

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет
имени Коста Левановича Хетагурова»*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Физика элементарных частиц и космология»**

Направление **03.03.02 Физика**

Профили: **«Физика конденсированного состояния»**

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Год начала подготовки – 2026

Утверждена в составе ОПОП

Составитель: доцент кафедры физики конденсированного состояния И.Н. Малиев

Владикавказ 2026

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы (180 часа).

Форма промежуточной аттестации – экзамен

	Очная форма обучения
Курс	4
Семестр	1
Лекции	32
Практические занятия	32
Лабораторные занятия	-
Консультации	8
Итого аудиторных занятий	72
Самостоятельная работа	36
Курсовая работа	-
Экзамен	36
Общее количество часов	144

2. Цели освоения дисциплины

Программа предназначена для построения курса лекционных занятий для студентов-физиков (квалификация – бакалавр (физика)). Данный курс является одним из основных в системе современной общефизической подготовки.

Целью курса «Физика элементарных частиц и космология» является формирование у студента-физика современных представлений о структуре материи, фундаментальных взаимодействиях и элементарных частицах.

Изучая основные законы, модели и методы исследования в физике элементарных частиц, студенты получают широкое представление о данном предмете и возможности, позволяющие впоследствии использовать полученные знания в преподавании и для дальнейшей специализации.

Содержание предмета помогает студенту-физику дополнить уже имеющиеся представления о материальном мире картиной процессов, происходящих на субатомных масштабах. Именно физика сверхмалых масштабов дает научные основы для понимания закономерностей поведения макромира и даже мегамира, что проявляется в космологических приложениях субатомной физики.

Главной задачей курса является расширение фундаментальной базы физических знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более глубокое и детализированное изучение всех разделов физики в рамках цикла курсов по теоретической физике.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП: Вариативная часть. Б1.В.03

Данная учебная дисциплина включена в раздел Б1.В.03 "Общепрофессиональный", вариативная часть основной образовательной программы 03.03.02 Физика. Осваивается на 4 курсе, 1 семестр.

Курс «Векторный и тензорный анализ» позволяет студентам овладеть фундаментальными понятиями и методами современной математики, без знания которых невозможна дальнейшая профессиональная подготовка. При освоении данного курса у студентов формируются навыки грамотной постановки научных задач, решения задач с применением математического аппарата, систематизации полученных знаний. Она необходима для освоения таких дисциплин модуля, как «Математический анализ»,

При освоении данной дисциплины обучающийся сможет продемонстрировать (частично) следующие **обобщенные трудовые функции (ОТФ)** и **трудовые функции (ТФ)**:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенная трудовая функция (ОТФ)			Трудовая функция (ТФ)	
	Код	Наименование ОТФ	Уровень квалификации	Наименование ТФ	Код
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования (воспитатель, учитель). Наименование вида профессиональной деятельности: Дошкольное образование. Начальное общее образование. Основное общее образование. Среднее общее образование	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса в образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	A/01.6
				Воспитательная деятельность	A/02.6
				Развивающая деятельность	A/03.6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего, общего образования	В/03.6
40.011 Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам».	А	Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы	5	Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	A/01.5
				Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок	A/02.5

разработок					
------------	--	--	--	--	--

Требования к студентам.

Для освоения дисциплины необходимо

знать:

- основы математического анализа;
- дифференциальные уравнения;
- векторный и тензорный анализ.

уметь:

- решать системы линейных алгебраических уравнений,
- решать обыкновенные дифференциальные уравнения n -го порядка,
- разлагать функции в ряд Тейлора и тригонометрический ряд Фурье.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями (результатами освоения образовательной программы):

1. Профессиональные компетенции (ПК):

Код и наименование обще профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения обще профессиональной компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и педагогический	
ПК-3. Способен проводить фундаментальные и прикладные исследования, инновационные разработки в области прикладной физики	ПК-3.1. Проводит экспериментальные измерения на установках и стендах; ПК-3.2. Выполняет сопоставление расчетных и экспериментальных данных; создает математические модели физических процессов, протекающих в экспериментальных стендах и установках; ПК-3.3. Проводит оценку погрешностей результатов измерений.
ПК-4. Способен реализовывать фундаментальные и прикладные исследования в области физики Космоса	ПК-4.1. Анализирует отечественный и зарубежный опыт по разработке методов проведения физических исследований с помощью современной приборной базы. ПК-4.2. Демонстрирует знание принципов организации и проведения экспериментальных исследований. ПК-4.3. Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений. ПК-4.4. Оформляет результаты исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических разработок.

Взаимосвязь планируемых результатов обучения по дисциплине с формируемыми компетенциями ОПОП:

В результате усвоения материала курса студент должен иметь понятие о методах исследования в физике элементарных частиц, знать свойства различных классов элементарных частиц, иметь представление о процессах с их участием, понимать физические механизмы, лежащие в основе данных процессов, уметь применять законы сохранения для расчёта характеристик участвующих во взаимодействиях частиц, ориентироваться в физических моделях, используемых для описания элементарных частиц, иметь представление о фундаментальных взаимодействиях и тенденциях развития физики высоких энергий.

