

Material Suplementar para “Espalhamento de Luz e Dinâmica Populacional de Aerossóis: Uma Proposta Experimental para o Ensino de Processos Atmosféricos”

Anexo I

Física Geral e Experimental IV Estudo do espalhamento da luz por um meio com concentração variável.

Introdução

O estudo da interação da radiação com moléculas e partículas em suspensão no ar é um campo muito importante para se descrever o efeito destas partículas sobre a radiação absorvida e espalhada pelo meio. Em se tratando da interação da radiação com partículas, as teorias de que descrevem esse fenômeno são o **espalhamento Rayleigh** [3] e o **espalhamento Mie** [2].

O **espalhamento Rayleigh** ocorre quando as partículas têm dimensões muito menores que o comprimento de onda da radiação incidente. A intensidade da radiação espalhada, neste caso, é proporcional ao inverso da quarta potência do comprimento de onda. Isto implica que radiações com comprimento de onda menores (como o azul) são espalhadas mais intensamente que as de maior comprimento de onda (como o vermelho).

O **espalhamento Mie** descreve a interação da radiação com partículas cujo tamanho é da ordem do comprimento de onda da radiação incidente. Nesse caso do espalhamento Mie, a intensidade da radiação espalhada não depende fortemente do comprimento de onda, mas apresenta forte dependência com o ângulo de espalhamento.

Aerossóis atmosféricos, por exemplo, possuem tamanhos variados, interagem com a radiação principalmente através do espalhamento Mie, o que reduz a intensidade do feixe de luz, seja por absorção, ou

pelo desvio do feixe da sua trajetória original.

De forma geral, a taxa de decréscimo da intensidade de um feixe de luz que atravessa uma camada infinitesimal de um meio contendo material particulado em suspensão é descrita pela **lei de Beer-Lambert** [4]. De acordo com essa lei, a intensidade da luz decai exponencialmente, ou seja, a radiação perde sempre uma fração constante de sua intensidade por unidade de comprimento percorrido.

Objetivo

Investigar a relação entre a concentração de névoa fria e a intensidade de luz transmitida através dela, utilizando um laser e um luxímetro.

Materiais

- Laser de diodo ($\approx 650\text{ nm}$) comercial;
- Luxímetro ICEL-LD510;
- Fonte de névoa fria (umidificador ultrassônico);
- Celular para registro dos vídeos.

Procedimento Experimental

Montagem e alinhamento do equipamento:

- 1 Ajustar o laser de modo que o feixe esteja alinhado com os orifícios de entrada e saída do tubo do circuito.

- 2 Posicionar o luxímetro em frente ao orifício de saída, de modo a que o feixe incida no centro do sensor.

Medidas Iniciais - Ajuste da concentração de névoa

- 1 Ligar o laser e registrar a intensidade da luz sem névoa na câmara (condição de referência), anotando essa intensidade como I_0 ;
- 2 Verificar o funcionamento do luxímetro e do laser, ajustando o luxímetro para garantir medição correta da intensidade máxima do feixe;
- 3 Isolar o conjunto circuito+sensor de fontes externas de luz cobrindo-o com a caixa;
- 4 Ligar o umidificador e aguardar até que o fluxo se estabilize;
- 5 Ajustar a intensidade do umidificador (aumentando ou diminuindo) até perceber uma variação na intensidade medida pelo luxímetro. Marcar esta posição no controle do umidificador;
- 6 Ajustar a vazão para 50% do valor máximo, observando se há leitura no luxímetro.

Aquisição dos Dados

Medidas da transmitância - concentração da névoa constante.

Nesse grupo de medidas, o estudante **manterá** o umidificador ligado mantendo uma concentração da névoa constante no interior do circuito.

- 1 Ligar o laser.
- 2 Com o umidificador desligado e o sistema coberto com a caixa, ligar o luxímetro e medir a intensidade I_0 .
- 3 Ligar o umidificador e ajustar o fluxo para obter aproximadamente 50% de I_0 .
- 4 Filmar a intensidade mostrada no luxímetro por 3 minutos.
- 5 Desligar o umidificador, medir novamente I_0 .
- 6 Repetir o procedimento para mais dois fluxos diferentes.

Medidas da transmitância - variação da concentração da névoa.

Nesse grupo de medidas, o umidificador será **desligado** provocando uma variação da concentração da névoa no circuito.

- 1 Ligar o laser.
- 2 Medir a intensidade I_0 com o umidificador desligado e o sistema coberto.
- 3 Ligar o umidificador na intensidade I_{max} e esperar a estabilização do fluxo.
- 4 Desligar o umidificador e filmar a variação de intensidade no luxímetro durante a escanamento da névoa.
- 5 Parar a filmagem.
- 6 Repetir as etapas 3, 4 e 5 por mais 30 vezes.
- 7 Medir I_0 com o umidificador desligado.

Cálculo da Transmitância

Calcular a transmitância da luz (T) para cada concentração de vapor, utilizando:

$$T = \frac{I}{I_0},$$

onde I é a intensidade medida com névoa e I_0 é a média das intensidades de referência.

Construir um gráfico de transmitância T versus concentração de vapor d'água. Pode-se utilizar papel milimetrado ou softwares como Origin, SciDavis, QtiPlot ou MATLAB.

Análise e Discussão

Para a confecção dos gráficos de transmitância T versus tempo (concentração de vapor d'água), utilize um software para fazer os gráficos como o SciDavis, QtiPlot ou MATLAB.

Medidas da transmitância - concentração da névoa constante.

Montar uma Tabela de $I \times t$, variando t de 2 em 2 segundos.

Fazer o gráfico $I \times t$ para as três intensidades diferentes, estimar os erros associados e analisar a flutuação da intensidade com o tempo.

Medidas da transmitância - variação da concentração da névoa. Cuidados

Nunca direcione o feixe laser para os olhos.

Montar uma Tabela de $I \times t$, variando t de 2 em 2 segundos.

- Fazer o gráfico $I(t)$ para as três intensidades diferentes (estimar os erros associados)
- Analisar a relação entre a transmissão da luz e a concentração de névoa fria.
- Avaliar se essa relação é linear, exponencial, ou segue outro comportamento.
- Discutir possíveis fontes de erro e como elas podem ter afetado os resultados.
- Analisar a relação entre a transmissão da luz e a concentração de névoa.

Referências

- [1] L. Rayleigh, X. on the electromagnetic theory of light, The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, vol. 12, no. 73, pp. 81–101, 1881.
- [2] Gustav Mie, Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen. Annalen der physik 330.3 (1908): 377-445.
- [3] Beer A., Grundriss des photometrischen Calculus, Vieweg, 1854.