

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

НТС ЛАПЛАЗ Протокол №3 от 30.08.2021 г.

НТС ИНТЭЛ Протокол №03/3-21 от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ (СЛАБЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КСР/КП
1, 2	2-3	72- 108	24	24	0		24	0	Э , 3
Итого	2-3	72- 108	24	24	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Перенормируемая калибровочная теория, основанная на группе $SU(2) \times U(1)$, объединяет слабые и электромагнитные взаимодействия. Переносчиками слабых взаимодействий являются тяжелые векторные $W^\pm$ - и Z -бозоны. Электрослабая теория является частью Стандартной $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ Модели, объясняющей все известные свойства элементарных частиц. Перенормируемость электрослабой теории достигается за счет хиггсовского механизма генерации масс кварков, лептонов и калибровочных бозонов. При этом предсказывалось существование скалярной частицы – бозона Хиггса, открытого на Большом Адронном Коллайдере ЦЕРН в 2012 году.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса – ознакомить студентов с перенормируемой калибровочной теорией, основанной на группе $SU(2) \times U(1)$, которая объединяет слабые и электромагнитные взаимодействия.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебно-методический комплекс по курсу «Теория элементарных частиц (слабые взаимодействия)» предназначен для студентов-физиков, обучающихся по направлению 03.03.01 Прикладная математика и физика. Курс односеместровый.

Для усвоения материала студенты должны владеть математическим аппаратом в пределах излагаемого на 1-3 курсах МИФИ: уметь дифференцировать, интегрировать, знать теорию матриц и иметь представление о теории групп. Требуется знание основ квантовой теории поля и диаграммной техники, излагаемых в курсе Квантовой Электродинамики. Желательно знание кварковой структуры адронов.

Знания, полученные при изучении курса «Теория элементарных частиц (слабые взаимодействия)» необходимы для освоения многих специализированных дисциплин по теоретической физике, изучаемых студентами старших курсов, таких как теория элементарных частиц, релятивистская астрофизика и космология.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание	Код и наименование индикатора достижения профессиональной
--	---------------------------	---	---

		(профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	компетенции
научно-исследовательский			
Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований, построение физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений в рамках предметной области по профилю специализации	Природные и социальные явления и процессы	ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011, 40.044	З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.
инновационный;			
участие в создании новых объектов	объекты техники, технологии и	ПК-5 [1] - Способен применять физические	З-ПК-5[1] - Знать физические методы

техники и технологии, а также во внедрении инновационных технологических процессов и объектов новой техники в качестве исполнителя, ответственного за самостоятельный участок работы	производства	методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.010, 40.011, 40.034	теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ; У-ПК-5[1] - Уметь применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий; В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий
--	--------------	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	1 Семестр						

1	часть 1	1-7			25	КИ-8	
2	часть 2	8-16			25	КИ-16	
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		24/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50		

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	24	24	0
1-7	часть 1	11	11	
1 - 2	Эффект Голдстоуна. Эффект Хиггса. Непенормируемость 4-фермионного взаимодействия. Теория массивного векторного бозона. Эффект Голдстоуна – спонтанное «нарушение» симметрии. Киральная симметрия КХД. Соотношение Гольдбергера-Треймана. Решаемые примеры: $U(1)$, $O(3)$, $SU(2)$. Локальная $U(1)$. Эффект Хиггса. Бозон Хиггса. Унитарная калибровка, калибровка Ландау, R-калибровки.	Всего аудиторных часов		
		3	3	
		Онлайн		
3 - 5	Бозонный сектор Стандартной Модели. Фермионы в Стандартной Модели. Свойства W- и Z-бозонов. Локальная $SU(2)$. Лагранжиан векторных полей. Хиггсовский сектор. «Охранная» симметрия. $SU(2) \times U(1)$ теория Глэшоу-Вайнберга-Салама: хиггсовский и калибровочный секторы. Левые и правые фермионы. Слабые взаимодействия лептонов и кварков. Фермиевская константа G. Определение параметров $SU(2) \times U(1)$ -модели. Нейтральные токи. Треугольные аномалии: кварк-лептонная симметрия, нейтральность атома водорода и нейтрино в СМ. Рождение и распады W- и Z-бозонов.	Всего аудиторных часов		
		5	5	
		Онлайн		
6 - 7	Свойства бозона Хиггса. Взаимодействия и массы нейтрино. Бозон Хиггса: масса, рождение, распады. Рассеяние нейтрино на электроны. Глубоко-неупругое рассеяние нейтрино на нуклоне. Масса нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		3	3	
		Онлайн		
8-16	часть 2	13	13	
8 - 9	Осцилляции нейтрино. Универсальное слабое взаимодействие.	Всего аудиторных часов		
		3	3	

