

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Квантовые эффекты при наличии границ БЗ.ДВ.1

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Хуснутдинов Н.Р.

**Рецензент(ы):**

Сушков С.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Сушков С. В.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Регистрационный No 698214

Казань

2014

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Хуснутдинов Н.Р. Кафедра теории относительности и гравитации Отделение физики, Nail.Khusnutdinov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Квантовые эффекты при наличии границ" являются получение знаний в области квантовых вакуумных эффектов полей различного спина при наличии границ; получение навыков расчета квантовых вакуумных эффектов.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла Б.3. в раздел дисциплины по выбору ДВ1. Требования к входным знаниям - квантовая механика, теория функций комплексной переменной, курсы общей физики. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: основной курс общей физики, основы математического анализа, линейной алгебры и аналитической геометрии, теории функций комплексной переменной, дифференциальные уравнения.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Квантовые явления, связанные с вакуумом различных полей. Эффект Казимира и Казимира-Полдера для различных граничных условий и для различных геометрий границы. Знать подход Лифшица для описания взаимодействия ван дер Вальса и Казимира различных диэлектрических тел и атомов.

2. должен уметь:

Вычислять энергию нулевых колебаний для различных геометрий границы. Применять полученные знания в практике.

3. должен владеть:

навыками расчета вакуумных величин методом дзета-функции.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Электромагнитный вакуум	8	1	3	3	0	тестирование
2.	Тема 2. Регуляризации и перенормировки вакуумной энергии.	8	2	3	3	0	устный опрос
3.	Тема 3. Эффект Казимира для двух идеальных металлических пластин.	8	3-4	4	4	0	устный опрос
4.	Тема 4. Эффект Казимира для ящика сферы и цилиндра.	8	4-5	4	4	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Взаимодействие атомов в вакууме.	8	5-6	4	4	0	устный опрос
6.	Тема 6. Силы Казимира и ван дер Вальса.	8	7-8	4	4	0	устный опрос
7.	Тема 7. Теория Лифшица сил ван дер Вальса.	8	8-9	4	4	0	устный опрос
8.	Тема 8. Теория Лифшица взаимодействия атома с поверхностью.	8	9-10	4	4	0	устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			30	30	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Электромагнитный вакуум

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Гармонический осциллятор. Разложение поля на гармонические осцилляторы. Квантование поля. Поле в пустом пространстве. Необходимость введения вакуума поля. Эффект Казимира для двух идеальных пластин. Эффект Унру. Простейшие вакуумные квантовые эффекты в искривленном пространстве-времени.

#### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Энергия нулевых колебаний в физике твердого тела.

### Тема 2. Регуляризации и перенормировки вакуумной энергии.

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Обрезающий множитель, метод раздвижки точек, метод обобщенной дзета функции. Формула Абеля-Плана. Выделение и устранение расходимостей в методе обобщенной дзета-функции. Формула ДеВитта-Швингера.

#### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Методы регуляризации. Метод Абеля-Плана.

### Тема 3. Эффект Казимира для двух идеальных металлических пластин.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Скалярный эффект Казимира для граничных условий Дирихле и смешанных граничных условий. Электромагнитный эффект Казимира. Эффект Казимира при ненулевой температуре. Спинорный эффект Казимира. Эффект Казимира для угла. Динамический эффект Казимира.

#### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Эффект Казимира для скалярного поля.

### Тема 4. Эффект Казимира для ящика сферы и цилиндра.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Эффект Казимира для ящика при нулевой и ненулевой температурах, функция Эпштейна. Эффект Казимира для сферических и цилиндрических границ.

#### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Температура в квантовой теории поля.

### Тема 5. Взаимодействие атомов в вакууме.

#### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Уравнение ван дер Вальса. Взаимодействие атомов в вакууме, без запаздывания (потенциал Лондона) с учетом запаздывания (потенциал Казимира-Полдера). Атом вблизи границы.

