

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 31.08.2023 18:57:36  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



*Handwritten signature of O.N. Medvedeva*

О.Н. Медведева

«30» \_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Физика атомного ядра и элементарных частиц**

Направление подготовки

27.03.05 Инноватика

профиль

Управление инновациями (по отраслям и сферам экономики)

Для студентов

3 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н. доцент Шуклов А.Д.

*Handwritten signature of A.D. Shuklov*

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

**Целью** освоения дисциплины является: создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение других разделов физики и специализированных курсов.

**Задачами** освоения дисциплины являются:

- изучение основных принципов физики ядра и явлений, происходящих в мире элементарных частиц;
- установление связи между различными физическими явлениями, вывод основных законов в виде математических уравнений;
- постановка и анализ задачи, применение различных методов решения

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина относится к дисциплинам базовой части учебного плана. Общий курс «Физика атомного ядра и элементарных частиц» ставит своей целью познакомить студентов с основами экспериментальной и теоретической ядерной физики с тем, чтобы выпускник физико-технического факультета имел достаточно полное представление об основных результатах и современных тенденциях в развитии молодой науки. Это касается в первую очередь: свойств атомных ядер; радиоактивности, ядерных реакций и экспериментов в физике низких, средних и высоких энергий; нуклон-нуклонных взаимодействий и свойств ядерных сил; модели атомных ядер; взаимодействия ядерного излучения с веществом; фундаментальных взаимодействий в природе; классификации элементарных частиц; современных астрофизических представлений. Теоретические дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: общий физический практикум, курсы общей физики. Уровень начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины: иметь представление об основных понятиях и законах ядерной физики в рамках программы средней школы; знать курс общей физики и математических дисциплин в рамках программы.

**3. Объем дисциплины: 3 зачетные единицы, 108**

академических часа, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 42 часов, практические занятия 42 часов;

**самостоятельная работа:** 39 часов, в том числе контроль 27 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные спланируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.
ОПК-1. Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области математики, естественных и технических наук	ОПК-1.2. Анализирует физические объекты и процессы используя положения, законы и методы естественных и технических наук ОПК-1.3. Осуществляет поиск и анализ информации в рамках поставленной задачи, используя знание положений, законов и методов физики
ОПК-2. Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний профильных разделов математических, технических и естественно-научных дисциплин (модулей)	ОПК-2.2. Предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, используя положения, законы и методы физики.

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Экзамен в 6 семестре.

**6. Язык преподавания: русский.**

## I. Аннотация

### 1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Физика атомного ядра и элементарных частиц

### 2. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение других разделов физики и специализированных курсов.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение основных принципов физики ядра и явлений, происходящих в мире элементарных частиц;
- установление связи между различными физическими явлениями, вывод основных законов в виде математических уравнений;
- постановка и анализ задачи, применение различных методов решения.

### 3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» относится к модулю 2 «Дисциплины, формирующие ОПК-компетенции» базовой части учебного плана. Она ставит своей целью познакомить студентов с основами экспериментальной и теоретической ядерной физики с тем, чтобы выпускник имел достаточно полное представление об основных результатах и современных тенденциях в развитии этой относительно молодой науки. Это касается в первую очередь свойств атомных ядер и элементарных частиц, а также теории радиоактивности и ядерных реакций. Особое место при этом в подготовке студента является ознакомление с теорией взаимодействия ядерного излучения с веществом.

Уровень начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины: иметь представление об основных понятиях и законах ядерной физики в рамках программы средней школы; Знать курс общей физики и математических дисциплин в рамках программы 5-и семестров университета.

Теоретические дисциплины и практики, для которых освоение «Физика атомного ядра и элементарных частиц» необходимо как предшествующее, включают курсы конденсированного состояния.

**4. Объем дисциплины:** 2 зачетные единицы, 72 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 30 часов, практические занятия 15 часов, **самостоятельная работа:** 27 часов.

### 5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК 7 способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории и материаловедения и информационные технологии в инновационной деятельности.	<b>Знать:</b> основные законы и формулы, типичные алгоритмы решения задач. <b>Уметь:</b> решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения.

