

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталия Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.10.2024 14:21:41
Уникальный программный ключ:
6b5279da4e034bffa679172803da5b7b559fc69e2

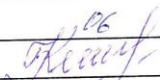
МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет
Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано

деканом факультета

« 29 » 06 2023 г.


/Кулешова Ю.Д./

Рабочая программа дисциплины

Введение в физику фундаментальных взаимодействий

Направление подготовки

03.03.02 Физика

Профиль:

Теоретическая и математическая физика

Квалификация

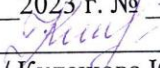
Бакалавр

Форма обучения

Очная

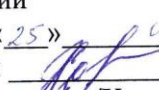
Согласовано учебно-методической комиссией
физико-математического факультета

Протокол « 29 » 06 2023 г. № 10

Председатель УМКом 
/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой
фундаментальной физики и
нанотехнологии

Протокол от « 25 » 05 2023 г. № 13

Зав. кафедрой 
/Холина С.А./

Мытищи
2023

Авторы-составитель:

Камалов Т.Ф., кандидат физико-математических наук, доцент

Кузнецов М.М., доктор физико-математических наук, доцент

Рабочая программа дисциплины «Введение в физику фундаментальных взаимодействий» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ России от 07.08.2020г. № 891.

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является элективной дисциплиной.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2023

СОДЕРЖАНИЕ

1. Планируемые результаты обучения	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Объем и содержание дисциплины.....	4
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.....	8
5. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	10
6. Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины	21
7. Методические указания по освоению дисциплины.....	Ошибка! Закладка не определена.
8. Информационные технологии для осуществления образовательного процесса по дисциплине	Ошибка! Закладка не определена.
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	Ошибка! Закладка не определена.

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Введение в физику фундаментальных взаимодействий» является освоение студентами современного состояния физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий.

Задачи дисциплины:

1. Приобретение основы для понимания сущности фундаментальных физических явлений.
2. Знакомство с методами, разработанными в области физики фундаментальных взаимодействий – математическими моделями взаимодействий, методами теории симметрии.
3. Освоение основных приёмов решения практических задач по темам дисциплины.
4. Приобретение опыта работы с физической и связанной с физикой научной и учебной литературой.
5. Способствование процессу профессионального самоопределения и укрепления профессиональной идентификации.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является элективной дисциплиной.

Для освоения дисциплины «Введение в физику фундаментальных взаимодействий» студенты используют знания, умения, навыки, полученные и сформированные в ходе изучения дисциплин «Механика», «Атомная физика», «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Электродинамика», «Квантовая теория».

Изучение дисциплины «Введение в физику фундаментальных взаимодействий» является непосредственным продолжением указанных дисциплин. Разделы данной дисциплины содержат материалы, которые оказываются достаточно востребованными при изучении таких дисциплин, как «Астрофизика», «Релятивистская астрофизика и физическая космология», «Физика элементарных частиц и структура Вселенной». Кроме того, полученные в результате освоения дисциплины «Введение в физику фундаментальных взаимодействий» знания и методы можно использовать в дальнейшем в педагогической деятельности.

3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем дисциплины

Показатель объема дисциплины	Кол-во часов очная
Объем дисциплины в зачетных единицах	5
Объем дисциплины в часах	180
Контактная работа:	120,5
Лекции	60
Практические занятия	60
из них в форме практической подготовки	60
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,5
Зачет	0,2
Курсовая работа	0,3
Самостоятельная работа	34
Контроль	25,5

Форма промежуточной аттестации: зачёт и защита курсовой работы в 7 семестре.

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) дисциплины	Кол-во часов		
	Лекции	Практические занятия	
		Общее кол-во	из них, в форме практической подготовки
Тема 1. Фундаментальные частицы. Фундаментальные взаимодействия. Частицы и взаимодействия. Основные типы фундаментальных частиц. Античастицы. Истинно нейтральные частицы. Фундаментальные взаимодействия. Характеристики взаимодействий и их переносчики.	4	2	2
Тема 2. Спин частиц, чётность, зарядовое сопряжение. Момент импульса и спин частиц. Бозоны и фермионы. Чётность и внутренняя чётность. Чётность античастиц. Зарядовое сопряжение	4	2	2
Тема 3. Комбинированная инверсия, обращение времени. Законы сохранения. Комбинированная инверсия, обращение времени. СРТ-инвариантность. Законы сохранения в энергии, импульса, момента импульса, зарядов и др. характеристик в фундаментальных взаимодействиях.	4	6	6
Тема 4. Кварки, их цвет. Антикварки. Адроны. Кварки и их характеристики. Цвет кварков. Антикварки. Адроны: мезоны и барионы. Кварковая структура мезонов и барионов. Античастицы мезонов и барионов.	4	6	6
Тема 5. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы. Изотопический спин и гиперзаряд адронов. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы. Нонеты основных мезонов, октет и декуплет основных барионов.	4	8	8
Тема 6. История открытия кварков. Предсказание кварков и цвета кварков. Экспериментальное под-	6	2	2

