

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ НЕИНЕРЦИАЛЬНЫХ И ЭКВИВАЛЕНТНЫХ
ИМ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ**

К.М. Зейде

Уральский Федеральный Университет, Институт радиоэлектроники и информационных
технологий – РтФ, департамент радиоэлектроники и связи

Россия, г.Екатеринбург, ул. Мира, 32, 620078

E-mail: k.m.zeyde@urfu.ru

Не так давно, в рамках теории относительности, появилось важнейшее доказательство явления, которое структурирует строгие формулировки, выдвинутые Эйнштейном. Речь, конечно, идет об уже неоднократно успешном детектировании гравитационных волн [1]. Это открытие, ко всему прочему, дает начало новым направлениям научных исследований. Данная работа посвящена рассмотрению методологий параметрической сегментации пространства, в котором, требуемый анализ распространения электромагнитных волн обусловлен, в том числе, релятивистскими эффектами. Такое пространство может быть связано с неинерциальной системой отсчета. Для космических исследований особый интерес представляют как вращающиеся системы отсчета, которые за счет центробежной силы и силы Кориолиса, оказывают влияние на электромагнитные поля, перемещающиеся в них, так и ускорено движущаяся, вдоль выбранной прямой, материя. По известному принципу эквивалентности такие системы могут быть описаны пространством с внешним силовым полем. Таким полем, зачастую (особенно в космосе) является гравитационное.

Влияние сильных гравитационных полей на электромагнитные волны хорошо изучено и давно применяется на практике (т.н. гравитационная линза) [2]. Во многом благодаря несоответствию действительных и ожидаемых значений такого рода взаимодействий, была предложена концепция темной материи, наполняющей пространство Вселенной и не оказывающей прямого действия на электромагнитные волны. Вакуум во внешнем силовом поле, ровно, как и вращающаяся система отсчета, уже сама по себе, является анизотропной и дисперсионной средой для электромагнитных волн. Гравитационная волна, в чистом виде, является возмущением среды, изменяющим ее параметры, по отношению к распространяющимся в ней электромагнитным волнам. Такое «электромагнитно-гравитационное» взаимодействие, как на уровне полей, так и на уровне волн, представляет колоссальный интерес для науки и техники. Приближенные формулы, описывающие уточненный, внешней гравитацией, индекс рефракции известны достаточно давно [2]. Более корректно, однако, в этом контексте использовать понятие дефлексии (эксперимент по установлению угла дефлексии для Солнца описан в [3]).

Задача формулируется следующим образом: в некотором, ограниченном произвольной силуэтной функцией пространстве (как трехмерном, так и четырехмерном), в котором действуют определенной природы силы, распространяется электромагнитная волна. Необходимо определить тензор постоянной распространения γ^i_j . При известной величине, возможно получить любую требуемую информацию, как о силах, действующих в системе, так и о самом пространстве или источнике электромагнитных волн. В рамках работы рассматриваются различные методы сегментации пространства:

- положениями MDR [4];
- элементарными рассеивателями [5];
- кластеризация положениями теории возмущений [6];
- эквивалентными электромагнитными массами.

Наиболее перспективным для решения релятивистских задач электродинамики, по мнению автора, является последний метод. Параметрическая сегментация основывается на нахождении целевой функции разбиения, и, в зависимости от ее свойств, (стабильность, катастрофическое поведение, особые точки) сегменты пространства формируются не из принципа равенства размеров, а из принципа наиболее гладкого изменения искомой величины. Задача решается нахождением зависимости полевых характеристик от локальных координат системы, согласно

теореме Флоке. Переход осуществляется от записи составляющих электромагнитного поля в пространственных гармониках при разложении Фурье, к целевой функции от координат системы. Для двумерных задач выбирается цилиндрическая система координат (ρ, φ, Z) , тогда как для трехмерных – сферическая (ρ, φ, θ) . Одна из возможных сегментаций вращающейся с нерелятивистской скоростью сферы, представлена на рис. 1. S – вектор Пойтинга падающего поля, l_0 – линейный размер сегмента, α – сектор декомпозиции. Во всех сегментах сосредоточена равная электромагнитная масса, получаемая из принципа эквивалентности энергии и массы, и равная:

$$m = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 E^2 \Delta V}{c^2},$$

где ε_r – относительная диэлектрическая проницаемость сегмента, ΔV – объем сегмента. Остальные обозначения величин, соответствуют общепринятым в электродинамике.

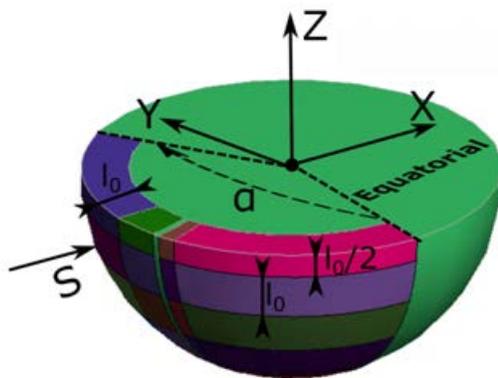


Рис. 1. Сегментация вращающейся сферы

Адекватность предложенного алгоритма была проверена верификацией полученных данных с ранее опубликованными работами, в которых описывается аналитический подход [7]. Для проверки работы алгоритма сегментирования тел сложной формы, необходимо проводить натурный эксперимент, так как пока не существует достоверных алгоритмов расчета, с которыми можно было бы сравнить предлагаемые результаты. На данный момент производятся завершающие этапы планирования эксперимента по детектированию полей первого порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abbott B.P., LIGO and Virgo collaborations. GW170104: Observation of a 50-solar-mass binary black hole coalescence at redshift 0.2 // *Physical Review Letters*. – 2017. – Vol. 118. – pp 1-16.
2. Яковлев О.И. Распространение радиоволн в космосе. – М.: Наука, 1985. – 216 с.
3. Fomalont E.B., Sramek R.A. Measurements of the solar gravitational deflection of radio waves in agreement with general relativity // *Physical Review Letters*. – 1976. – Vol. 36. – pp 1475-1478.
4. Зейде К.М. Оценка оптимальной пространственно-временной дискретизации в задачах слежения за вращающимися целями с использованием MDR // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2016. – Т. 21. – № 5. – С. 46–51.
5. Кюркчан А.Г., Смирнова Н.И. Решение задач дифракции методом элементарных рассеивателей // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2011. – Т. 16. – № 8. – С. 5–10.
6. Зейде К.М., Пирожков Д.В. Реализация кластерного метода описания анизотропной среды в рамках теории возмущений // *ИТ: глобальный вызовы и новые решения: Труды Форума молодых ученых*. – М.: Эдитус. – 2017. – С. 80–86.
7. De Zutter D. Scattering by a rotating dielectric sphere // *IEEE Trans. On antennas and propadat*. – 1980. – Vol. AP-28. – No. 5.