Компетенции		Планируемые результаты обучения, соответствующие формируемым компетенциям ОПОП		
Код	Формулировка			
		Знать:	Уметь:	Владеть:
ПК-3	Способен проводить фундаментальные и прикладные исследования, инновационные разработки в области прикладной физики	основные понятия, законы, модели и задачи физики атомного ядра и элементарных частиц; методы исследований в физике атомного ядра и элементарных частиц.	пользоваться основными понятиями, законами и моделями физики атомного ядра и элементарных частиц; решать основные задачи физики атомного ядра и элементарных частиц.	основными законами и методами решения задач физики атомного ядра и элементарных частиц.
ПК-4	Способен реализовывать фундаментальные и прикладные исследования в области физики Космоса	основные принципы и законы ядерной физики, основные физические явления из физики атомного ядра и элементарных частиц, методы наблюдения и экспериментальные исследования; границы применимости физических моделей атомного ядра и элементарных частиц.	измерять и анализировать результаты измерений в физике атомного ядра и элементарных частиц; правильно выражать физические идеи, количественно формулировать и решать физические задачи, оценивать порядки физических величин.	работы с простейшими физическими приборами ядерной электроники и методикой обработки результатов экспериментов по физике атомного ядра и элементарных частиц.

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая при необходимости проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплин (модулей) в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей и профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

№	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литера тура
		л	пр	Содержание	Часы		
1	Введение. Эволюция частицах, образующих первооснову вещества. Классы частиц	2	2	Свойства атомных ядер.	6	Устный опрос, сообщения по вопросам темы, конспект.	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
2	Элементарные частицы – переносчики взаимодействия. Виды фундаментальных взаимодействий	2	4	Масса и энергия связи ядра. Энергия отделения нуклона. Удельная энергия связи.	6	Устный опрос, доклад, конспект,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
3	Элементарные частицы вещества: лептоны и адроны	2	4	Квантовые свойства ядер	6	Устный опрос, доклад, конспект, коллоквиум	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
4	Наблюдение, регистрация и производство элементарных частиц. Методы исследования в физике ядра и частиц	2	4	Энергия деления. Продукты деления. Механизм деления.	6	Устный опрос, конспект, доклад,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
5	Законы сохранения в физике элементарных частиц	2	2	Радиоактивность. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Частицы и взаимодействия.	8	Устный опрос, конспект, доклад, коллоквиум	[1], [2], [3], [4], [5], [6]

6	Реакции и распады элементарных частиц. Энергетика реакций и распадов	2	2	Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.	6	Устный опрос, конспект, доклад,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
7	Структура адронов. Кварки, их свойства	2	4	Ядерные реакции. Модели атомных ядер.	6	Устный опрос, конспект, доклад,	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
8	Изотопическая симметрия и зарядовые мультиплеты	2	2	Эксперименты в физике высоких энергий.	6	Устный опрос, конспект, доклад, презентация	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
9	Современные тенденции в физике элементарных частиц Элементарные частицы в космологии	2	4	Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Современные астрофизические представления.	6	Устный опрос, конспект, доклад, коллоквиум	[1], [2], [3], [4], [5], [6]
	ИТОГО	32	32		36		

Содержание разделов дисциплины:

1 Введение. Эволюция представлений о частицах, образующих первооснову вещества. Классы частиц

Введение. Эволюция представлений о частицах, образующих первооснову вещества. Классы частиц. Поиски неделимых структурных элементов. Современное понятие об элементарных частицах. Состав и свойства атомных ядер. Частицы и античастицы. Первичная классификация элементарных частиц

2 Элементарные частицы – переносчики взаимодействия. Виды фундаментальных взаимодействий

Элементарные частицы – переносчики взаимодействия. Виды фундаментальных взаимодействий. Сильные взаимодействия
Электромагнитные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Гравитационное взаимодействие

3 Элементарные частицы вещества: лептоны и адроны

Элементарные частицы вещества: лептоны и адроны. Лептоны. Поколения частиц. Лептонный заряд. Адроны. Характеристики мезонов и барионов. Барионный заряд. Применение законов сохранения лептонного, барионного, электрического зарядов в реакциях и распадах элементарных частиц

4 Наблюдение, регистрация и производство элементарных частиц. Методы исследования в физике ядра и частиц

Наблюдение, регистрация и производство элементарных частиц. Методы исследования в физике ядра и частиц. Методы экспериментального получения частиц. Вторичные пучки. Характеристики процесса взаимодействия. Методы наблюдения частиц. Приборы для регистрации элементарных частиц. Электронные детекторы. Трековые детекторы. Принципы действия приборов. Ускорители частиц высоких энергий. Классификация ускорителей. Производство новых частиц. Резонансы