тверждение кваркового состава адронов и цвета кварков.			
Тема 7. Лептоны, нейтрино. Лептоны и их характеристики. Типы нейтрино. Нейтринные осцилляции.	4	4	4
Тема 8. Диаграммы Фейнмана. Состав диаграмм Фейнмана. Частицы и античастицы на диаграммах Фейнмана. Виртуальные частицы.	4	10	10
Тема 9. Квантовая хромодинамика. Кварки и глюоны, их цвет. Невылет (конфайнмент) кварков. Глубоко-конечноеупругое рассеяние адронов. Партоны и скейлинг. Асимптотическая свобода.	4	2	2
Тема 10. Электрослабые взаимодействия. Спонтанное нарушение симметрии. Бозон Хиггса. Промежуточные векторные бозоны. Стандартная Модель.	4	2	2
Тема 11. Переходы лептонов и кварков при фундаментальных взаимодействиях. Изменения квантовых чисел лептонов и кварков при фундаментальных взаимодействиях. Заряженные и нейтральные токи. Переходы кварков и лептонов при слабых взаимодействиях. Распады странных мезонов.	4	6	6
Тема 12. Методы нахождения характеристик элементарных частиц. Ускорители. Методы изучения элементарных частиц. Методы нахождения скорости, импульса, энергии и массы элементарных частиц. Методы нахождения времени жизни частиц. Резонансы. Адронные и электронные ускорители. Ускорители на встречных пучках (коллайдеры).	6	6	6
Тема 13. Космические лучи. Первичные и вторичные лучи. Мягкая и жёсткая компоненты лучей.	4	2	2
Тема 14. Модели объединения фундаментальных взаимодействий. Нерешённые вопросы Стандартной Модели. Поиск отклонений от Стандартной Модели. Великое Объединение и Суперобъединение.	4	2	2
Итого	60	60	60

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Тема	Задание на практическую подготовку	Количество часов
Тема 1. Фундаментальные частицы. Фундаментальные взаимодействия. Частицы и взаимодействия. Основные типы фундаментальных частиц. Античастицы. Истинно нейтральные частицы. Фундаментальные взаимодействия. Характеристики взаимодействий и их переносчики.	Решение задач	2
Тема 2. Спин частиц, чётность, зарядовое сопряжение. Момент импульса и спин частиц. Бозоны и фермионы. Чётность и внутренняя чётность. Чётность античастиц. Зарядовое сопряжение	Решение задач	2
Тема 3. Комбинированная инверсия, обращение времени. Законы сохранения.	Решение задач	6

Комбинированная инверсия, обращение времени. СРТ-инвариантность. Законы сохранения в энергии, импульса, момента импульса, зарядов и др. характеристик в фундаментальных взаимодействиях.		
Тема 4. Кварки, их цвет. Антикварки. Адроны. Кварки и их характеристики. Цвет кварков. Антикварки. Адроны: мезоны и барионы. Кварковая структура мезонов и барионов. Античастицы мезонов и барионов.	Решение задач	6
Тема 5. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы. Изотопический спин и гиперзаряд адронов. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы. Нонеты основных мезонов, октет и декуплет основных барионов.	Решение задач	8
Тема 6. История открытия кварков. Предсказание кварков и цвета кварков. Экспериментальное подтверждение кваркового состава адронов и цвета кварков.	Решение задач	2
Тема 7. Лептоны, нейтрино. Лептоны и их характеристики. Типы нейтрино. Нейтринные осцилляции.	Решение задач	4
Тема 8. Диаграммы Фейнмана. Состав диаграмм Фейнмана. Частицы и античастицы на диаграммах Фейнмана. Виртуальные частицы.	Решение задач	10
Тема 9. Квантовая хромодинамика. Кварки и глюоны, их цвет. Невылет (конфайнмент) кварков. Глубоконеупругое рассеяние адронов. Партоны и скейлинг. Асимптотическая свобода.	Решение задач	2
Тема 10. Электрослабые взаимодействия. Спонтанное нарушение симметрии. Бозон Хиггса. Промежуточные векторные бозоны. Стандартная Модель.	Решение задач	2
Тема 11. Переходы лептонов и кварков при фундаментальных взаимодействиях. Изменения квантовых чисел лептонов и кварков при фундаментальных взаимодействиях. Заряженные и нейтральные токи. Переходы кварков и лептонов при слабых взаимодействиях. Распады странных мезонов.	Решение задач	6
Тема 12. Методы нахождения характеристик элементарных частиц. Ускорители. Методы изучения элементарных частиц. Методы нахождения скорости, импульса, энергии и массы элементарных частиц. Методы нахождения времени жизни частиц. Резонансы. Адронные и электронные ускорители. Ускорители на встречных пучках (коллайдеры).	Решение задач	6
Тема 13. Космические лучи. Первичные и вторичные лучи. Мягкая и жёсткая компоненты лучей.	Решение задач	2
Тема 14. Модели объединения фундаментальных взаимодействий. Нерешённые вопросы Стандартной Модели. Поиск отклонений от Стандартной Модели. Великое Объединение и Суперобъединение.	Решение задач	2

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Кол-во часов	Формы самостоятельной работы	Методическое обеспечение	Формы отчетности
Тема 1. Фундаментальные частицы. Фундаментальные взаимодействия.	Частицы и взаимодействия. Основные типы фундаментальных частиц. Античастицы. Истинно нейтральные частицы. Фундаментальные взаимодействия. Характеристики взаимодействий и их переносчики.	2	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 2. Спин частиц, чётность, зарядовое сопряжение.	Момент импульса и спин частиц. Бозоны и фермионы. Чётность и внутренняя чётность. Чётность античастиц. Зарядовое сопряжение	2	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 3. Комбинированная инверсия, обращение времени. СРТ-инвариантность. Законы сохранения в энергии, импульса, момента импульса, зарядов и др. характеристик в фундаментальных взаимодействиях.	Комбинированная инверсия, обращение времени. СРТ-инвариантность. Законы сохранения в энергии, импульса, момента импульса, зарядов и др. характеристик в фундаментальных взаимодействиях.	3	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 4. Кварки, их цвет. Антикварки. Адроны.	Кварки и их характеристики. Цвет кварков. Антикварки. Адроны: мезоны и барионы. Кварковая структура мезонов и барионов. Античастицы мезонов и барионов.	3	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 5. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы.	Изотопический спин и гиперзаряд адронов. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы. Нонеты основных мезонов, октет и декуплет основных барионов.	2	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 6. История открытия кварков.	Предсказание кварков и цвета кварков. Экспериментальное подтверждение кваркового состава адронов и цвета кварков.	2	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 7. Лептоны, нейтрино.	Лептоны и их характеристики. Типы нейтрино. Нейтринные осцилляции.	3	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос.

