

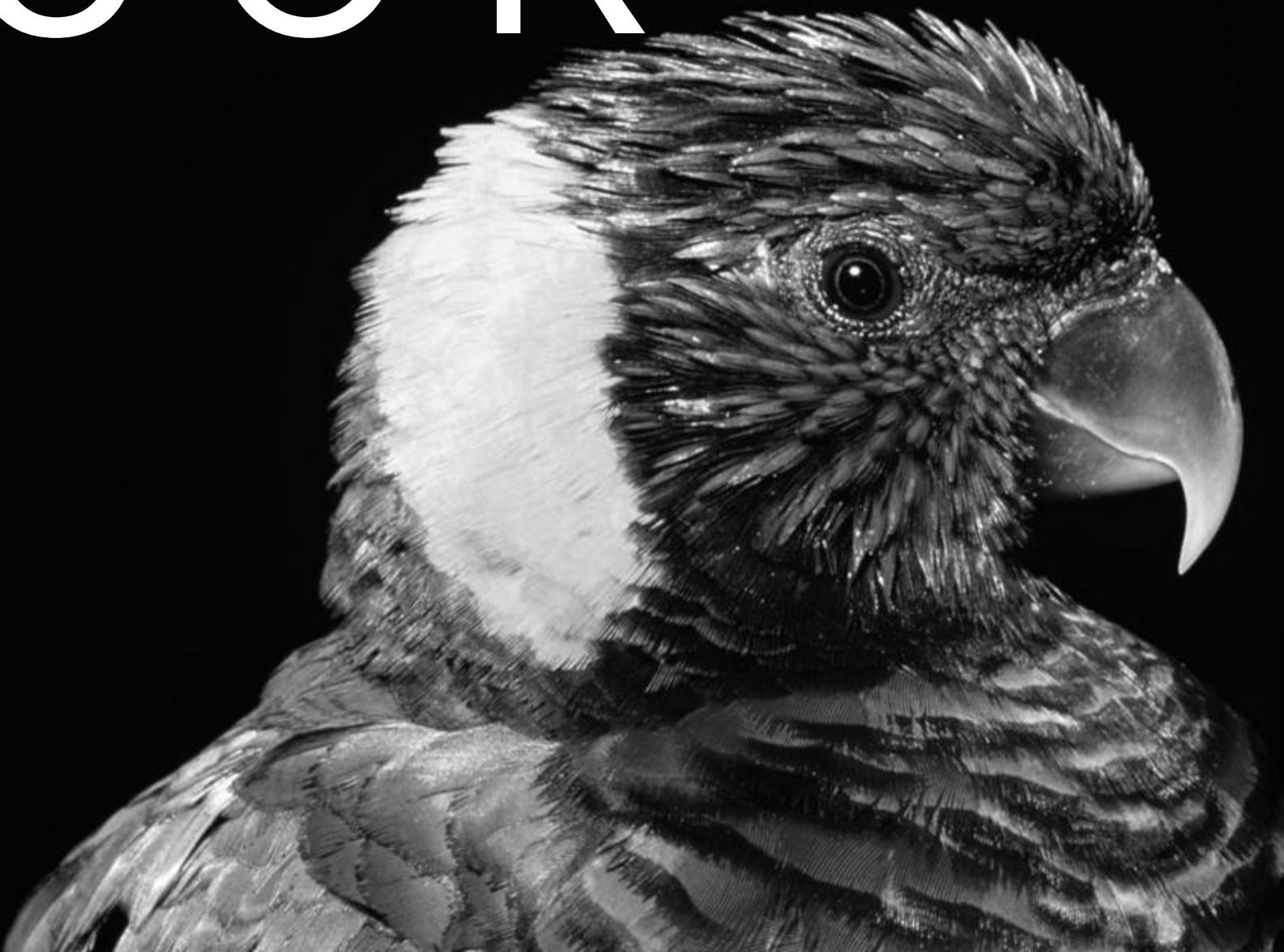
**F 015 A**

Tópicos da Física Aplicada: **COR**

**2º Sem. 2014**

Profa. Maria José Santos Pompeu Brasil

C O R



C O R



Os outros veem  
as mesmas cores  
que eu vejo?

