

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 »  2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В. ДВ.2 Теория излучения заряженных частиц

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

Другие виды аудиторных работ (экзамен)									
<i>Другие виды работ</i>	366	36	72	36	36	36		52	98
Самостоятельная работа	366	36	72	36	36	36		52	98
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.	Общие свойства излучения релятивистских частиц.	8	8	-	-	4	76
2.	Синхротронное излучение ультрарелятивистского заряда.	6	6	-	-	3	70
3	Экспериментальное наблюдение синхротронного излучения.	4	4	-	-	2	54
4	Ондуляторное излучение.	8	8			4	100
5	Лазеры на свободных электронах.	2	2			1	36
6	Применение синхротронного излучения.	2	2	-	-	1	30
	Итого:	30	30	-	-	15	366

5.2. Содержание разделов дисциплины

1. Общие свойства излучения релятивистских частиц.

Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле произвольно движущегося точечного заряда. Угловое распределение мощности излучения релятивистского заряда, движущегося по окружности. Острая направленность излучения. Спектрально-угловое распределение излучения. Формула Шотта. Поляризационные свойства.

2. Синхротронное излучение ультрарелятивистского заряда.

Угловое распределение излучения. Спектрально-угловое распределение излучения в ультрарелятивистском приближении. Спектр излучения. Квантовые эффекты при синхротронном излучении.

3. Экспериментальное наблюдение синхротронного излучения.

Экспериментальное наблюдение синхротронного излучения и исследование его свойств. Источники синхротронного излучения. Принцип работы синхротронов и накопителей.

4. Ондуляторное излучение.

Качественное описание излучения при периодическом движении. Общие свойства излучения заряженной частицы, совершающей периодические колебания с дрейфом. Приближения сильного и слабого поля ондулятора. Плоский гармонический ондулятор. Спиральный ондулятор. Экспериментальное наблюдение ондуляторного излучения.

5. Лазеры на свободных электронах.

Принцип работы лазера на свободных электронах. Обзор современных лазеров на свободных электронах.

6. Применение синхротронного излучения.

Обзор основных направлений использования синхротронного излучения. Спектроскопия, применение в биологии, медицине, технологии (микролитография, микромеханика). Синхротронное излучение в астрофизике.

5.3. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература по дисциплине:

1. Ландау, Л.Д. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Изд.8-е, стереотип. - М.: Физматлит, 2012. – 536 с. (на кафедре)
2. Фетисов, Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ: учебное пособие. Физматлит, 2011. – 673 с. (на кафедре)

6.2. Дополнительная литература

1. Теория излучения релятивистских частиц / В. А. Бордовицын; под. ред. В. А. Бордовицына. - М.: Физматлит, 2002. – 576 с.
2. Михайлин, В.В. Синхротронное излучение / В.В. Михайлин, И.М. Тернов. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 263 с.
3. Hofman, A. The Theory of Synchrotron Radiation / A. Hofman. – Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
4. Тернов, И.М. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент / И.М. Тернов, В.В. Михайлин. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – 295 с.
5. Никитин, М.М. Ондюляторное излучение / М.М. Никитин, В.Я. Эпп. - М.: Энергоатомиздат, 1988.

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 (семинаров в диалоговом режиме, дискуссий, рецензирования аспирантами работ друг друга в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся). 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. Как потенциалы Лиенара-Вихерта зависят от расстояния и времени?
 2. Каким уравнением определяется момент времени, входящий в выражения для потенциалов?
 3. Как угловое распределение мощности излучения движущегося с ускорением точечного заряда зависит от величины заряда и величины ускорения?
 4. Как мощность излучения от величины заряда и ускорения?
 5. Нарисовать качественно диаграмму направленности синхротронного излучения ультрарелятивистского заряда.
 6. Написать формулу Шотта.
 7. Как соотносятся компоненты поляризации синхротронного излучения нерелятивистского заряда?
 8. Как соотносятся компоненты поляризации синхротронного излучения ультрарелятивистского заряда?
 9. Какими функциями описывается синхротронное излучение ультрарелятивистского заряда?
 10. Какие источники генерируют синхротронное излучение?
 11. Какой прибор называется ондулятором?
 12. Чем принципиально отличается спектр синхротронного и ондуляторного излучения?
 13. Каков критерий сильного и слабого поля ондулятора?
 14. Изобразите схематично угловое распределение компонент поляризации излучения плоского ондулятора.

15. Чем лазер на свободных электронах отличается от ондулятора?
16. Каковы преимущества лазера на свободных электронах?
17. В каких исследованиях и технологиях используется синхротронное излучение?

б) задания для самостоятельной работы:

1. История открытия синхротронного излучения и его теоретического и экспериментального исследования.
 2. Задание вектора в сферической системе координат.
 3. Поток вектора через поверхность.
 4. Разложение функций в ряд Фурье и Фурье преобразование функций.
 5. Вывод формулы для углового распределения мощности излучения заряда, движущегося по окружности.
 6. Классификация ускорителей элементарных частиц.
 7. Экспериментальное наблюдение ондуляторного излучения.
- 8.2. Перечень вопросов к государственному экзамену:
- 1 История открытия синхротронного излучения.
 - 2 Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле произвольно движущегося точечного заряда.
 - 3 Вывод углового распределения мощности излучения релятивистского заряда, движущегося по окружности.
 - 4 Спектрально-угловое распределение излучения. Формула Шота.
 - 5 Синхротронное излучение нерелятивистского заряда.
 - 6 Спектрально-угловое распределение излучения в ультрарелятивистском приближении.
 - 7 Спектр излучения ультрарелятивистского заряда.
 - 8 Квантовые эффекты при синхротронном излучении.
 - 9 Источники синхротронного излучения.
 - 10 Принцип работы синхротрона.
 - 11 Принцип работы накопителя.
 - 12 Спектр излучения заряженной частицы, совершающей периодические колебания с дрейфом.
 - 13 Приближения сильного и слабого поля ондулятора.
 - 14 Спектрально-угловое распределение излучения плоского гармонического ондулятора
 - 15 Спектрально-угловое распределение излучения спирального ондулятора
 - 16 Экспериментальное наблюдение ондуляторного излучения.
 - 17 Устройство лазера на свободных электронах.
 - 18 Движение заряженной частицы в поле лазера на свободных электронах.
 - 19 Когерентность излучения лазера на свободных электронах.
 - 20 Обзор современных лазеров на свободных электронах.
 - 21 Применение синхротронного излучения.