			туры		Тест
Тема 8. Диаграммы Фейнмана.	Состав диаграмм Фейнмана. Частицы и античастицы на диаграммах Фейнмана. Виртуальные частицы.	3	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 9. Квантовая хромодинамика.	Кварки и глюоны, их цвет. Невылет (конфайнмент) кварков. Глубоконеупругое рассеяние адронов. Партоны и скейлинг. Асимптотическая свобода.	2	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 10. Электрослабые взаимодействия.	Спонтанное нарушение симметрии. Бозон Хиггса. Промежуточные векторные бозоны. Стандартная Модель.	2	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 11. Переходы лептонов и кварков при фундаментальных взаимодействиях.	Изменения квантовых чисел лептонов и кварков при фундаментальных взаимодействиях. Заряженные и нейтральные токи. Переходы кварков и лептонов при слабых взаимодействиях. Распады странных мезонов.	3	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 12. Методы нахождения характеристик элементарных частиц. Ускорители.	Методы изучения элементарных частиц. Методы нахождения скорости, импульса, энергии и массы элементарных частиц. Методы нахождения времени жизни частиц. Резонансы. Адронные и электронные ускорители. Ускорители на встречных пучках (коллайдеры).	3	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 13. Космические лучи.	Первичные и вторичные лучи. Мягкая и жёсткая компоненты лучей.	2	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Тема 14. Модели объединения фундаментальных взаимодействий.	Нерешённые вопросы Стандартной Модели. Поиск отклонений от Стандартной Модели. Великое Объединение и Суперобъединение.	2	Изучение научно-методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Тест
Итого		34			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.
ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности.	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этап формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
УК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать основные понятия и утверждения. Уметь решать изученные задачи.	Домашнее задание. Устный опрос. Тест.	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала оценивания устного опроса. Шкала оценивания теста.
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать: понятия и утверждения с идеями обоснований и (или) обоснованиями. Уметь: решать задачи, творчески используя полученные знания. Владеть: теоретическими знаниями и практическими умениями, применяя их в предметной области при решении профессиональных задач.	Домашнее задание. Устный опрос. Тест. Практическая подготовка	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала оценивания устного опроса. Шкала оценивания теста. Шкала оценивания практической подготовки
ДПК-2	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Само-	Знать основные понятия и утверждения. Уметь решать изученные задачи.	Домашнее задание. Устный опрос. Тест.	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала оценивания устного опроса.

Оцени- ваемые компе- тенции	Уровень сформи- ро- ванности	Этап форми- рования	Описание показателей	Критерии оценива- ния	Шкала оцени- вания
		стоятель- ная рабо- та.			Шкала оценива- ния теста.
	Продви- нутый	1. Работа на учеб- ных заня- тиях. 2. Само- стоятель- ная рабо- та.	Знать: понятия и утвержде- ния с идеями обоснований и (или) обоснованиями. Уметь: решать задачи, творчески используя полу- ченные знания. Владеть: теоретическими знаниями и практическими умениями, применяя их в предметной области при решении профессиональ- ных задач.	Домашнее задание. Устный опрос. Тест. Практиче- ская под- готовка	Шкала оценива- ния домашнего задания. Шкала оценивания уст- ного опроса. Шкала оценива- ния теста. Шкала оценива- ния практиче- ской подготовки

Шкала оценивания домашнего задания

Показатель	Баллы
Студент правильно выполнил 0 – 4% домашнего задания	0
Студент правильно выполнил 5 – 10% домашнего задания	1
Студент правильно выполнил 11 – 20% домашнего задания	2
Студент правильно выполнил 21 – 30% домашнего задания	3
Студент правильно выполнил 31 – 40% домашнего задания	4
Студент правильно выполнил 41 – 50% домашнего задания	5
Студент правильно выполнил 51 – 60% домашнего задания	6
Студент правильно выполнил 61 – 70% домашнего задания	7
Студент правильно выполнил 71 – 80% домашнего задания	8
Студент правильно выполнил 81 – 90% домашнего задания	9
Студент правильно выполнил 91 – 100% домашнего задания	10

Шкала оценивания устного опроса

Критерий оценивания	Баллы
Студент ответил на вопрос и показал полное и уверенное знание темы	5
Студент ответил на вопрос, однако в ответе присутствуют несущественные ошибки, недостатки и недочёты	4
Студент в целом ответил на вопрос, но в ответе имеются заметные и грубые ошибки, недостатки и недочёты	3
Студент не ответил на вопрос, но имеются более двух правильных идей или подходов к правильному ответу	2
Студент не ответил на вопрос, но имеются только одна-две идеи или подходы к правильному ответу	1
Студент не ответил на вопрос и показал полное незнание темы задания	0

Шкала оценивания теста

В тесте всего 20 задач. За верный ответ предусмотрен 1 балл, а за неверный или частично верный ответ – 0 баллов.

