Министерство образования и науки Российской Федерации

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Физический факультет
Кафедра теоретической физики

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ
В ГЭК
Руководитель ООП
д-р физ.-мат.наук, профессор кафедры
оптики
_____О.Н. Чайковская
«_15_»_____мая_____2020 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И СПИН-ВИХРЕВЫЕ ЭФФЕКТЫ В ТЕОРИИ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Куликова Анастасия Витальевна

Научный руководитель
профессор, д-р физ.-мат.наук
_____В.А.Бордовицын
Подпись
«_15_»_____мая_____2020г.

Автор работы
аспирант
_____А.В.Куликова
Подпись

Томск - 2020

Сегодня теория релятивистского излучения — одна из ключевых физических теорий, что подтверждается фактом её применения как в физике высоких энергий и в спектроскопии твёрдого тела, так и в областях, напрямую не связанных с физикой: в наблюдении развития химических реакций, в исследовании структуры молекул ДНК, в экологии при анализе атмосферных аэрозолей, почвы и воды, наконец, в создании новых прогрессивных технологий макроэлектроники, микромеханики, конструировании новых композитных материалов и так далее.

Основы теории и, в частности, синхротронного излучения были заложены в работах российских физиков-теоретиков: В.В. Владимирского, Д.Д. Иваненко, А.А. Соколова, И.М. Тернова и других учёных из научной школы Московского и Томского государственных университетов [1, 2], однако нельзя не подчеркнуть вклад зарубежных физиков, таких как Г.А. Шотт, Ю. Швингер и других.

На данный момент свойства релятивистского излучения хорошо изучены и подтверждены экспериментально. Вместе с тем мы видим возможности улучшения некоторых элементов существующей теории с помощью более строгой атрибутики специальной теории относительности, на которой основана теория релятивистского излучения. Целью данной работы является исследование в рамках классической теории излучения ковариантными методами некоторых свойств излучения точечного источника (как заряда, так и магнитного момента).

В первой главе диссертации ковариантные методы теории релятивистского излучения применены для изучения общих свойств углового распределения полной мощности излучения заряженных частиц, а также для анализа соответствующих компонент линейно поляризованного излучения. Построены индикатрисы углового распределения мгновенной мощности излучения произвольно движущейся заряженной частицы. Показано, что, как и должно быть, как все эти индикатрисы, так и полная мощность излучения принимают абсолютно одинаковый вид при различном расположении траектории заряда относительно осей координат. Та же техника используется для исследования линейной поляризации излучения произвольно движущейся частицы. В этом случае интегральные компоненты линейной поляризации существенно зависят от пространственной ориентации траектории заряда относительно осей координат. Это проиллюстрировано на примерах изгибного и веерного излучений. В случае изгибного излучения орты линейной поляризации лежат в плоскости, перпендикулярной мгновенной скорости частицы, тогда как в случае веерного излучения – в плоскости, которая параллельна плоскости, соприкасающейся в момент излучения с траекторией частицы. Показано, что ковариантные методы теориии релятивистского излучения позволяют значительно упростить интегрирование угловых распределений излучения релятивистских зарядов.

Полученные результаты можно использовать для анализа углового распределения и поляризации излучения в задачах, для которых большое значение имеет ори-

ентация траектории излучающего заряда относительно используемого экспериментального оборудования. В нашей работе они применены к исследованию космического радиоизлучения, а именно, используются для построения профилей линейно поляризованного и полного излучения пульсаров. Профили построены для двух основных моделей излучения пульсаров. Согласно первой модели, почти всё излучение сосредоточено в плоскости, перпендикулярной магнитной оси пульсара, эта модель соответствует случаю веерного излучения. Вторая модель, соответствующая случаю изгибного излучения, была предложена Радхакришнаном и Куком. Согласно этой модели, релятивистские электроны движутся вдоль силовых линий магнитного поля и излучают благодаря кривизне последних. Нами развит предложенный в работах [3] и [4] универсальный кинематический метод построения профилей излучения пульсаров. Профиль излучения пульсара находится как линия пересечения вращающейся вместе с пульсаром поверхности углового распределения мгновенной мощности излучения потока очень быстрых заряженных частиц, испускаемых из магнитных полюсов пульсара в направлении линий напряжённости магнитного поля, с неподвижным в пространстве лучом зрения наблюдателя. Совпадение экспериментальных и теоретически построенных профилей излучения пульсаров позволяет найти ту или иную конфигурацию расположения источников излучения в наблюдаемых экспериментально пульсарах.

