

Atividade experimental 4

ESPECTROS DE DISPERSÃO

Atividade preparatória

Esta atividade deve ser realizada antes da sessão experimental. O objetivo é familiarizar os alunos com a dispersão de radiação, em particular o efeito de Tyndall para soluções com nanopartículas suspensas, que será explorado no laboratório.

Nesta atividade, exploram-se os efeitos da **dispersão** da luz em meios com partículas em suspensão, com destaque para o **efeito Tyndall**, característico de coloides, e para a **dispersão de Rayleigh**, típica de moléculas gasosas. Ambos os fenômenos afetam de forma seletiva os diferentes comprimentos de onda da luz visível, sendo mais intensos para comprimentos de onda curtos. Esta dispersão seletiva tem implicações na percepção da cor, na eficiência de sistemas fotovoltaicos e na forma como a luz interage com ambientes naturais e artificiais.

Considere que a luz solar incidente tem uma intensidade uniforme nos comprimentos de onda visíveis (azul: $\lambda = 450$ nm, verde: $\lambda = 550$ nm, vermelho: $\lambda = 650$ nm). Assumindo que a intensidade da luz dispersa $I(\lambda)$ varia de acordo com a equação (i.e. modelo simplificado inspirado na dispersão de Rayleigh):

$$I(\lambda) \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

Calcule a intensidade relativa da luz dispersa para cada cor, normalizando-a pela intensidade do vermelho.

| Comprimento de onda | Intensidade relativa |
|---------------------|----------------------|
| Azul | |
| Verde | |

Apontamento sobre grandezas físicas

RELAÇÃO ENTRE TRANSMITÂNCIA, ABSORVÂNCIA, COEFICIENTE DE EXTINÇÃO E DENSIDADE ÓTICA

1. Transmitância (T)

É a fração da luz que atravessa a amostra:

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

em que I é intensidade da luz transmitida e I_0 é a intensidade da luz incidente (ambas com unidades de W ou W/m²). A transmitância é uma grandeza adimensional.

2. Absorvância (A)

A absorvância é uma grandeza adimensional definida como:

$$A = -\log_{10}(T) = \log_{10}\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

É uma medida empírica da atenuação da luz ao atravessar uma amostra, **sem distinguir entre absorção e dispersão**. A motivação para a definição da absorvância desta forma logarítmica resulta do facto de a natureza exponencial da transmitância fazer com que o seu valor seja muito sensível a pequenas variações da espessura ou da concentração da solução na amostra, etc.

Notar que, com esta definição, também podemos escrever:

$$T = 10^{-A}$$

Ou seja, a absorvância é definida de forma que

- $A = 1 \rightarrow 10\%$ da luz passa
- $A = 2 \rightarrow 1\%$ da luz passa
- $A = 3 \rightarrow 0,1\%$ da luz passa
- ...

3. Coeficiente de extinção (α)

A atenuação da luz é um fenómeno exponencial, descrito pela **lei de Beer-Lambert**

$$I = I_0 e^{-\alpha L}$$

em que α é o coeficiente de extinção (unidades típicas cm⁻¹) e L o percurso ótico (cm). Podemos, pois, escrever

$$A = \log_{10}\left(\frac{I_0}{I}\right) = \log_{10}(e^{+\alpha L}) = (\log_{10} e) \alpha L$$

$$A = 0,434 \alpha L$$

4. Densidade ótica (OD)

A densidade ótica (OD vem de *optical density*) é também uma grandeza adimensional definida por

$$OD = \alpha L$$

E, portanto, podemos relacioná-la com a absorvância através de

$$OD = \frac{A}{\log_{10} e} = \frac{A}{0,434}$$

Ou com a transmitância diretamente a partir da Lei de Beer-Lambert:

$$I = I_0 e^{-\alpha L}$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-OD}$$

$$T = e^{-OD}$$

Ou
$$OD = -\ln T$$

Na atmosfera, a densidade ótica é usada para descrever:

- a opacidade de aerossóis,
- a espessura ótica de nuvens,
- a absorção de gases como o ozono ou o dióxido de azoto.

