

Equações de Fresnel

André Ramos Gonçalo Quintal Pedro Silva Rui Claro

4 de Junho de 2009

Com este trabalho pretendeu-se confirmar experimentalmente as equações de Fresnel. Obtivemos contudo valores experimentais que apresentam uma diferença significativa em relação ao valor teórico. Ainda foi possível determinar o índice de refração do vidro a partir do ângulo de Brewster.

Introdução

Neste trabalho pretende-se estudar o comportamento da radiação electromagnética ao incidir num prisma, ou seja, seu comportamento ao atravessar dois meios, o ar e um polímero translúcido, com índices de refração diferentes. Durante este processo ocorre fenómenos de refração e reflexão.

Estes processos são descritos pelas equações de Fresnel que se calcula a partir das mesmas grandezas que as Leis de Reflexão e Snell-Descartes já usavam. Desta maneira vamos obter o índice da reflectividade R (que traduz a fracção de luz incidente reflectida) e da transmissividade T (que analogamente traduz a fracção de luz refractada no novo meio) entre dois meios homogéneos. Aplicando a lei de conservação da energia temos que:

$$R + T = 1$$

Estes índices dependem da polarização da luz. Para uma polarização paralela do feixe incidente, temos:

$$R_{1-2} = \left(\frac{n_2 \cos(\theta_i) - n_1 \cos(\theta_t)}{n_2 \cos(\theta_i) + n_1 \cos(\theta_t)} \right)^2$$

Onde, θ_i e θ_t são os ângulos dos feixes incidente e transmitido com a normal à superfície de separação, respectivamente e n_1 e n_2 os índices de refração do meio 1 e 2, respectivamente.

Aplicando a conservação de energia, obtemos:

$$R_{1-2} = \left(\frac{n_2 \cos(\theta_i) - n_1 \cos(\theta_t)}{n_2 \cos(\theta_i) + n_1 \cos(\theta_t)} \right)^2$$

$$T_{1-2} = \frac{4n_1 n_2 \cos(\theta_i) \cos(\theta_t)}{(n_2 \cos(\theta_i) + n_1 \cos(\theta_t))^2}$$

Do mesmo modo calcula-se para a polarização perpendicular:

$$R_{1-2} = \left(\frac{n_1 \cos(\theta_i) - n_2 \cos(\theta_t)}{n_1 \cos(\theta_i) + n_2 \cos(\theta_t)} \right)^2$$

$$T_{1-2} = \frac{4n_1 n_2 \cos(\theta_i) \cos(\theta_t)}{(n_1 \cos(\theta_i) + n_2 \cos(\theta_t))^2}$$

Recorrendo à lei Snell-Descartes podemos reescrever, para a polarização paralela temos:

$$R_{1-2}(\theta_i) = \left(\frac{n_2 \cos(\theta_i) - n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_i) \right)^2}}{n_2 \cos(\theta_i) + n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_i) \right)^2}} \right)^2$$

$$T_{1-2}(\theta_i) = \frac{4n_1 n_2 \cos(\theta_i) \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_i) \right)^2}}{\left(n_2 \cos(\theta_i) + n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_i) \right)^2} \right)^2}$$

e na polarização perpendicular

$$R_{1-2}(\theta_i) = \left(\frac{n_1 \cos(\theta_i) - n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_i) \right)^2}}{n_1 \cos(\theta_i) + n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_i) \right)^2}} \right)^2$$

$$T_{1-2}(\theta_i) = \frac{4n_1 n_2 \cos(\theta_i) \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_i) \right)^2}}{\left(n_1 \cos(\theta_i) + n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_i) \right)^2} \right)^2}$$

Experiência realizada

Esta experiência consiste num prisma colocado no centro de um goniómetro, através do qual iremos fazer passar um laser que está situado num braço estático do aparelho. No outro braço encontra-se um detector de radiação que se move para acompanhar a

mudança de ângulo to laser reflectido e refractado pelo prisma.

Para começar a experiência alinhámos o prisma com o laser o alinhámos o polarizador na posição de polarização paralela. Executámos estas preparações enquanto esperávamos que o laser atingisse uma temperatura de funcionamento estável. De seguida procedemos as medições da intensidade do feixe incidente no detector, começando nos 0 até aos 85 em intervalos de 5, movendo o detector de acordo com o feixe do laser. Após todas as medições invertimos a posição inicial do prisma e repetimos as medições para o novo meio.

Para a segunda parte, repetimos o mesmo processo anterior mas para a posição de polarização perpendicular do polarizador.

Resultados

Os resultados obtidos para os quocientes entre as intensidades reflectida e transmitida pela intensidade incidente, $\frac{I_r}{I_i}$ e $\frac{I_t}{I_i}$ são mostrados nos gráficos das figuras 1 a 4, consoante a polarização do feixe laser incidente e a mudança de meio se dar no sentido do menos refringente (ar) para o mais refringente (vidro) ou o contrário. Calcularam-se ainda as somas das intensidades reflectidas e transmitidas, valores que são apresentados nos gráficos das figuras 5 a 8.

