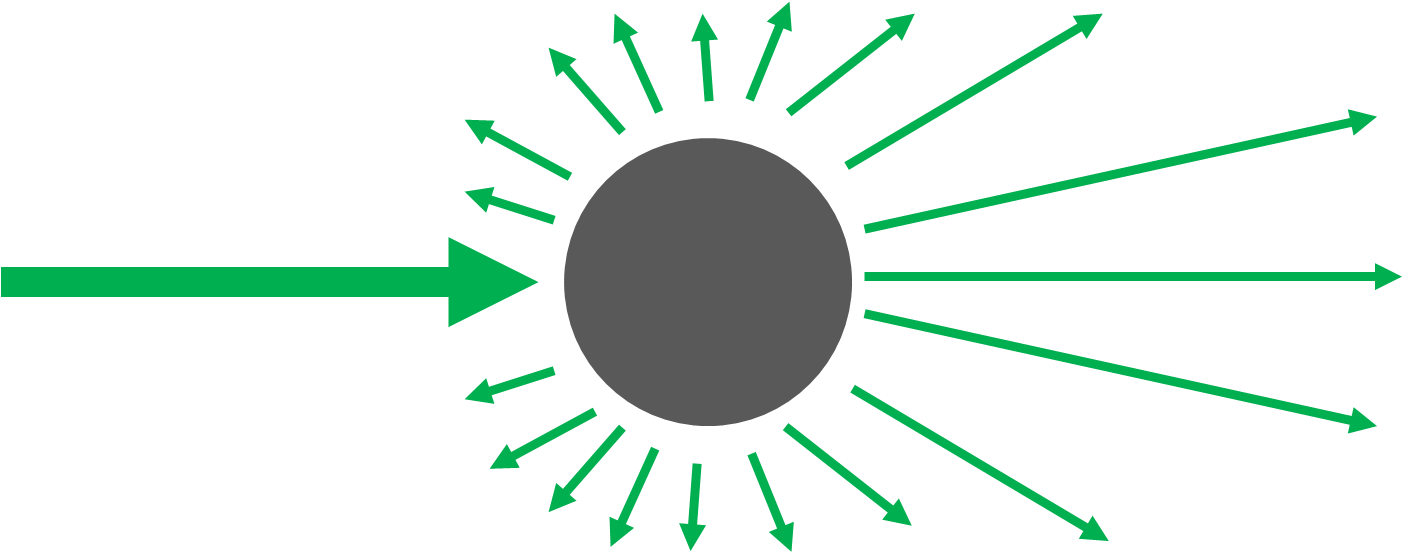
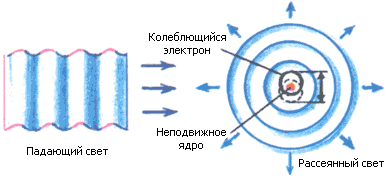
**Рассеяние электромагнитных волн на сферических частицах**

Прежде чем говорить о теории рассеяния, следует понять основы процесса рассеяния и основы электромагнитной теории.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА РАССЕЯНИЯ.



По своей сути рассеяние света состоит в том, что световая волна, проходя сквозь некую среду, вызывает колебания электронов в атомах этой среды. Эти электроны, в свою очередь, вызывают вторичные волны, распространяющиеся во всевозможных направлениях. Эти волны и являются рассеянным светом. Чем быстрее колеблются электроны, тем выше интенсивность рассеяния, то есть при увеличении частоты падающего света рассеяние возрастает, или уменьшается при увеличении частоты волны.