Uma densidade ótica elevada indica que menos luz solar atinge o solo, o que afeta o clima, a fotossíntese e a visibilidade.

Objetivos

Pretende-se estudar:

1. Observar o efeito de Tyndall em diferentes dispersões
2. Relação entre a transmissão espectral e o tamanho de nanopartículas

ATENÇÃO: para poupar tempo!

Destape e ligue o espectrofotómetro, deixando-o estabilizar por 15 minutos e fazer os testes necessários até aparecer um menu principal.

1. Efeito de Tyndall

Objetivos

Distinguir diferentes dispersões com base no efeito ótico pelas partículas presentes, numa comparação com a atmosfera terrestre

Material

- Computador e caderno para registo de dados experimentais
- Máquina fotográfica (pode ser o telemóvel) para registo do efeito visual
- Cuvettes com várias amostras de dispersões
- Apontador laser
- Pipeta, papel absorvente, água millipore

Procedimento

- a) Identifique as diferentes amostras em estudo: suspensões, coloides e soluções.
Atente aos cuidados com o manuseamento e limpeza das amostras.
- b) Pipete água (de elevada pureza) para a cuvete vazia e aponte o laser para a superfície lisa. O que observa?
- c) Repita o ponto anterior, desligando a iluminação na sala e colocando a cuvete com água em frente às outras soluções.

Discussão (relatório)

- Com base nas observações, comente os riscos associados à condução em condições de neblina ou nevoeiro.
- Indique dois exemplos observáveis do efeito de Tyndall causados pela radiação solar.

2. Transmissão espectral em dispersões

Objetivos

Comparar o espectro de transmissão de diferentes dispersões em função do tamanho das partículas

Material

- Cuvettes com várias amostras de dispersões
- Gobelets com dispersões de nanopartículas de prata agregadas
- Espectrofotômetro

Procedimento

- a) Se ainda não o fez, destape e ligue o espectrofotômetro, deixando-o estabilizar por 15 minutos e fazer os testes necessários até aparecer um menu principal.
- b) No computador abra o software **K3 Analyst** e conecte-o ao espectrofotômetro. Se o computador e software estiverem conectados, o espectrofotômetro apresentará indicação *"Controlled by computer"*
 - a. Se ao iniciar o software aparecer erro *"Failed to open communication port!"*, faça o seguinte: no menu do software escolha **UV-Photometer** e de seguida **Comm Hub Setup** e selecione porta COM3.
- c) A partir do menu **SCAN** → **SCAN SET** do software, defina a configuração pretendida dos limites de comprimento de onda e de passo do mesmo (por exemplo, **Step: 2 nm, From: 1000 nm To: 325 nm**).
- d) Para analisar uma amostra, é necessário escolher uma amostra-padrão. Em relação à essa amostra-padrão a amostra a analisar será referenciada:
 - a. Verifique que a cuvete da amostra-padrão esteja limpa, coloque a cuvete com essa amostra dentro do aparelho, no primeiro dos 4 compartimentos de amostras dentro do espectrofotômetro. Nos 3 restantes compartimentos são colocadas as amostras a analisar.
 - b. Escolhe modo de Transmitância no software (**ícone T**, na barra do menu), escolha a opção **SCAN** → **0A/100%T(B)** (ou clique no **ícone Bo** na barra do menu) e aguarde até terminar.

- Coloque uma das dispersões no espectrofotômetro, feche a tampa e registre os valores da transmissão ao longo do varrimento (**SCAN -> START**).
- Guarde os dados num ficheiro (**ícone DISQUETE -> nome do ficheiro**). O ficheiro terá uma extensão *.SCN, mas é um ficheiro que poderá ser aberto em NOTEPAD ou EXCEL para processamento necessário e análise de dados.
- Repita os 2 pontos anteriores para as restantes dispersões.

No fim das experiências: desligue e tape o espectrofotômetro.

Discussão (pós-aula)

- Discuta possíveis fontes de incerteza associadas aos registos.
- Compare o espectro de transmissão das dispersões de nanopartículas de prata com registos do fornecedor na figura seguinte.
- Qual o tamanho dominante das partículas presentes na atmosfera terrestre? Explique.