5 Законы сохранения в физике элементарных частиц

Законы сохранения в физике элементарных частиц. Классификация законов сохранения. Общие и частные законы сохранения. Аддитивные и мультипликативные законы сохранения. Истинно нейтральные частицы. Несохранение чётности в слабом взаимодействии. Спиральность. Несохранение комбинированной четности. CPT- теорема. Анализ реакций и распадов элементарных частиц на основании законов сохранения

6 Реакции и распады элементарных частиц. Энергетика реакций и распадов

Реакции и распады элементарных частиц. Энергетика реакций и распадов. Энергетика распадов. Характеристики частиц – продуктов распада. Энергетика реакций. Определение энергии и импульса частиц – продуктов реакции Пороговая энергия. Нерелятивистское приближение. Использование законов сохранения в реакциях и распадах элементарных частиц: решение задач

7 Структура адронов. Кварки, их свойства

Структура адронов. Кварки, их свойства. Конфайнмент. Асимптотическая свобода. Кварки и слабое взаимодействие. Изменение типа кварков. Анализ реакций и распадов элементарных частиц с использованием кварковой модели

8 Изотопическая симметрия и зарядовые мультиплеты

Изотопическая симметрия и зарядовые мультиплеты. Правило ННГ. Супермультиплеты: барионный октет, мезонный нонет. Возбужденные состояния барионов: декуплет барионов. Супермультиплеты с точки зрения кварковой структуры адронов. Классификация элементарных частиц в соответствии со стандартной моделью

9 Современные тенденции в физике элементарных частиц

Современные тенденции в физике элементарных частиц. Тенденции объединения фундаментальных взаимодействий. Электрослабое взаимодействие. Теории Великого объединения и их следствия: распад протона, массивность нейтрино. Квантовые аспекты гравитации. Тенденции объединения всех фундаментальных взаимодействий. Понятие о суперсимметрии. Понятие о суперструнах

Элементарные частицы в космологии Элементарные частицы в космологии. Эволюция Вселенной и элементарные частицы. Материя и энергия во Вселенной

Примечания:

- Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.
- В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте, а также с использованием Webex, платформы дистанционного обучения Moodle, личный кабинет студента на сайте СОГУ, других элементов ЭИОС СОГУ.

6. Образовательные технологии

Традиционные лекции и практические (семинарские) занятия в форме с использованием современных интерактивных технологий.

Лекция-диалог – содержание подается через серию вопросов, на которые студент должен отвечать непосредственно в ходе лекции.

Онлайн-семинар – разновидность веб-конференции, проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме реального времени. Каждый из участников находится у своего компьютера (средства связи), а связь между ними поддерживается через Интернет посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника (Zoom, Meet, Skype и др.)

Видеоконференция – сеанс видеоконференцсвязи (ВКС) – это технология интерактивного взаимодействия двух и более участников образовательного процесса для обмена информацией в реальном режиме времени.

Видео-лекция – снятая на камеру сокращенная лекция, дополненная фотографиями и схемами, иллюстрирующая подаваемый в лекции материал.

Технология электронного обучения (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

К видам самостоятельной работы при изучении данной дисциплины относятся: написание докладов, рефератов, эссе, подготовка презентаций, самостоятельное изучение литературы по теме и составление по ней конспектов, работа со справочными материалами (терминологическими и иными словарями, энциклопедиями) и т.д.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Методические рекомендации по дисциплине прилагаются.

Методические рекомендации по написанию рефератов (докладов)

Реферат (доклад)— письменная работа, содержащая краткое изложение актуальной научной проблемы и ее современной трактовки на основе последних научных изысканий по этой теме. Он является действенной формой самостоятельного исследования актуальных исторических проблем на основе изучения соответствующих разделов учебных пособий, специальной монографической литературы, а также научных статей, отражающих последний исследовательский опыт в области изучаемого вопроса. Реферат помогает выработать навыки и приемы самостоятельного научного поиска, грамотного и логического изложения материала, способствует приобщению студентов к научно-исследовательской деятельности.

Последовательность работы:

1. Выбор темы исследования. Тема реферата выбирается студентом на основе его научного интереса. Также помощь в выборе темы может оказать преподаватель.

2. Планирование исследования. Включает составление плана реферата и календарного плана научного исследования. Календарный план исследования включает следующие элементы: выбор и формулирование проблемы, разработка плана исследования и предварительного плана реферата; сбор и изучение исходного материала, поиск литературы; анализ собранного материала, теоретическая разработка проблемы; сообщение о предварительных результатах исследования; окончательный вариант работы; обсуждение реферата (на семинаре и т. п.).

План реферата характеризует его содержание и структуру. Он должен включать в себя: введение, где обосновывается актуальность проблемы, ставятся цель и задачи исследования; основная часть, в которой раскрывается содержание проблемы; заключение, где обобщаются выводы по теме и даются практические рекомендации.

3. Поиск и изучение литературы. Для выявления необходимой литературы следует обратиться в библиотеку или к преподавателю. Подбранную литературу следует зафиксировать согласно ГОСТ по библиографическому описанию произведений печати.

