

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Томский государственный педагогический университет»
(ТГПУ)

УТВЕРЖДАЮ

Декан Физико-

математического факультета



Е.Г.Пьяных

« 26 » мая 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В. ДВ.4 Квантовая электродинамика твердых кристаллических тел

Трудоёмкость (в зачетных единицах) - 11

Направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль) подготовки: 01.04.02 Теоретическая физика

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная

Лекции	30							20	10
Практические занятия									
Семинары									
Лабораторные работы									
Другие виды аудиторных работ (экзамен)									
<i>Другие виды работ</i>	<i>366</i>	<i>36</i>	<i>72</i>	<i>36</i>	<i>36</i>	<i>36</i>		<i>52</i>	<i>98</i>
Самостоятельная работа	<i>366</i>	<i>36</i>	<i>72</i>	<i>36</i>	<i>36</i>	<i>36</i>		<i>52</i>	<i>98</i>
Реферат									
Расчётно-графические работы									
Формы текущего контроля		опрос	опрос	опрос	опрос	опрос		опрос	опрос
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом		зачет	зачет	зачет	зачет	зачет		зачет	зачет

5. Содержание учебной дисциплины

Все содержание дисциплины следует разбить на темы, охватывающие логически завершённый материал, определить объём каждого из видов аудиторных учебных занятий.

5.1. Разделы учебной дисциплины

№п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)	Аудиторные часы					Самостоятельная работа (час)
		Всего	Лекции	Практические (семинары)	Лабораторные	В т. ч. интерактивные формы обучения	
1.	Метод эквивалентных фотонов.	8	8	-	-	4	66
2.	Особенности квантовой электродинамики в кристаллических твердых телах.	6	6	-	-	3	60
3	Когерентные процессы в ориентированных кристаллах.	4	4	-	-	2	70
4	Явление каналирования заряженных частиц в кристаллах.	8	8			4	110
5	Теория излучения при каналировании.	2	2			1	30
6	Современные проблемы и приложения квантовой электродинамики в кристаллических твердых телах.	2	2	-	-	1	30
	Итого:	30	30	-	-	15	366

5.2. Содержание разделов дисциплины

1. *Метод эквивалентных фотонов.* Применение метод эквивалентных фотонов для вычисления сечения тормозного излучения электронов в поле атома. Рождение электрон – позитронных пар фотонами и заряженными частицами в поле атома.

2. *Особенности квантовой электродинамики в кристаллических твердых телах.* Кристаллическая решетка, электростатический потенциал решетки. Применение метод эквивалентных фотонов для вычисления сечений процессов в кристаллах. Условия возникновения когерентных эффектов в кристаллах. Возникновение некогерентной части в сечении процесса, как следствие тепловых колебаний атомов кристалла. Понятие о непрерывном потенциале кристаллографических осей и плоскостей.

3. *Когерентные процессы в ориентированных кристаллах*

Примеры когерентных процессов в ориентированных кристаллах:

1. Когерентное тормозное излучение релятивистских электронов в кристалле.
2. Когерентное фото – и электророждение электрон – позитронных пар в кристалле.
3. Когерентное образование атома позитрония фотоном (электроном) в кристалле.

4. Рождение e^+e^- пар релятивистскими ядрами в кристаллах с захватом электрона в связанное состояние с ядром мишенью

4. Явление каналирования заряженных частиц в кристаллах.

Различие между каналированием положительно и отрицательно заряженных частиц. Квантовое описание движения релятивистских заряженных частиц в режиме каналирования в кристаллах. Зонная структура энергий каналированных частиц.

5. *Теория излучения при каналировании.* Излучение при каналировании релятивистских электронов и позитронов в кристаллах. Особенности движения и излучения при плоскостном и осевом каналировании. Образование электрон – позитронных пар фотонами высокой энергии и релятивистскими заряженными частицами в непрерывном потенциале кристаллографических осей и плоскостей. Различие между когерентными процессами и каналированием. Учет периодичности кристалла в направлении движения каналированной частицы. Комбинационные эффекты в тормозном излучении и образовании электрон – позитронных пар в кристаллах.

6. *Современные проблемы и приложения квантовой электродинамики в кристаллических твердых телах.* Создание источников фотонов, позитронов и других частиц на основе кристаллических мишеней. Изогнутые кристаллы, применение изогнутых кристаллов для вывода пучков релятивистских частиц из ускорителей.

5.3. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература по дисциплине:

1. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Выпуск 3. Излучение. Волны. Кванты, Издательство: Либроком, 2013 г. - 242 с (на кафедре)

2. Давыдов А. Квантовая механика. Изд. БХВ-Петербург 2011. - 704 с.

6.2. Дополнительная литература

1. Тер-Микаэлян М.Л. Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях. - Ереван, Изд-во АН Арм.ССР, 1969. - 458с.

2. Кумахов М.А., Ширмер Г. Атомные столкновения в кристаллах - М.: Атомиздат.-1980.-192с.