#### практическое занятие (4 часа(ов)):

Потенциал Лондона и Казимира-Полдера.

### Тема 6. Силы Казимира и ван дер Вальса.

#### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Силы между диэлектриками. Нулевая энергия колебаний вакуума и поверхностные моды. Силы между диэлектриками. Предел разреженной среды. Теории Лифшица и Бараша-Гинзбурга. Неаддитивность дисперсионных сил. Эффект Казимира при ненулевой температуре. Модель Казимира электрона.

#### практическое занятие (4 часа(ов)):

Поверхностные моды.

### Тема 7. Теория Лифшица сил ван дер Вальса.

#### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Формула Лифшица для двух полусфер при нулевой и ненулевой температурах. Теория Лифшица для анизотропных сред. Экспериментальное наблюдение эффекта Казимира.

#### практическое занятие (4 часа(ов)):

Теория Лифшица.

### Тема 8. Теория Лифшица взаимодействия атома с поверхностью.

#### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Формула Лифшица для атома над плоскостью, идеальный и реальный металлы. Взаимодействие атома с диэлектрической стенкой.

#### практическое занятие (4 часа(ов)):

Теория Лифшица для атома и стенки.

## 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Электромагнитный вакуум	8	1	подготовка к тестированию	4	тестирование
2.	Тема 2. Регуляризации и перенормировки вакуумной энергии.	8	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
3.	Тема 3. Эффект Казимира для двух идеальных металлических пластин.	8	3-4	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	Тема 4. Эффект Казимира для ящика сферы и цилиндра.	8	4-5	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
5.	Тема 5. Взаимодействие атомов в вакууме.	8	5-6	подготовка к устному опросу	6	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Силы Казимира и ван дер Вальса.	8	7-8	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
7.	Тема 7. Теория Лифшица сил ван дер Вальса.	8	8-9	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
8.	Тема 8. Теория Лифшица взаимодействия атома с поверхностью.	8	9-10	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
	Итого				48	

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Курс лекций и практических занятий, организованных по стандартной технологии в интерактивной форме с живым диалогом между преподавателем и студентом. Использование мультимедийных средств и Интернета.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Электромагнитный вакуум**

тестирование , примерные вопросы:  
Гармонический осциллятор. Разложение поля на гармонические осцилляторы. Квантование скалярного, векторного и фермионного полей. Поле в пустом пространстве. Необходимость введения вакуума поля. Эффект Казимира для двух идеальных пластин.

**Тема 2. Регуляризации и перенормировки вакуумной энергии.**

устный опрос , примерные вопросы:  
Методы регуляризации: обрезающий множитель, метод раздвижки точек, метод обобщенной дзета функции. Формула Абеля-Плана.

**Тема 3. Эффект Казимира для двух идеальных металлических пластин.**

устный опрос , примерные вопросы:  
Скалярный эффект Казимира для граничных условий Дирихле и смешанных граничных условий. Электромагнитный эффект Казимира. Эффект Казимира при ненулевой температуре.

**Тема 4. Эффект Казимира для ящика сферы и цилиндра.**

устный опрос , примерные вопросы:  
Эффект Казимира для ящика при нулевой и ненулевой температурах. Эффект Казимира для сферических и цилиндрических границ.

**Тема 5. Взаимодействие атомов в вакууме.**

устный опрос , примерные вопросы:  
Уравнение ван дер Вальса. Взаимодействие атомов в вакууме, без запаздывания (потенциал Лондона) с учетом запаздывания (потенциал Казимира-Полдера). Атом вблизи границы.

**Тема 6. Силы Казимира и ван дер Вальса.**

устный опрос , примерные вопросы:  
Силы между диэлектриками. Предел разреженной среды. Теории Лифшица и Бараша-Гинзбурга. Неаддитивность дисперсионных сил. Эффект Казимира при ненулевой температуре.

