

Espalhamento de Luz

Diego de Mattos Candido N° USP:

Guilherme Santana Bergamin N° USP:

Leonardo José Bertelli N° USP: 8539109

Nicolas Jarro Lago de Carlos N° USP:

Programa

1. Lei de Beer

2. Espalhamento da Luz

- a) Espalhamento Rayleigh
- b) Espalhamento Mie

3. Absorção da Luz

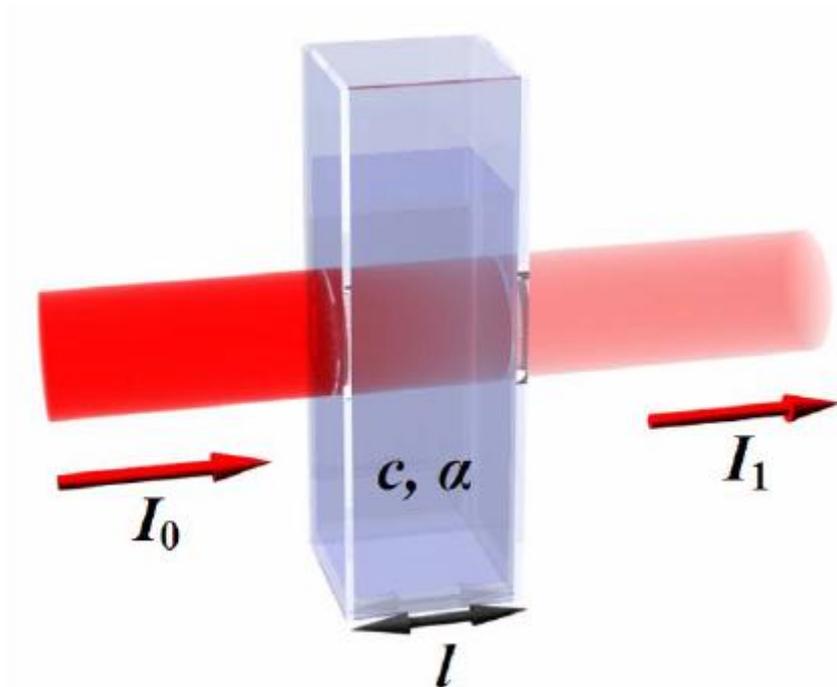
- a) Absorção Contínua
- b) Absorção por Linhas

4. Fenômenos de Espalhamento e Absorção

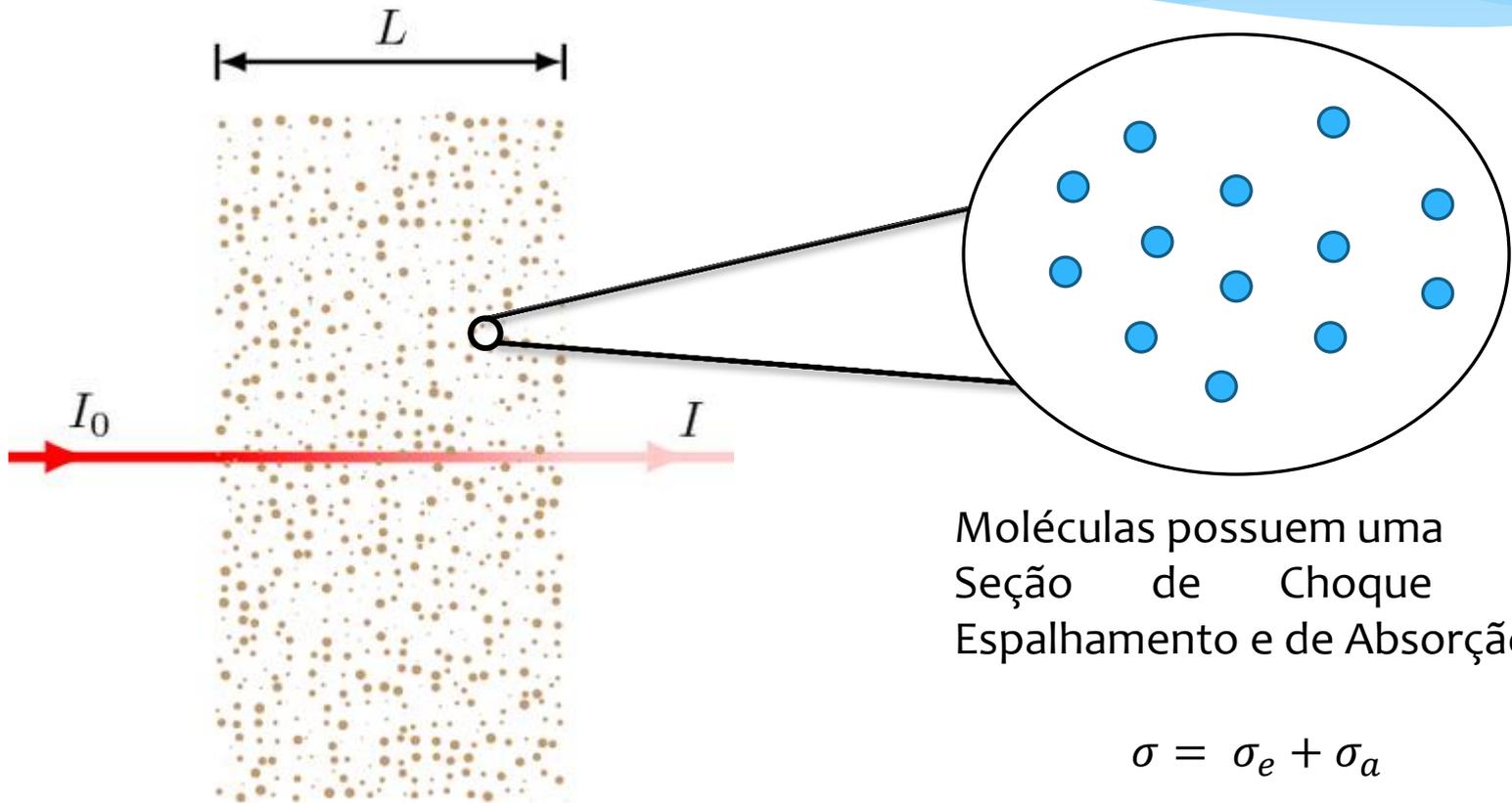
- a) Arco – Íris
- b) Corona
- c) Anéis de cores
- d) Extinção da Luz

