

Использование параметров объема для моделирования частиц в задаче интерпретации сигнала обратного рассеяния от приземного слоя атмосферы

Г. П. Арумов, А. В. Бухарин

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия. E-mail: tumbul@iki.rssi.ru

Коэффициенты обратного рассеяния и экстинкции для эквивалентного экрана можно смоделировать посредством сферического сегмента и усеченного конуса. При этом геометрия указанных фигур позволяет смоделировать отношение базовых коэффициентов в широком диапазоне. Такая особенность приводит к минимизации влияния некорректной обратной задачи, поскольку для описания эквивалентной модели рассеивающего объекта требуется минимальный набор микрофизических параметров. Дальнейшим развитием такого подхода является использование эквивалентного сечения и концентрации эквивалентных рассеивающих частиц. Метод применим для несферических частиц, сечения которых являются выпуклыми геометрическими фигурами.

Способ решения:

1. Набор 2d и 3d экранов (экран толщиной L) для измерения ненормализованных моментов: $E(S)$, $E(S^2)$
2. Измерение поперечных искажений пучка (поля зрения)

Поперечные искажения пучка:

$$z/z_1 = C\sqrt{S_e/S_0} / (\sqrt{S_e/S_0} + 1), \text{ где } S_e = S_{2l} = \frac{E(S^2)}{E(S)}$$

Ненормализованный момент k-ого порядка

$$Sum(S^k) = \sum_i S_i^k, \quad k=1, 2, 3, \dots$$

Экран с монодисперсными пятнами площадью S_e дает такое же ослабление и угловое искажение пучка как исследуемый экран

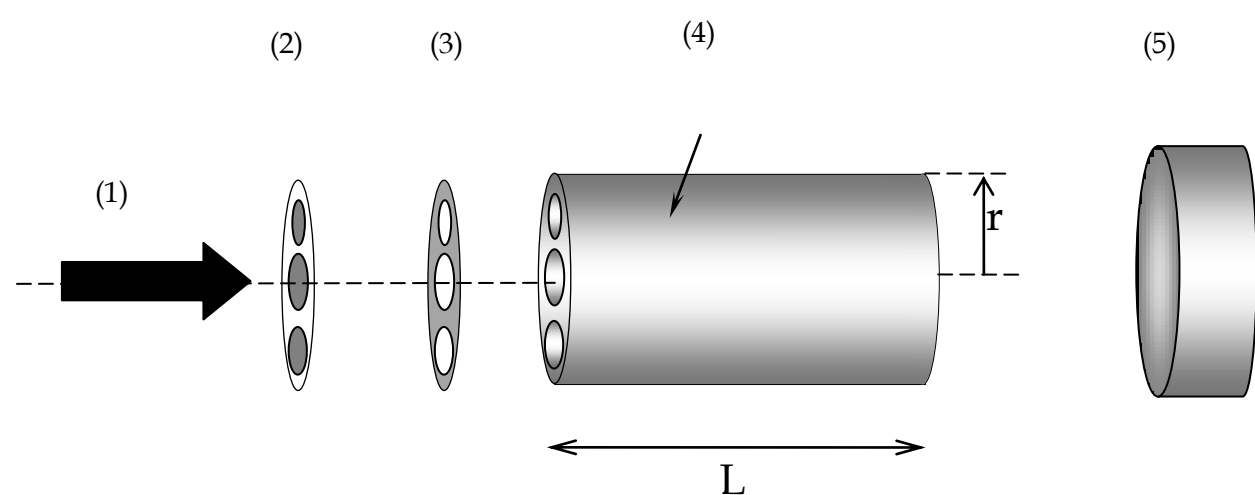


Иллюстрация использования трех типов экранов для моделирования угловой трансформации пучка в рассеивающей среде. Цифрой (1) показано направление зондирующего пучка, (2) экран 2d(p), (3) экран 2d(n), (4) экран 3d(n), (5) приемный канал.

Для 2d экрана сила света $I_{e1}(0,0) = I_0 \left(\frac{T}{K_s} \right) \sum_{i=1}^N S(i)$ Для 2d экрана ненормализованным моментом первого порядка является коэффициент пропускания 2d экрана.

