

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Departamento de Astronomia

Fotometria

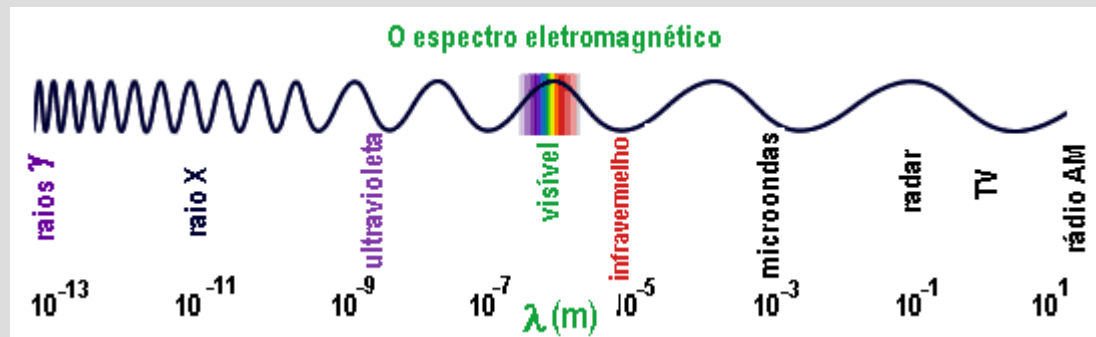
Prof. Tibério B. Vale

Fotometria

- **Até Século XVI**: observações de posições de astros com auxílio de aparatos (astrolábio, sextante, octante, etc)
- **À partir do Século XVII**: uso do telescópio (Galileu) – olho humano como detector.
- **Final do Século XIX**: uso de fotografia de emulsão (prata) em astronomia.
- **Final do Século XX**: uso de CCDs na astronomia profissional.

Fotometria

- Radiação eletromagnética



Cor	Comprimento de onda (Å)	Freqüência (10^{12} Hz)
violeta	3900 - 4550	659 - 769
azul	4550 - 4920	610 - 659
verde	4920 - 5770	520 - 610
amarelo	5770 - 5970	503 - 520
laranja	5970 - 6220	482 - 503
vermelho	6220 - 7800	384 - 482

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$c = \lambda \nu$$

c = velocidade da luz (+- 300.000 km/s)