Quantas cores  
precisamos para  
gerar todas as  
cores?

Porque quando  
imprimimos as cores  
ficam diferentes das  
cores no monitor?

O papel  
amarelo só  
reflete luz  
amarela?

O que são cores  
primárias?

De onde vem as  
cores do céu,  
nuvens, por do  
sol, mar?

Como funciona o  
efeito de after-  
image?

Porque as  
cores neon  
brilham?

Qual a  
diferença  
entre amarelo  
e dourado?

Quantas  
cores  
existem?

# Como vemos ?

## Teoria da Emissão

Grécia antiga: Euclides, Ptolomeu  
Emissão do olho até o objeto.

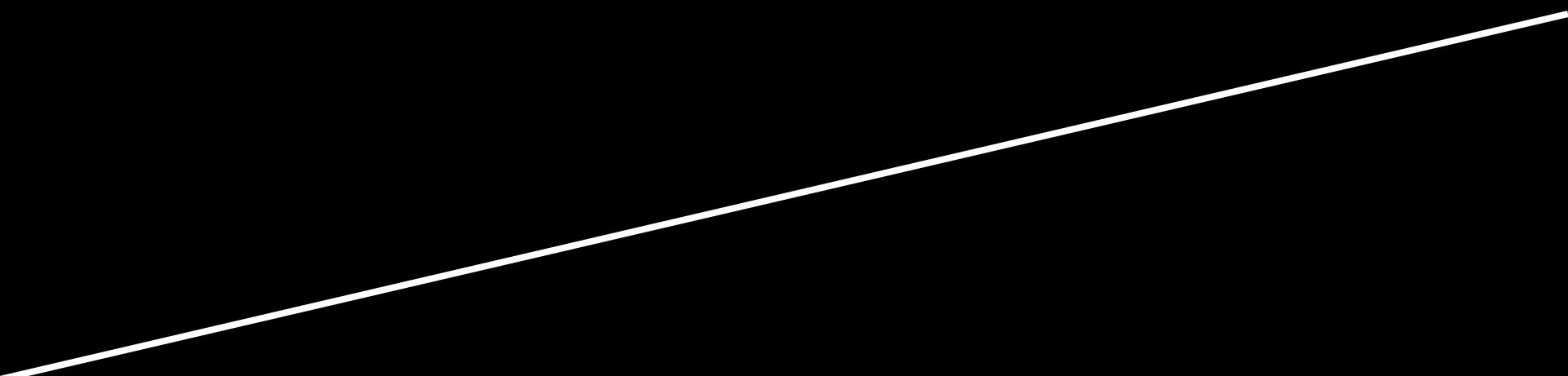
## Teoria mista

Grécia antiga: Platão  
Emissão do olho até o objeto.  
Emissão do objeto até o olho.  
Interação entre as duas emissões.

## Teoria da Intro-missão

Aristóteles, Da Vinci  
Emissão do objeto até o olho.

vemos L U Z



vemos L\_U\_Z



# **Issac Newton, sec. XVII**

*A luz é branca consiste de diferentes cores que podem ser separadas e reagrupadas por prismas, recuperando a luz branca.*



# O que é a luz ?

Newton ~1700 : **PARTÍCULAS**

Young ~1800 : **ONDAS**

Maxwell ~1860 : **ONDAS EM**

Einstein ~1900 : **PARTÍCULAS**

**LUZ**  
**DUALIDADE**

**ONDA**

**/**

**PARTÍCULA**

# ONDAS

## Difração



## Interferência



# ONDAS EM

*And God said:*

$$\nabla \cdot D = \rho$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

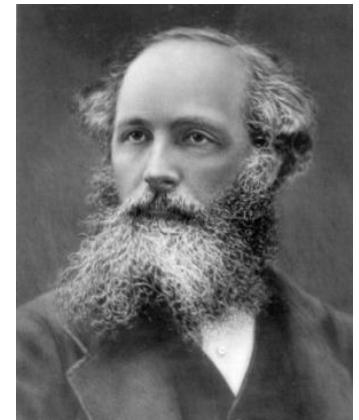
$$\nabla \times H = i + \frac{\partial D}{\partial t}$$