Análise de resultados

Nos vários gráficos obtidos, tendo-se justaposto a função teórica que corresponde ao modelo utilizado, observamos que os pontos experimentais apresentam uma diferença

significativa em relação ao comportamento esperado sendo além disso bastante instáveis ocorrendo por vezes grandes desvios em relação à evolução média. Estes factos tornam-se mais flagrantes no caso em que o feixe efectua a transição do meio refringente para o ar. Um bom modo de estimar a qualidade dos dados obtidos seria somar o quociente das intensidades que, como se referiu na introdução, deveria aproximar-se e 1, como podemos visualizar nas figuras 5 a 8 tal só acontece no caso da polarização paralela para a transição ar-vidro¹.

Conclusão e críticas

Como se evidenciou na análise de dados vários desvios e erros afectam os valores observados experimentalmente. Em primeira análise a própria montagem experimental induz facilmente ao erro de leitura devido às grandes oscilações no valor apresentado pelo detector tornando penosa a leitura dos mesmos.

Um segundo factor que se pode apontar para a maior discrepância no caso da transição vidro-ar, figuras 3 e 4, reside no facto de pra esta ocorrer o laser ter já se incidir no prisma uma primeira vez perdendo-se assim energia, o que é corroborado pelos gráficos das figuras 7 e 8 em que a soma das intensidades não alcançam o valor de 1 como esperado se não existissem perdas.

Bibliografia

- Henriques, Alfredo Barbosa, Romão, Jorge, *Electromagnetismo e óptica*, IST Press

¹Gráfico da figura 5

Anexo

Gráficos obtidos

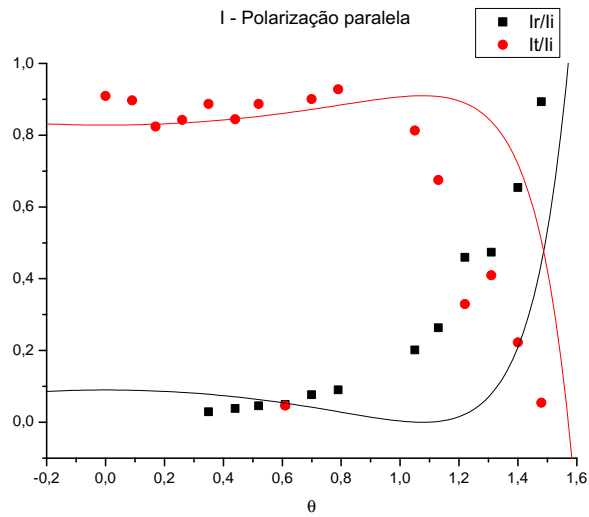


Figura 1: Intensidade reflectida e transmitida na passagem de um meio menos para mais refringente

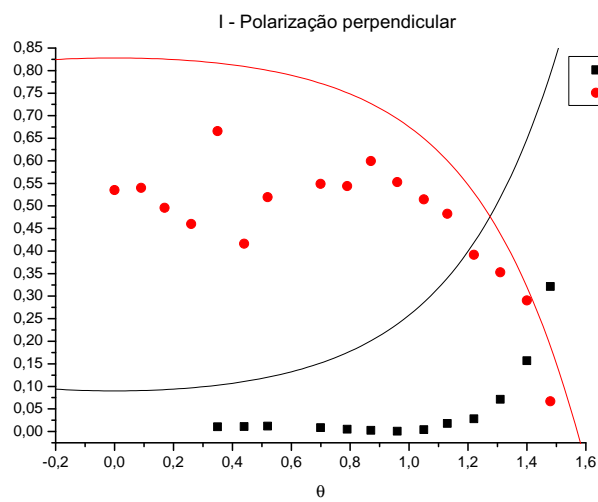


Figura 2: Intensidade reflectida e transmitida na passagem de um meio menos para mais refringente

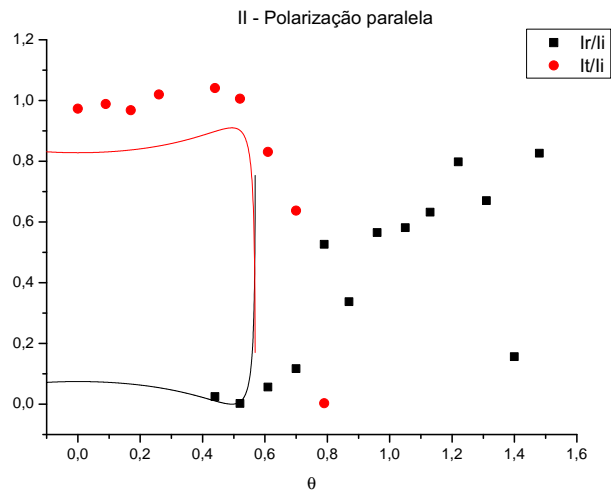


Figura 3: Intensidade reflectida e transmitida na passagem de um meio mais para menos refringente

