

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра теоретической физики**

Авторы-составители: **Хеннер Виктор Карлович**

Рабочая программа дисциплины

**КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

Код УМК 95415

Утверждено  
Протокол №5  
от «03» июня 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Квантовая электродинамика и теория элементарных частиц

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Квантовая электродинамика и теория элементарных частиц** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

#### 03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

**ОПК.1** Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности

##### **Индикаторы**

**ОПК.1.1** Использует основные понятия, концепции, задачи и методы математических наук в профессиональной деятельности

**ОПК.3** Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

##### **Индикаторы**

**ОПК.3.1** Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

**ОПК.3.2** Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике

**ОПК.5** Способен самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии

##### **Индикаторы**

**ОПК.5.1** Проводит анализ информации в сфере профессиональной деятельности

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Квантовая электродинамика и теория элементарных частиц**

#### **Волновые релятивистские уравнения**

Уравнения Клейна–Гордона, Дирака. Уравнение Паули. Спин. Атом водорода.

#### **Теория поля**

Полевой подход. Симметрии и законы сохранения. Процедура квантования. Скалярные, спинорные и векторные поля.

#### **Теория возмущений и диаграммы Фейнмана**

Взаимодействующие поля. S-матрица. Теория возмущений. Теорема Вика. Правила Фейнмана.

#### **Основные процессы квантовой электродинамики**

Эффект Комптона. Взаимодействие электронов и позитронов. Высшие порядки теории возмущений. Основы теории перенормировок.

#### **Основы физики элементарных частиц**

Типы взаимодействий. Кварковая модель. Построение супермультиплетов. Массовые формулы. Локальная калибровочная инвариантность и глюоны. Введение в квантовую хромодинамику. Слабые взаимодействия, теория Ферми и несохранение четности. Единая теория слабых и электромагнитных взаимодействий. Механизм Хиггса.

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

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

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

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Вергелес, С. Н. Теоретическая физика. Квантовая электродинамика : учебник для бакалавриата и магистратуры / С. Н. Вергелес. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 262 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01663-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/437010>
2. Е., Борчердс Квантовая теория поля / Ричард Борчердс Е. ; перевод А. Я. Мальцев. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 93 с. — ISBN 978-5-4344-0619-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/91936>
3. Строковский, Е. А. Физика атомного ядра и элементарных частиц: основы кинематики : учебное пособие для академического бакалавриата / Е. А. Строковский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 361 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03804-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/438448>

### Дополнительная:

1. Иоффе, Б. Л. Физика элементарных частиц: квантовая хромодинамика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для вузов / Б. Л. Иоффе, Л. Н. Липатов, В. С. Фадин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 344 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-08087-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/441566>
2. Хеннер В. К., Мингалев С. В. Введение в квантовую электродинамику и теорию поля: учебное пособие [для студентов вузов, специализирующихся по теоретической физике]/В. К. Хеннер, С. В. Мингалев.- Пермь, 2009, ISBN 978-5-7944-1262-8.-1051.-Библиогр.: с. 105
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 4. Квантовая электродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2001, ISBN 5-9221-0058-0.-720
4. Иоффе, Б. Л. Физика элементарных частиц: квантовая хромодинамика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для вузов / Б. Л. Иоффе, Л. Н. Липатов, В. С. Фадин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 408 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-08081-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/441447>

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://library.psu.ru/node/738> Электронные ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Квантовая электродинамика и теория элементарных частиц** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения занятий семинарского типа (семинары, практические занятия) - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Квантовая электродинамика и теория элементарных частиц**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.1**

**Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.1.1</b> Использует основные понятия, концепции, задачи и методы математических наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать базовые математические понятия теории поля. Уметь строить полевые операторы, матрицу рассеяния. Владеть навыками построения решений дифференциальных уравнений для спиноров и биспиноров.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает базовые математические понятия теории поля. Не умеет строить полевые операторы, матрицу рассеяния. Не владеет навыками построения решений дифференциальных уравнений для спиноров и биспиноров.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания базовых математических понятий теории поля. Демонстрирует частично сформированное умение строить полевые операторы, матрицу рассеяния. Имеет представление о приемах построения решений дифференциальных уравнений для спиноров и биспиноров.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания базовых математических понятий теории поля. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения строить полевые операторы, матрицу рассеяния. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками построения решений дифференциальных уравнений для спиноров и биспиноров.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания базовых математических понятий теории поля. Сформированное умение строить полевые операторы, матрицу рассеяния. Успешное и систематическое применение навыков построения решений дифференциальных уравнений для спиноров и биспиноров.</p>

### ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Знать базовые понятия квантовой механики и теории поля. Уметь описывать явления квантовой природы. Владеть навыками построения решений релятивистских волновых уравнений.	<b>Неудовлетворител</b> Не знает базовые понятия квантовой механики и теории поля. Не умеет описывать явления квантовой природы. Не владеет навыками построения решений релятивистских волновых уравнений. <b>Удовлетворительн</b> Общие, но не структурированные знания базовых понятий квантовой механики и теории поля. Демонстрирует частично сформированное умение описывать явления квантовой природы. Имеет представление о приемах построения решений релятивистских волновых уравнений. <b>Хорошо</b> Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания базовых понятий квантовой механики и теории поля. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения описывать явления квантовой природы. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками построения решений релятивистских волновых уравнений. <b>Отлично</b> Сформированные систематические знания базовых понятий квантовой механики и теории поля. Сформированное умение описывать явления квантовой природы. Успешное и систематическое применение навыков о приемах построения решений релятивистских волновых уравнений.
<b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в	Знать методы расчета вероятностей сечений взаимодействия. Уметь строить диаграммы Фейнмана, производить переход между графическим и аналитическим	<b>Неудовлетворител</b> Не знает методы расчета вероятностей сечений взаимодействия. Не умеет строить диаграммы Фейнмана, производить переход между графическим и аналитическим представлением амплитуды рассеяния. Не