*And there was light.*

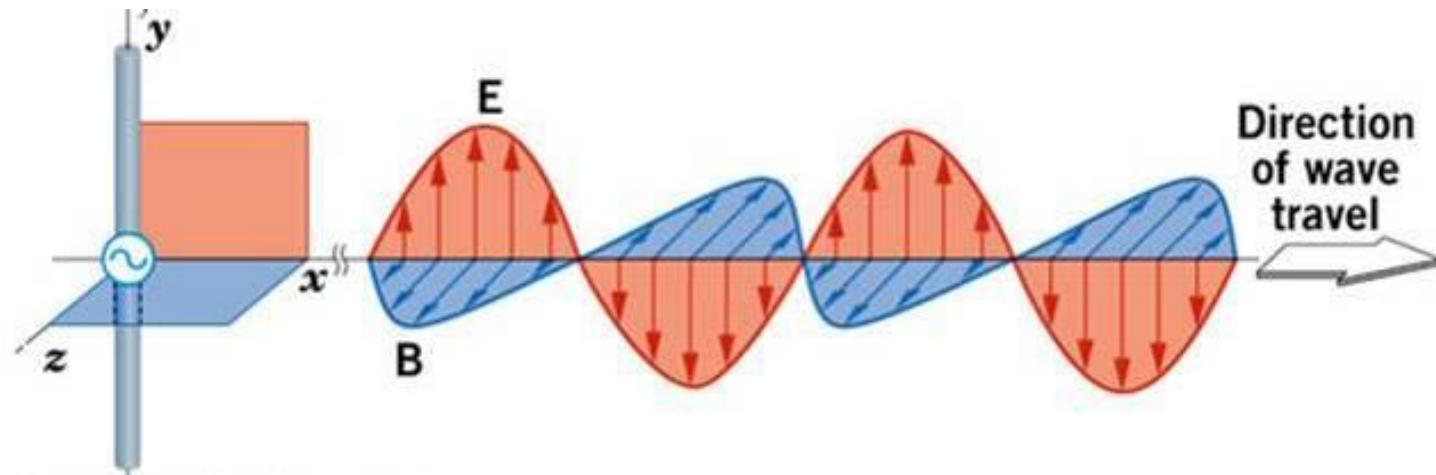
*“Esta velocidade é tão próxima da velocidade da luz que, aparentemente, temos fortes razões para concluir que a própria luz é um distúrbio eletromagnético na forma de ondas que se propagam através dos campos eletromagnéticos e de acordo com as leis do eletromagnetismo.”*

*Maxwell, 1862*

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_o \epsilon_o}} \cong 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$