Шкала оценивания практической подготовки

Критерии оценивания	Баллы
1. практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; 2. показан высокий уровень знания изученного материала по заданной теме, 3. умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие практико-ориентированные выводы; 4. работа выполнена без ошибок и недочетов или допущено не более одного недочета.	8-10
1. практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; 2. показан хороший уровень владения изученным материалом по заданной теме, 3. работа выполнена полностью, но допущено в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.	5-7
1. практическое задание выполнено в установленный срок с частичным использованием рекомендаций преподавателя; 2. продемонстрированы минимальные знания по основным темам изученного материала.	2-4
1. число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «удовлетворительно» или если правильно выполнено менее половины задания; 2. если обучающийся не приступал к выполнению задания или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.	0-1

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерные домашние задания

1. Остановившийся Σ^+ -гиперон распался на протон и π^0 -мезон. Определить импульс протона в форме cr (c – скорость света) и его кинетическую энергию.
2. Собственное время жизни мюонов равно 2,197 мкс. Какое расстояние в вакууме пролетят в среднем мюоны с кинетической энергией, равной:
 - а) 1 ГэВ?
 - б) 100 ГэВ?
 - в) 1 ТэВ?
3. Собственное время жизни π^+ -мезона равно 26 нс. Найти вероятность распада π^+ -мезона в полёте от места рождения до мишени на расстоянии 6 м, если его кинетическая энергия равна:
 - а) 100 МэВ;
 - б) 1 ГэВ.
4. Какую кинетическую энергию необходимо сообщить частице А, чтобы её средняя длина пролёта от момента рождения до момента распада равнялась 10 см, если:
 - а) $A = \Sigma^+$?
 - б) $A = \Lambda_c^+$?
 - в) $A = \varphi^0$?
 - г) $A = \Sigma^{*0}$?
 - д) $A = \Xi^{*-}$?
 - е) $A = D_s^+$?
 - ж) $A = \rho^0$?
 - з) $A = \pi^0$?

5. При взаимодействии медленных π^- -мезонов с ядрами водородной мишени наблюдались реакции $\pi^- + p \rightarrow n + \pi^0$ и $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$. В результате минимальная и максимальная энергии образовавшихся фотонов оказались равными соответственно 54 МэВ и 84 МэВ. По этим данным найти кинетическую энергию и массу π^0 -мезонов.
6. Определить все адроны, у которых:
- | | |
|--|--|
| а) $I_z = +1/2, Q = +2, B = +1, S = b = 0$; | б) $I_z = +1/2, Q = +1, B = -1, c = t = 0$; |
| в) $I_z = 0, Q = -1, B = 0, S = t = 0$; | г) $I_z = +1, Q = 0, B = -1, S = c = 0$; |
| д) $I_z = 0, Q = 0, B = +1, c = b = 0$; | е) $I_z = -1, Q = -1, B = 0, b = t = 0$; |
| ж) $I_z = -3/2, Q = -1, B = +1, c = b = 0$; | з) $I_z = +1/2, Q = 0, B = 0, b = t = 0$; |
| и) $I_z = +1/2, Q = 0, B = +1, b = t = 0$; | к) $I_z = +1/2, Q = +1, B = -1, c = b = 0$; |
| л) $I_z = -1/2, Q = -1, B = 0, c = b = 0$; | м) $I_z = -1/2, Q = 0, B = 0, b = t = 0$; |
| н) $I_z = 0, Q = -1, B = 0, b = t = 0$; | о) $I_z = +1/2, Q = 0, B = 0, S = t = 0$; |
| п) $I_z = +1/2, Q = +1, B = 0, S = c = 0$. | |

Задания практической подготовки

- При изучении взаимодействия π^+ -мезонов с покоящейся протонной мишенью было установлено, что максимумы сечения взаимодействия возникают при кинетических энергиях мезонов, равных 198 МэВ, 600 МэВ и 900 МэВ. Эти максимумы соответствуют нестабильным частицам – резонансам. Найти массы этих резонансов.
- Остановившаяся частица А распалась на две частицы В и С. Найти кинетические энергии частиц В и С, если:

а) $A = \Sigma^+, B = p, C = \pi^0$;	б) $A = \Sigma^-, B = n, C = \pi^-$;	в) $A = \Omega^-, B = \Lambda^0, C = K^-$;
г) $A = \Lambda^0, B = p, C = \pi^-$;	д) $A = \Sigma^0, B = \Lambda^0, C = \gamma$;	е) $A = \Omega^-, B = \Xi^0, C = \pi^-$;
ж) $A = \Xi^-, B = \Lambda^0, C = \pi^-$;	з) $A = \Sigma_C^+, B = \Lambda_C^+, C = \pi^0$.	
- Какие из указанных реакций возможны, а какие – нет? Если реакция возможна, то нарисовать её кварковую диаграмму. Если реакция невозможна, то указать причины, запрещающие эту реакцию.

а) $p \rightarrow \mu^+ + \mu^- + \gamma$;	б) $p \rightarrow p + e^- + \nu_e$;	в) $K^+ + p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^0$;
г) $\Sigma^- \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$;	д) $\Sigma^+ \rightarrow p + e^+ + \nu_e$;	е) $\Sigma^+ \rightarrow \Lambda + e^+ + \nu_e$;
ж) $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+$;	з) $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-$;	и) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$;
к) $\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$;	л) $\bar{p} + n \rightarrow \bar{\Sigma}^+ + \Lambda$;	м) $\pi^- + p \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^-$.

Примерные задания теста

- Какая частица является переносчиком фундаментального взаимодействия?