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:

д.ф.-м.н., профессор КТФ



В.Я.Эшп

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

Карты компетенций

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	

Divergent part of effective action in $6D, \mathcal{N} = (1, 0)$ super Yang-Mills-Hypermultiplet theory in harmonic superspace

1 Contribution $(Y^{++})^2$

In the pure Yang-Mills theory in $6D, \mathcal{N} = (1, 0)$ theory the one-loop effective action is defined by the quadratic part of the quantum action

$$S_2[v^{++}, \mathbf{b}, \mathbf{c}, \phi, V^{++}] = -\frac{1}{2} \text{tr} \int d\zeta^{(-4)} du v^{++} (4 \widehat{\square}_{(2,2)}) v^{++} + \text{tr} \int d\zeta^{(-4)} du \mathbf{b} (\mathcal{D}^{++})^2 \mathbf{c} + \frac{1}{2} \text{tr} \int d\zeta^{(-4)} du \phi (\mathcal{D}^{++})^2 \phi, \quad (1)$$

where the covariantly-analytic d'Alembertian reads

$$\widehat{\square} = -\frac{1}{8} (\mathcal{D}^+)^4 (\mathcal{D}^{--})^2 = \mathcal{D}_a \mathcal{D}^a + \mathcal{W}^{+\alpha} \mathcal{D}_\alpha^- + Y^{++} \mathcal{D}^{--} - \frac{1}{4} (\mathcal{D}_\alpha^- \mathcal{W}^{+\alpha}). \quad (2)$$

And the one-loop contribution to effective action has the form

$$\Gamma^{(1)}[V^{++}] = -i \text{Tr} \ln (\mathcal{D}^{++})^2 + \frac{i}{2} \text{Tr} \ln (\mathcal{D}^{++})^2 + \frac{i}{2} \text{Tr} \ln \widehat{\square}_{(2,2)} - \frac{i}{2} \text{Tr} \ln \widehat{\square}_{(4,0)}, \quad (3)$$

We note, that both first two traces are calculated in the space of analytic scalar superfield with zero charge. One can show [?] that last two traces in Eq.(3) does not contribute to divergent part of effective action.

Finally the one-loop contribution to effective action is defined by contribution from ghost fields and has the form

$$\Gamma^{(1)}[V^{++}] = -\frac{i}{2} \text{Tr} \ln (\mathcal{D}^{++})^2 = -i \text{Tr} \ln (\mathcal{D}^{++}) = i \text{Tr} \ln G^{(1,1)}. \quad (4)$$

Here $G^{(1,1)}(\zeta_1, u_1 | \zeta_2, u_2) = \langle \tilde{q}^+(\zeta_1, u_1) q^+(\zeta_2, u_2) \rangle$ is the superfield propagator for hypermultiplet in the τ -frame. This Green function is analytic with respect to both arguments and satisfies the equation

$$\mathcal{D}_1^{++} G_\tau^{(1,1)}(1|2) = \delta_A^{(3,1)}(1|2). \quad (5)$$

Here $\delta_A^{(3,1)}(1|2)$ is the appropriate covariantly analytic delta-function

$$\delta_A^{(q,4-q)} = (\mathcal{D}_2^+)^4 \delta^{14}(z_1 - z_2) \delta^{(q,-q)}(u_1, u_2). \quad (6)$$

Like in four-dimensional case [?] and [?] we will act by the operator $(\mathcal{D}_1^{--})^2$ on both sides of (5)

$$\mathcal{D}_1^{++} (\mathcal{D}_1^{--})^2 G^{(1,1)}(1|2) = (\mathcal{D}_1^{--})^2 \delta_A^{(3,1)}(1|2) = 2 \mathcal{D}_1^{++} (\mathcal{D}_2^+)^4 \frac{\delta^{14}(z_1 - z_2)}{(u_1^+ u_2^+)^3}. \quad (7)$$

Now, since the equation $D^{++} f^{-|q|} = 0$ has only the trivial solution $f^{-|q|} = 0$, after the action of the operator $(\mathcal{D}_1^+)^4$ we obtain:

$$(\mathcal{D}_1^+)^4 (\mathcal{D}_1^{--})^2 G^{(1,1)}(1|2) = -8 \widehat{\square} G^{(1,1)}(1|2) = 2 (\mathcal{D}_1^+)^4 (\mathcal{D}_2^+)^4 \frac{\delta^{14}(z_1 - z_2)}{(u_1^+ u_2^+)^3}. \quad (8)$$

Thus we obtain

$$G_\tau^{(1,1)}(1|2) = -\frac{1}{4} \frac{(\mathcal{D}_1^+)^4 (\mathcal{D}_2^+)^4 \delta^{14}(z_1 - z_2)}{\widehat{\square}_1 (u_1^+ u_2^+)^3}, \quad (9)$$