# ONDAS EM



Copyright John Wiley & Sons

Velocidade :  $c$

Comprimento de onda:  $\lambda$

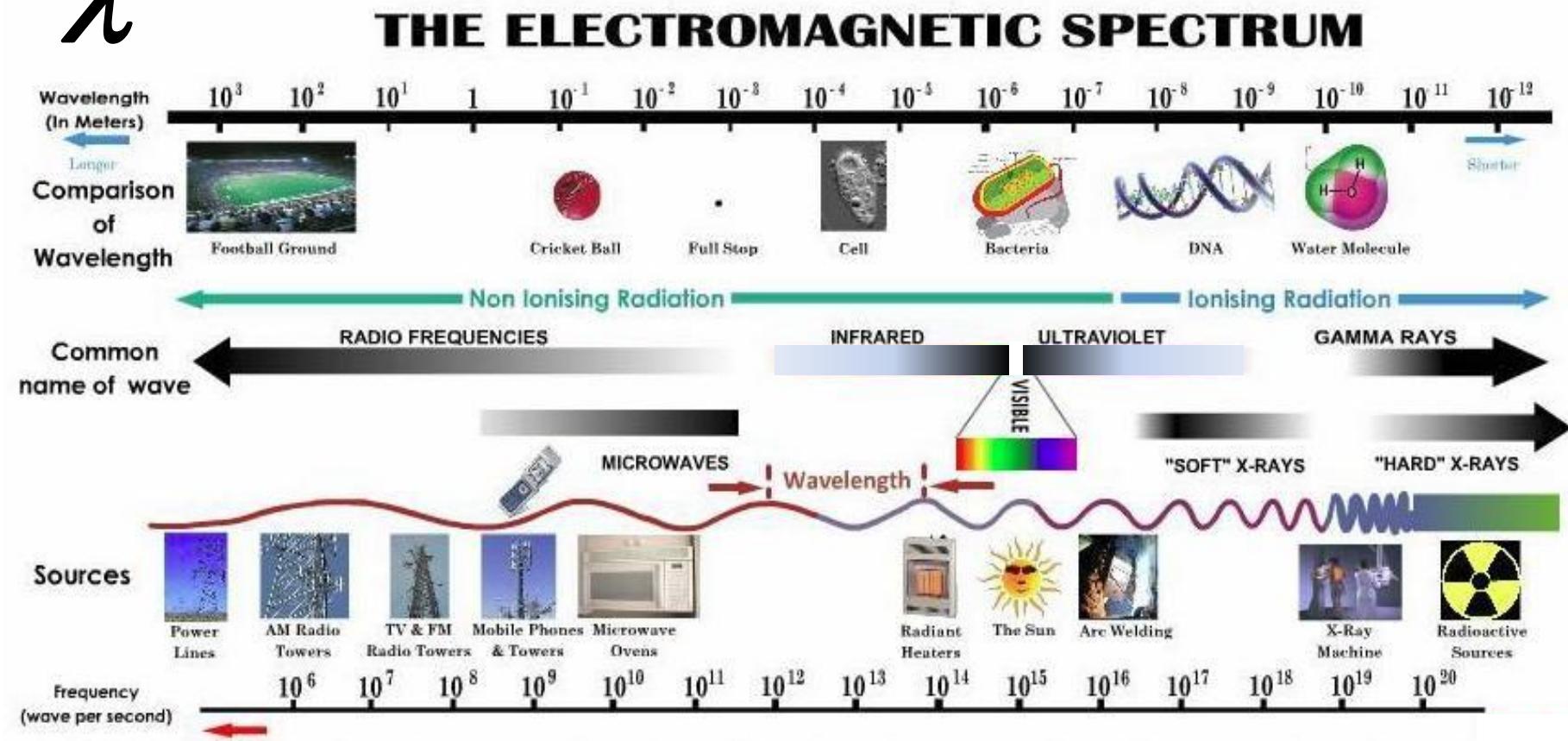
Período:  $T$

Frequência:  $f$

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