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
природе и применяет их на практике	представлением амплитуды рассеяния. Владеть навыками поиска информации об экспериментальных исследованиях и их сопоставления с теоретическими расчётами.	<p><b>Неудовлетворител</b> владеет навыками поиска информации об экспериментальных исследованиях и их сопоставления с теоретическими расчётами.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> Общие, но не структурированные знания методов расчета вероятностей сечений взаимодействия. Демонстрирует частично сформированное умение строить диаграммы Фейнмана, производить переход между графическим и аналитическим представлением амплитуды рассеяния. Имеет представление о способах поиска информации об экспериментальных исследованиях и их сопоставления с теоретическими расчётами.</p> <p><b>Хорошо</b> Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов расчета вероятностей сечений взаимодействия. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения строить диаграммы Фейнмана, производить переход между графическим и аналитическим представлением амплитуды рассеяния. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет приемами поиска информации об экспериментальных исследованиях и их сопоставления с теоретическими расчётами.</p> <p><b>Отлично</b> Сформированные систематические знания методов расчета вероятностей сечений взаимодействия. Сформированное умение строить диаграммы Фейнмана, производить переход между графическим и аналитическим представлением амплитуды рассеяния. Успешное и систематическое применение навыков поиска информации об экспериментальных исследованиях и их сопоставления с теоретическими расчётами.</p>

## ОПК.5

### Способен самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<b>ОПК.5.1</b> Проводит анализ информации в сфере профессиональной деятельности	Знает современные представления квантовой механики и физики частиц. Умеет на качественном уровне описывать процессы слабого и сильного взаимодействия, реакции превращения частиц. Владеет навыками построения диаграмм Фейнмана для слабого и сильного взаимодействия, поиска актуальной научной информации по тематике дисциплины.	<p><b>Неудовлетворител</b> Не знает современные представления квантовой механики и физики частиц. Не умеет на качественном уровне описывать процессы слабого и сильного взаимодействия, реакции превращения частиц. Не владеет навыками построения диаграмм Фейнмана для слабого и сильного взаимодействия, поиска актуальной научной информации по тематике дисциплины.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> Общие, но не структурированные знания современных представлений квантовой механики и физики частиц. Демонстрирует частично сформированное умение на качественном уровне описывать процессы слабого и сильного взаимодействия, реакции превращения частиц. Имеет представление о приёмах построения диаграмм Фейнмана для слабого и сильного взаимодействия, поиска актуальной научной информации по тематике дисциплины.</p> <p><b>Хорошо</b> Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных представлений квантовой механики и физики частиц. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения на качественном уровне описывать процессы слабого и сильного взаимодействия, реакции превращения частиц. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет приёмами построения диаграмм Фейнмана для слабого и сильного взаимодействия, поиска актуальной научной информации по тематике дисциплины.</p> <p><b>Отлично</b> Сформированные систематические знания современных представлений квантовой механики и физики частиц. Сформированное умение на качественном уровне описывать процессы слабого и сильного взаимодействия, реакции превращения</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> частиц. Успешное и систематическое применение навыков построения диаграмм Фейнмана для слабого и сильного взаимодействия, поиска актуальной научной информации по тематике дисциплины.

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Волновые релятивистские уравнения <b>Входное тестирование</b>	Владение элементарными представлениями о квантовой механике и атомной физике. Умение решать простейшие задачи для стационарного уравнения Шрёдингера.
<b>ОПК.1.1</b> Использует основные понятия, концепции, задачи и методы математических наук в профессиональной деятельности	Теория поля <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание свойств уравнений Клейна-Гордона и Дирака. Умение производить переход к нерелятивистскому пределу. Владение базовыми представлениями квантовой теории.
<b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике <b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Основные процессы квантовой электродинамики <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание формализма квантовой электродинамики. Умение описывать взаимодействие частиц с помощью диаграмм Фейнмана в первом и втором порядке теории возмущений.
<b>ОПК.5.1</b> Проводит анализ информации в сфере профессиональной деятельности	Основы физики элементарных частиц <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Знание подходов к описанию электромагнитных, сильных и слабых взаимодействий. Владение основными понятиями единой теории поля, квантовой хромодинамики.

## Спецификация мероприятий текущего контроля

### Волновые релятивистские уравнения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Вероятности переходов под действием возмущений	5
Уровни энергии в прямоугольной потенциальной яме	5

### Теория поля

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Скалярные, спинорные и векторные поля	8
Уравнение Дирака. Матрицы Дирака	8
Вывод и свойства уравнения Клейна-Гордона	7
Спин. Квантование полей	7

### Основные процессы квантовой электродинамики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Вычисление амплитуды рассеяния и вероятности процесса	8
Правила Фейнмана. Построение диаграмм. Соответствие вершин и линий элементам амплитуды рассеяния	8
Описание взаимодействия полей	7
Теория возмущений для матрицы рассеяния	7

### Основы физики элементарных частиц

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Единая теория слабых и электромагнитных взаимодействий. Теории Великого объединения.	10
Стандартная модель физики элементарных частиц	10
Основные элементы и понятия квантовой хромодинамики	10
Кварковая модель	10