а) π^0 -мезон	б) электрон e^-	в) W^+ -бозон
-------------------	-------------------	-----------------

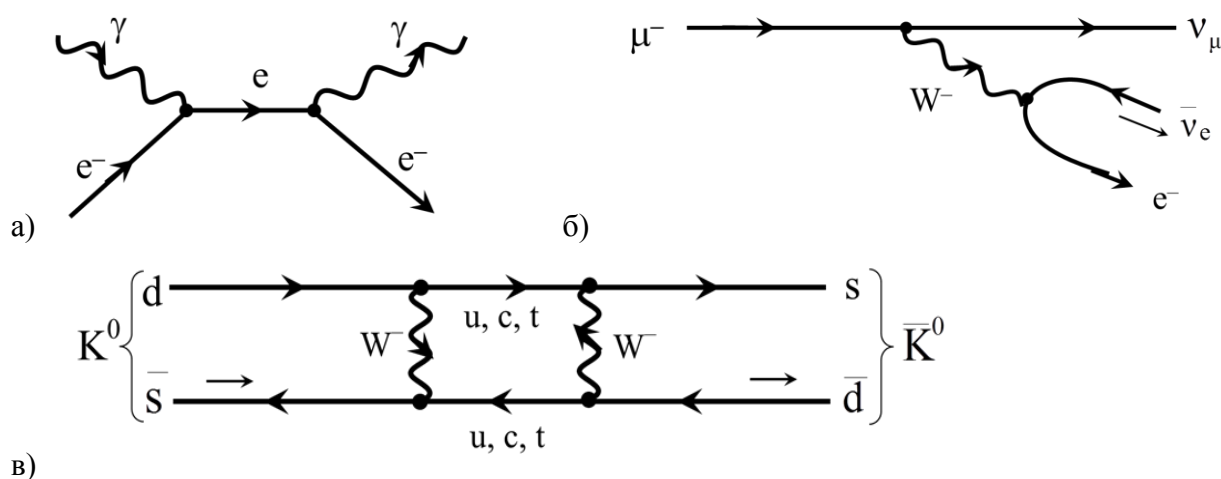
 [Правильный ответ: в)]
- У какой частицы спин равен 1?

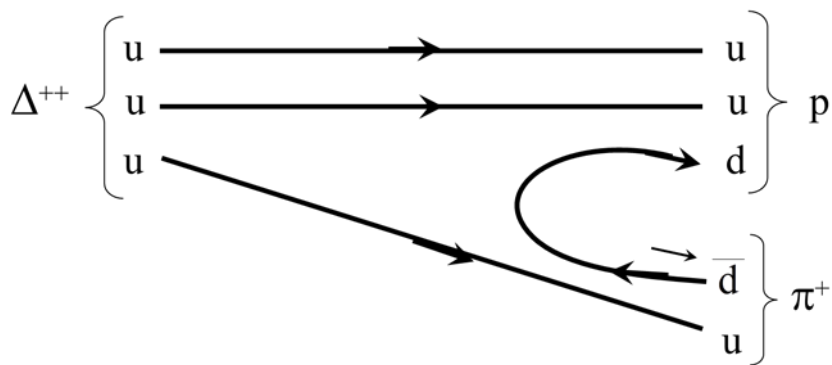
а) Δ^{++} -резонанс	б) электронное нейтрино ν_e	в) π^- -мезон	г) фотон γ
----------------------------	---------------------------------	-------------------	-------------------

 [Правильный ответ: г)]

3. Какие высказывания о нейтрино являются правильными?
 а) является фермионом б) участвует только в слабом взаимодействии
 в) является истинно нейтральной частицей г) является мезоном д) является лептоном
 [Правильный ответ: а), д)]
4. Какие высказывания о бозоне Хиггса являются НЕправильными?
 а) обнаружен в 1965 году б) ответственен за появление масс у фундаментальных частиц
 в) частица с целым спином г) несёт цвет и антицвет д) является лептоном
 [Правильный ответ: а), г), д)]
5. Какой из адронов имеет положительную внутреннюю чётность?
 а) Ξ^0 -гиперон б) K^+ -мезон в) ρ^- -мезон г) антипротон $\bar{p}$
 [Правильный ответ: а)]
6. Какие из перечисленных ниже частиц являются стабильными?
 а) фотон γ б) Ω^- -гиперон в) нейтрон n
 г) антимюон μ^+ д) позитрон e^+ е) мюонное нейтрино ν_μ
 [Правильный ответ: а), д), е)]
7. Какая частица имеет ненулевой барионный заряд?
 а) π^0 -мезон б) Σ^{*+} -гиперон в) электрон e^- г) W^- -бозон
 [Правильный ответ: б)]
8. Какие частицы по современным представлениям являются фундаментальными?
 а) протон p б) Δ^- -резонанс в) u -кварк г) Λ^0 -гиперон д) фотон γ е) таон τ^-
 [Правильный ответ: в), д), е)]
9. Одна из указанных реакций возможна. Какая?
 а) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \gamma$ б) $\Sigma^- \rightarrow \pi^- + n$ в) $p \rightarrow n + \mu^+ + \nu_\mu$
 [Правильный ответ: б)]

10. Какие реакции происходят НЕ в результате слабого взаимодействия?





г)

[Правильный ответ: а), г)]

11. Исправить высказывания:

Электрический заряд u-кварка равен -1 , а изотопический спин d-кварка равен $+1$

[Правильный ответ: Электрический заряд u-кварка равен $+2/3$,
а изотопический спин d-кварка равен $-1/2$]