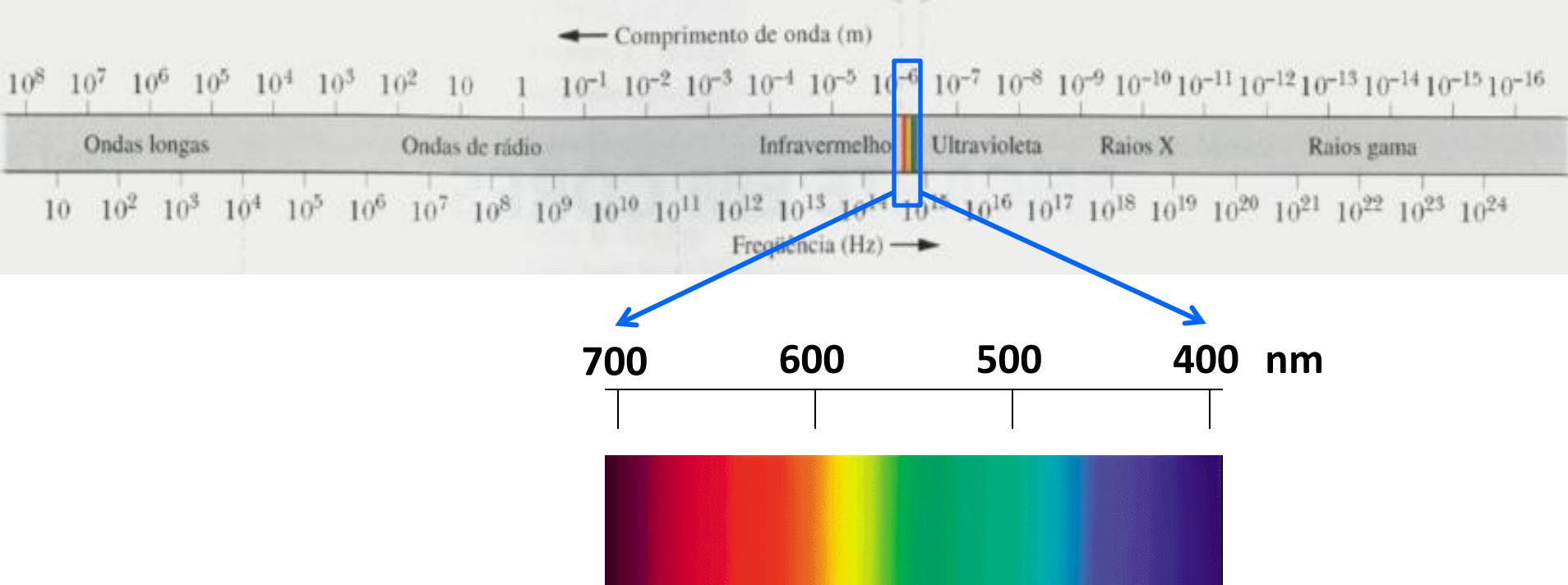
# ONDAS EM

$\lambda$



$f$

# ONDAS EM



## Espectro visível

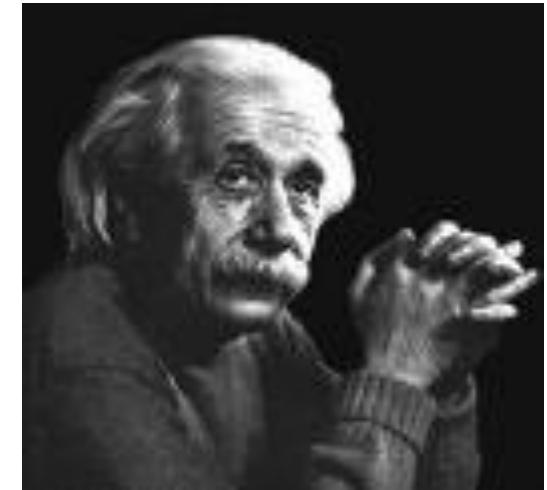
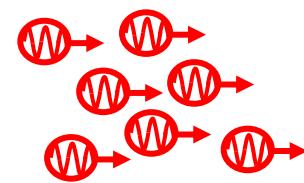
# PARTÍCULAS

