

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ МИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

А.И. Кошевой, С.В. Лобан, Е.И. Никитенко

Кафедра информационных технологий,

Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого

Гомель, Республика Беларусь

E-mail: {andrew.miller.ins, siarhei.smit, gordonfreeman259}@gmail.com

В работе выполнено исследование влияния размера частицы на значение интенсивности электромагнитного поля

ВВЕДЕНИЕ

В скором времени математическое и численное моделирование распределения электромагнитного поля станет неотъемлемой, а, возможно, доминирующей частью естественнонаучных исследований и высокотехнологичных работ. Особенно важна роль указанных методов исследования для анализа процессов, экспериментальное исследование которых по тем или иным причинам затруднено, а порой и вообще невозможно.

На сегодняшний день заметно расширилась область применения рассеяния электромагнитного излучения различными веществами. С ним сталкиваются специалисты таких разнообразных областей наук как радиофизика, астрофизика, биофизика, экология, оптика атмосферы, гидрооптика, оптика полимеров, медицина, коллоидная химия, физика конденсированного состояния. Их всех объединяют возникающие задачи по определению характеристик материальных сред, рассеивающих излучение и представляющих собой частицы конечных размеров различной формы. Причем в качестве упрощенной модели таких частиц чаще всего используют частицы сферической, сфероидальной и цилиндрической формы.

В докладе поставлена цель исследовать влияние размера частицы на значение интенсивности электромагнитного поля под действием плоской электромагнитной волны. Актуальность проводимых исследований закономерностей распределения электромагнитного поля обусловлена следующими факторами:

- возможность синтеза новых и усовершенствованных материалов с заранее заданными физико-химическими свойствами;
- использование в программах атмосферной коррекции спутниковых снимков;
- решение проблемы очистки природных и сточных вод;
- получение информации о быстро протекающих процессах.

И это далеко не полный список применения аналитического метода Ми. Таким образом, возникает необходимость дальнейшего исследования данной области.

I. ОПИСАНИЕ ТЕОРИИ МИ

Теория Ми позволяет найти строгое решение для задачи рассеяния плоской электромагнитной волны на однородном, изотропном шаре радиуса a с известным относительным комплексным показателем преломления m .

Рассеивание света сферической частицей – классическая задача электродинамики, решенная в 1908 году Густавом Ми (Gustav Mie) для частицы любого размера.

Аналитическое решение Ми имеет свои достоинства и недостатки. Достоинства:

- расчет электромагнитного поля вблизи сферической частицы по теории Ми является
- аналитическим и как следствие точным решением этой задачи;
- этот метод одним из самых быстрых, и при этом самых точных решений;
- возможность расчета значения электромагнитного поля в произвольной точке пространства.

Недостатки:

- сложность в реализации семейства функций Бесселя.

II. ИССЛЕДОВАНИЕ

Было проведено исследование влияния радиуса частицы на электромагнитное поле вблизи сферической диэлектрической частицы (H_2O), находящейся в вакууме под действием плоской линейно поляризованной электромагнитной волны. Радиус частицы варьировался от 24 нм до 56 нм, а длину волны примем равным 405 нм.

Результаты исследований Ми представлены на рис. 1 – 4. Графики 1 – 3 показывают зависимость амплитуды $|E|$ при различных радиусах частицы от расстояния до её центра. На графике 4 изображена зависимость амплитуды $|E|$ в заданной точке от радиуса частицы.

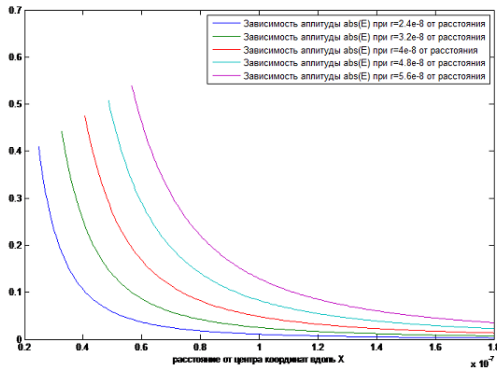


Рис. 1 – Зависимость амплитуды $|E|$ при различных радиусах частицы от расстояния до её центра (по OX)