Lei de Beer

- * Perca de intensidade luminosa devido ao espalhamento e à absorção



Lei de Beer



Moléculas possuem uma Seção de Choque de Espalhamento e de Absorção

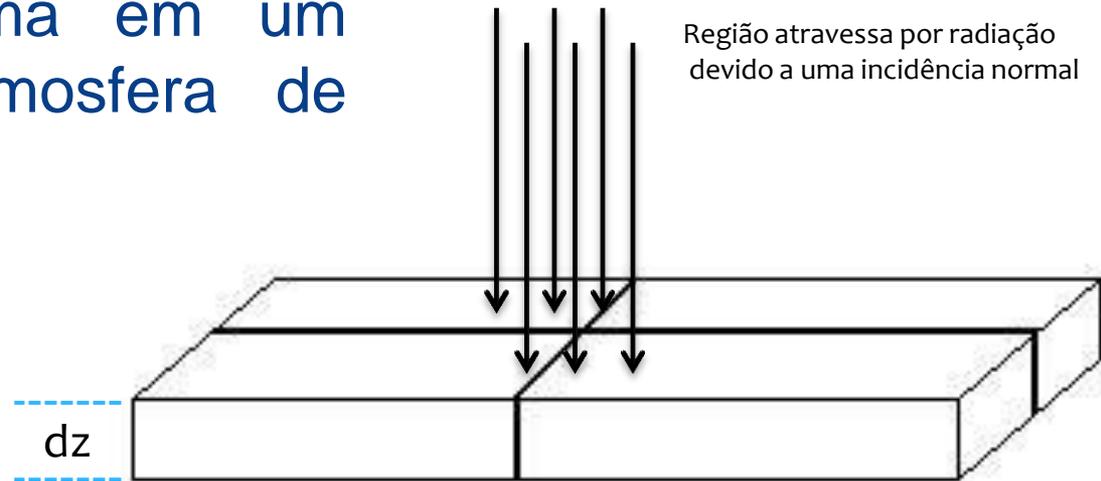
$$\sigma = \sigma_e + \sigma_a$$

Lei de Beer

- * Espessura ótica

- * Definição: $\tau_\lambda = \int \sigma_\lambda N(z) dz$

- * $N(z) \rightarrow$ Densidade de moléculas com seção de choque sigma em um caminho óptico da atmosfera de espessura dz.



Lei de Beer

- * taxa de variação de intensidade da radiação deve ser proporcional à própria intensidade de radiação