Quantum de Luz : **FOTON**

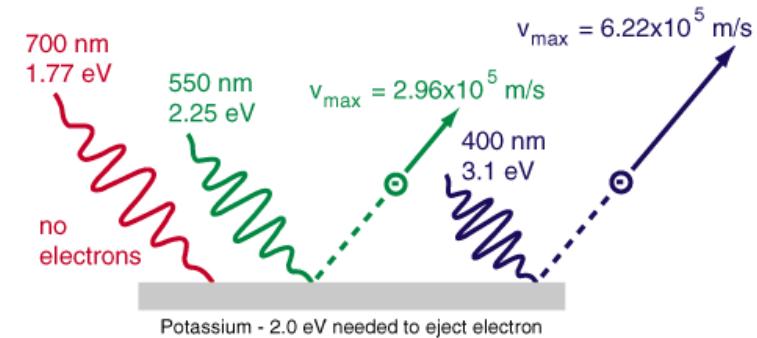
$$E = hf$$

Constante de Planck

$$h=6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$



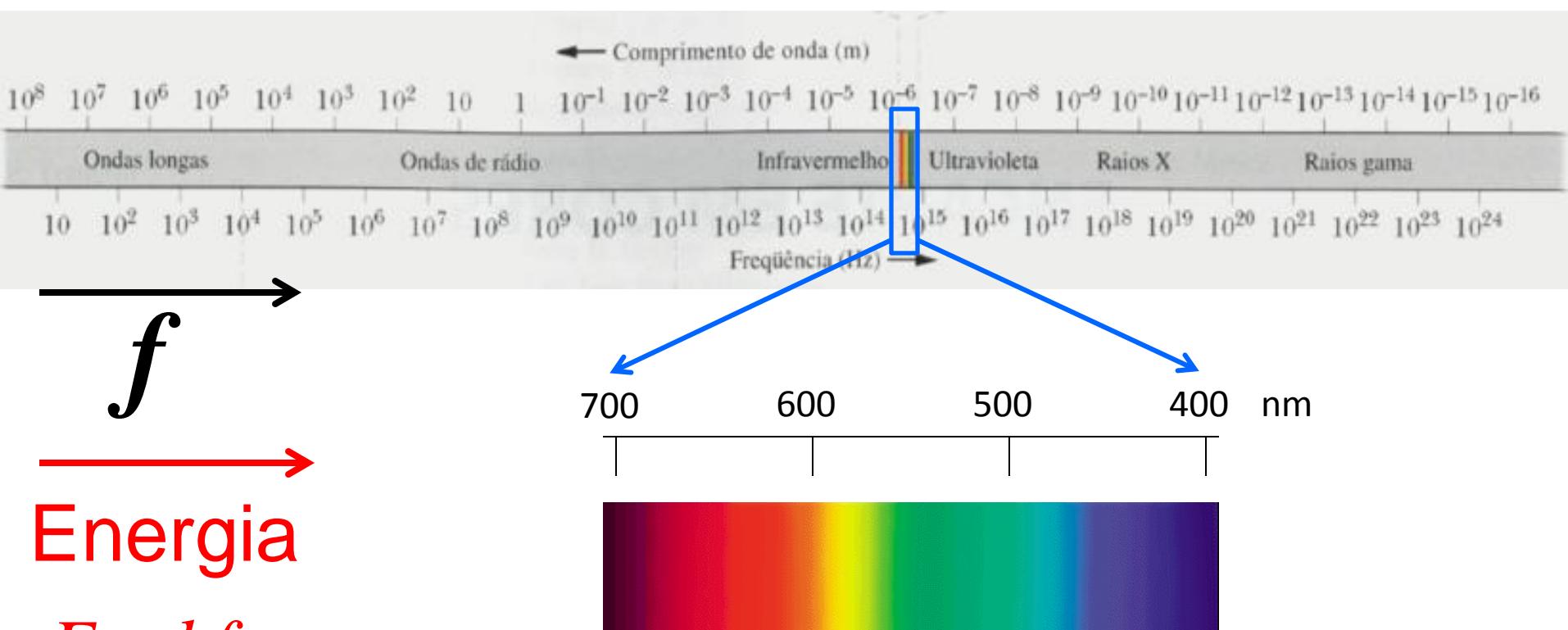
Albert Einstein



Photoelectric effect

Nobel, 1921

$\lambda$



Energia

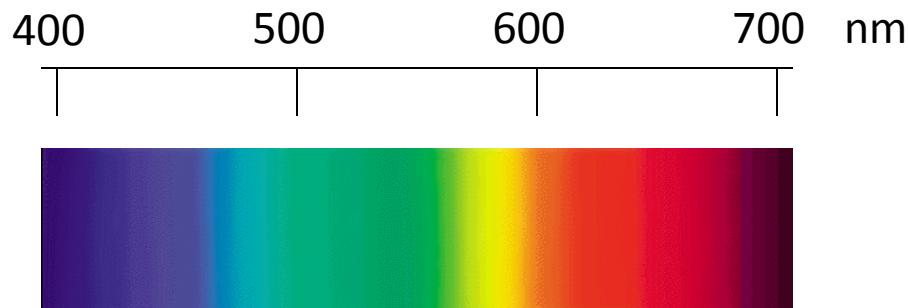
$$E = hf$$



**Newton**

# 7 CORES DO ARCO ÍRIS

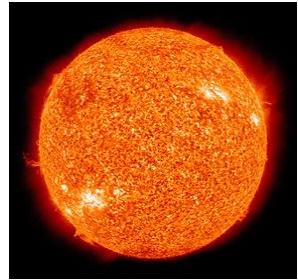




<b>COR</b>	<b>Comp. de onda</b>
Violeta	390 - 450 nm
Azul	450 - 490 nm
Verde	490 - 560 nm
Amarelo	560 - 590 nm
Laranja	590 – 635 nm
vermelho	635 – 700 nm

