.
 5. Сазонов, А. Б. Ядерная физика и дозиметрия. Сборник задач : учебное пособие для вузов / А. Б. Сазонов, М. А. Богородская. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 98 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05469-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493031>.

7.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- <https://razdolbaypegas.livejournal.com/750505.html> — экспериментальные основы квантовой физики.
- <http://www.jinr.ru> — сайт объединенного института ядерных исследований.
- <http://www.lebedev.ru/ru/> — сайт ФИАН.
- <https://home.cern> сайт CERN.
- <https://moiarussia.ru/glavnye-dostizheniya-rossii-v-nauke-za-poslednie-20-let/> — Российские достижения в науке.
- <http://tainy.net/19336-yadernye-katastrofy-mira.html> — ядерные катастрофы

8. Материально-техническое обеспечение

Аудитория для проведения лекционных занятий 327 уч. к. 2 со следующим оборудованием:

- проектор;
- интерактивная доска.

Аудитория для проведения практических занятий 423 уч. к. 2 со следующим оборудованием:

- учебная доска.

9. Программное обеспечение

1. Пакет офисных программ.