

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Янц Юлии Геннадьевны
«РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-
ГО ПОЛЯ, СОЗДАННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ИЛИ МАГНИТ-
НЫМ ДИПОЛЬНЫМ МОМЕНТОМ», представленную на соиска-
ние ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Рецензируемая диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы из 102 наименований, содержит 108 страниц основного текста и 15 рисунков. По своему объему и структуре работа удовлетворяет требованиям, установленным для кандидатских диссертаций.

Актуальность темы диссертационного исследования

Для нахождения решений реальных задач необходимы различные приближения. Система диполя является одной из наиболее изученных моделей, нашедшей широкое применение в различных областях физики. Замена настоящей физической системы моделью диполя является довольно грубым, но порой единственно возможным приближением, благодаря чему она претендует на особую роль при качественном исследовании того или иного процесса. С методической точки зрения привлекательность исследования дипольной модели заключается в возможности построить достаточно наглядную логическую цепочку от теоретического анализа исходных положений и выражений до вычисляемого результата конкретного эффекта.

Среди разнообразных вопросов, связанных с моделью диполя, неисследованными остались так называемые обратные задачи. Решение обратных задач для полей, создаваемых дипольным электрическим (магнитным) моментом исследовано значительно меньше. В физике релятивистских частиц обратные задачи для поля диполя возникают при исследовании колебаний атомов кристаллической решетки или динамики электронного газа после пролета заряженной частицы через кристалл.

Решение обратной задачи требуется при разработке источников излучения с заданными свойствами, таких как ондуляторы или лазеры на свободных электронах. Большое количество других практически важных проблем связаны с обратной задачей. Это локализация и идентификация формы трещин в упругих твердых телах по электромагнитному сигналу, генерация электромагнитного сигнала при землетрясениях или при суточных вариациях напряжения в земной коре и другие. В то же время, на практике размеры источника поля и расстояния между источником поля и наблюдателем малы в сравнении с характерной длиной волны, что позволяет использовать дипольное приближение. Отметим, что вопросы актуальности проведенного исследования достаточно хорошо раскрыты в диссертации.

Доказательность и достоверность выводов исследования

Теоретическое исследование проводилось на базе известных методов классической электродинамики, методов математического анализа. При компьютерном моделировании использованы хорошо апробированные численные методы и алгоритмы.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью применяемых методов и моделей, их адекватностью по известным критериям оценки изучаемых процессов, сходимостью полученных теоретических результатов с другими частными случаями и данными экспериментов.

Общая характеристика диссертационной работы

Первая глава посвящена изучению свойств электромагнитного поля электрического и магнитного дипольного моментов в ближней и дальней зонах. В частности, рассмотрены важные при решении обратных электродинамических задач свойства инвариантности электромагнитного поля, энергетические характеристики (вектор Умова-Пойнтинга), измеряемые на практике в ближней зоне, процессы переноса энергии полей линейно изменяющегося и вращающегося дипольного момента. Показано, что в ближней зоне, на расстояниях, сравнимых с характерной длиной волны, направление вектора потока энергии электромагнитного поля диполя существенно отличается от радиального направления. В дальней зоне полученные формулы асимптотически приближаются к известным формулам для дипольного излучения.

Во второй главе решена обратная задача поля изменяющегося со временем электрического диполя. Предполагается, что напряженности электрического и магнитного полей известны как функции времени и по ним определяются характеристики источника этого электромагнитного поля – временная зависимость вектора дипольного момента, положение этого момента в пространстве. Поставлен и разрешен вопрос об однозначности решения обратной задачи. Верификация некоторых результатов осуществлена решением частной задачи. Показано, что различия в найденных решениях обусловлены симметрией электромагнитного поля диполя относительно преобразования дипольного момента, неопределенность в решении обратной задачи зависит от того, в какой мере полученное решение базируется на знании электрического или магнитного поля.

В третьей главе представлено решение обратной задачи для случая, когда известна Фурье-составляющая магнитного поля в некоторой точке пространства или известен градиент Фурье-компоненты в окрестности этой точки, что весьма важно для практических применений. Показано, что знание Фурье-компоненты вектора магнитного поля только в одной точке пространства недостаточно для полного решения обратной задачи. Однако, если известны градиенты Фурье-компонент магнитного поля в окрестности некоторой точки, то решение обратной задачи позволяет определить координаты источника поля и Фурье-компоненты дипольного момента с точностью до масштабного множителя. Кроме этого, указано, что решение обратной задачи может быть представлено в разных формах. Продемонстрирован перевод возможных форм друг в друга с использованием уравнений связи. В главе рассмотрены вопросы единственности и устойчивости полученных решений обратной задачи, приведен пример решения обратной задачи для Фурье-компонент магнитного поля, представлена проверка полученных формул при решении модельной численной задачи.