Во второй главе диссертации излагается путь построения полей излучения точечного источника в рамках формализма тензора Герца. Несмотря на то, что тензор Герца был введён очень давно, систематическое обсуждение этого уникального феномена на основе релятивистской ковариантной электродинамики фактически отсутствует. Нами рассмотрены свойства электромагнитных полей, которые возникают из орбитальной и поляризационной модификации релятивистского тензора Герца. Показано, что потенциалы Лиенара–Вихерта и потенциалы собственного магнитного момента релятивистской частицы определяются запаздывающими во времени четырёхмерными градиентами от орбитального и спинового тензоров Герца. Установлено, что полевые уравнения для орбитального тензора Герца формально аналогичны соответствующим уравнениям Максвелла, в которых роль плотности тока играют потенциалы Лиенара–Вихерта. Интересно, что волновые уравнения для орбитального тензора Герца непосредственно связаны с напряжённостями электромагнитного поля в конвективной и волновой зонах излучения электрического заряда. Рассмотрены также волновые уравнения для спинового тензора Герца.

В третьей главе обсуждаются свойства релятивистского излучения электромагнитного углового момента точечного источника излучения. Излучение, связанное со спином собственного магнитного момента частицы, или спиновый свет, известно в литературе. Тем не менее, некоторые вопросы интерпретации физических эффектов, возникающих при излучении спинового света, остаются всё же неясными. Принято,

например, считать, что источником спинового света при излучении релятивистского электрона является собственный магнитный момент этой частицы. Однако при более внимательном рассмотрении оказывается, что спиновое излучение возникает не только за счёт собственного магнитного момента электрона, но и за счёт той части излучения спина, которая не связана непосредственно с магнитным моментом, а имеет релятивистское чисто классическое происхождение, известное как прецессия Томаса. Так как сам магнитный момент электрона является источником излучения, связанного с прецессией Лармора, то излучение, возникающее за счет прецессии Томаса, более точно было бы назвать спин–вихревым излучением.

В нашей работе спин–вихревое излучение рассмотрено на конкретном примере смешанного релятивистского излучения заряд+собственный магнитный момент электрона в полуклассическом приближении, согласно которому траекторию частицы можно описывать чисто классически, а само излучение возникает из квантовых переходов с матричными элементами на основе волновых функций свободных дираковских частиц. Для смешанного излучения заряда и спинового магнитного момента электрона с учётом аномальной добавки получены спектрально–угловые характеристики излучения и полная мощность излучения, а также их поляризационные компоненты.

В четвёртой главе рассматривается электромагнитный угловой момент, создаваемый конвективными полями электрически заряженных релятивистских частиц в непосредственной близости от зарядов, где эти поля преобладают над полями чисто электромагнитного излучения. Получены спектрально-угловые характеристики излучения углового момента электромагнитного поля с учётом смешанного излучения в конвективной зоне. Проанализировано в рамках классической теории излучения происхождение некоторых интегральных эффектов электромагнитных взаимодействий, таких как электромагнитная масса, сила радиационного трения, а также аномальный магнитный момент электрона. Показано, что свойства углового момента электромагнитного поля определяются орбитальным характером движения излучающей частицы и зависят от электромагнитной массы этой частицы, которая в классической теории имеет точно такой же вид, как и в полуклассическом приближении, а также в квантовой электродинамике.

По результатам исследования опубликовано 13 работ. Из них 5 статей в журналах, входящих в перечень ВАК [5, 6, 7, 8, 9]. Результаты прошли апробацию на 14 конференция российского и международного уровня. Исследования проведены при поддержке 4 НИР, в том числе 1 НИР в рамках государственного задания. Все представленные в диссертации результаты получены, обработаны и проанализированы при непосредственном участии автора.