3. Оцуки Е.-Х. Взаимодействие заряженных частиц с твердыми телами.- М.: Мир, 1985.

4. Калашников Н.П. Когерентные взаимодействия быстрых заряженных частиц в монокристаллах. - М.: Атомиздат.-1981.-224с.

5. Барышевский В.Г. Каналирование, реакции и излучение при высоких энергиях в кристаллах. - Минск: Изд-во Белорусского университета.-1982.-256с.

6. Воробьев С.А. Каналирование электронных пучков. М.: Атомиздат.-1984.-96с.

7. Кумахов М.А. Излучение каналированных частиц в кристаллах. - М.: Энергоатомиздат, 1986.

8. Базылев В.А., Жеваго Н.К. Излучение быстрых частиц в веществе и во внешних полях. - М.: Наука, 1987.

9. Рябов В.А. Эффект каналирования.- М.: Энергоатомиздат, 1994.

10. Байер В.Н., Катков В.М., Страховенко В.М. Электромагнитные процессы при высокой энергии в ориентированных кристаллах.- Новосибирск: Наука. 1989.

11. Ахиезер А.И., Шульга Н.Ф. Электродинамика высоких энергий в веществе.- М.: Наука. 1993.

12. Линдхард Й. // УФН, 1969, т. 99, вып. 2, с. 249.

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины.

Для успешного освоения дисциплины аспирантам рекомендуется посетить следующие адреса Веб-ресурсов: сайты библиотек – libserv.tspu.edu.ru (ТГПУ), lib.tpu.ru (ТПУ), lib.tsu.ru (ТГУ), elibrary.ru/defaultx.asp (Научная электронная библиотека), сайт xxx.lanl.gov, где имеются статьи по всем разделам физики, электронная библиотечная система «Книгофонд» <http://www.knigafund.ru/>; электронная библиотечная система «Библиотех» <http://www.bibliotech.ru/>; портал электронных книг - www.book-portal.info

6.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины .

Специального материально-технического оснащения не требуется.

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

7.1. Методические рекомендации (материалы) преподавателю

Реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий , поэтому первые пять семестров аспиранты самостоятельно изучают разделы дисциплины, общаясь с преподавателем на консультациях, готовясь к дискуссиям, которые проводятся во время аудиторных занятий в последних трех семестрах.

7.2. Методические рекомендации для аспирантов

Дисциплина предполагает знание аспирантами на высоком уровне классических университетских курсов Теоретическая физика, Высшая математика, Методы математической физики. Методика преподавания дисциплины построена таким образом, что аспиранты самостоятельно изучают разделы дисциплины в течение первых 5 семестров, при этом регулярно встречаясь с преподавателем на консультациях. В течение 6-8 семестров предусмотрены аудиторные занятия, половина которых проводится в форме дискуссии.

При самостоятельной работе аспирантам предлагается изучить основную и, при необходимости, дополнительную литературу, разобраться в физической постановке задачи заданной темы, перебрать варианты возможных решений задачи, выполнить математические преобразования, направленные на решение задачи, понять физический смысл решения.

8. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Проверка качества усвоения знаний в конце каждого семестра обучения осуществляется в форме зачета. Для контроля усвоения материала аспирантам предлагаются контрольные вопросы для самостоятельной подготовки. Кроме того, предлагаются вопросы к государственному экзамену.

8.1. Контрольные вопросы и задания для самоподготовки:

а) контрольные вопросы:

1. Метод эквивалентных фотонов.
2. Тормозное излучение.
3. Образование электрон позитронных пар.
4. Кристаллическая решетка и её электростатический потенциал.
5. Спектр эквивалентных фотонов от кристаллографической оси.

6. Понятие о спектре эквивалентных фотонов от кристалла.
7. Условия возникновения когерентных эффектов в кристаллах.
8. Учет влияние тепловых колебаний атомов кристалла.
9. Понятие о некогерентной части в сечении процесса.
10. Метод эквивалентных фотонов в кристаллах.
11. Способы решение задач квантовой электродинамики в кристаллах.
12. Явление когерентности.
13. Общая формула для сечения когерентных процессов.
14. Когерентное тормозное излучение.
15. Когерентное рождение электрон – позитронных пар в кристалле.
16. Когерентное рождение связанных электрон – позитронных пар в кристалле.
17. Явление каналирования заряженных частиц в кристаллах.
18. Понятие о непрерывном потенциале.
19. Осевое каналирование заряженных частиц.
20. Плоскостное каналирование заряженных частиц.
21. Квантование поперечной энергии.
22. Продольная волновая функция.
23. Поперечная волновая функция.
25. Уравнение поперечного движения.
26. Атом позитрония.
27. Понятие о над барьерном движение.
28. Различие между каналированием положительно и отрицательно заряженных частиц.
29. Критический угол каналирования.
30. Излучение при каналировании релятивистских частиц.
31. Излучение при надбарьерном движении.
32. Образование электрон – позитронных пар в непрерывном потенциале.
33. Комбинационные эффекты в кристаллах.
34. Использование кристаллических мишеней в современной физике.
35. Типы когерентных эффектов в кристаллах.

