

Caracterização ótica de nanopartículas por CBS e SLS

Érico Motter Braun

Orientador: Ricardo Rego Bordalo Correia

Resumo

Investigamos as características óticas de suspensões de nanopartículas com a técnica de retroespalhamento coerente CBS (*Coherent BackScattering*) e de distribuição angular de luz espalhada, SLS (*Static Light Scattering*).

O CBS consiste em incidir luz coerente em um sistema de vários espalhadores (no nosso caso, suspensões coloidais) de dimensões próximas ao comprimento de onda da luz e analisar a luz que foi retroespalhada pelo sistema. Excepcionalmente, essa luz retroespalhada mantém o grau de coerência, devido a um fenômeno de localização fraca da luz, e carrega informações sobre o sistema, como por exemplo, o livre caminho médio de transporte da luz no meio. Já o SLS mede a distribuição angular da luz espalhada por esse sistema.

Trabalhamos na automação de medidas de caracterização ótica, onde usamos o software LabView integrado a um detector multicanal — arranjo linear de fotodiodos — para a medida de intensidade de luz espalhada em SLS de suspensões de nanoesferas e nanotubos. Além disso, desenvolvemos uma rotina em MATLAB para coletar os dados registrados por uma câmera CCD no experimento de CBS e ter informação em tempo real do livre caminho médio. Isso permite acompanhar os parâmetros ao longo da evolução temporal do sistema.

Motivação

As medidas de espalhamento de luz em suspensões coloidais podem gerar inúmeras informações sobre os espalhadores, tais como tamanho, forma e características espectrais, assim como o regime de espalhamento da luz no meio [1]. Desde os fenômenos naturais mais simples, como o da formação de arco-íris [2] ao espalhamento de luz em estruturas plasmônicas [3], a física que descreve a interação da luz com estes meios apresenta um extenso cardápio de modelos.

Neste trabalho, duas questões são levantadas para as mesmas estruturas espalhadoras, no caso, o comportamento distinto de nanoesferas e nanotubos de óxidos produzidos no Laboratório de Filmes Finos e Fabricação de Nanoestruturas do IF-UFRGS em colaboração com o prof. Sérgio Ribeiro Teixeira que trabalha na otimização da fotocatalise produzida na presença dessas partículas.

A primeira questão está relacionada ao processo de produção de H_2 a partir da fotocatalise da água na presença dessas partículas, pois, para a mesma quantidade de massa, nanotubos apresentam uma eficiência de uma ordem de grandeza superior àquela das nanoesferas.

A segunda corresponde ao efeito da diferença entre espalhadores na produção de ação laser em meios aleatórios. Aqui é essencial caracterizar o livre caminho médio entre espalhamentos, pois está relacionado ao ganho produzido no meio.

CBS

O experimento de CBS é construído da seguinte maneira: um laser de HeNe (15mW, $\lambda = 632,8\text{nm}$) tem sua cintura expandida por um telescópio; o feixe colimado incide sobre um divisor de feixes, onde parte do feixe incide sobre a amostra e é retroespalhado incidindo novamente sobre o divisor, onde por fim é focalizado sobre o plano de uma câmera CCD. É importante ressaltar que nossa montagem é do tipo $f-f$: as distâncias amostra-lente e lente-CCD (figura 1a) percorridas pelo feixe devem ser iguais à distância focal f da lente. Assim garantimos difração de Fraunhofer no CCD e que a largura Δx (medida no CCD) do cone de retroespalhamento seja dada por $f\Delta\theta$ (figura 1b), onde $\Delta\theta$ é a largura angular do cone [5].

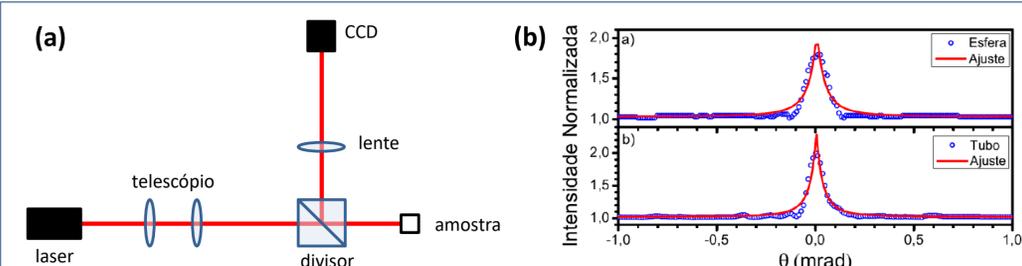


Figura 1 – (a) Montagem experimental do CBS. (b) Cone de retroespalhamento medido no CCD, retirado de [5].