Anil  
445-465 nm

# Fontes de LUZ

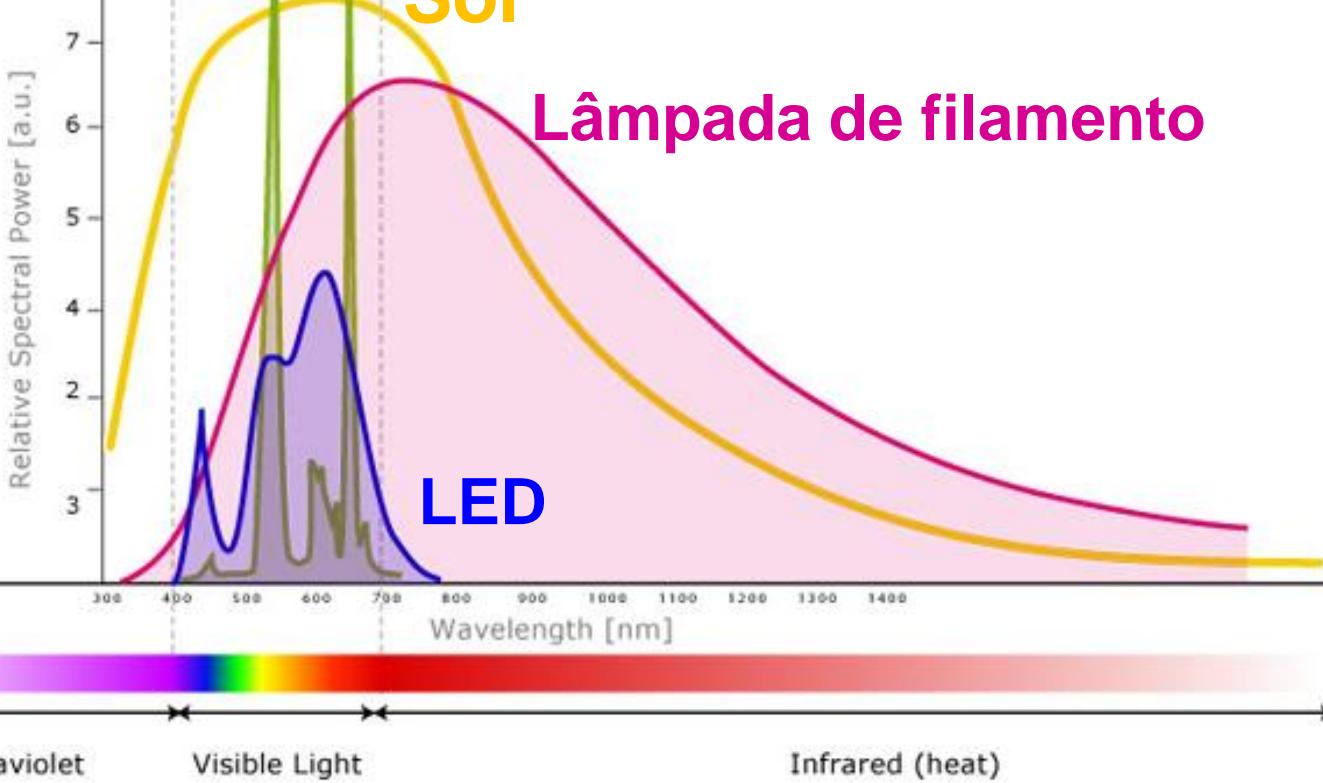


Lâmpada de gás

Sol

Lâmpada de filamento

LED



# Fontes de LUZ

Objetos “quentes” : Incandescência

Filamentos de lâmpadas, sol, animais

Descarga de Gases

Lâmpadas neon, raios, aurora boreal, lasers de gás

Catodoluminescência (sólidos, especialmente P)