Для разработки реферата достаточно изучения 4-5 важнейших статей по избранной проблеме. При изучении литературы необходимо выбирать материал, не только подтверждающий позицию автора реферата, но и материал для полемики.

4. Обработка материала. При обработке полученного материала автор должен: систематизировать его по разделам; выдвинуть и обосновать свои гипотезы; определить свою позицию, точку зрения по рассматриваемой проблеме; уточнить объем и содержание понятий, которыми приходится оперировать при разработке темы; сформулировать определения и основные выводы, характеризующие результаты исследования; окончательно уточнить структуру реферата.

5. Оформление реферата. При оформлении реферата рекомендуется придерживаться следующих правил: Следует писать лишь то, чем автор хочет выразить сущность проблемы, ее логику; Писать строго последовательно, логично, доказательно (по схеме: тезис – обоснование – вывод); Писать ярко, образно, живо, не только вскрывая истину, но и отражая свою позицию, пропагандируя полученные результаты; Писать осмысленно, соблюдая правила грамматики, не злоупотребляя наукообразными выражениями.

Реферат выполняется в соответствии с требованиями стандартов, разработанных для данного вида документов. Работа должна быть выполнена на белой бумаге стандартного листа А4. Текст должен быть отпечатан на компьютере в текстовом редакторе Microsoft Word и отвечать следующим требованиям: параметры полей страниц должны быть в пределах: верхнее и нижнее – по 20 мм, правое – 10 мм, левое – 30 мм, шрифт – Times New Roman, размер шрифта – 14, межстрочный интервал – полуторный. Лента принтера – только чёрного цвета. Нумерация страниц в реферате должна быть сквозной, начиная со второй страницы.

При изложении материала необходимо придерживаться принятого плана.

Библиографический список составляется на основе источников, которые были просмотрены и изучены студентом при написании реферата. Данный список отражает самостоятельную творческую работу студента, что позволяет судить о степени его подготовки и углублении в выбранную тематику. Вся использованная литература размещается в следующем порядке: законодательные акты, постановления, нормативные

документы; вся учебная литература в алфавитном порядке, затем средства периодической печати в алфавитном порядке; источники из сети Интернет.

8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Рабочая программа предусматривает проведение лекционных и практических занятий, а также следующие виды работ: самостоятельную работу студентов по подготовке устных сообщений, написанию докладов и эссе, подготовку презентаций и обсуждений по темам дисциплины - работу в активной и интерактивной формах.

Рабочая программа предполагает текущий и промежуточный контроль знаний.

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра или учебного года. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают опросы на семинарских и практических занятиях, а также короткие (до 15 мин.) задания, выполняемые студентами в начале лекции с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или в конце лекции для выяснения степени усвоения изложенного материала.

Рубежный контроль осуществляется по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится два таких контрольных мероприятия по графику.

Методика формирования результирующей оценки

Минимальное количество баллов, которое студент может набрать в ходе изучения курса для получения экзамена, – 50; максимальное – 100. Баллы складываются из следующих показателей: за регулярные выступления и работу на лабораторных и практических занятиях, решение задач и выполнение самостоятельной работы – до 20 баллов за каждый рубеж; за тестирование – до 15 баллов на каждой рубежной контрольной, до 30 баллов на устном ответе.

Контрольные задания (демоверсии) для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

1) Типовые задания для практических (семинарских) занятий

- 1.Классы приборов используемых для регистрации частиц
- 2.Классификация экспериментальных методов наблюдения частиц
- 3.Что такое «элементарные частицы»?
- 4.Что такое «истинно элементарная частица»?
- 5.На какие классы разбивают все элементарные частицы?
- 6.Понятие античастицы
- 7.Определение лептонов
- 8.Определение адронов
- 9.Каковы различия между протоном и нейтроном?
- 10.Структура барионов и мезонов

11. Понятие кварков
12. Основные физические величины, сохраняющиеся в реакциях и распадах
13. Какие законы сохранения не выполняются в слабых взаимодействиях?
14. Перечислить виды фундаментальных взаимодействий
15. Характерный радиус действия для всех видов фундаментальных взаимодействий
16. Какая симметрия связана с квантовым числом «изоспин»?

Вопросы для самостоятельной работы

1. Выразить массу протона 938,28 МэВ в граммах. $1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
2. Выразить 1 а.е.м. $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ г}$ в энергетических единицах. $1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
3. Возможен ли распад $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \pi^0$?. Если да, то за счет каких сил он происходит?
4. Обосновать возможность или невозможность распада $\Omega^- \rightarrow \Xi^- + K^0$
5. За счет какого взаимодействия происходят (если это действительно имеет место) распады $\Delta^+ \rightarrow p + \gamma$, $\Delta^+ \rightarrow p + \pi^0$?
6. Выбрать реакцию, которая действительно происходит и обосновать ответ: $p + p \rightarrow p + \Sigma^+ + K^0$, $p + p \rightarrow p + \Sigma^+ + \pi^0$
7. За счет какого взаимодействия происходит распад $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$? Какие законы сохранения выполняются?
8. Происходит ли на самом деле реакция $\nu_e + e^- \rightarrow p + e^-$? Если да, то какие законы сохранения выполняются?
9. Выбрать реакцию, которая действительно происходит и обосновать выбор с точки зрения кваркового строения частиц: $p + p \rightarrow p + p + \pi^+$, $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$
10. Выбрать разрешенную реакцию и обосновать выбор, используя законы сохранения: $p + n \rightarrow \pi^+ + \pi^0$, $0 p + p \rightarrow p + n + K + K$