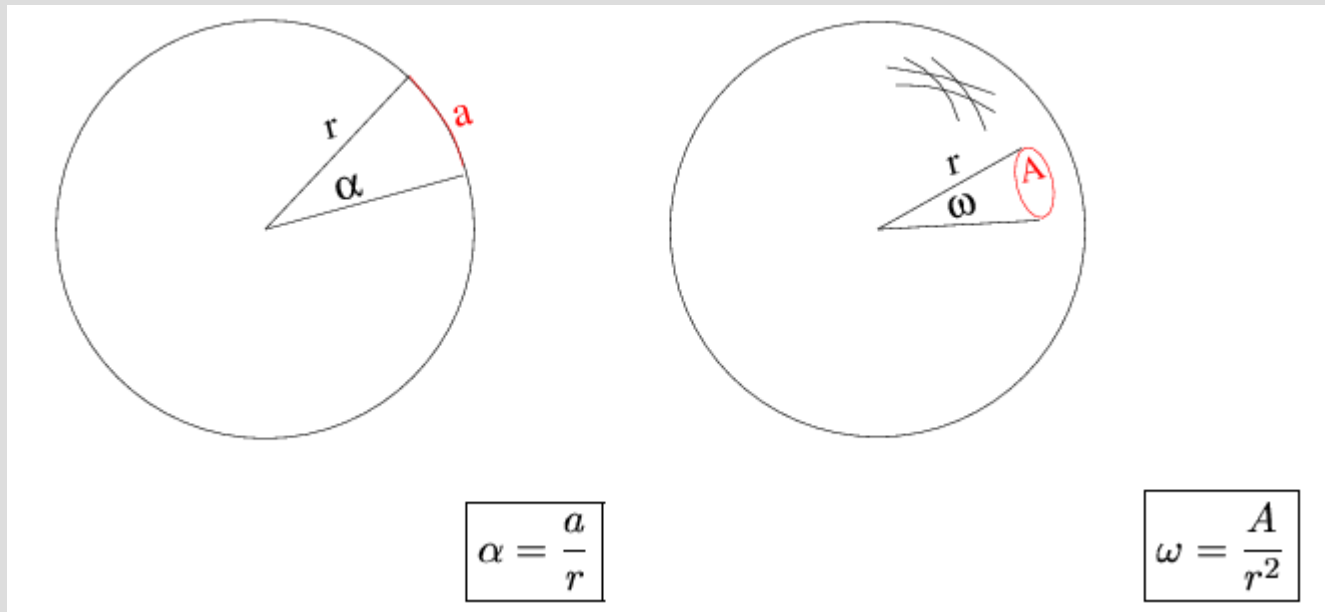
λ = comprimento de onda

ν = freqüência

Fotometria

Ângulo Plano

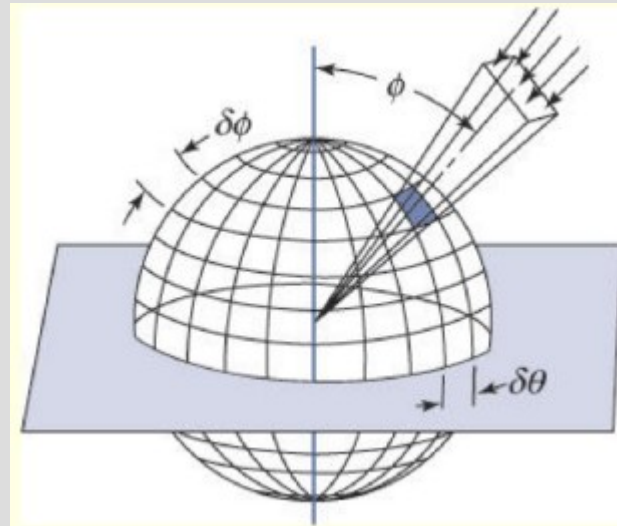
Ângulo Sólido



Unidade de ângulo sólido: esferorradiano (sr)

Fotometria

- $d\omega = \sin \theta \, d\theta \, d\phi$



- Ângulo que compreende área total
 - Círculo: 2π rad
 - Esfera: 4π sr (esterorradianos)

Fotometria

- Grandeza característica:
- **Intensidade específica**

$$I_{\perp} = \frac{dE}{dt dA d\omega}$$

Energia por área, por tempo, por ângulo sólido

- **Intensidade específica monocromática**

$$I_{\nu\perp} = \frac{dE}{dt dA d\omega d\nu}$$

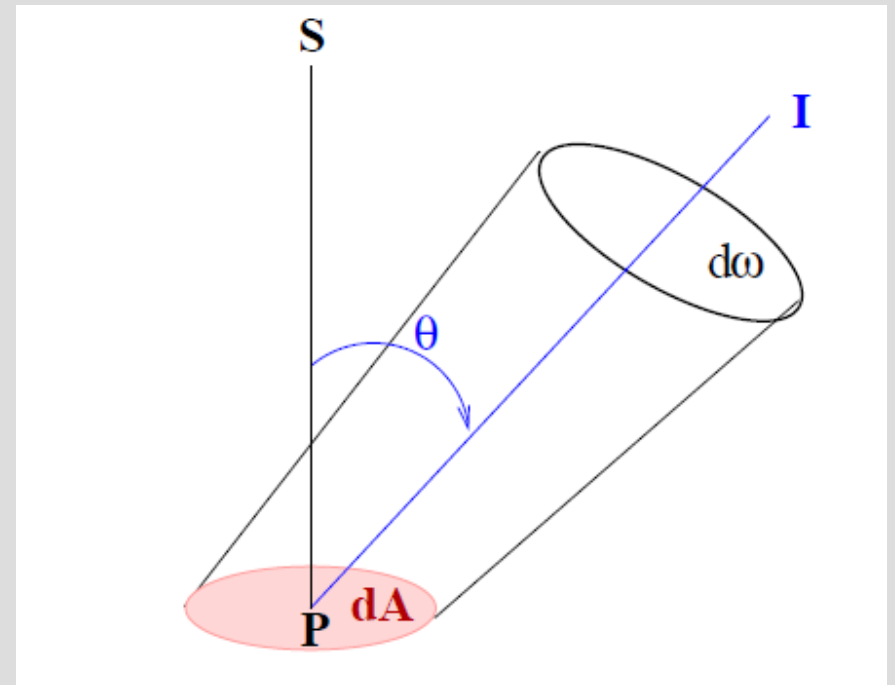
Energia por área, por tempo, por ângulo sólido, com frequência no intervalo $[\nu, \nu+d\nu]$

Fotometria

- Grandeza característica:

Intensidade específica
monocromática

$$I_{\nu} = \frac{dE \cos \theta}{dt dA d\omega d\nu}$$



Energia por área, por tempo, por ângulo sólido, com frequência no intervalo $[\nu, \nu + d\nu]$ com um ângulo θ de inclinação em relação ao observador

Fotometria

- Grandeza característica:

Intensidade específica

$$I_\nu |d\nu| = I_\lambda |d\lambda|.$$

$$I = \int_0^\infty I_\nu d\nu = \int_0^\infty I_\lambda d\lambda.$$

- A intensidade específica não varia com a distância à fonte pois a quantidade de energia dentro do ângulo sólido permanece sempre a mesma.