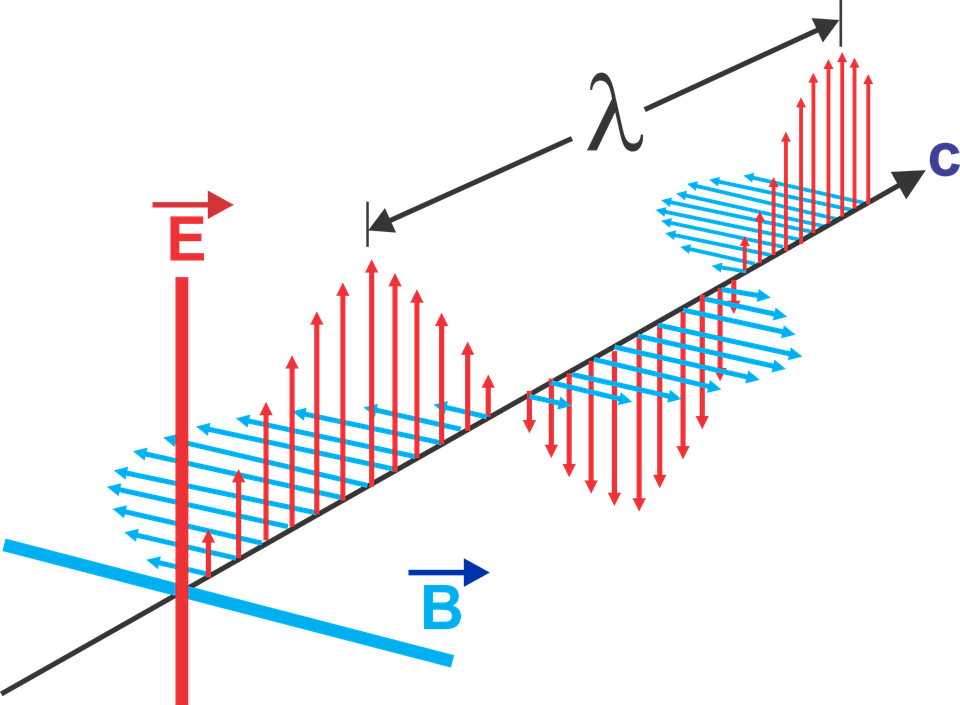


В неоднородной среде волны света дифрагируют на мелких неоднородностях среды, порождаю картину дифракции в виде почти равномерного распределения интенсивности по всем направлениям. В однородной же среде рассеяния происходить не будет, потому что вторичные волны будут полностью гасить друг друга по всем направлениям.

Однако, в реальности идеально однородных сред не существует. В случаях, когда мы считаем, что среда однородна, мы имеем в виду постоянность среднего числа молекул в единице объема элемента среды, но в каждый момент времени число молекул в этом элементе различается.

Уравнения Максвелла для макроскопического электромагнитного поля внутри вещества:

где E – напряженность электрического поля, B – магнитная индукция, D – электрическая индукция, H – напряженность магнитного поля, ρ – плотность заряда, j – плотность тока.



Ряд уравнений, называемых материальными, дополняет уравнения Максвелла. Они имеют следующий вид:

*B =*

где σ – проводимость, - диэлектрическая сопротивляемость, - магнитная проницаемость среды. Коэффициенты , и σ принято называть коэффициентами макроскопической теории. Они зависят от свойств рассматриваемой среды, при этос среда линейна, однородна и изотропна.

При рассмотрении задачи дифракции огромное значения имеют гармонические поля, называемые также монохроматическими. Это поля, изменяющиеся по синусоидальному закону. Они записываются в форме:

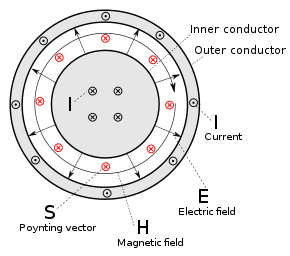
*F = A cos ωt + B sin ωt.*

A и B — вещественные векторные поля, не зависящие от времени, хоть и могут зависеть от пространственных координат.

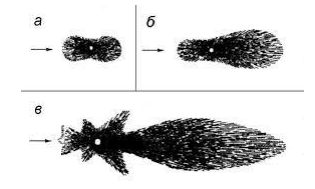
Имеются два возможных комплексных представления временных множителей для гармонического поля: *exp(-iωt), exp(iωt).* В связи с тем, что они комплексны, выбор множителей не принципиален.

Первичное электромагнитное поле, называемое падающим, обозначается ). Воздействуя на объект, на его поверхности образуется электромагнитное поле, известное как рассеянное. Обозначается с индексом s. Полное поле — векторная сумма падающего и рассеянного полей ().