**6. Форма промежуточной аттестации – зачет (6 семестр).**

**7. Язык преподавания - русский.**

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

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические (лабораторные) занятия	
<b>1. Общие понятия о ядре. Ядро как система нуклонов. Размеры ядер. Стабильные и радиоактивные ядра.</b>	4	2		2
<b>2. Энергия связи. Эффект спаривания. Энергия симметрии. Четность, спин ядра. Диаграмма ядерных уровней.</b>	6	2	2	2
<b>3. Свойства ядерных сил. Пример: дейтрон. Спин-орбитальные силы, зарядовая независимость, обменный характер ядерных сил, изоспин. Теория Юкавы.</b>	5	2		3
<b>4. Модели атомных ядер. Капельная модель, модель оболочек.</b>	9	4	2	3
<b>5. Радиоактивность. Теория <math>\alpha</math> -и <math>\beta</math> распадов, <math>\gamma</math> -распад.</b>	9	4	2	3
<b>6. Основные понятия об элементарных частицах. Систематика. Кантовые характеристики частиц. Диаграммы Фейнмана. Кварковая модель адронов.</b>	11	4	4	3
<b>7. Ядерные реакции. Механизмы ядерных реакций.</b>	10	4	3	3
<b>8. Деление атомных ядер.</b>	4	2		2
<b>9. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.</b>	9	4	2	3
<b>10. Современные астрофизические представления.</b>	5	2		3
<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>27</b>

**Ш. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

- планы практических (семинарских) занятий.
- сборники задач.
- требования к рейтинг-контролю

**IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

**Форма проведения зачета:** студенты, освоившие программу курса могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

**Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК 7:** способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории и материаловедения и информационные технологии в инновационной деятельности.

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания		
		Высокий уровень (3 балла по каждому критерию)	Средний уровень (2 балла по каждому критерию)	Низкий уровень (1 балл по каждому критерию)
промежуточный	<b>Задания для проверки сформированности умений:</b>  Решить задачу: Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного иода $^{131}\text{I}$ в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа $^{131}\text{I}$ равен 193 часам.	Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает формулу радиоактивного распада и уверенно применяет ее, записывая необходимые соотношения. Получает решение.	Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает формулу радиоактивного распада. Неуверенно применяет ее, записывая необходимые соотношения. Получает решение.	Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает формулу радиоактивного распада. С трудом применяет ее, записывая необходимые соотношения.

	<p>Решите задачу: Определить в лабораторной системе координат кинетическую энергию ядра <math>{}^9_4\text{Be}</math>, образующегося при пороговом значении энергии нейтрона в реакции <math>{}^{12}_6\text{C}(n, \alpha){}^9_4\text{Be}</math>.</p>	<p>Понимает физику явления. Записывает законы сохранения и формулу для энергетического выхода реакции. Решает систему уравнений, записывая правильный ответ.</p>	<p>Понимает физику явления. Неуверенно записывает законы сохранения и формулу для энергетического выхода реакции. Неуверенно решает систему уравнений, записывая правильный ответ.</p>	<p>Понимает физику явления. Неуверенно записывает законы сохранения и формулу для энергетического выхода реакции. С трудом решает систему уравнений, записывая правильный ответ.</p>
	<p><b>Задания для проверки сформированности знаний:</b></p>	<p><b>Высокий уровень (3 балла по каждому критерию)</b></p>	<p><b>Средний уровень (2 балла по каждому критерию)</b></p>	<p><b>Низкий уровень (1 балл по каждому критерию)</b></p>
	<p>Знать основные положения капельной модели ядра.</p>	<p>Знает основания капельной модели. Записывает формулу Вайцеккера, подробно объясняя смысл каждого слагаемого. Не допускает ошибок.</p>	<p>Знает основания капельной модели. Неуверенно записывает и поясняет формулу Вайцеккера, допуская несущественные математические ошибки.</p>	<p>Знает основания капельной модели. Но имеет отрывочные знания о формуле Вайцеккера.</p>
	<p>Знать механизмы ядерных реакций.</p>	<p>Знает все механизмы ядерных реакций, четко объясняя физику процессов и приводя примеры.</p>	<p>Знает все механизмы ядерных реакций, но неуверенно владеет физическим обосновани</p>	<p>Знает все механизмы ядерных реакций, но не может пояснить физику явлений и привести примеры.</p>

			ем.	
--	--	--	-----	--

*Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.*

1. Интернет-ресурс «Ядерная физика в Интернете» <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

#### **V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

а) Основная литература:

1. Браун Александр Георгиевич. Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики. Практикум : Учебное пособие / Браун Александр Георгиевич, Левитина Изабелла Григорьевна. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2016. - 88 с. - ISBN 978-5-16-010798-1.  
Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=502451>
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра. СПб.: Лань, 2009. 384 с.  
Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=277](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=277)
3. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц. СПб.: Лань, 2009. 326 с.  
Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=279](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=279)

б) Дополнительная литература:

1. Капитонов И. М. Введение в физику ядра и частиц. Москва: Физмалит, 2010.  
Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75503>