Оценка	Критерий оценки устного и письменного ответа на практическом занятии
5	Содержание ответа соответствует освещаемому вопросу, полностью раскрыта в ответе тема, ответ структурирован, даны правильные аргументированные ответы на уточняющие вопросы, демонстрируется высокий уровень участия в дискуссии.
4	Содержание ответа соответствует освещаемому вопросу, полностью раскрыта в ответе тема, даны правильные, аргументированные ответы на уточняющие вопросы, но имеются неточности, при этом ответ неструктурирован и демонстрируется средний уровень участия в дискуссии.
3	Содержание ответа соответствует освещаемому вопросу, но при полном раскрытии темы имеются неточности, даны правильные, но не аргументированные ответы на уточняющие вопросы, демонстрируется низкий уровень участия в дискуссии, ответ неструктурирован, информация трудна для восприятия.
2	Содержание ответа соответствует освещаемому вопросу, но при полном раскрытии темы имеются неточности, демонстрируется слабое владение категориальным аппаратом, даны правильные, но не аргументированные ответы на уточняющие вопросы, участие в дискуссии отсутствует, ответ неструктурирован, информация трудна для восприятия.

2) Тематика рефератов не предусмотрено (для формирования компетенций ПК-3; ПК-4)

3) Вопросы к рубежным контрольным работам (ПК-3; ПК-4):
Вопросы к 1-2 рубежной работе

Перечень заданий /вопросов

1. Размер ядра. Опыты Резерфорда. Результаты рассеяния α -частиц на $^{208}_{82}\text{Pb}$. Опыты Хофштадтера.
2. Упругое рассеяние электронов на ядрах. Двухпараметрическое распределение Ферми.
3. Ядерный парк. Стабильные, долгоживущие и радиоактивные ядра. NZ -диаграмма.
4. Энергия связи атомных ядер. Энергия отделения нуклона и сложной частицы от ядра. Массы ядер и методы их определения. Атомная единица массы.
5. Удельная энергия связи. Синтез и деление ядер как источники энергии. Сравнение ядерной энергии с кулоновской и гравитационной.
6. Свойства ядерных сил и нуклонов в ядре. Модель жидкой капли.
7. Формула Вайцекера. Объёмная, поверхностная и кулоновская энергии ядра. Принцип Паули и энергия симметрии ядра. Энергия спаривания.
8. Основное и возбуждённые состояния ядра. Диаграмма ядерных уровней. Сохраняющиеся величины и квантовые числа.
9. Определение спина ядер. Спин чётных и нечётных ядер по A . Взаимная компенсация моментов нуклонов в основном состоянии.
10. История и виды радиоактивности. Основной закон радиоактивного распада. Энергетические соотношения. Дорожка стабильности на NZ -диаграмме. Ядерное время.
11. Ядерные силы. Притяжение и короткодействие. Мощность и насыщение. Зависимость от спина и нецентральность. Зарядовая независимость и обменный характер. Спин-орбитальная добавка.
12. Оболочечная модель ядра. Схожесть и различие с оболочечной моделью атома. Магические числа. Свойства ядер с магическими числами.
13. Элементарные частицы. Определение и парк элементарных частиц. Время жизни, структура и классификация.
14. Систематика частиц. Фундаментальные фермионы. Кварки и лептоны. Фундаментальные бозоны. Глюоны, фотоны, W и Z бозоны. Адроны. Барионы и мезоны.

Перечень заданий /вопросов

1. При лобовом столкновении двух атомных ядер с зарядами Z_1e и Z_2e и кинетическими энергиями $T_1 \neq 0$ и $T_2 = 0$ расстояние наибольшего сближения $r_{\min}$ можно определить из равенства $T_1 = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r_{\min}}$. Объяснить почему. Далее, положить $Z_1 = 2$, $Z_2 = 79$, $T_1 = 5 \text{ МэВ}$ и рассчитать $r_{\min}$.
2. Какую энергию должны иметь α -частицы в опытах Резерфорда, чтобы при лобовом столкновении они захватывались ядрами $^{197}_{79}\text{Au}$ (и происходили реакции $^4_2\text{He} + ^{197}_{79}\text{Au} \rightarrow ^{201}_{81}\text{Tl}$). Справка: $R = r_0 A^{1/3}$, $r_0 \approx 1,20 \text{ Фм}$, $1 \text{ Фм} = 10^{-13} \text{ см}$.
3. Оценить плотность нуклонов в атомных ядрах, а также плотность массы и