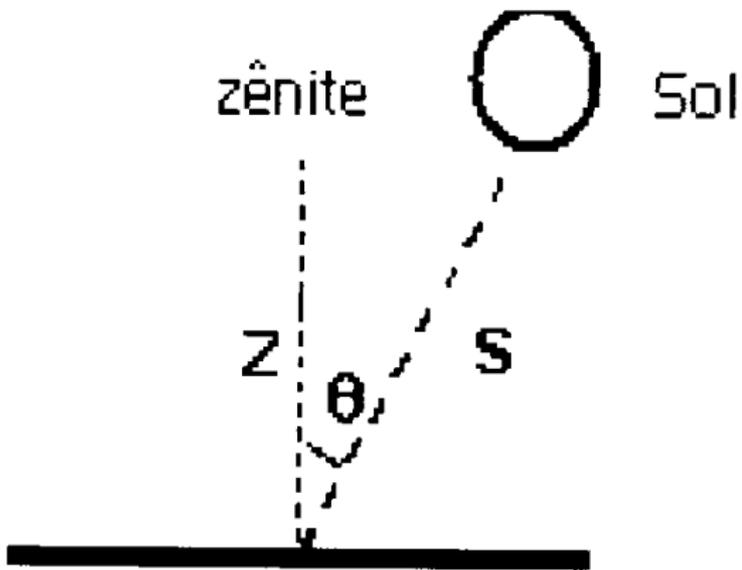
$$\frac{dE}{dz} = -\sigma_{\lambda}NE$$

$$\int_{E_0}^{E_z} \frac{dE}{E} = - \int_0^z \sigma_{\lambda}N(z)dz \quad (*)$$

$$E_z = E_0 e^{-\tau_{\lambda}}$$

$$\ln \left(\frac{E_z}{E_0} \right) = -\tau_{\lambda}$$

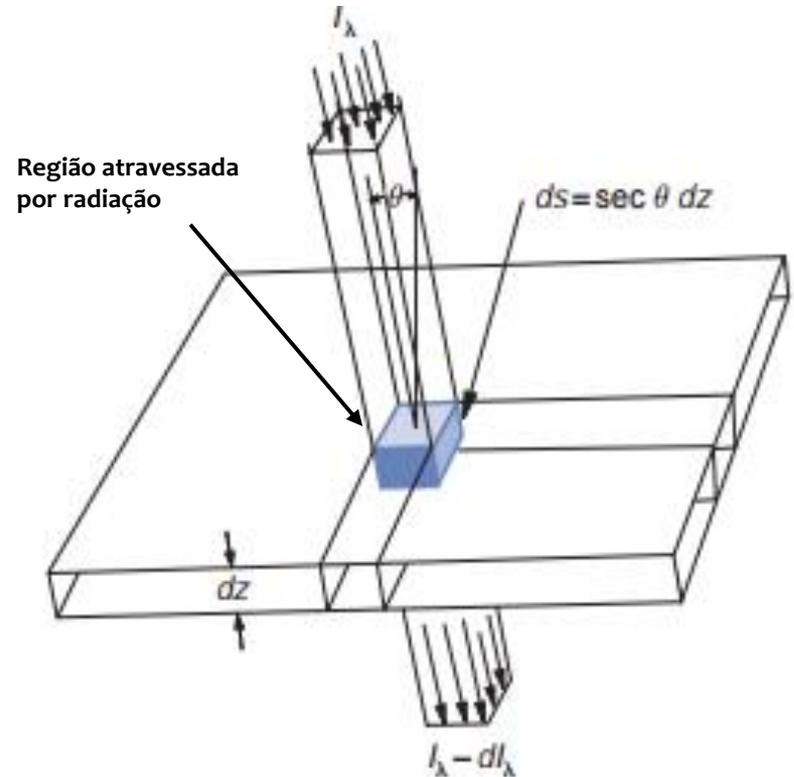
Lei de Beer



<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v23n3/v23n3a04.pdf>

$$\cos \theta = \frac{dz}{ds}$$

$$ds = dz \sec \theta$$



Lei de Beer

- * Substituindo isso na integral em (*) obtemos esse fator $\sec\theta$, que para uma propagação retilínea, é constante ao longo de toda a integração. Assim, esse fator sai da integral, e a Lei de Beer fica:

$$E_z = E_0 e^{-\tau_\lambda \sec\theta}$$

Espalhamento de Luz

Cores do espectro visível		
Cor	Comprimento de onda	Frequência
Vermelho	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
Laranja	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
Amarelo	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
Verde	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
Ciano	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
Azul	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
Violeta	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

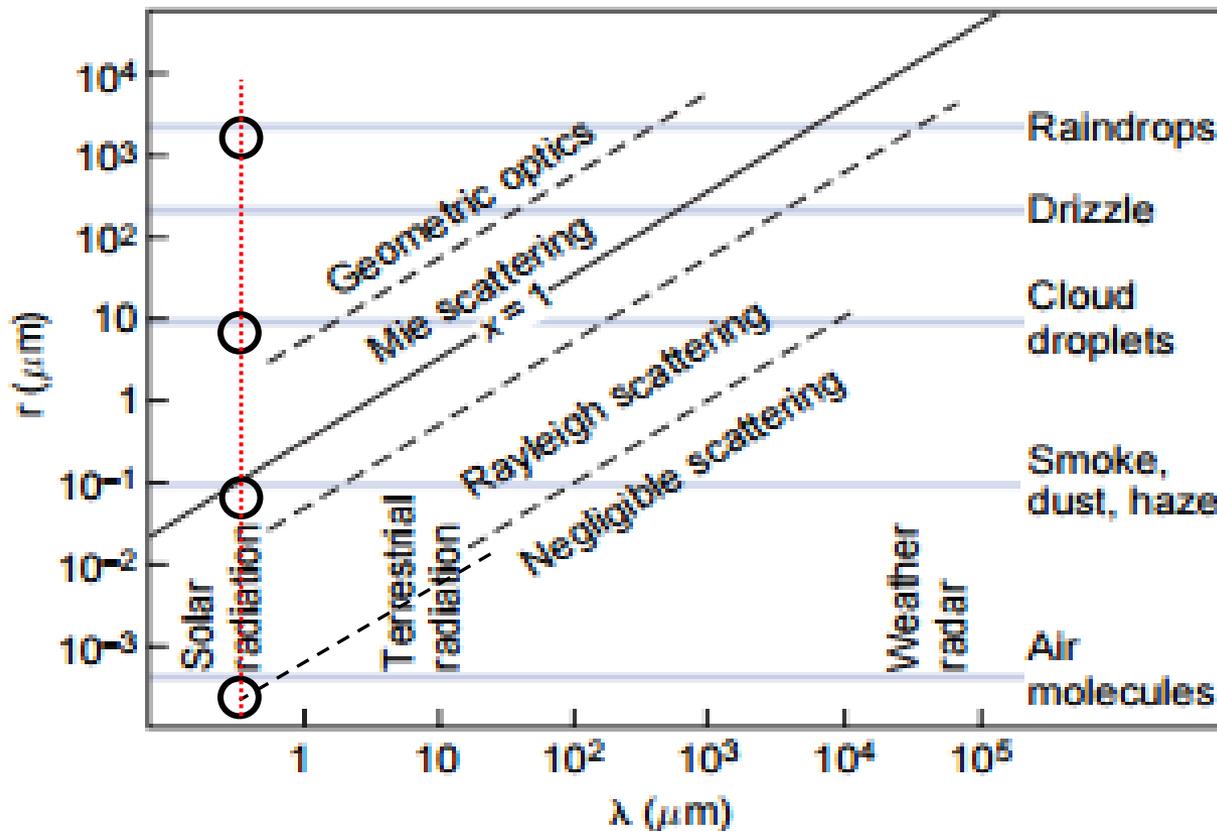
Comprimento de Onda do Visível: $0,40 \mu\text{m} < \lambda_{\text{visível}} < 0,75 \mu\text{m}$