#### **VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Ядерная физика в Интернете <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
2. Электронная библиотека издательства Лань: <http://e.lanbook.com/>
3. Университетская библиотека ONLINE: <http://www.biblioclub.ru/>
4. Сайт издательского дома ЮРАЙТ: <http://www.biblio-online.ru/>

#### **VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

– планы практических (семинарских) занятий:

**Семинар 1:** Решение задач на тему «Рассеяние элементарных частиц и размеры атомных ядер». Примеры задач:

1. Альфа-частицы с кинетической энергией  $T = 6.5$  МэВ испытывают резерфордское рассеяние на ядре золота  $^{197}\text{Au}$ . Определить: 1) параметр столкновения  $b$  для альфа-частиц, наблюдаемых под углом  $\theta = 90^\circ$ ; 2) минимальное расстояние  $r_{\min}$  сближения альфа-частиц с ядром; 3) кинетическую ( $T$ ) и 4) потенциальную ( $E'$ ) энергии альфа-частиц в этой точке.
2. Протон с кинетической энергией  $T = 2$  МэВ налетает на неподвижное ядро  $^{197}\text{Au}$ . Определить дифференциальное сечение рассеяния  $d\sigma/d\Omega$  на угол  $\theta = 60^\circ$ . Как изменится величина дифференциального сечения рассеяния, если в качестве рассеивающего ядра выбрать  $^{27}\text{Al}$ ?
3. Вычислить сечение рассеяния  $\alpha$ -частицы с кинетической энергией  $T = 5$  МэВ кулоновским полем ядра  $^{208}\text{Pb}$  под углами больше  $90^\circ$ .

**Семинар 2:** Решение задач на тему «Энергия связи ядер. Капельная модель ядра». Примеры задач:

1. Вычислить удельную энергию связи для ядра  $^{12}\text{C}$ .
2. Найти энергии отделения нейтрона и протона от ядра  $^{12}\text{C}$ .
3. Найти энергию отделения альфа-частицы от  $^{12}\text{C}$ .

**Семинар 3:** Решение задач на тему «Квантовые характеристики ядерных состояний».

Примеры задач:

1. Определить спины и четности основных состояний изотопов кислорода  $^{15}\text{O} - ^{18}\text{O}$ .  
Ответ:  $1/2^-$ ,  $0^+$ ,  $5/2^+$ ,  $0^+$ .
2. Определить спины и четности основных состояний ядер  $^{39}\text{K}$  и  $^{41}\text{Ca}$ . Ответ:  $3/2^+$  и  $7/2^-$  соответственно.
3. Предсказать магнитный момент ядра  $^{41}\text{Sc}$  в основном состоянии, опираясь на одночастичную модель оболочек. Ответ:  $+5,79\mu_N$
4. Предсказать магнитный момент ядра  $^{13}\text{C}$  в основном состоянии, опираясь на одночастичную модель оболочек. Ответ:  $+0,64\mu_N$

**Семинар 4:** Решение задач на тему «Радиоактивность». Примеры задач:

1. Активность препарата  $^{32}\text{P}$  равна 2 мКи. Сколько весит такой препарат? период полураспада равен 14,5 суток.
2. В результате  $\alpha$ -распада радий  $^{226}\text{Ra}$  превращается в радон  $^{222}\text{Rn}$ . Какой объем радона при нормальных условиях будет находиться в равновесии с 1 г радия? Период полураспада  $^{226}\text{Ra}$   $T_{1/2}(\text{Ra}) = 1600$  лет,  $^{222}\text{Rn}$  -  $T_{1/2}(\text{Rn}) = 3,82$  дня.
3. Удельное содержание изотопа  $^{14}\text{C}$ , усвоенного деревом при его жизни, затем уменьшается вследствие  $\beta$ -распада с периодом полураспада 5700 лет. Определить возраст деревянного предмета, обнаруженного при раскопках, если удельная активность  $^{14}\text{C}$  этого предмета составляет 0,1 от удельной активности свежесрубленного дерева.
4. Используя формулу Вайцеккера, оценить, начиная с какого массового числа становится энергетически возможным  $\alpha$ -распад. Ответ:  $A > 150$ .
5. Оценить период полураспада радиоактивного ядра, испускающего  $\alpha$ -частицы с энергией 1 МэВ, если ядро  $^{232}_{90}\text{Th}$  имеет период полураспада  $T = 1,4 \cdot 10^{10}$  лет и испускает  $\alpha$ -частицы с энергией 4 МэВ, а для ядра  $^{212}_{84}\text{Po}$  период полураспада  $T = 3 \cdot 10^{-7}$  с и  $E_\alpha = 8,8$  МэВ. Ответ:  $T = 3,2 \cdot 10^{84}$  лет.