плотность электрического заряда. Справка: $m_n \approx m_p \approx 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ з}$, $e \approx 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

4. Известны формула де Бройля $\lambda = \frac{h}{p}$ и формулы Эйнштейна $E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$ и $T = E - mc^2$. Дать комментарий. Далее, выразить λ через T . Далее, рассчитать λ для электрона и протона, если $T = 100 \text{ ГэВ}$. Справка: $m_e \approx 9,11 \cdot 10^{-27} \text{ з}$, $h \approx 6,23 \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{с}$.
5. В опытах Хофштадтера электроны с кинетическими энергиями $T = 250 \text{ МэВ}$ рассеивались на ядрах $^{40}_{20}\text{Ca}$. Были обнаружены три дифракционных минимума при углах рассеяния $\theta_{\min} \approx 18^\circ, 31^\circ, 48^\circ$. Исходя из этого, оценить размер R ядра кальция. Справка: $\sin \theta_{\min} \approx n \frac{0,61}{R} \lambda$, $n = 1, 2, 3, \dots$.
6. Для энергии связи ядер справедлива формула $W(A, Z) = (Zm_p c^2 + (A - Z)m_n c^2) - M(A, Z)c^2$. Дать комментарий. Но в справочниках часто указывают не массу атомных ядер, а массу атома $A(A, Z)$ и избыток (дефект) массы $\Delta(A, Z) \equiv (A(A, Z) - A)$. В связи этим доказать формулу $W(A, Z) = (ZA(1,1)c^2 + (A - Z)m_n c^2) - A(A, Z)c^2 \equiv (Z\Delta(1,1)c^2 + (A - Z)\Delta_n c^2) - \Delta(A, Z)c^2$. Энергию связи электронов в атоме не учитывать.
7. Из сравнения энергии связи зеркальных ядер $^{11}_5\text{B}$ и $^{11}_6\text{C}$ оценить величину r_0 в формуле $R = r_0 A^{1/3}$. Справка: $W(11, 5) \approx 76,2 \text{ МэВ}$, $W(11, 6) \approx 73,4 \text{ МэВ}$, $E_C \approx \frac{3Z(Z-1)e^2}{5R}$.
8. Орбитальное квантовое число нуклона $l = 3$. Найти его чётность P , полный момент J и его проекции J_z . Справка: внутренняя чётность нуклона $\pi = +1$, а спин $s = \frac{1}{2}$ (в единицах $\hbar$).
9. Найти чётность P , спин J и его проекции J_z ядер ^4_2He и ^6_3Li . Орбитальные моменты нуклонов известны: у первого по четвёртый нуклонов $l = 0$, у остальных – $l = 1$.
10. Изотопический спин нуклонов $T = \frac{1}{2}$, причём у протона его проекция $T_3 = \frac{1}{2}$, а у нейтрона – $T_3 = -\frac{1}{2}$. Дать комментарий. Далее, вычислить T_3 и (в основном состоянии) T у ядер ^4_2He , ^6_3Li , ^7_3Li и $^{48}_{20}\text{Ca}$.

Инструкция студенту: Внимательно прочитайте вопрос и выберите правильный вариант ответа. Правильный ответ может быть только один.

Методика формирования результирующей оценки¹

В ходе текущего контроля студенты могут набрать 0-100 баллов:

1-я рубежная аттестация – максимально 50 баллов; из них:

От 0 до 25 баллов (рубежная аттестация) – тестирование в центре тестирования СОГУ или контрольная работа;

От 0 до 25 баллов (текущая оценка) – активная работа за данный период на семинарских (практических) занятиях

2-я рубежная аттестация – максимально 50 баллов; из них:

От 0 до 25 баллов (рубежная аттестация) – тестирование в центре тестирования СОГУ;

От 0 до 25 баллов (текущая оценка) – активная работа за данный период на семинарских (практических) занятиях

Промежуточный контроль:

Для экзамена:

За устный ответ на экзамене студент получает 0-50 баллов.

Студенты, получившие в ходе текущего и рубежного контроля 56-100 баллов, автоматически получают «Экзамен».

Результирующая оценка складывается по соответствующей БРС формуле.