Fotometria

- **Fluxo:** energia por área por tempo que chega ao detector

$$dF_\nu = \frac{dE \cos \theta}{dA dt d\nu} = I_{\nu\perp} \cos \theta d\omega$$

- Integrando:

$$F_\nu = \int I_\nu d\omega = \int_0^{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_{\nu\perp} \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi$$

Potência através de um superfície: Watt m⁻² ou erg s⁻¹ cm⁻²

- Fluxo integrado (no espectro eletromagnético)

$$F = \int_0^\infty F_\nu d\nu = \int_0^\infty F_\lambda d\lambda.$$

Fotometria

- O Fluxo cai com o quadrado da distância
- O Fluxo de um astro observado da Terra é muito menor que o fluxo na sua superfície
- Para uma estrela de raio R , o fluxo na superfície será

$$F(R) = \frac{L}{4\pi R^2}$$

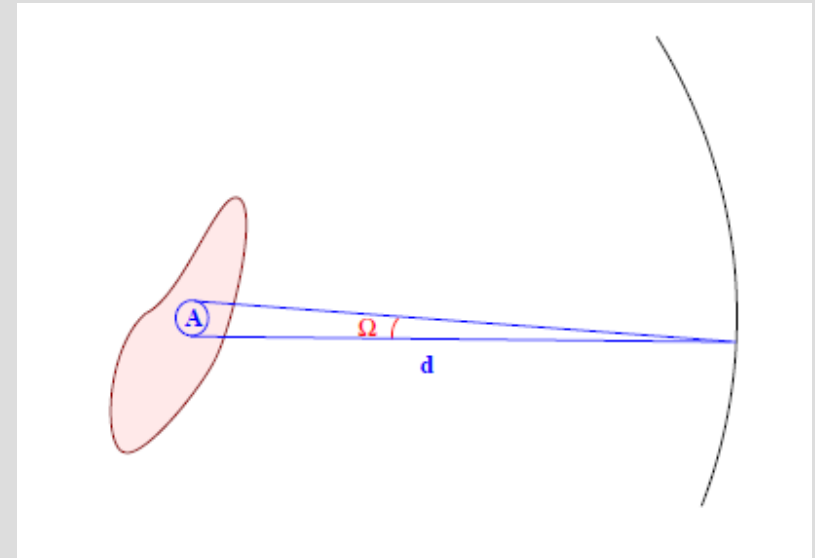
L – Luminosidade intrínseca da estrela

- Fluxo, a uma distância r da estrela, será:

$$F(r) = \frac{L}{4\pi r^2}$$

Fotometria

- E para objetos extensos?
- Brilho superficial (μ):
Fluxo por unidade de área angular



- O Brilho superficial não depende da distância
(tanto fluxo e área dependem da distância com $1/r^2$)

Fotometria

- Brilho aparente: medido em magnitudes
- Porque magnitudes?
- Hiparco (160-125 a.C.): sistema de magnitudes
- Magnitude 1 – mais brilhante
- Magnitude 6 – menos brilhante
- Norman Pogson (1856) propôs sistema baseado no olho humano que tem sensibilidade logarítmica
- Estrelas de magnitude 1 são 100 vezes mais brilhantes que as de magnitude 6. Logo:

$$m_1 - m_2 = K \log \frac{F_1}{F_2} \longrightarrow 1 - 6 = K \log \left(\frac{F_1}{F_2} \right)$$

$$-5 = K \log(100) \longrightarrow K = -2,5$$

$$m = -2,5 \log F + \text{const.}$$

Fotometria

- Normalmente utiliza-se a magnitude aparente da estrela veja como $m=0$ para se definir a constante da definição de magnitude

$$m = -2,5 \log F + \text{const.}$$

- Diferença de magnitudes:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \log \frac{F_2}{F_1}$$

Fotometria

- Magnitudes aparentes:

m(Sírius)	-1,46
m(Lua Cheia)	-12,8
m(Sol)	-26,74
m(Mercúrio)	-1,9
m(Vênus)	-4,4
m(Marte)	-2
m(Júpiter)	-2,7
m(Saturno)	0,6
m(Urano)	5,5
m(Netuno)	7,8
m(Plutão)	15

Fotometria

- Uma estrela de magnitude visual $V=0$ tem fluxo observado de $F = 3,69 \times 10^9 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ A}^{-1}$
- Isto corresponde a cerca de $1000 \text{ fótons cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ A}^{-1}$
- No filtro V o total de fótons detectado é de $10^6 \text{ fótons cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Pupila do olho humano: 7mm de abertura
- Um telescópio com 7cm de abertura = área 100 vezes maior. Logo capta 100 vezes mais fótons
- Assim tal telescópio permite observar 5 mag mais fracas que o olho humano (até magnitude $6+5=11$)