Список литературы

[1] Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. — М.: Энергоатомиздат. — 1986. — 286 с.

[2] Соколов А.А., Тернов И.М. Релятивистский электрон. — М.: Наука. — 1983. — 304 с.

[3] Бордовицын В.А., Эпп В.Я., Гущина В.С., Буленок В.Г. Метод кинематического проектирования профилей излучения пульсаров // Известия вузов. Физика. — 2000. — Т. 43. — №1. — С. 26 – 31.

[4] Bordovitsyn V.A., Epp V.Ya., Bulenok V.G. Kinematic Projecting of Pulsur Profiles // Proceedings of the 9th Lomonosov Conferece on Elementary Particle Physics (Moscow, MSU, 1999). — Singapore: World Scientific. — 2001. — P. 187 – 192.

[5] Багров В.Г., Бордовицын В.А., Буленок В.Г., Куликова А.В. Линейная поляризация излучения произвольно движущегося релятивистского заряда // Вестник Томского государственного педагогического университета. — 2014. — Вып. 12 (153). — С. 17 – 21.

[6] Bagrov V.G., Bordovitsyn V.A., Bulenok V.G., Kulikova Ã.V. Kinematic identification of the angular power distribution and the linear polarization of radiation of an arbitrarily moving charge // Russian Physics Journal. — Vol. 58. — №2. — P. 153 – 162.

[7] Багров В.Г., Бордовицын В.А., Куликова А.В. Проблема ковариантности в релятивистской теории излучения // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. — 2016. — №1. — С. 5 – 18.

[8] Bordovitsyn V.A., Kulikova Ã.V., Savitskaya Y.N. Classical aspect of the anomalous magnetic moment of the electron // Russian Physics Journal. — 2017. — Vol. 59. — №11. — P. 1846 – 1851.

[9] Бордовицын В.А., Куликова А.В. Угловой момент конвективного электромагнитного поля релятивистских заряженных частиц // Известия вузов. Физика. — 2020. — Т. 63. — №1. — С. 40 – 44.

АНТИПЛАГИАТ
ТВОРИТЕ СОБСТВЕННЫМ УМОМ

Отчет о проверке на заимствования №1

Автор: Куликова Анастасия Витальевна
Проверяющий: (anasta-kulikova@yandex.ru / ID: 1922751)

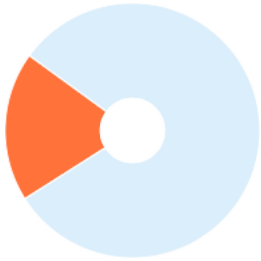
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат»- http://users.antiplagiat.ru

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 33
Начало загрузки: 22.06.2020 16:33:36
Длительность загрузки: 00:00:00
Имя исходного файла: Куликова_научный доклад.pdf
Название документа: Кинематические и спин-вихревые эффекты в ТРИ
Размер текста: 1 кБ
Тип документа: Выпускная квалификационная работа
Символов в тексте: 11402
Слов в тексте: 1360
Число предложений: 149

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
Начало проверки: 22.06.2020 16:33:37
Длительность проверки: 00:00:03
Корректировка от 22.06.2020 16:41:59
Комментарии: не указано
Модули поиска: Модуль поиска Интернет



ЗАИМСТВОВАНИЯ	САМОЦИТИРОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
19,28%	0%	0%	80,72%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.
Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	6,4%	7,3%	V.G. Bagrov, V.A. Bordovitsyn,...	http://stfi.ru	09 Сен 2016	Модуль поиска Интернет	6	7
[02]	1,31%	4,26%	http://vital.lib.tsu.ru/vital/acce...	http://vital.lib.tsu.ru	24 Янв 2020	Модуль поиска Интернет	1	4
[03]	0%	2,94%	http://vital.lib.tsu.ru/vital/acce...	http://vital.lib.tsu.ru	24 Янв 2020	Модуль поиска Интернет	0	3

Еще источников: 16
Еще заимствований: 11,57%