Вектор Пойнтинга — определяемый в любой точке произвольного поля и характеризующий его мощность и направление *S = [EH].*



Наглядной характеристикой рассеяние света служит индикатриса рассеяния – кривая, графически отображающая различие в интенсивностях света, рассеянного в разных направлениях. C помощью индикатрисы рассеяния можно описать явление рассеяния света.

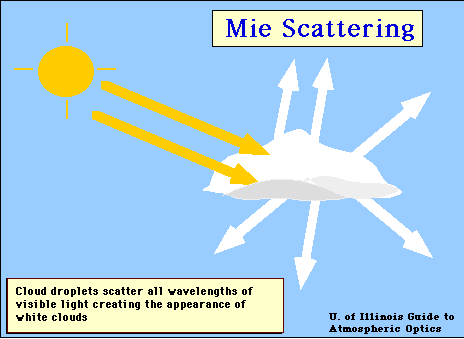


*Индикатриса рассеяния частиц трех различных размеров: а – малые частицы (λ/10), б – большие частицы (λ/4), в – частицы с размерами больше λ*

Как видно из иллюстрации, индикатриса рассеяния будет симметричной для частиц, диаметр которых сильно меньше длины волны. При больших размерах частиц растёт количество рассеянного света в направлении падающей световой волны — так называемый эффект Ми.

ТЕОРИЯ МИ.

Для измерения рассеяния на частицах, диаметр которых больше длины волны, применима теория Ми, разработанная Густавом Ми в 1908 году.



*Самый простой пример рассеяния Ми, наблюдаемый нами ежедневно — рассеяние солнечного света облаками. По этой причине облака имеют белый (или серый при большом количестве капель) цвет.*

Несмотря на то, что данная теория была разработана для объяснения вопросов разнообразности окраски металлических растворов, она нашла основное применение в сфере атмосферной оптики, химии, существуют даже попытки её применения в диагностике некоторых заболеваний.

Наша же цель — использовать теорию светорассеяния Ми для подтверждения возможной экранирующей способности аэрозолей и их применения в системах защиты информации. Для этого попробуем разобраться в математическом аппарате теории Ми.

Обозначим электромагнитное поле частицы как (), а поле вне частицы в виде суперпозиций падающего и рассеянного полей (), где

*,,*

а k – волновой вектор, соответствующий внешней среде. Данные поля удовлетворяют векторному волновому уравнению Гельмгольца:

*,*

Введём векторные гармоники M (магнитные) и N (электрические), чьи дивергенции равны нулю и ротор M пропорционален N (и наоборот):

*и .*

*ψ* — производящая функция для векторных гармоник M и N, вектор c — направляющий вектор.

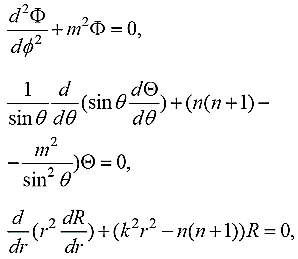
Решение задачи сводится к решению скалярного волнового уравнения вида:



Его решения можно найти методом разделения переменных в виде:

*ψ(r,**θ,ϕ) = R(r)Θ(θ)Ф(ϕ)*

которые после подстановки дают три отдельных уравнения:



где константы m и n берутся из дополнительных условий, определяемых функцией *ψ*.

Обозначим все три уравнения как (I), (II) и (III) сверху вниз.

Решением (I) будут функции вида:

*,*

Решениями (II) являются присоединённые функции Лежандра первого рода . Решения (II) конечны при *θ = 0* и *θ = π*.

Линейно независимые решения (III) выражаются бесселевскими функциями первого и второго рода:

*,*

*).*

В конечном счёте окончательным решением уравнения будет являться так называемый ряд Ми:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В настоящей работе вскользь рассмотрен математический аппарат теории рассеяния Ми для сферических частиц произвольного размера. Предпринята попытка простым языком и без приведения сложных и излишне громоздких математических расчетов объяснить основы процесса рассеяния.