Espalhamento de Luz

- * A seção de choque depende do comprimento de onda incidente
- * Isso define o quão rápido acontece o espalhamento ou a absorção da intensidade da luz

$$x = \frac{2\pi r}{\lambda}$$

Espalhamento de Luz



Arco Íris

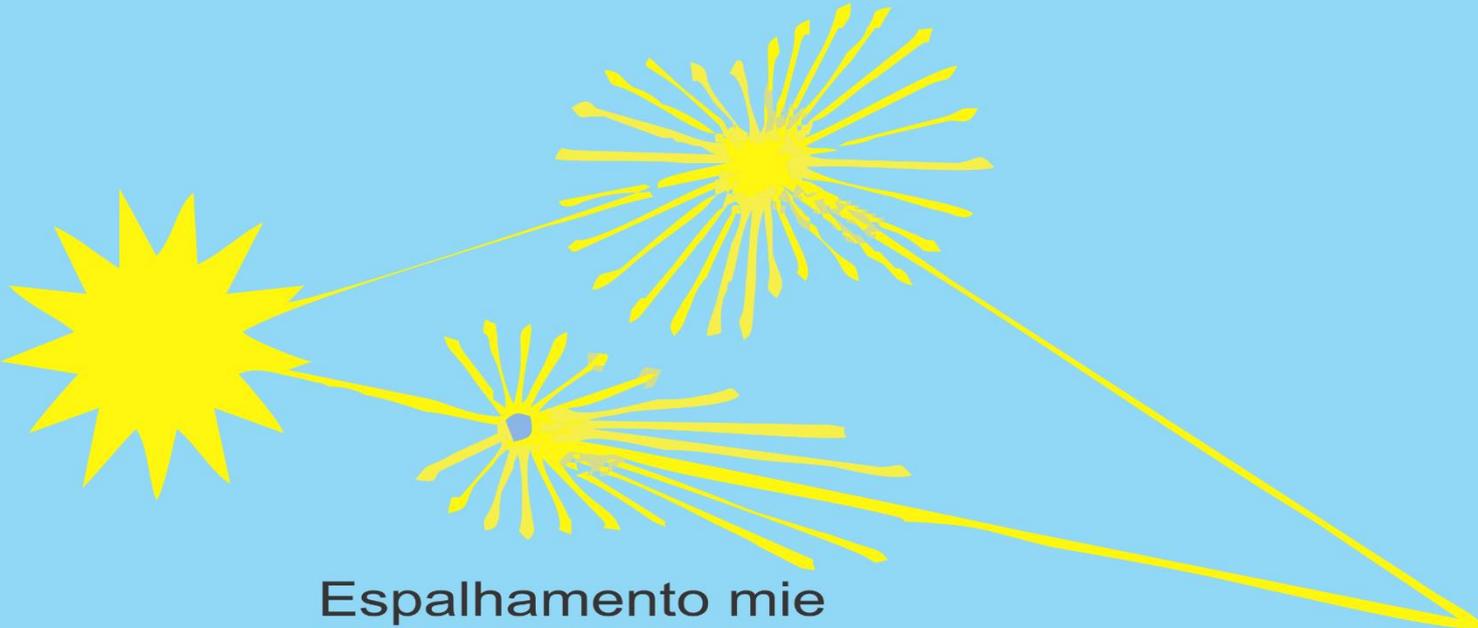
Corona

Céu Nublado ou
Avermelhado

Céu Azul

Fig. 4.11 Size parameter x as a function of wavelength (λ) of the incident radiation and particle radius r .