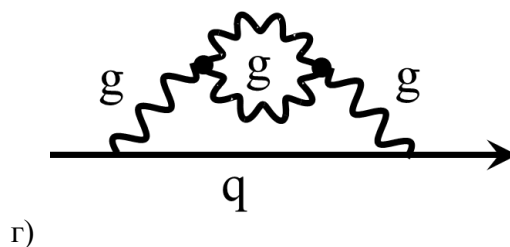
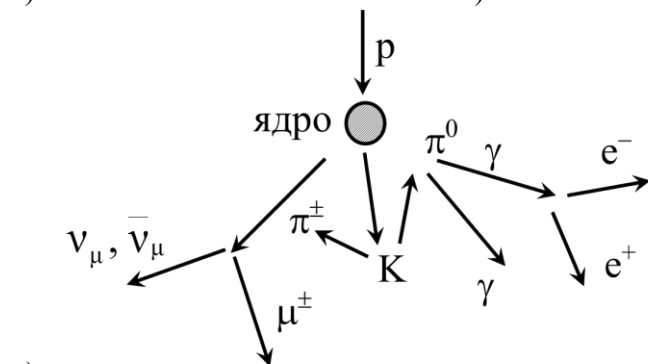
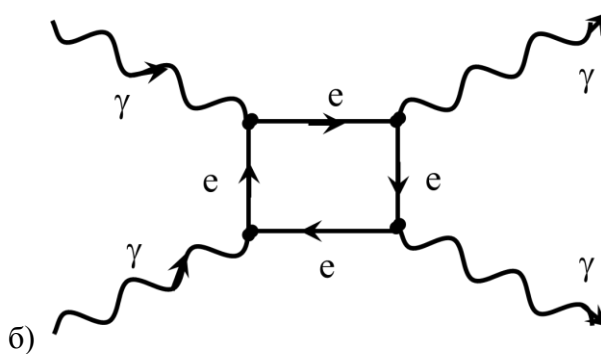
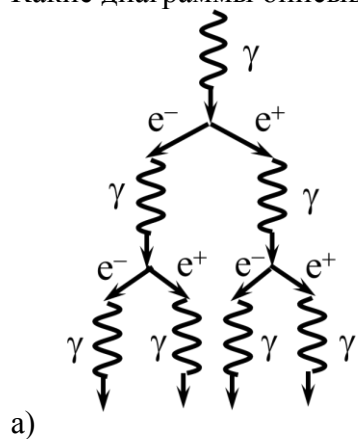
12. Проявлением слабого взаимодействия являются:

а) Существование массивных тел, планет и звёзд во Вселенной

б) Силы упругости, трения, сопротивления в) К-захват ядер г) Ядерные силы

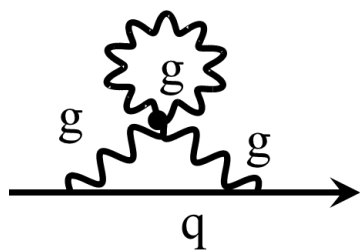
[Правильный ответ: в)]

13. Какие диаграммы описывают образование вторичных космических лучей?

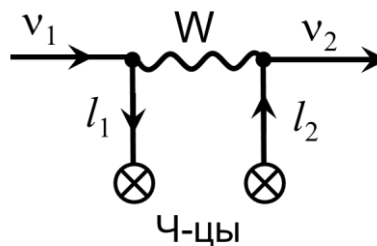


[Правильные ответы: а), в)]

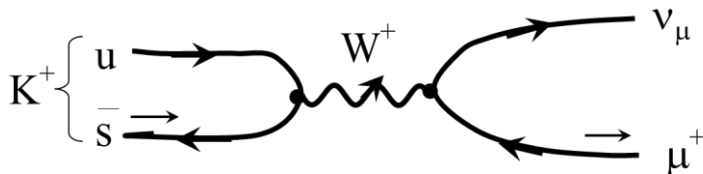
14. Какая диаграмма описывает взаимодействие нейтрино в веществе?



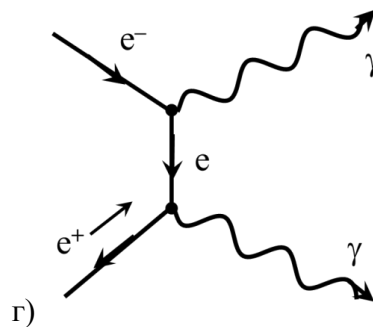
а)



б)



в)



г)

[Правильный ответ: б)]

15. Какие частицы содержат s-кварки или s-антикварки?

- а) K^0 -мезон б) Ξ^- -гиперон в) J/ψ -мезон
г) Δ^+ -резонанс д) таонное нейтрино ν_τ е) Ω^- -гиперон

[Правильный ответ: а), б), е)]

16. Исправить высказывания:

Очарование π^+ -мезона равно -1 , а странность Ω^- -гиперона равна $+1$

[Правильный ответ: Очарование π^+ -мезона равно 0 , а странность Ω^- -гиперона равна -3]

17. Кто выдвинул идею комбинированной инверсии нейтрино?

- а) Р. Фейнман б) П. Хиггс в) Л.Д. Ландау г) М. Гелл-Манн и Дж. Цвейг
д) С. Вайнберг, А. Салам, Ш. Глэшоу

[Правильный ответ: в)]

18. Какие высказывания о глюонах являются правильными?

- а) являются фермионами б) являются переносчиками сильного взаимодействия
в) являются бесцветными г) несут цвет и антицвет д) их всего 3 типа

[Правильный ответ: б), г)]

19. Первичное космическое излучение более чем на 90% состоит из:

- а) α -частиц б) протонов в) нейтрино

[Правильный ответ: б)]

20. В каких единицах измеряют массы частиц в физике фундаментальных взаимодействий?

- а) кг б) Дж в) МэВ д) а.е.м.

[Правильный ответ: в)]

Примерные вопросы устного опроса

- Какие были классификации частиц на разных этапах исследований?
- Что такое физический вакуум, античастицы и истинно нейтральные частицы?