Каждая глава сопровождается краткими выводами. Общие итоги по работе представлены в заключении. Они соответствуют заявленным цели и задачам исследования, характеризуют заявленные научную новизну и практическую значимость работы.

Отметим некоторые положительные в методическом плане моменты. Автор хорошо использует метод аналогий. Например, на стр. 29 приводится аналогия между полученными результатами, касающимися обмена энергией между полем и источником поля и деления мощности тока на реактивную и активную составляющие. На стр. 34 даются практические рекомендации для измерения рассматриваемых величин.

В содержательном плане материал диссертации изложен последовательно, физически и математически грамотным языком, факты и предложения аргументированы и доказаны, оформление в целом качественное.

Оригинальные части диссертации содержат **новые научные результаты**. В частности, определены ограничения однозначности решения обратной задачи для электромагнитного поля точечного дипольного момента. Впервые решена обратная задача в случаях, когда исходные полевые характеристики являются функциями времени в некоторой точке пространства и когда заданы Фурье-компоненты магнитного поля диполя. Показано, что для плотности потока энергии поля в ближней зоне существует две составляющие, подробно изученные в работе. По известным спектральным величинам магнитного поля определены координаты источника поля и Фурье-компоненты дипольного момента. Указаны условия устойчивости и единственности полученных решений рассматриваемых обратных задач.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в исследовании поля дипольного момента в ближней и дальней зонах и процессов переноса энергии в этих областях, возможностях восстановления динамики диполя по создаваемым им полям. Спектральная постановка и решение обратной задачи важна для изучения процессов, сопровождаемых возникновением и изменением локализованного распределения электрического заряда. Она связана с практически важными обратными задачами, когда измерения поля производятся на некоторой частоте или в определенном диапазоне частот, что имеет место, например, при механоэлектрических преобразованиях в бетоне, землетрясениях.

Публикации и автореферат

Основные положения и результаты диссертационной работы Ю.Г. Янц опубликованы в статьях, вышедших на протяжении последних 6 лет, из них три статьи в научных журналах, включенных в системы цитирования SCOPUS и Web of Science, РИНЦ, что соответствует современным требованиям ВАК РФ для диссертаций на соискание степени кандидата наук. Автореферат отражает содержание диссертационной работы и личный вклад автора.

При оценке диссертационной работы следует сделать **следующие замечания**.

– На стр. 55 рассматривается численная модель определения напряженностей полей методом конечных разностей и, в частности, указывается, что «погрешность можно существенно уменьшить, если использовать более точные методы численного

дифференцирования». Однако, сам автор в работе не приводит сравнительных расчетов, что на мой взгляд было бы полезно. Возможно, при более точном расчете обнаружатся некоторые более «тонкие» моменты моделирования?

– На стр. 47, на мой взгляд, допущена некоторая неточность. А именно говорится о решении уравнений (2.8) и (2.9), но не сказано, относительно какой функции. Хотя на стр. 46 в последнем абзаце говорится об уравнениях для компонент вектора H_1 . Следует также отметить, что решения уравнений (2.8) и (2.9) относительно P_y и P_z могут отличаться на различные постоянные, «поскольку неопределенный интеграл содержит произвольную постоянную» по словам автора.

– Большая часть излучения приходится на «экваториальную» зону. Желательно было, чтобы автор прояснил, что означает «большая часть», и нельзя ли указать какая по величине. Такое же замечание и относительно слов «имеет малую радиальную составляющую» (стр. 33).

– Не завершено предложение «Показано, что ... поля, имеет не только радиальную компоненту.» (стр. 33).

В работе имеются мелкие опечатки, так на стр. 36 "формулы (1.31) дает" должно быть «дают», на стр. 51 в первом абзаце «... напряженность магнитного поля, которое...» должно быть «... напряженность магнитного поля, которая...». Весьма часто в тексте употребляется слово «ноль» (стр. 24, 27, 52, 63, 70), хотя речь идет о равенстве нулю. На рис. 1.4 и 1.5 трудно разобрать, какие величины и их значения напечатаны.

Некоторые замечания имеются по оформлению автореферата: текст мелкий, без абзацных отступов, обозначения на рисунках трудноразличимы, подрисовочные подписи малоинформативны.

Общая оценка

Указанные выше замечания не снижают по существу общую научную значимость диссертационной работы.

Считаю, что квалификационная работа Юлии Геннадьевны Янц является законченным исследованием и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика, а сама она заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Доктор физико-математических наук,
заведующий кафедрой теоретической физики
Адыгейского государственного университета
385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 208
e-mail: stvb2006@rambler.ru

Ученый секретарь ФГБОУ ВПО «АГУ»



В.Б. Тлячев
22 05 2014 г.
А.А. Куваева