**Семинар 5:** Решение задач на тему «Деление ядер. Ядерные реакции». Примеры задач:

1. С помощью формулы Вейцеккера
  - a. Вычислите энергию, высвобождаемую при делении ядра  $^{238}\text{U}$  на два одинаковых осколка.
  - b. Найдите критическое значение  $Z^2/A$ , при котором становится энергетически возможным деление ядра на два одинаковых осколка.
2. Возможны ли реакции:
  1.  $\alpha + ^7\text{Li} \rightarrow ^{10}\text{B} + n$ ;
  2.  $\alpha + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + d$
 под действием  $\alpha$ -частиц с кинетической энергией  $T_\alpha = 10$  МэВ?  
 Ответ: 1. Возможна, 2) невозможна.
3. Вычислить порог реакции:  $^{14}\text{N} + \alpha \rightarrow ^{17}\text{O} + p$ , в двух случаях, если налетающей частицей является:
  - 1)  $\alpha$ -частица, 2) ядро  $^{14}\text{N}$ . Энергия реакции  $Q = 1,18$  МэВ. Объяснить результат.

4. Определить, какую минимальную энергию должен иметь протон, чтобы стала возможной реакция  
 $p + d \rightarrow p + p + n$ .

**Семинар 6:** Решение задач на тему «Элементарные частицы и их взаимодействие».

Примеры задач:

1. Какая минимальная кинетическая энергия частиц каждого из сталкивающихся пучков  $p\bar{p}$  – коллайдера необходима для протекания реакций: 1)  $p + \bar{p} \rightarrow \bar{\Omega}^- + \Omega^-$ ; 2)  $p + \bar{p} \rightarrow \bar{\Sigma}^0 + \Lambda$ ; 3)  $p + \bar{p} \rightarrow \bar{\Lambda} + \Lambda$ ? Энергии покоя частиц:  $m_p c^2 = 938,27 \text{ МэВ}$ ,  $m_{\Omega^-} c^2 = 1672,43 \text{ МэВ}$ ,  $m_{\Sigma^0} c^2 = 1192,55 \text{ МэВ}$ ,  $m_{\Lambda} c^2 = 1115,63 \text{ МэВ}$ .
2. Найти, какие из самых тяжелых ядер и антиядер могут образоваться в реакции  $p + p$  при соударении протона с энергией  $E_p = 3 \cdot 10^{12} \text{ эВ}$  с неподвижным протоном и на встречных пучках протонов, ускоренных до такой же энергии.
3. Определить частицы  $X$ , образующиеся в следующих реакциях сильного взаимодействия: 1)  $\pi^- + p \rightarrow K^- + p + X$ ; 2)  $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^0 + X$ ; 3)  $p + \bar{p} \rightarrow \Xi^- + \pi^+ + X$ .
4. Могут ли следующие реакции: 1)  $\pi^- + p \rightarrow K^- + \Xi^- + K^+$ ; 2)  $\pi^+ + p \rightarrow \Delta^{++} + \pi^0$ ; 3)  $K^+ + n \rightarrow \Sigma^+ + \pi^0$  происходить в результате сильного взаимодействия.

– **сборники задач:**

1. Сборник задач по общему курсу физики. Ч.3 Атомная и ядерная физика. Строение вещества./Под ред. В.А. Овчинкина. М.: Физматкнига, 2009.-512 с.
2. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. СПб.: Лань, 2005.-288с.
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М.: Бином, 2001. – 432с.
4. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 т. Кн. V. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / Под ред. Д. В. Сивухина. М.: ФИЗМАТЛИТ; ЛАНЬ, 2006. - 184 с.

– **методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:**

1. Изучить рекомендуемую литературу.
2. Просмотреть задачи, разобранные на аудиторных занятиях.
3. Разобрать задачи, рекомендованные преподавателем для самостоятельного решения, используя, при необходимости, примеры решения аналогичных задач.
4. Обсудить проблемы, возникшие при решении задач с преподавателем.

**Требования к рейтинг-контролю.** В течение семестра два раза (на модульных неделях) необходимо:

- 1) сдать преподавателю решения домашних задач, полученных из указанных сборников задач,
  - 2) ответить на теоретические вопросы. Примеры вопросов (<http://nuclphys.sinp.msu.ru/misc/questions.htm>):
1. Состав и размер ядра. N-Z диаграмма атомных ядер.
  2. Масса и энергия связи ядра. Формула Вайцеккера.
  3. Радиоактивный распад ядер. Законы радиоактивного распада ядра.
  4. Альфа-распад. Кулоновский и центробежный барьеры.
  5. Бета-распад. Экспериментальное обнаружение (анти)нейтрино.
  6. Гамма-переходы в ядрах. Электрические и магнитные гамма-переходы.
  7. Дейтрон - связанное состояние нейтрона и протона.

8. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия.
9. Мезонная теория ядерных сил.
10. Ядерные реакции. Законы сохранения, кинематика.
11. Механизмы ядерных реакций. Прямые реакции. Составное ядро.
12. Деление ядер.
13. Модель ядерных оболочек.
14. Одночастичные и коллективные возбуждения ядер.
15. Фундаментальные частицы Стандартной модели
16. Законы сохранения в физике частиц.
17. Частицы и античастицы.
18. Резонансные частицы.
19. Электромагнитные взаимодействия. Структура нуклона.
20. Изоспин. Изоспиновые мультиплеты.
21. Странность. Рождение и распад странных частиц.
22. Сильные взаимодействия. Кварки. Глюоны. Цвет.
23. Кварковая структура адронов. Барионы. Мезоны.
24. Слабые взаимодействия. Промежуточные бозоны.
25. Слабые распады лептонов и кварков.
26. Пространственная инверсия. P-четность.
27. Зарядовое сопряжение. Зарядовая четность. CP-инверсия.
28. Обращение времени. CPT-теорема.
29. Фундаментальные взаимодействия. Объединение взаимодействий. Проблема неустойчивости протона.
30. Нуклеосинтез во Вселенной. Ядерные реакции в звездах.
31. Космические лучи. Состав и происхождение.

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

Лекционный курс сопровождается презентациями и приемами визуализации, которые выполняют сами студенты, лекциями-дискуссиями.

Информационными технологиями, используемыми при изучении данной дисциплины, является доступ к следующим электронным библиотечным системам:

1. ЭБС «ИНФРА-М» <http://www.znaniium.com>
2. ЭБС «Университетская библиотека ОН-ЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>

**Программное обеспечение:**

1. Microsoft Office 365 pro plus
2. Microsoft Windows 10 Enterprize
3. Google Chrome

**IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Лекционная аудитория № 226 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1 Микшерный пульт Yamaha MG-124C 2 Аудиокомплект (мик. пульт, акуст. усилитель, акуст. система, радиосистема) 3 Интерактивная система SMART Board 660i4 4 Мультимедийный проектор Epson EB-4850WU c	Google Chrome – бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017
--	--	---

	<p>потолочным креплением</p> <p>5 Телекоммуникационный шкаф ШТК-М-18.6.6-3AAA с полками</p> <p>6 Телекоммуникационный шкаф ШТК-М-18.6.6-3AAA с полками</p> <p>7 Экран настенный ScreenMedia 213*213 (M082-08156)</p> <p>8 Компьютер iRU Corp 510 15-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21,5''</p> <p>9 Комплект учебной мебели на 110 посадочных мест</p>	
<p>Учебная аудитория № 218 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест.</p> <p>2. Экран настенный 153x203</p> <p>3. Переносной комплект мультимедийной техники.</p>	<p>Adobe Acrobat Reader DC – бесплатно</p> <p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p> <p>Google Chrome – бесплатно</p> <p>MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

#### Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций,</p>	<p>1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт</p> <p>2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь</p> <p>3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-port DGS-1016D</p> <p>4. Видеокамера IP-FALCON EYE</p>	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно</p> <p>Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009</p> <p>Google Chrome - бесплатно</p> <p>Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p> <p>Lazarus 1.4.0 - бесплатно</p> <p>Lego MINDSTORM EV3 -</p>

<p>текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО  5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО  6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3»  7. Комплект учебной мебели</p>	<p>бесплатно  Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав IC00000027 от 16.09.2011  MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012  Microsoft Express Studio 4 - бесплатно  MiKTeX 2.9 - бесплатно  MPICH 64-bit - бесплатно  MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно  Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017  MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>
---	--	---

#### Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания, утвердившего изменения
1	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
2	Раздел IV	Скорректированы задания для промежуточной аттестации в соответствии с обновленным «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
3	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
4	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
5	Раздел I, II	Внесены изменения в объем и содержание дисциплины в связи с изменениями учебного плана ООП по направлению 03.04.03 Радиофизика	Протокол Совета ФТФ №5 от 11 декабря 2018 г
6	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за	Протокол Совета ФТФ № 6 от 15.01.2019 г.

		дисциплиной компетенций	
7	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
8	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о рейтинговой системе обучения в ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
9	Титульный лист	Внесены изменения на титульном листе: ФИО руководителя ООП	Приказ 1382-О от 01.10.2021 «О назначении руководителей образовательных программ»