Шкала итоговой академической успеваемости студентов по дисциплине

Система оценок СОГУ		
Форма контроля	Сумма баллов	Название
Экзамен	86 - 100	отлично
	71-85	хорошо
	56-70	удовлетворительно

Вопросы для подготовки к экзамену (ПК-3; ПК-4):

1. Наблюдение и регистрация элементарных частиц. Классификация методов. Приборы
2. Экспериментальное исследование частиц. Резонансы
3. Производство частиц в экспериментах. Ускорители. Классификация
4. Античастицы. Определение. Свойства. Примеры. Антивещество. Определение истинно нейтральной частицы
5. Классификация элементарных частиц. Лептоны (подробно)
6. Адроны: определение, свойства, кварковое строение. Свойства кварков
7. Изотопическая симметрия. Правило ННГ. Супермультиплеты
8. Изотопический спин и изомультиплеты. Барионный октет. Мезонный нонет. Возбужденные состояния барионов (сравнить октет и декуплет)
9. Какому факту физически соответствует изотопическая инвариантность? С чем связана высокая степень симметричности изотопических мультиплетов?
10. Фундаментальные взаимодействия. Описать каждый вид взаимодействия, сравнить по интенсивности. Класс частиц – переносчиков взаимодействия
11. Классификация элементарных частиц в Стандартной модели. Теории объединения взаимодействий
12. Электромагнитное взаимодействие. Понятие электрослабого взаимодействия
13. Особенности слабого взаимодействия. Переносчики взаимодействия

¹ В соответствии с Положением о БРС оценивания обучающихся очной формы по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата и специалитета в ФГБОУ ВО СОГУ (от 05.03.2018 г., пр.№ 47)

14. Сильное взаимодействие. Теории Великого объединения
15. Характерные времена фундаментальных взаимодействий. В качестве примера определить, какие виды взаимодействия ответственны за распады: 1) $\Delta^* \rightarrow p + \pi$ (время жизни бариона Δ^* : $\tau_{\Delta^*} = 6 \cdot 10^{-24}$ с); 2) $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$; 3) $\eta \rightarrow \gamma + \gamma$ (K^+ , π и η – мезоны). Обосновать. Выполнение каких законов сохранения необходимо проверить при записи этих распадов (конкретно для каждого случая)?
16. Сформулировать закон сохранения странности. В каких взаимодействиях он справедлив, с каким физическим объектом связан? На основе этого закона записать недостающую частицу в распаде Ω^- – бариона $\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + x$, если барион Ξ^0 имеет массу 1315 МэВ, странность $S = -2$ и нулевой электрический заряд. Масса Ω^- – бариона равна 1672 МэВ, странность $S = -3$, электрический заряд $Q = -1$
17. Законы сохранения лептонного и барионного зарядов, странности. В качестве примера определить, исходя из законов сохранения количества лептонов различного типа L_e, L_μ, L_τ , какой из распадов мюона будет иметь место: $\mu^- \rightarrow e^- + \gamma$ или $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$
18. Классификация законов сохранения в физике элементарных частиц. Аддитивные законы сохранения. Симметрии, лежащие в их основе
19. Мультипликативные законы сохранения. Симметрии, лежащие в их основе. Общие и частные законы сохранения в физике элементарных частиц. Несохранение четности в слабых взаимодействиях
20. Энергетика реакций частиц. Энергетика распадов частиц

Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Этап	Форма контроля	Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86-100 %	71-85%	60-70%	Менее 60%
1. Текущий контроль (max. 20 баллов за 1 модуль)					
		4 балла	3 балла	2 балла	1 баллов
	Посещение занятий (max 4 б.)	Студент посетил более 85% занятий	Студент посетил 71-85% занятий	Студент посетил 56-70% занятий	Студент посетил менее 55% занятий
		11-13 баллов	8-10 баллов	6-7 баллов	0-5 баллов
	Текущая работа в течение модуля (max 13 б.)	Студент активно работает на занятиях, отлично выполняет все задания преподавателя.	Студент активно работает на занятиях, хорошо выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, удовлетворительно выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, неудовлетворительно выполняет задания преподавателя.
		3 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
	Доклад, презентация (max 3 б.) / опорный конспект (max 3 б.)	Тема полностью раскрыта. Основательное владение материалом. Высокий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Академический стиль изложения.	Тема в основном раскрыта. Хорошее владение материалом. Средний уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Хороший стиль изложения.	Тема частично раскрыта. Удовлетворительное владение материалом. Низкий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Удовлетворительный стиль изложения.	Тема не раскрыта. Неудовлетворительное владение материалом. Недостаточный уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Неудовлетворительный стиль изложения.
2. Рубежный контроль (15 б. за 1 модуль)					

		14–15 баллов	11–13 балл	08-10 баллов	0–7 баллов
	Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продemonстрирован высокий уровень владения материалом. Студент способен на практике применять знания и умения в ходе выполнения конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продemonстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продemonстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продemonстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.
3. Итоговый контроль по дисциплине					
		26–30 баллов	20–25 балла	15–19 баллов	0–14 баллов
	Экзамен/зачет	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	Дан полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	Дан недостаточно полный ответ. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ и допущены грубые ошибки. Речь неграмотная. Уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Е. Н. Кириллова. Физика ядра и элементарных частиц. Курс лекций. Томск: ТГПУ, 2006
2. И. М. Капитонов. Введение в физику ядра и частиц. М.: Едиториал УРСС, 2002
3. Е. Н. Кириллова. Элементарные частицы. Задачи: учебно-методическое пособие. Часть I. Томск: ТГПУ, 2008

Дополнительная литература:

