

УДК 681.7.064

К.И. РУСАКОВ, З.В. РУСАКОВА, С.В. ЧУГУНОВ
Брест, БрГТУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ СВЕТА НА МИКРОСФЕРАХ

Физические явления, обусловленные электромагнитным взаимодействием между малыми частицами, в настоящее время вызывают большой интерес у исследователей. Для описания рассеяния света можно использовать

статистический подход при большом количестве частиц в рассматриваемой задаче [1]. Такой подход справедлив для размеров частиц, сравнимых с длиной волны и для новых применений, где изучаемые среды могут быть образованы из очень плотных несферических частиц (например, порошки). В этих случаях частицы расположены очень близко друг к другу. Поскольку одиночная частица в состоянии сконцентрировать энергию в области ближнего поля, то возможно возникновение электромагнитного сцепления между близкими частицами. Методы, основанные на теории Лоренца-Мия, в которых полагают, что каждая частица только рассеивает падающий свет, не могут использоваться для нескольких близких частиц. Каждая частица также рассеивает свет, рассеянный другими. В этом случае происходят процессы многократного и зависимого рассеяния. Для изучения многократного рассеяния были развиты новые алгоритмы, но в них требуется учитывать форму частиц и статистические свойства среды.

При рассмотрении взаимодействующих сферических частиц мы хотим учесть элементарные наблюдаемые физические явления. В нашем случае при расчетах использован алгоритм Т-матрицы. Отклик рассеяния определялся при помощи диаграммы рассеяния и нормализованного поперечного сечения обратного рассеяния.

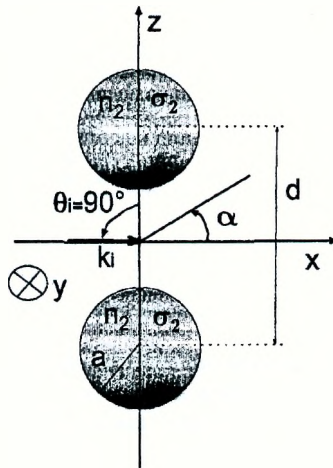


Рисунок 1 – Геометрическая схема рассеяния света на двух частицах

Рассмотрим однократное и многократное рассеяние. Геометрия системы представлена на рисунке 1. Падающая волна является монохроматиче-

ской плоской волной с длиной λ в свободном пространстве с волновым вектором, направленным перпендикулярно к общей оси этих двух частиц ($\theta_i = 90^\circ$ и $k_i = k_x$). Ее поляризация линейна: поскольку волновой вектор k_i лежит в плоскости $(0, x, z)$, различают две линейные поляризации $E_i = E_y$ (электрическое поле вдоль оси Y) или $H_x = H_y$ (магнитное поле направлено вдоль оси Y).

Другая поляризация может быть описана как сумма этих двух линейных волн. Частицы, на которых происходит рассеяние, – одинаковые сферы с радиусом a , определяемым условием $ka = 2$. Частицы являются микроскопическими, их размер может быть сравним с длиной волны, но они не находятся в режиме рэлеевского рассеяния.

Для изучения особенностей одиночного и многократного рассеяния нормализованное поперечное сечение обратного рассеяния (НПСОР) нескольких сферических частиц было рассчитано как функция расстояния между их центрами (рисунок 2).

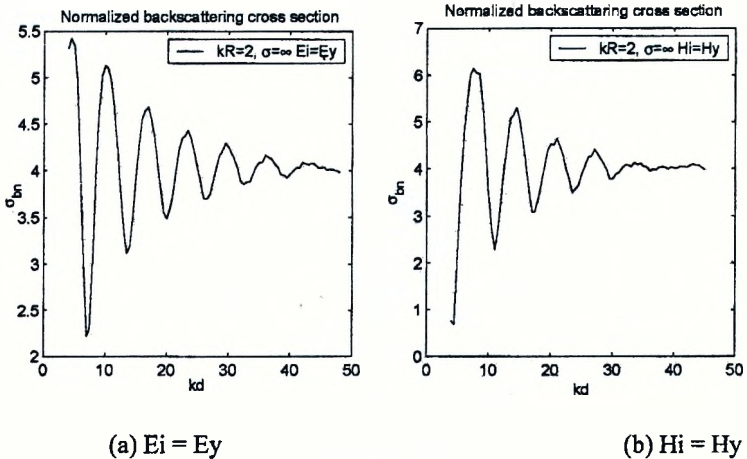


Рисунок 2 – Нормализованные сечения обратного (НСОР) рассеяния света для одной и двух сфер с $ka = 2$ и $\sigma_2 = \infty$, $\Theta_i = 90^\circ$ ($k_i = k_x$) и двух поляризаций световой волны

В соответствии с рисунком 2 для идеально проводящих сфер, при малых расстояниях d между ними имеют место осцилляции нормализованного поперечного сечения обратного рассеяния с периодом $kd = 2\pi$. Можно сказать, что обратное рассеяние максимально, когда расстояние между этими двумя сферами является кратным значительному числу длин волн. При увеличении расстояния между сферами, когда kd становится боль-

шим, НПСОР стремится к постоянной величине, которая в четыре раза больше, чем у одной сферы.

Таблица 1 – Нормализованные сечения обратного (НСОРС) и прямого (НСПРС) рассеяния света для одной и двух сфер с $ka = 2$ и $\sigma_2 = \infty$. $\Theta_1 = 90^\circ$ ($k_1 = k_x$) и $N_1 = N_y$

Количество сфер	kd	НСОРС	НСПРС	4 π СОРС	4 π СПРС
1	-	1	5.16	4	20.6
Количество сфер	kd	НСОРС	НСПРС	π СОРС	π СПРС
2	45	4	20.59	4	20.55
2	10	5.2	17.86	5.2	17.84

Результаты вычислений также свидетельствуют, что поляризация падающей волны не имеет никакого влияния на величину НСОРС, но изменяет расстояния kd, при которых наблюдаются резонансы. Фактически асимптотическая величина НСОРС соответствует конструктивной интерференции этих двух частиц, которые можно рассматривать как два круглых источника в интерференционной схеме Юнга. Эта аналогия может быть расширена на диаграмму рассеяния не только в одиночном рассеянии, но также и в случае многократного рассеяния.

Таким образом, моделирование демонстрирует возможность управления обратным рассеянием за счет варьирования параметра kd. В итоге мы получаем одиночное или многократное рассеяние в зависимости от расстояния d между соседними микросферами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Light scattering by dust particles in microgravity: polarization and brightness imaging with the new version of the PROGRA2 instrument / J.B. Renard [et al.] // Applied Optics. – 2002. – Vol. 41, No 4. – P. 609–618.