

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Квантовая теория поля

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Фундаментальная физика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.11 Квантовая теория поля относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Демонстрация способности применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Знать основные релятивистские уравнения; теорему Нетер; метод канонического квантования; электронный и фотонный пропагаторы; матрицу рассеяния; коммутационные соотношения для операторов спинорного и электромагнитного полей; правила Фейнмана. Уметь находить решение уравнения Дирака в простейших случаях; использовать теорему Нетер для определения динамических инвариантов полей; вычислять вакуумные средние от произведений операторов полей; выражать амплитуды рассеяния для основных электродинамических процессов через диаграммы Фейнмана. Владеть теоретико-полевыми методами и использовать их (при необходимости) в исследованиях, связанных с физикой высоких энергий и физикой конденсированного состояния.	Задачи	Зачёт: Задачи Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>16</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>23</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Релятивистские уравнения	7	2	3	5	2
Тема 2. Классические поля: лагранжева формулировка, динамические инварианты, теорема Нетер	7	2	3	5	2
Тема 3. Глобальные и локальные симметрии	7	2	3	5	2
Тема 4. Спонтанное нарушение симметрии	7	2	3	5	2
Тема 5. Каноническое квантование полей. Скалярное поле	7	2	3	5	2
Тема 6. Квантовое спинорное поле	6	1	3	4	2
Тема 7. Квантование электромагнитного поля. Эффект Казимира	6	1	3	4	2
Тема 8. Взаимодействующие поля. Матрица рассеяния	6	1	3	4	2
Тема 9. Рассеяние электронов и позитронов внешним полем	6	1	3	4	2
Тема 10. Сечение рассеяния фотона электроном в низшем порядке теории возмущений	6	1	3	4	2
Тема 11. Перенормировка массы и заряда электрона	6	1	2	3	3
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	16	32	49	23

## Содержание разделов и тем дисциплины

- Тема 1. Релятивистские уравнения
- Тема 2. Классические поля: лагранжева формулировка, динамические инварианты, теорема Нетер
- Тема 3. Глобальные и локальные симметрии
- Тема 4. Спонтанное нарушение симметрии
- Тема 5. Каноническое квантование полей. Скалярное поле
- Тема 6. Квантовое спинорное поле
- Тема 7. Квантование электромагнитного поля. Эффект Казимира
- Тема 8. Взаимодействующие поля. Матрица рассеяния
- Тема 9. Рассеяние электронов и позитронов внешним полем
- Тема 10. Сечение рассеяния фотона электроном в низшем порядке теории возмущений
- Тема 11. Перенормировка массы и заряда электрона

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

- 1) Вайнберг С. Квантовая теория полей, т.1. М., ФМЛ, 2015, 648 с. — Режим доступа: ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/book/91164>

б) дополнительная литература:

1. Цвелик А.М. Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния. М., Физматлит, 2004, 320с. — Режим доступа: ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/book/2714>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/quantum.htm>
- 2) УрО РАН Лаборатория теоретической физики М.В.Садовский Лекции по квантовой теории поля, 2002 -379 с. [http://sadovski.iep.uran.ru/RUSSIAN/LTF/Q\\_fields.pdf](http://sadovski.iep.uran.ru/RUSSIAN/LTF/Q_fields.pdf)
- 3) Department of physic, University of California, Santa Barbara, Mark Srednicki Quantum Field Theory, 2006 -616 с. <http://web.physics.ucsb.edu/~mark/ms-qft-DRAFT.pdf>
- 4) Материалы кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ  
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/ft/index.html>

### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Решите задачи. Запишите полученный ответ.

1. Найти  $\gamma_\mu \hat{a} \hat{g} \gamma^\mu$ .

2. Показать Лоренц инвариантность интеграла

$$I = \int \frac{d^3 p d^3 q}{2E_p 2E_q} \delta^{(3)}(\mathbf{p} + \mathbf{q} - \mathbf{P}) \delta(E_p + E_q - P^0),$$

где  $E_p^2 = \mathbf{p}^2 + m^2$ ,  $E_q^2 = \mathbf{q}^2 + \tilde{m}^2$ . Вычислить  $I$  в системе координат, где  $\mathbf{P}=0$ .

3. Рассчитать эффект Казимира для действительного безмассового скалярного поля, заданного на интервале длиной  $L$  и удовлетворяющего нулевым граничным условиям.

4. В низшем порядке по  $\alpha$  найти сечение кулоновского рассеяния электронов  $\frac{d\sigma(\lambda_i, \lambda_f)}{d\Omega}$ .

Начальный поток электронов поляризован и характеризуется спиральностью  $\lambda_i=1$ , спиральность рассеянных электронов измеряется и равна  $\lambda_f=-1$ .

5. Для квантованного действительного скалярного поля

$$\hat{\phi}(x) = \int d\mathbf{k} (f_k(x) \hat{a}(\mathbf{k}) + f_k^*(x) \hat{a}^\dagger(\mathbf{k})) = \hat{\phi}^{(-)}(x) + \hat{\phi}^{(+)}(x),$$

где  $(x) = (t, \mathbf{x})$ , представить произведение операторов поля через N- произведение:

$$\hat{\phi}(x) \hat{\phi}(y) = \hat{N}(\hat{\phi}(x) \hat{\phi}(y)) + D(x-y).$$

Здесь  $f_k(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^3 2\omega_k}} e^{-i\omega_k t + i\mathbf{k}\mathbf{x}}$ ,  $\omega_k = \sqrt{\mathbf{k}^2 + m^2}$ ,  $\hat{N}$  - оператор нормального упорядочивания.