Espalhamento Rayleigh



Espalhamento mie



Observador

Espalhamento de Luz

$$\frac{I_{\theta}}{I_0} = \frac{1}{2} \frac{1}{r^2} \left[\frac{2\pi}{\lambda} \right]^4 \left[\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right]^2 a^6 N_p (1 + \cos^2 \theta)$$

- distance
- wavelength
- optical constants
- particle size
- concentration
- polarisation









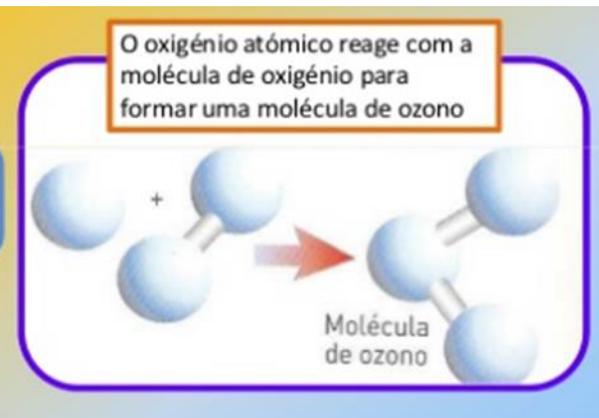
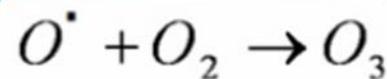
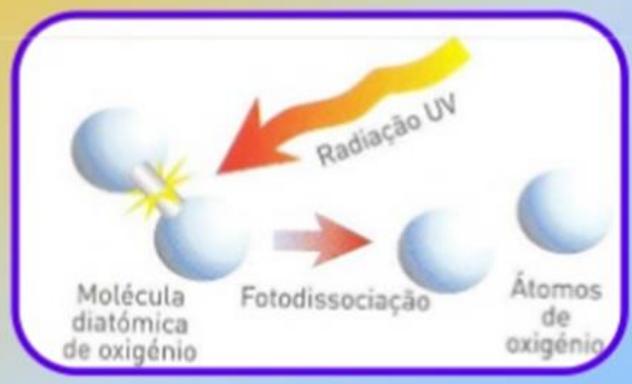
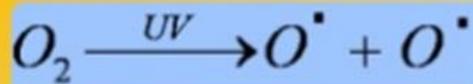


Absorção da Luz

- * Considera-se o caráter corpuscular da luz, composta de fótons, cada um com energia $E = h\nu$
 1. **Absorção Contínua:** Ciclo Gás Oxigênio – Ozônio
 2. **Absorção Discreta:** Acontece pra altos comprimentos de onda, e portanto baixas energias de radiação. Acontece apenas quando a energia é exatamente igual à necessária para excitar elétrons dos átomos