1. Д. В. Сивухин. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. В 2-х ч. Ч. 2 Ядерная физика. М., 2002
2. И. В. Савельев. Курс общей физики. В 5 кн. Кн. 5 Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.: Астрель, АСТ, 2002

3. Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. Ядерная физика. М.: Наука, 1980
4. Сборник задач по общему курсу физики: Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / Под ред. Д. В. Сивухина. М., 1981
- 5 Л.Б. Окунь. Физика элементарных частиц. М.: Едиториал УРСС, 2005
- 6 А. И. Наумов. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М., 1984
- 7 Д. Орир. Физика. В 2-х т. Т.2. М.: Мир, 1981
- 8 К. Готфрид, В. Вайскопф. Концепции физики элементарных частиц. М.: Мир, 1988
- 9 И. Л. Бухбиндер, Фундаментальные взаимодействия, Энциклопедия «Современное естествознание», том 4, Физика элементарных частиц. М: Астрофизика, Издательский дом Магистр-Пресс, 2000, стр. 7- 12
- 10 Физика микромира. Маленькая энциклопедия. Под ред. Д. В. Ширкова. М.: Советская энциклопедия, 1980
- 11 Физический энциклопедический словарь. Под ред. А. М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1983
- 12 Jonathan Allday. Quarks, Leptons and the Big Bang. UK, London: Institute of Physics Publishing, 2002

современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы, электронные образовательные ресурсы

Обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам (требуется регистрация в библиотеке СОГУ):

1. Электронная библиотека диссертации и авторефератов РГБ (ЭБД РГБ) (<https://dvs.rsl.ru>).
2. ЭБС «Университетская библиотека online» (<https://biblioclub.ru>).
3. ЭБС «Научная электронная библиотека eLibrary.ru» (<http://elibrary.ru>).
4. Универсальная баз данных East View (<https://dlib.eastview.com>). Логин: Khetagurov; Пароль: Khetagurov
5. ЭБС «Консультант студента». <http://www.studentlibrary.ru>
6. ЭБС «Юрайт» - образовательная среда, включающая виртуальный читальный зал учебников и учебных пособий от авторов из ведущих вузов России по всем направлениям и специальностям (www.biblio-online.ru)
7. Информационно-правовой портал «Гарант» (<http://www.garant.ru/>).
8. Справочная правовая система Консультант Плюс (<http://www.consultant.ru/>).

Материально-техническое оснащение дисциплины:

Проведение дисциплины обеспечено всем необходимым: лабораторным оборудованием, приборами, материалами, оперативным доступом к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

Университет обеспечивает возможность свободного использования компьютерных технологий. Все компьютерные классы университета объединены в локальную сеть, со всех учебных компьютеров имеется выход в Интернет.

Обеспечивается доступ к информационным ресурсам, к базам данных, в читальных залах к справочной и научной литературе, к периодическим изданиям в соответствии с направлением подготовки. Компьютеры оснащены необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

преподавательский стол; стул; столы обучающихся; стулья; кафедра; классная доска, Флип-чарт, Компьютер, Интерактивная доска

Сетевое подключение

Антивирус Касперского (Сетевые лицензии); media player (Бесплатное ПО); Acrobat Reader DC (Свободное ПО); Flash Player (Свободное ПО); Chrome (Бесплатное ПО); K-Lite Codec Pack (Бесплатное ПО);

Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся: преподавательский стол; стул; столы обучающихся; стулья; кафедра; классная доска

Лаборатории: компьютерные классы: преподавательский стол, преподавательский стул, столы обучающихся, стулья, классная доска, мультимедийный комплекс (проектор, экран), колонки, ПК преподавателя, ПК обучающихся, программное обеспечение: Adobe flash player 31; Adobe reader 10; Java 6.0; K-Lite Codec Pack; Win rar; Microsoft Office 10; Microsoft Visio 10; Microsoft

Visual studio; Kaspersky Endpoint Security

Библиотека, в том числе читальный зал: столы, стулья, ПК обучающихся, программное обеспечение: Adobe flash player 31; Adobe reader 10; Java 6.0; K-Lite Codec Pack; Win rar; Microsoft Office

Библиотека, в том числе читальный зал: столы, стулья, ПК обучающихся, программное обеспечение: Adobe flash player 31; Adobe reader 10; Java 6.0; K-Lite Codec Pack; Win rar; Microsoft Office

Состав лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

№ п/п	Наименование	№ договора (лицензия)
1.	Windows 7 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г.
2.	Office Standard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г.
3.	Антивирусное программное обеспечение KasperksyTotalSecurity	№17Е0-180222-130819-587-185 от 26.02. 2018 до 14.03.2019 г, продлена до 2021 г.
4.	Программа для ЭВМ «Банк вопросов для контроля знаний»	Разработка СОГУ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015611829 от 06.02.2015 г. (бессрочно)
5.	CiscoWebex- Система проведения вебинаров.	ООО Айстекдоговор № Д83-2020 от 10.08.2020-10.08.2021 г.