Найти выражение для функции  $D(x-y)$ .

6. Получить уравнения движения для векторного поля  $B^\mu(x)$ ,  $\mu=0,1,2,3$  с лагранжианом

$$L = -\frac{1}{2} \frac{\partial B^\nu}{\partial x^\mu} \frac{\partial B_\nu}{\partial x^\mu} + \frac{m^2}{2} B^\nu B_\nu + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial B^\alpha}{\partial x^\alpha} \right)^2.$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок.

Оценка	Критерии оценивания
	<p>Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.</p>
не зачтено	<p>Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.</p>

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Решите задачи. Запишите полученный ответ.

1. Какими законами сохранения запрещен процесс аннигиляции электрон-позитронной пары в 1 фотон?

2. Вычислить  $\sigma^{\mu\alpha}\sigma_{\mu\alpha}$ , где  $\sigma_{\mu\alpha} = \frac{i}{2}[\gamma_\mu, \gamma_\alpha]$ ,  $\gamma_\mu$  - матрицы Дирака.

3. Гамильтониан одномерного уравнения Дирака имеет вид:

$$\hat{H} = v_0 \sigma_x \hat{p}_x + m(x) v_0^2 \sigma_z,$$

где  $\sigma_{x,z}$  – матрицы Паули,  $v_0$  – некоторая скорость,

$$m(x) = \begin{cases} -m_1, & x < 0 \\ m_2, & x \geq 0 \end{cases}, \quad m_{1,2} > 0.$$

Найти решение уравнения Дирака, локализованное на границе  $x=0$ .

4. Для скалярного действительного поля  $\hat{\phi}(x)$  найти  $\langle 0 | \hat{T}(\hat{\phi}^4(x) \hat{\phi}^4(y)) | 0 \rangle$ . Ответ представить в виде диаграмм Фейнмана.

5. Для квантованного спинорного поля  $\hat{\psi}(x)$  найти двухчастичную функцию

$$D_{\alpha\beta}(x-y) = \langle 0 | \hat{\psi}_\alpha(x) \hat{\bar{\psi}}_\beta(y) | 0 \rangle.$$

*Указание:*

использовать разложение полевых операторов в импульсном пространстве и условие полноты для биспинорных амплитуд.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.



Оценка	Критерии оценивания
	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

- 1) Уравнение Дирака. Переход к нерелятивистскому приближению.
- 2) Лоренц-инвариантность уравнения Дирака.
- 3) Классические свободные поля. Лагранжиан. Теорема Нетер. Вектор энергии-импульса.
- 4) Непрерывные симметрии. Глобальная  $U(1)$  симметрия. Локальные симметрии и калибровочные поля.
- 5) Спонтанное нарушение симметрии. Голдстоуновские частицы. Эффект Хиггса.
- 6) Спинорное поле. Импульсное представление.
- 7) Электромагнитное поле. Калибровочная инвариантность и условие Лоренца.
- 8) Канонический формализм. Квантование скалярного поля. Фейнмановский пропагатор скалярного поля.
- 9) Квантование электромагнитного поля (калибровка излучения).
- 10) Квантование поля Дирака. Фейнмановский пропагатор.
- 11) Матрица рассеяния. Представления Шредингера, Гейзенберга. Представление взаимодействия.
- 12) Теория возмущений для S-матрицы.
- 13) Электромагнитное взаимодействие. Матричные элементы S-матрицы. Правила Фейнмана.

- 14) Нерелятивистская теория рассеяния. Борновское приближение.
- 15) Рассеяние электрона в кулоновском поле в низшем порядке теории возмущений.
- 16) Рассеяние электрона на электроне. Усреднение по спиновым поляризациям.
- 17) Комптоновское рассеяние.
- 18) Структура диаграмм матрицы рассеяния. Собственно-энергетические и вершинные диаграммы.
- 19) Эффективные линии. Уравнения Дайсона для функций Грина. Графическое уравнение для вершинной функции.
- 20) Перенормировка массы электрона.
- 21) Перенормировка заряда в КЭД. Перенормируемость квантовой электродинамики.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие

Оценка	Критерии оценивания
	отказа обучающегося от ответа.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Квантовая теория калибровочных полей : сб. статей / пер. с англ. под ред.[и с вступ. ст.] Н. П. Коноплевой. - М. : Мир, 1977. - 436 с. : ил. - (Новости фундаментальной физики ; вып. 8). - 2.50., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Цвелик Алексей М. Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния = Quantum Field Theory in Condensed Matter Physics / пер. с англ. П. М. Островского, Я. В. Фомина. - М. : Физматлит, 2004. - 320 с. - ISBN 5-9221-0237-0 (рус.). - ISBN 0-521-58989-4 (англ.) : 42.00., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- 1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/quantum.htm>
- 2) УрО РАН Лаборатория теоретической физики М.В.Садовский Лекции по квантовой теории поля, 2002 -379 с. [http://sadovski.iep.uran.ru/RUSSIAN/LTF/Q\\_fields.pdf](http://sadovski.iep.uran.ru/RUSSIAN/LTF/Q_fields.pdf)
- 3) Departament of physic, University of California, Santa Barbara, Mark Srednicki Quantum Field Theory, 2006 -616 с. <http://web.physics.ucsb.edu/~mark/ms-qft-DRAFT.pdf>
- 4) Материалы кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ  
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/ft/index.html>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Максимова Галина Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.