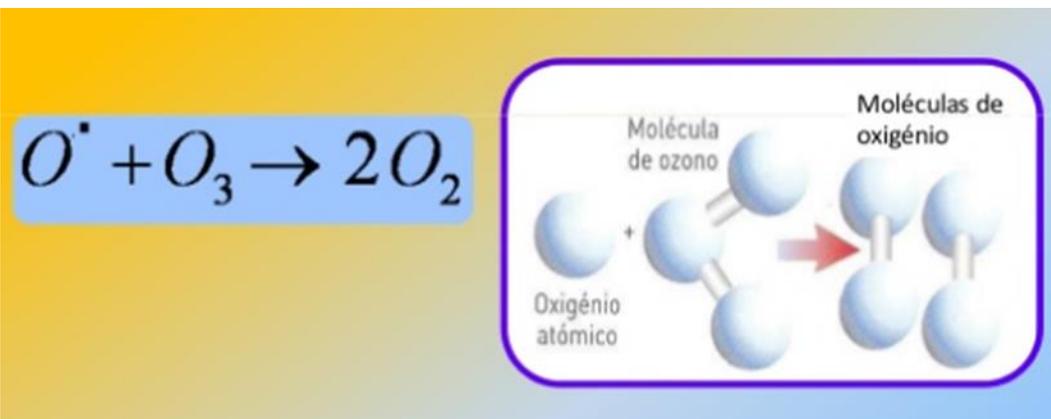
Absorção da Luz

Formação do Ozônio na estratosfera



Absorção da Luz

Dissociação do Ozônio formado



Absorção da Luz

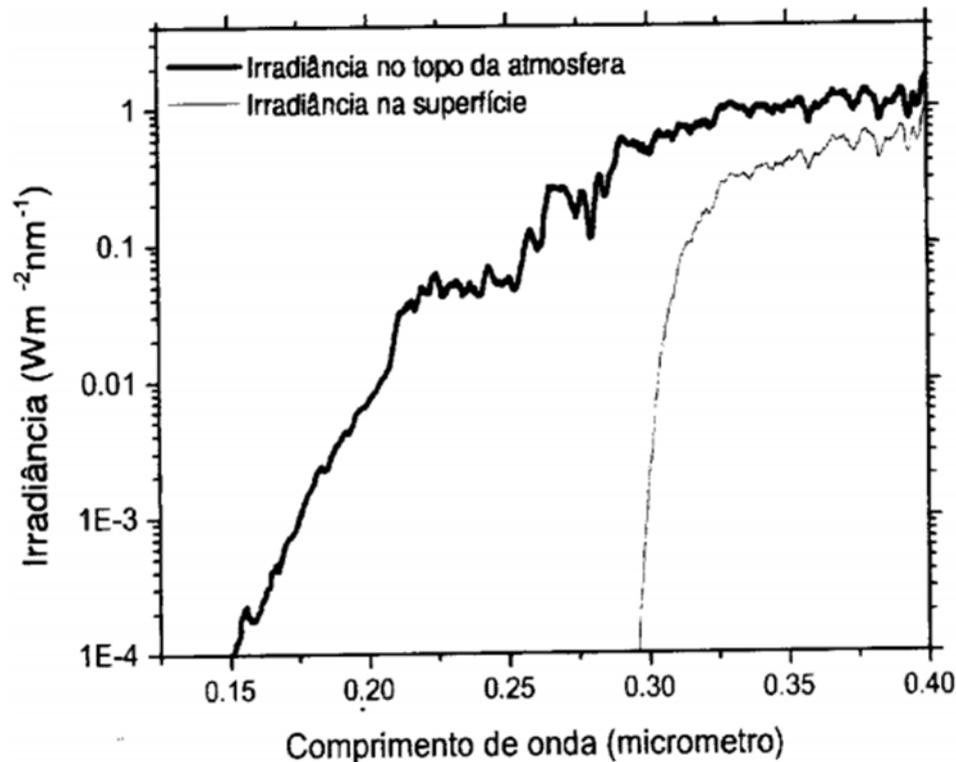
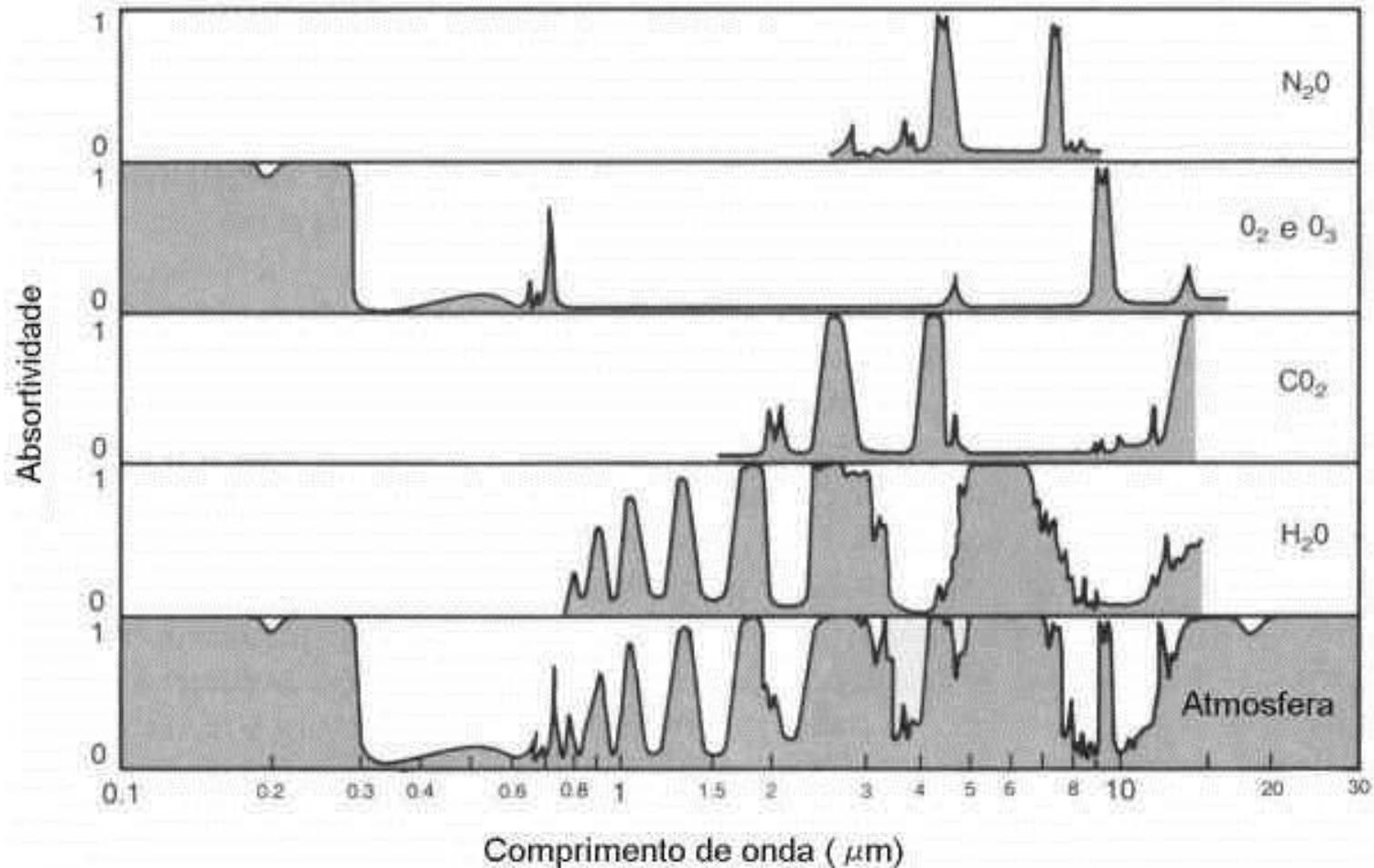