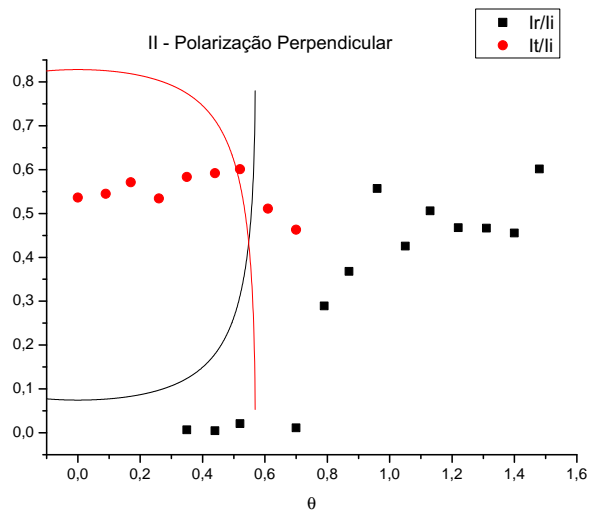


Figura 4: Intensidade reflectida e transmitida na passagem de um meio mais para menos refringente

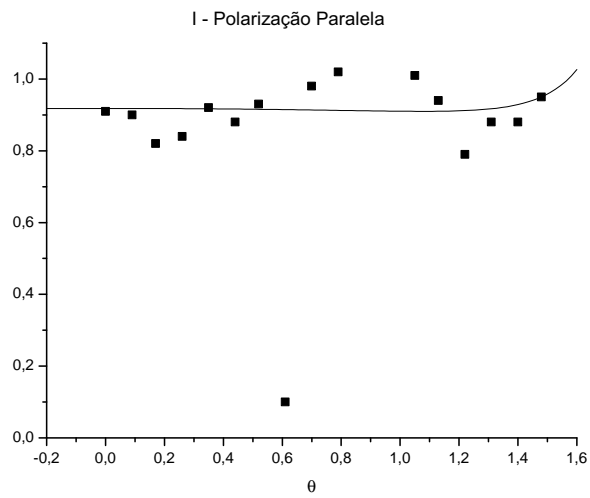


Figura 5: Soma das intensidade na passagem de um meio menos para mais refringente

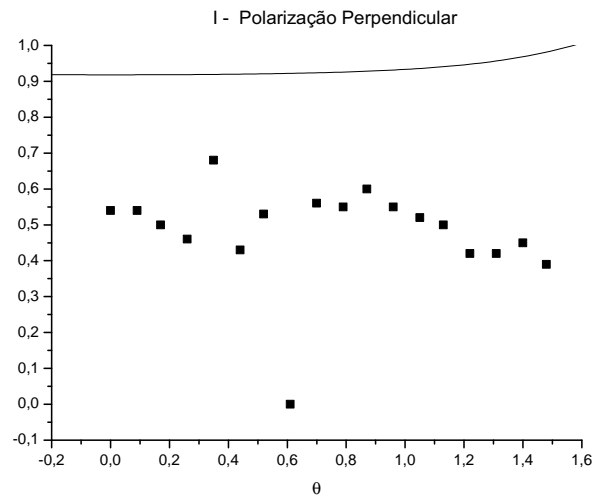


Figura 6: Soma das intensidades na passagem de um meio menos para mais refringente

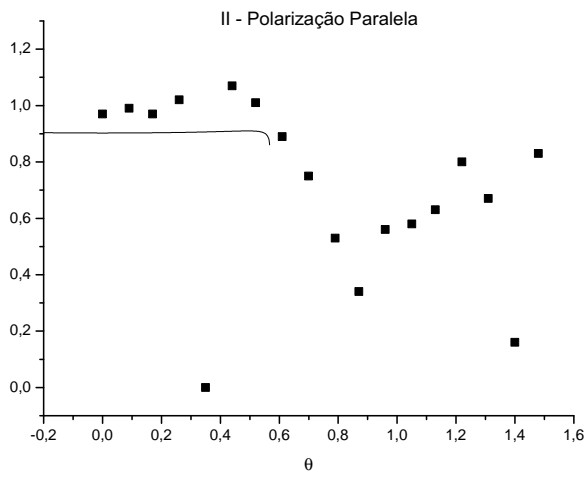


Figura 7: Soma das intensidades na passagem de um meio mais para menos refringente

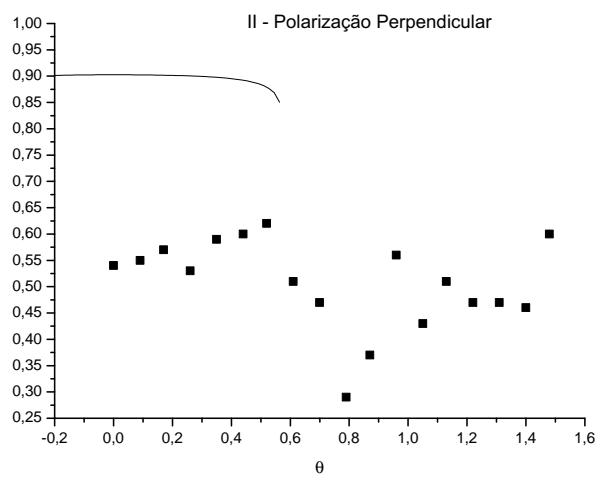


Figura 8: Soma das intensidades na passagem de um meio mais para menos refringente