3. Почему от физики частиц необходимо перейти к физике полей?
4. Как из диаграмм Фейнмана извлекаются законы сохранения?
5. Какие законы сохранения привели к необходимости гипотезы существования нейтрино?
6. В чем принципиальное отличие лептонов от адронов и кварков?
7. Пояснить смысл квантовых чисел лептонов и кварков.
8. Какова формула Гелл-Манна – Нишиджимы?
9. Что такое изотопический спин и гиперзаряд?
10. Что такое спиральность частиц, спиральность нейтрино?
11. В чём состоит отличие группы Лоренца от группы Пуанкаре?
12. Какие известны дискретные преобразования симметрии?
13. Какова связь между пространственной и внутренней чётностью?
14. Что такое СР-чётность, где и почему она не сохраняется?
15. В чём сущность СРТ-теоремы, и какие её основные следствия?
16. Что такое спонтанное нарушение симметрии и механизм Хиггса?
17. Как возникают массы фермионов и переносчиков электрослабого взаимодействия?
18. Что такое нейтральные и заряженные токи?
19. Каковы кварковые и лептонные составляющие адронного тока?
20. В чём состоит идея электрослабого объединения?
21. Какие известны мультиплеты адронов?
22. Что такое цветовая симметрия, и каковы её особенности и следствия?
23. Что такое глюоны? Их основные характеристики.
24. Почему кварки несут дробные электрические заряды?
25. Почему предсказали существование s , b и t кварков?
26. Почему адрон бесцветен?
27. Что такое нейтринные осцилляции, и чем они вызваны?
28. Как из кварковых диаграмм оценить энергию реакции?
29. Что такое конфайнмента кварков и что такое асимптотическая свобода?
30. Что такое ядерные силы и каковы их особенности?
31. Почему преобладает гравитация на мегауровне?
32. Что такое сечение ядерной реакции?
33. Что такое ширина распада и ширина канала распада частицы?

Примерные вопросы к зачету

1. Основные типы фундаментальных частиц. Частицы и античастицы. Истинно нейтральные частицы.
2. Фундаментальные взаимодействия. Характеристики взаимодействий и их переносчики.
3. Момент импульса и спин. Бозоны и фермионы.
4. Чётность и внутренняя чётность. Чётность античастиц.
5. Зарядовое сопряжение. Комбинированная инверсия.
6. Обращение времени и СРТ-инвариантность.
7. Законы сохранения в фундаментальных взаимодействиях.
8. Кварки и их характеристики. Цвет кварков. Антикварки.
9. Адроны: мезоны и барионы. Их античастицы. Кварковая структура мезонов и барионов.
10. Изотопический спин и гиперзаряд адронов. Формула Гелл-Манна – Нишиджимы.
11. Квантовая хромодинамика. Глюоны, их цвет. Конфайнмент кварков.
12. Глубоконеупругое рассеяние адронов. Партоны и скейлинг. Асимптотическая свобода.
13. Лептоны и их характеристики. Типы нейтрино. Нейтринные осцилляции.
14. Промежуточные векторные бозоны. Теория электрослабых взаимодействий.
15. Теория электрослабых взаимодействий. Бозоны Хиггса.
16. Диаграммы Фейнмана. Виртуальные частицы.
17. Мезоны. Их характеристики, кварковая структура.

18. Распады странных мезонов. Нонеты мезонов.
19. Барионы. Их характеристики, кварковая структура. Октет и декуплет барионов.
20. Нонеты, октет и декуплет адронов. История открытия u , d , s кварков и антикварков.
21. Поколения лептонов и кварков. История открытия цвета кварков и c , b , t кварков.
22. Экспериментальные подтверждения кварковой структуры адронов и цвета кварков.
23. Релятивистские инварианты и энергетический выход реакции элементарных частиц. Ускорители на встречных пучках.
24. Методы нахождения скорости и импульса элементарных частиц.
25. Методы нахождения энергии и массы элементарных частиц.
26. Методы нахождения времени жизни элементарных частиц. Резонансы.
27. Космические лучи. Первичные и вторичные лучи. Мягкая и жёсткая компоненты лучей.
28. Изменения квантовых чисел лептонов и кварков при фундаментальных взаимодействиях.
29. Заряженные и нейтральные токи. Переходы кварков и лептонов.
30. Гравитационное взаимодействие. Модели Великого объединения и Суперобъединения.

Примерные темы курсовых работ

1. Мультивселенная и проблема Большого Взрыва.
2. Дополнительные измерения и проблема их наблюдения.
3. Ось времени и причинность.
4. Близкодействие и локальность.
5. Магнитные монополи, инстантоны и бозон Хиггса.
6. СРТ-инвариантность и возможные причины её нарушения.
7. Поколения фундаментальных фермионов и теория суперструн.
8. Суперпартнеры и теория суперструн.
9. Происхождение пространства-времени и проблема постоянства фундаментальных констант.
10. Основные понятия квантовой теории поля.
11. Термоядерные реакции в звездах.
12. Проблема нестабильности физического вакуума.
13. Проблемы формы и горизонта Вселенной.
14. Большой Взрыв и анизотропия реликтового излучения.
15. Космические лучи сверхвысоких энергий.
16. Методы определения спина элементарных частиц.
17. Внутренняя чётность адронов и методы её определения.
18. Калибровочная инвариантность. Поле Янга – Миллса.
19. Калибровочные теории для кварков и лептонов.
20. Ренормализационная группа в квантовой хромодинамике.
21. Комбинированная инверсия и киральность нейтрино.
22. Нейтринные осцилляции. Массы нейтрино.
23. Основы общей теории относительности. Уравнение Эйнштейна.
24. Слабые гравитационные волны и гравитоны.
25. Модель Калуцы – Клейна и Великое Объединение.
26. Распад протона. X и Y бозоны.
27. Суперсимметрия и суперчастицы.
28. Супергравитация.