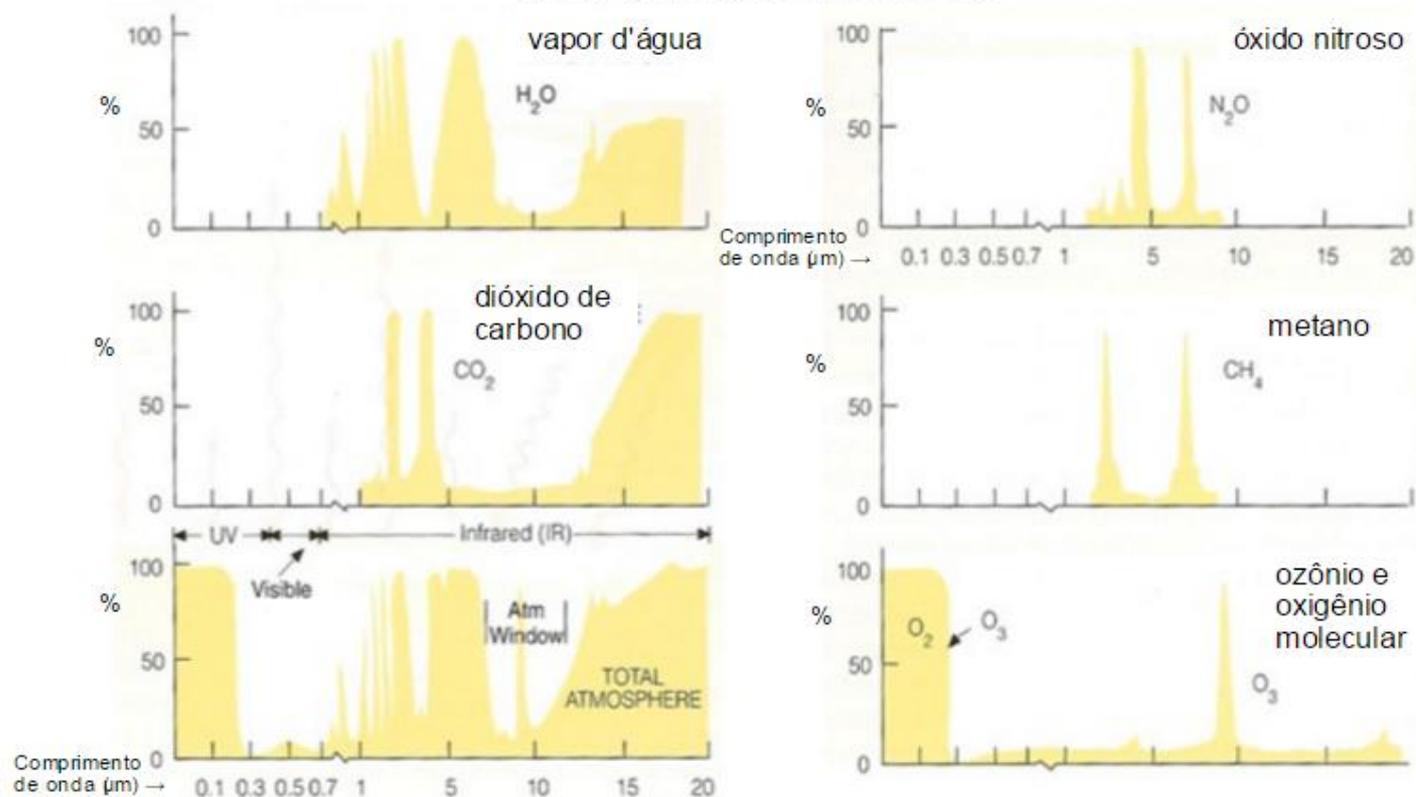
Figura 4. Espectro solar no UV no topo da atmosfera E_{λ}^o (linha grossa), medido pelo experimento ATLAS3-SUSIM em 13 de novembro de 1994, e espectro solar na superfície terrestre E_{λ} (linha fina) calculado utilizando a lei de Beer, e considerando a atenuação por espalhamento Rayleigh e absorção molecular por O_2 , O_3 , SO_2 e NO_2 .

Absorção da Luz



Absorção da Luz

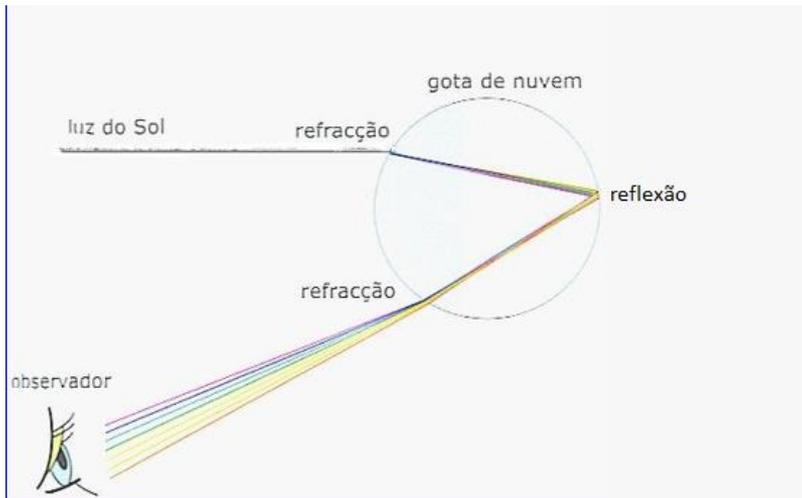
Absorção de radiação pelos gases da atmosfera



Fenômenos de Espalhamento e Absorção

- * **Arco-Íris:** Gotinhas de água possuem raio maior que o comprimento de onda da luz visível. A água é um meio dispersivo, isto é, o índice de refração depende do comprimento de onda ($n_{(\lambda)}$), o que faz com que as cores que definem a faixa do visível se separem quando a luz refrata. Dentro da gota, a luz sofre reflexões, e refrata para fora da gota novamente. É um espalhamento acompanhado de separação das frequências do visível.