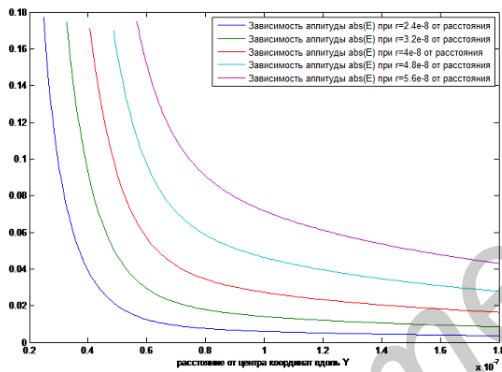


Рис. 2 – Зависимость амплитуды $|E|$ при различных радиусах частицы от расстояния до её центра (по OY)

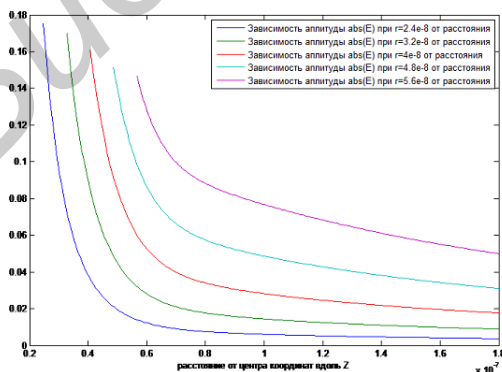


Рис. 3 – Зависимость амплитуды $|E|$ при различных радиусах частицы от расстояния до её центра (по OZ)

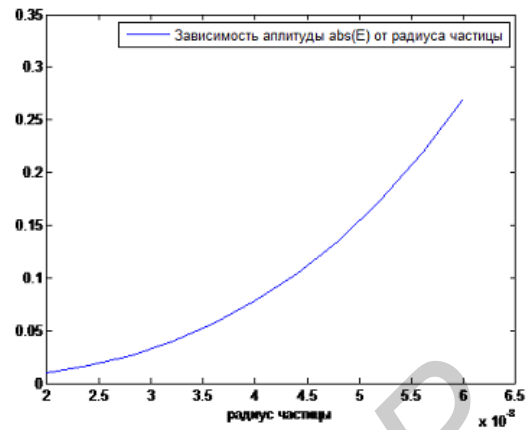


Рис. 4 – Зависимость амплитуды $|E|$ в заданной точке от радиуса частицы

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что с увеличением радиуса частицы увеличивается и амплитуда рассеянного электромагнитного поля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы было проведено исследование влияния размера частицы на значение интенсивности электромагнитного поля под действием плоской электромагнитной волны. Для этого было реализовано программное обеспечение, в котором для решения поставленной задачи используется теория Ми.

Было проведено исследование по влиянию радиуса частицы на электромагнитное поле. На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что с увеличением радиуса частицы увеличивается и амплитуда поля. Сравнение с другими пакетами, в том числе с популярным пакетом Meep, показало адекватность полученных результатов. Алгоритмы, в основе которых лежит аналитическое решение Ми являются более точными, в отличие от численных методов моделирования, где используются предположения. Также плюсом данных алгоритмов является возможность расчёта электромагнитного поля в произвольной точке без вычисления значения в других точках плоскости.

1. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами / К. Борен, Д. Хафмен. – СПб.: Москва, 1986.
2. Ван де Хюлст, Г. Рассеяние света малыми частицами / Г. Ван де Хюлст. – СПб.: Москва, 1961.
3. Стрэттон, Дж. Теория электромагнетизма / Дж. А. Стрэттон. – СПб.: Питер, 1948.
4. Ung, Sheng. Interference of surface waves in a metallic nanoslit / B. Ung and Y. Sheng. – Optics Express, 2007.
5. Rakic et al., Optical properties of metallic films for vertical – cavity optoelectronic devices / Rakic et al. – Applied Optics, 1998.
6. Laurens, Oughstun. Electromagnetic impulse, response of triply distilled water / J.
7. Johnson, G. Meep / G. Johnson // MIT [Electronic resource]. – 2013. – Mode of access: <http://ab-initio.mit.edu/wiki/index.php/Meep>. – Date of access: 07.12.2013.