	Осцилляции нейтрино. Осцилляции электронного нейтрино – эксперимент KamLAND. Солнечные нейтрино. Влияние вещества. Осцилляции мюонного нейтрино в тау-нейтрино - атмосферные нейтрино. Ускорительные эксперименты. Случай трех нейтрино (матрица PMNS). Левые заряженные токи. Нарушение P- и C- и CP-инвариантности. Универсальность заряженного тока. Нейтральный ток.	Онлайн		
10 - 12	Распад мюона. Лептонные и полулептонные распады мезонов и барионов. Амплитуда распада. Вероятность распада. Распад поляризованного мюона. Качественное обсуждение. ud -ток и его свойства. Распады пионов. Распад нейтрона. Распады, инициируемые us - током. $SU(3)$ - симметрия в распадах гиперонов.	Всего аудиторных часов		
		4	4	
		Онлайн		
13 - 14	Смешивание нейтральных K- мезонов. Нарушение CP. Распады тау-лептона. Осцилляции нейтральных K- мезонов. Разность масс нейтральных K- мезонов и GIM- механизм. Нарушение CP-симметрии в распадах K- мезонов. CP- нечетное смешивание и прямое нарушение CP- симметрии. Лептонные распады тау-лептона. Полуадронные распады тау-лептона. Проверка гипотезы дуальности в распадах тау-лептона.	Всего аудиторных часов		
		3	3	
		Онлайн		
15 - 16	Распады очарованных адронов. Распады B- мезонов. Очарованные адроны, распадающиеся за счёт слабых взаимодействий. Времена жизни очарованные адроны. Гипотеза дуальности и спектаторное приближение. Нарушение спектаторного приближения в распадах нейтральных D- мезонов. Глюонное усиление. Обменные эффекты. Слабая аннигиляция. Подавление слабой аннигиляции в распадах B- мезонов. Параметризация матрицы СКМ. Смешивание нейтральных B- мезонов. Нарушение CP- симметрии в распадах B- мезонов и треугольник унитарности.	Всего аудиторных часов		
		3	3	
		Онлайн		

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе используются традиционные образовательные технологии, включая лекции, упражнения и самостоятельную работу студентов.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения
-------------	---------------------

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает

			существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--	---

Оценочные средства приведены в Приложении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В 93 Лекции по теории электрослабых взаимодействий. : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2011
2. 539.1 О-52 Лептоны и кварки : , Л. Б. Окунь, Москва: ЛКИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 Б96 Релятивистская квантовая теория Т.1 Релятивистская квантовая механика, , Новокузнецк: НФМИ, 2000
2. 53 Б96 Релятивистская квантовая теория Т.2 Релятивистские квантовые поля, , Новокузнецк: НФМИ, 2000
3. 537 А95 Квантовая электродинамика : , А. И. Ахиезер, В. Б. Берестецкий, М.: Наука, 1981
4. 53 Л22 Теоретическая физика Т.4 Квантовая электродинамика, В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Москва: Физматлит, 2006
5. 52 Г67 Введение в теорию ранней Вселенной : теория горячего Большого взрыва, Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, Москва: ЛКИ, 2008
6. 53 Б74 Квантовые поля : , Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков, М.: Физматлит, 2005
7. 530 П28 Введение в квантовую теорию поля : , Пескин М.Е.,Шредер Д.В.;Пер.с англ., М.;Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

Автор(ы):

Высоцкий Михаил Иосифович, д.ф.-м.н., профессор

Мартемьянов Борис Вениаминович, д.ф.-м.н.