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

Итоговая оценка знаний, умений, способов деятельности студентов по изучаемой дисциплине составляет 100 баллов.

Максимальное количество баллов, которое можно набрать за текущий контроль, составляет 80 баллов.

За выполнение домашних заданий обучающийся может набрать максимально 30 баллов. За одно домашнее задание можно получить максимально 10 баллов. Всего предусмотрено 3 домашних задания.

За ответы на вопросы устного опроса обучающийся может набрать максимально 30 баллов. После изучения материала обучающемуся необходимо ответить на 1 – 2 вопроса по итогам самостоятельной проработки лекционного и практического материала. Один вопрос оценивается в 0 – 5 баллов. Всего обучающемуся может быть задано 6 вопросов.

За выполнение теста обучающийся может набрать максимум 20 баллов.

Максимальная сумма баллов, которые обучающийся может набрать при сдаче зачета, составляет 20 баллов.

Для сдачи зачета необходимо выполнить все задания текущего контроля. Значимым моментом является показатель изучения материала лекций и выполнение заданий в указанные сроки. На зачет выносятся материал, излагаемый в лекциях и рассматриваемый на практических занятиях.

Шкала оценивания ответов студентов на зачете

Количество баллов	Критерии оценивания
16 – 20	имеет место полное усвоение теоретического и практического материала; студент умеет объяснить все понятия и утверждения из лекционного курса и решает все задачи и примеры из приведенных заданий
12 – 15	имеет место основное усвоение теоретического и практического материала; студент умеет объяснить основные понятия и утверждения из лекционного курса и решает основные задачи и примеры из приведенных заданий
8 – 11	имеет место знание объяснения основных понятий и утверждений курса; студент умеет решать задачи и примеры из приведенных заданий, являющиеся обобщением задач школьного курса физики
0 – 7	имеет место неусвоение основных понятий и утверждений курса; студент не умеет решать задачи и примеры из заданных заданий, являющиеся обобщением задач школьного курса физики

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение освоения дисциплины, а также оценка по промежуточной аттестации.

Количество баллов	Оценка по традиционной шкале
81-100	Зачтено
61-80	Зачтено
41-60	Зачтено
0-40	Не зачтено

Шкала оценивания курсовой работы

Количество баллов	Критерии оценивания
81 – 100	Студент: – подробно разобрал теоретический и практический материал, относящийся к теме своей курсовой работы; – овладел всеми понятиями; – умеет обосновывать все утверждения, задачи и примеры из своей курсовой работы; – выступает на защите уверенно, отвечает подробно на поставленные вопросы.
61 – 80	Студент: – подробно разобрал теоретический и практический материал, относящийся к теме своей курсовой работы; – практически овладел всеми понятиями; – умеет обосновывать практически все утверждения, задачи и примеры из своей курсовой работы; – выступает на защите уверенно, отвечает на поставленные вопросы.
41 – 60	Студент: – разобрал основной теоретический и практический материал, относящийся к теме своей курсовой работы; – овладел большинством понятий; – не умеет обосновывать большинство утверждений, задач и примеров из своей курсовой работы; – выступает на защите неуверенно, отвечает не на все поставленные вопросы.
0 – 40	Студент: – не разобрал основной теоретический и практический материал, относящийся к теме своей курсовой работы; – не овладел большинством понятий; – не умеет обосновывать утверждения, задачи и примеры из своей курсовой работы; – выступает на защите неуверенно, не отвечает на поставленные вопросы.

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине формируется из суммы баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации и выставляется в соответствии с приведенной ниже таблицей.

Оценка по 100-балльной системе	Оценка по традиционной системе
81 – 100	Отлично
61 – 80	Хорошо
41 – 60	Удовлетворительно
0 – 40	Неудовлетворительно

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Сарычева Л.И. Физика фундаментальных взаимодействий: Спецкурс. – М: КДУ, 2008. – 220 с.
2. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 512 с.
3. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. 2-е изд. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
4. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике / И.Е. Иродов. – 6-е изд., электрон. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 220 с. – Текст: электронный. – ISBN 978-5-00101-685-4.

6.2. Дополнительная литература

1. Кейн Г. Современная физика элементарных частиц. – М.: Мир, 1990. – 360 с.
2. Хелзен Ф. Мартин А. Кварки и лептоны: Введение в физику частиц. Перевод с англ. – М.: Мир, 1987. – 456 с., ил.
3. Райдер Л. Элементарные частицы и симметрии. Перевод с англ. / Под ред. Б.М. Барбашова с дополн. А.Б. Говоркова. – М.: Наука, 1983. – 320 с.
4. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. – М: Наука, 1990. – 324 с.
5. Ишханов Б.С., Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц. XX век. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 159 с., ил.
6. Замиралов В.С., Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Черняев А.П. Физика частиц: законы сохранения и симметрии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. – 82 с.
7. Мурзин В.С. Астрофизика космических лучей: Учебное пособие для вузов. – М.: Университетская книга, Логос, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-98704-171-6.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронная библиотека физического факультета МГУ: <http://www.lib.phys.msu.ru/>
2. EqWorld, Мир математических уравнений, Учебники и другие книги по физике: <https://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics.htm>
3. <http://www.library.mephi.ru/>
4. <http://ega-math.narod.ru/>
5. <http://neo-chaos.narod.ru/fikhtengolts.html>

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.
3. Методические рекомендации по написанию курсовой работы

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows

Microsoft Office

Kaspersky Endpoint Security

Информационные справочные системы:

Система ГАРАНТ

Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных

fgosvo.ru – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования

pravo.gov.ru - Официальный интернет-портал правовой информации

www.edu.ru – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)

7-zip

Google Chrome

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;

- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.