SLS

O arranjo experimental do SLS foi o seguinte: feixe de um laser de HeNe (1mW, $\lambda = 542,5\text{nm}$) era atenuado por dois polarizadores e incidia sobre uma célula cilíndrica de quartzo que continha a amostra. A luz espalhada era coletada por uma fibra ótica montada sobre um goniômetro que podia varrer os ângulos de -135 a 135 graus em relação ao feixe incidente. A entrada da fibra ótica fazia um pequeno ângulo com o plano de incidência do feixe para evitar a coleção da luz refletida pela célula. A luz coletada pela fibra é analisada por um mini-espectrômetro e a intensidade da luz espalhada $I(\theta)$ é adquirida através de uma rotina em LabVIEW. A figura 2 compara a previsão teórica de $I(\theta)$ para nanotubos e nanoesferas de TiO_2 com os resultados experimentais.

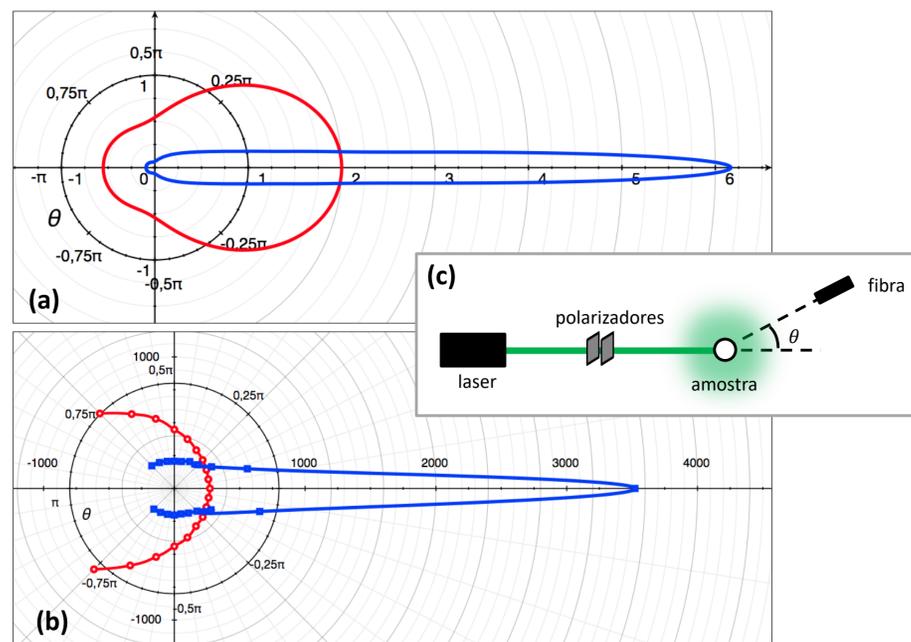


Figura 2 - (a) Curvas teóricas de $I(\theta)$ (unidades arbitrárias) para o espalhamento único de uma nanoesfera (em vermelho) e um nanotubo (em azul) de TiO_2 . (b) Curvas $I(\theta)$ experimentais de espalhamento múltiplo por uma suspensão 1mg/mL de nanoesferas (em vermelho) e nanotubos (em azul) de TiO_2 . (c) Montagem experimental do SLS.

Conclusão e perspectivas

O espalhamento múltiplo de luz pelas nanopartículas (figura 2b) de TiO_2 ainda mantém informação presente no espalhamento único (figura 1a) para a concentração utilizada. A diferença notável entre os dois casos se encontra na maior intensidade retro e aleatoriamente espalhada no caso de espalhamento múltiplo. A forma dos nanotubos propicia portanto uma grande intensidade espalhada na direção frontal, permitindo que o feixe penetre mais em soluções de nanotubos do que em soluções de nanoesferas, explicando daí a maior eficiência do primeiro na fotocatalise.

Possuímos a rotina em MATLAB já pronta para o CBS, mas ainda estamos na fase de reprodução dos resultados de [5] devido à grande sensibilidade do sinal na montagem $f-f$. Ao passarmos dessa fase, pretendemos realizar medidas de CBS com um feixe luz branca para investigar as características óticas em diversos comprimentos de onda.

Referências

- [1] van de Hulst, H.C, *Light Scattering by Small Particles*, Dover Publications, Inc., 1981.
- [2] Nussenzveig, H.M., *Curso de Física Básica*, vol.4, Edgar Blücher, 1998.
- [3] Su-Wen Hsu, Andrea L. Rodarte, Madhura Som, Gaurav Arya, and Andrea R. Tao, *Colloidal Plasmonic Nanocomposites: From Fabrication to Optical Function*, Chem. Rev. 118 (2018) 3100.
- [4] Gonçalves, R. V., *Síntese e aplicação de nanotubos de óxido de tântalo fabricados por anodização: um promissor fotocatalisador para fotogeração de hidrogênio*. CPG-Física - Tese de doutorado SABI-UFRGS (2018).
- [5] Mezzomo, H.R., *Caracterização Ótica de Sistemas Espalhadores por Retroespalhamento Coerente*, Tese de conclusão de curso, SABI-UFRGS (2018).