б) задания для самостоятельной работы:


1. Физические основы метода эквивалентных фотонов.
2. Когерентное образование нейтральных π мезонов фотонами в кристаллах.
3. Особенность когерентных процессов при плоскостной ориентации кристаллов.
4. Захват частиц в режим каналирования.
5. Деканалирование.
7. Каналирование в изогнутых кристаллах.
9. Излучение Вавилова – Черенкова каналированных частиц.

8.2. Перечень вопросов к государственному экзамену:

1. Физические основы метода эквивалентных фотонов.
2. Метод эквивалентных фотонов: вычисления сечения тормозного излучения электронов в поле атома.
3. Применение метод эквивалентных фотонов для вычисления рождение электрон – позитронных пар заряженными частицами в поле атома.

4. Сечение рождение электрон – позитронных пар фотонами в поле атома.
5. Электростатический потенциал кристаллографической решетки.
6. Применение метод эквивалентных фотонов для вычисления сечений процессов в кристаллах
7. Физические причины возникновения когерентных эффектов в кристаллах.
8. Возникновение некогерентной части в сечении процесса, как следствие тепловых колебаний атомов кристалла.
9. Нахождение спектра эквивалентных фотонов оси кристалла.
10. Когерентное тормозное излучение релятивистских электронов в кристалле.
11. Когерентное фоторождение электрон – позитронных пар в кристалле.
12. Когерентное электророждение электрон – позитронных пар в кристалле.
13. Сечение образования атома позитрония фотоном в поле атома.
14. Когерентное образование атома позитрония фотоном в кристалле.
15. Когерентное образование атома позитрония электроном в кристалле.
16. Образование электрон – позитронных пар релятивистскими ядрами в поле атома с захватом электрона в связанное состояние с ядром мишенью.
17. Когерентное рождение электрон – позитронных пар релятивистскими ядрами в кристаллах с захватом электрона в связанное состояние с ядром мишенью
18. Каналирование заряженных частиц в кристаллах.
19. Приближенное уравнение движения каналированных частиц в кристаллах.
20. Непрерывный потенциал кристаллографических осей и плоскостей.
21. Плоскостное каналирование позитронов.
22. Плоскостное каналирование электронов.
23. Осевое каналирование заряженных частиц.
24. Решение уравнения Дирака для плоскостного каналирования.
25. Излучение при плоскостном каналировании релятивистских частиц.
26. Решение уравнения Дирака для осевого каналирования.
27. Излучение при осевом каналировании релятивистских частиц.
28. Образование электрон – позитронных пар в непрерывном потенциале.
29. Влияние каналирования на когерентное тормозное излучение.
30. Влияние каналирования на когерентное рождение пар.
31. Уравнения Дирака для осевого каналирования, с учетом периодичности кристалла в направлении продольного движения.
32. Волновые функции осевого каналирования, с учетом периодичности кристалла в направлении продольного движения.
33. Основы теории комбинационных эффектов в кристаллах.


Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 года № 867

Рабочая программа учебной дисциплины составлена:  Ю.П. Кунащенко
д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической физики

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики протокол № 5 от 26 мая 2016 года.

Зав. кафедрой теоретической физики
д.ф.-м.н.  И.Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-математического факультета протокол № 9 от 26 мая 2016 года.

Председатель учебно-методической комиссии ФМФ
д.п.н, к.ф.-м.н., профессор КОФ  З.А.Скрипко

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ОПК-1

КОМПЕТЕНЦИЯ: *способность* самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- *обще профессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования «03.06.01 Физика и астрономия», уровень ВО аспирантура, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская, преподавательская.*

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ПК-1

КОМПЕТЕНЦИЯ: *способность* свободного владения знаниями фундаментальных разделов теоретической физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач;

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- *профессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования «03.06.01 Физика и астрономия», уровень ВО аспирантура, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская.*

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ПК-2

КОМПЕТЕНЦИЯ: *способность* использовать новейшие методы и достижения теоретической физики в своей научно-исследовательской деятельности;

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- *профессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования «03.06.01 Физика и астрономия», уровень ВО аспирантура, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская.*

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций

Компетенция (группы компетенций)	Уровни	Критерии	Формы оценивания/ вид деятельности
1	2	3	6
ОПК-1 ПК-1 ПК-2	1	Знает методы научного исследования в области теоретической физики, в том числе с использованием информационных и коммуникационных технологий	Материалы индивидуального проекта, фрагменты диссертационной и квалификационной работ, зачет
	2	Способность к научно-исследовательской деятельности в области теоретической физики в рамках научно-исследовательской группы	
	3	Способность к самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области теоретической физики	