Для 3d экрана поток излучения и сила света $\Phi_{e2}(L,0) = \frac{I_0}{L^2} \left(\frac{T}{K_s} \right) K_L \sum_{i=1}^N S^2(i)$ $I_{e2}(L,0) = \frac{I_0}{L^2} \left(\frac{T}{K_s} \right)^2 K_L \sum_{i=1}^N S^2(i)$

$$\frac{\Phi_{e2}(L,0)L^2}{I_{e1}(0,0)K_L} = \frac{\sum_{i=1}^N S^2(i)}{\sum_{i=1}^N S(i)}$$

В левой части измеряемые величины. Для их измерения необходимо измерение коэффициентов K_S и K_L ,

K_S - угловой коэффициент рассеяния,

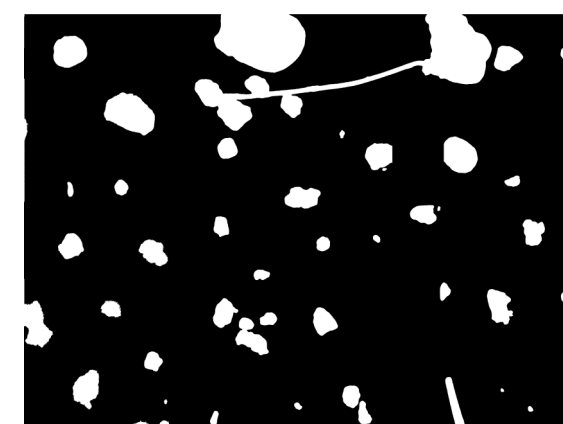
K_L характеризует телесный угол выходящего излучения.

$$\frac{\alpha}{2\pi\beta} = \frac{\sigma_e}{\sigma_\beta} = G \frac{R^2}{r^2}, \text{ где } \alpha = \sigma_e n \quad \beta = \frac{\sigma_\beta n}{2\pi} \quad \sigma_e = 2\pi R^2 \quad \sigma_\beta = \frac{\pi r^2}{2}$$

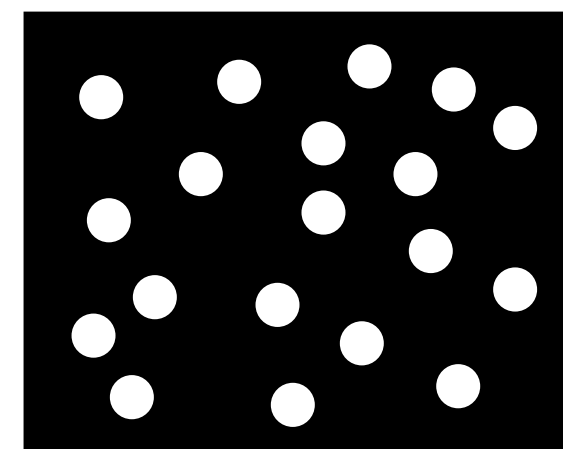
Комбинированный цифровой снимок (контрастный 2d(p) экран)



2d(n) экран с прозрачными пятнами S_i , ($i=1, \dots, N$) (негатив от предыдущего снимка)



Изготовленный в некотором масштабе эквивалент 2d(n) экрана с монодисперсными прозрачными пятнами S_e



Вывод. Предложен подход для определения микроструктуры рассеивающего объекта, являющегося эквивалентом исследуемого рассеивающего слоя по основным базовым коэффициентам (КОР, КЭ) и угловой трансформации пучка. Такой объект (эквивалентный экран) состоит из монодисперсных рассеивающих частиц. Эквивалентные поперечные сечения указанных частиц выражаются через отношения моментов второго и первого порядков для поперечных сечений частиц. Эти моменты могут быть измерены по цифровым снимкам, а так же посредством фотометрии с помощью 2d, 3d экранов. Преимуществами данного подхода являются возможность минимального использования априорной информации о рассеивающей среде при описании эквивалентного экрана (функция распределения по сечениям частиц, мнимая и действительные части коэффициента преломления). Предложенный метод имеет перспективы метрологического обеспечения, так как переход от набора лидарных данных к эквивалентному экрану является однозначным и переход от исследуемого рассеивающего объекта к эквивалентному экрану также является однозначным.

Литература

1. Арумов Г. П., Бухарин А. В. Использование ненормализованных моментов для определения статистических параметров несферических частиц по их изображениям. Измерительная техника. 2017. №11. С. 22-26.
2. Арумов Г. П., Бухарин А. В. Трехмерные экраны для измерения ненормализованных моментов. Измерительная техника. 2018. №9. С. 44-48.
3. Градус Л. Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии. - М.: Химия, 1979. 232 с.