## **Тема 7. Теория Лифшица сил ван дер Вальса.**

устный опрос , примерные вопросы:

Формула Лифшица для двух полусфер при нулевой и ненулевой температурах. Теория Лифшица для анизотропных сред. Экспериментальное наблюдение эффекта Казимира.

## **Тема 8. Теория Лифшица взаимодействия атома с поверхностью.**

устный опрос , примерные вопросы:

Формула Лифшица для атома над плоскостью, идеальный и реальный металлы. Взаимодействие атома с диэлектрической стенкой.

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Контрольные вопросы.

1. Вторичное квантование скалярного поля.
2. Вторичное квантование электромагнитного поля.
3. Вторичное квантование спинорного поля.
4. Гармонический осциллятор.
5. Разложение поля на гармонические осцилляторы.
6. Эффект Казимира для двух идеальных пластин.
7. Силы между диэлектриками.
8. Взаимодействие атомов в вакууме без учета запаздывания, потенциал Лондона.
9. Взаимодействие атомов в вакууме с учетом запаздывания, потенциал Казимира-Полдера.
10. Формула Абеля-Плана.
11. Регуляризация обрезаящим множителем.
12. Регуляризация методом раздвижки точек.
13. Регуляризация методом обобщенной дзета функции.
14. Формула ДеВитта-Швингера.
15. Эффект Казимира для ящика.
16. Эффект Казимира для двух сферы.
17. Поляризация вакуума в для топологически нетривиальных ситуаций.
18. Поляризация вакуума в искривленном пространстве времени.
19. Силы ван дер Вальса.
20. Метод Лифшица для вычисления энергии поляризации вакуума.
21. Метод Лифшица для вычисления энергии атома вблизи стенки.

### **7.1. Основная литература:**

1.Ковалев В.А., Радаев Ю.Н. Элементы теории поля: вариационные симметрии и геометрические инварианты [Электронный источник]. Москва Физматлит 2009. - 150, [5] с. 2 л. портр.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2213](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2213) (издательство "Лань"

2. Квантовая теория : конспект лекций / Б. И. Кочелаев ; Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, Каф теорет. физики. - [2-е изд., перераб., доп. и испр.] . - Казань : [Казанский университет], 2013 .- 222 с. ; 21 .- Библиогр.: с. 222.

3. Квантовая физика и строение материи / В. А. Фок .- Изд. стер. - Москва : URSS : [ЛИБРОКОМ, 2013] .? 69, [1] с. ; 22 .- (Физико-математическое наследие : физика (квантовая механика)) .- На 4-й с. обл. авт.: В.А. Фок, классик теор. физики, акад. АН СССР, проф., чл.-корр. АН СССР .- Издание проверено.Пред.изд.1965 г. - ISBN 978-5-397-03855-3 ((в обл.)) .

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Степаньянц К.В. Классическая теория поля. - М.: Физматлит, 2009. - 544 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2328](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2328) (издательство "Лань")
2. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Квантовые поля. - М.: Физматлит, 2005. - 384 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2117](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2117) (издательство "Лань")

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Архив статей по физике - <http://arxiv.org>  
Методические пособия кафедры Теории относительности и гравитации -  
<http://old.kpfu.ru/f6/k6/index.php?id=15&idm=5>  
Н.Р. Хуснутдинов, Формула Абеля-Плана в примерах - [http://old.kpfu.ru/f6/k6/bin\\_files/apl27.pdf](http://old.kpfu.ru/f6/k6/bin_files/apl27.pdf)  
Н.Р. Хуснутдинов, Эффект Казимира. Метод дзета-функции -  
[http://old.kpfu.ru/f6/k6/bin\\_files/kazimir!26.pdf](http://old.kpfu.ru/f6/k6/bin_files/kazimir!26.pdf)  
Электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета - <http://lib.mexmat.ru/>

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

Освоение дисциплины "Квантовые эффекты при наличии границ" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Наличие компьютера с возможностью демонстрации материалов на экран.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Хуснутдинов Н.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Сушков С.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.