Fenômenos de Espalhamento Absorção



<http://eduardo99cfq.blogspot.com.br/2013/06/como-se-forma-o-arco-iris.html>



Fig. 4.15 Primary rainbow with a weaker secondary rainbow above it and supernumerary bows below it. [Photograph courtesy of Joanna Gurstelle.]

Fenômenos de Espalhamento e Absorção

- * **Buracos coloridos:** Formados pelo espalhamento da luz devido a cristais de gelo finos na atmosfera.

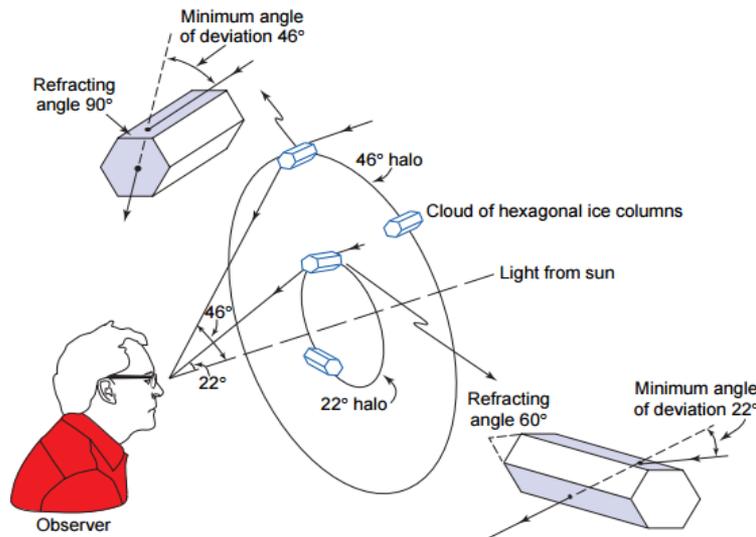


Fig. 4.18 Refraction of light in hexagonal ice crystals to produce the 22° and 46° haloes.

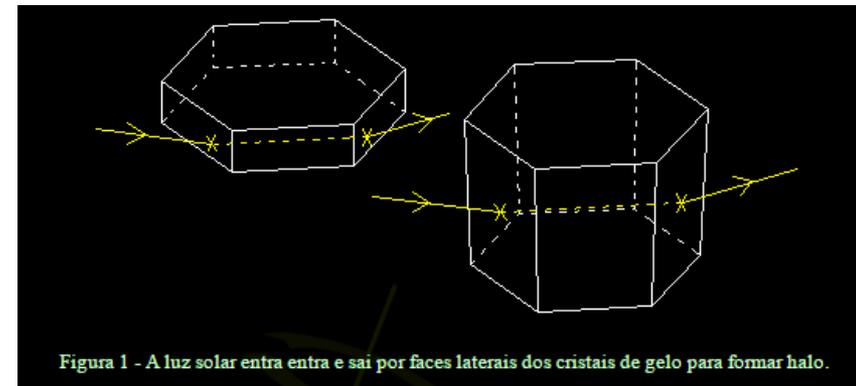


Figura 1 - A luz solar entra e sai por faces laterais dos cristais de gelo para formar halo.

<http://www.astrosurf.com/skyscapes/optica/halo.htm>



Atmospheric Science, Second Edition: An Introductory Survey (International Geophysics) by John M. Wallace Hardcover

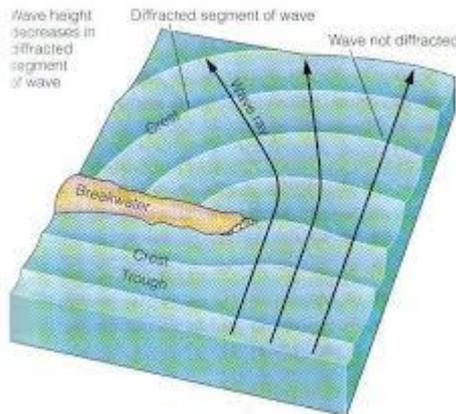
Fig. 4.17 Haloes of 22° and 46° (faint) formed in a thin cloud consisting of ice crystals. [Photograph courtesy of Alistair Fraser.]





Fenômenos de Espalhamento e Absorção

- * **Coronas:** Produzidos quando a luz difrata através de gotículas de água nas nuvens. Forma-se anéis coloridos, inicialmente azuis e terminando em vermelho.



Fenômenos de Espalhamento e Absorção



<http://www.atoptics.co.uk/droplets/corona.htm>



Fig. 4.19 A corona around the sun produced by the diffraction of light in cloud droplets. [Photograph courtesy of Harald Edens.]





Fenômenos de Espalhamento e Absorção

* **Extinção da Luz:** A combinação de efeitos de espalhamento e absorção da luz. Além disso, podem ocorrer múltiplos espalhamentos, de forma que uma radiação incidente numa direção preferencial pode passar a ter uma propagação isotrópica. Essa extinção da luz, resulta numa perda de visibilidade da paisagem.