Monitores antigos, lâmpada fluorescente\*

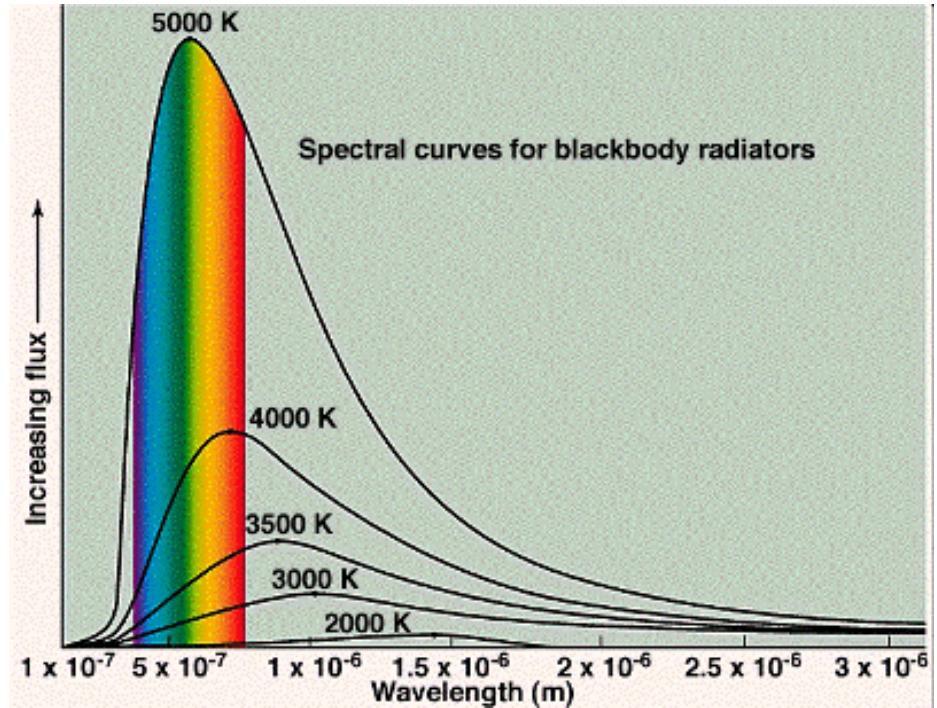
Eletroluminescência (sólidos)

Diodos, lasers de estado sólido

# Incandescência: Objetos Quentes

## Radiação de Planck

$$\text{Lei de Wien: } \lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$



## Temperatura da Cor

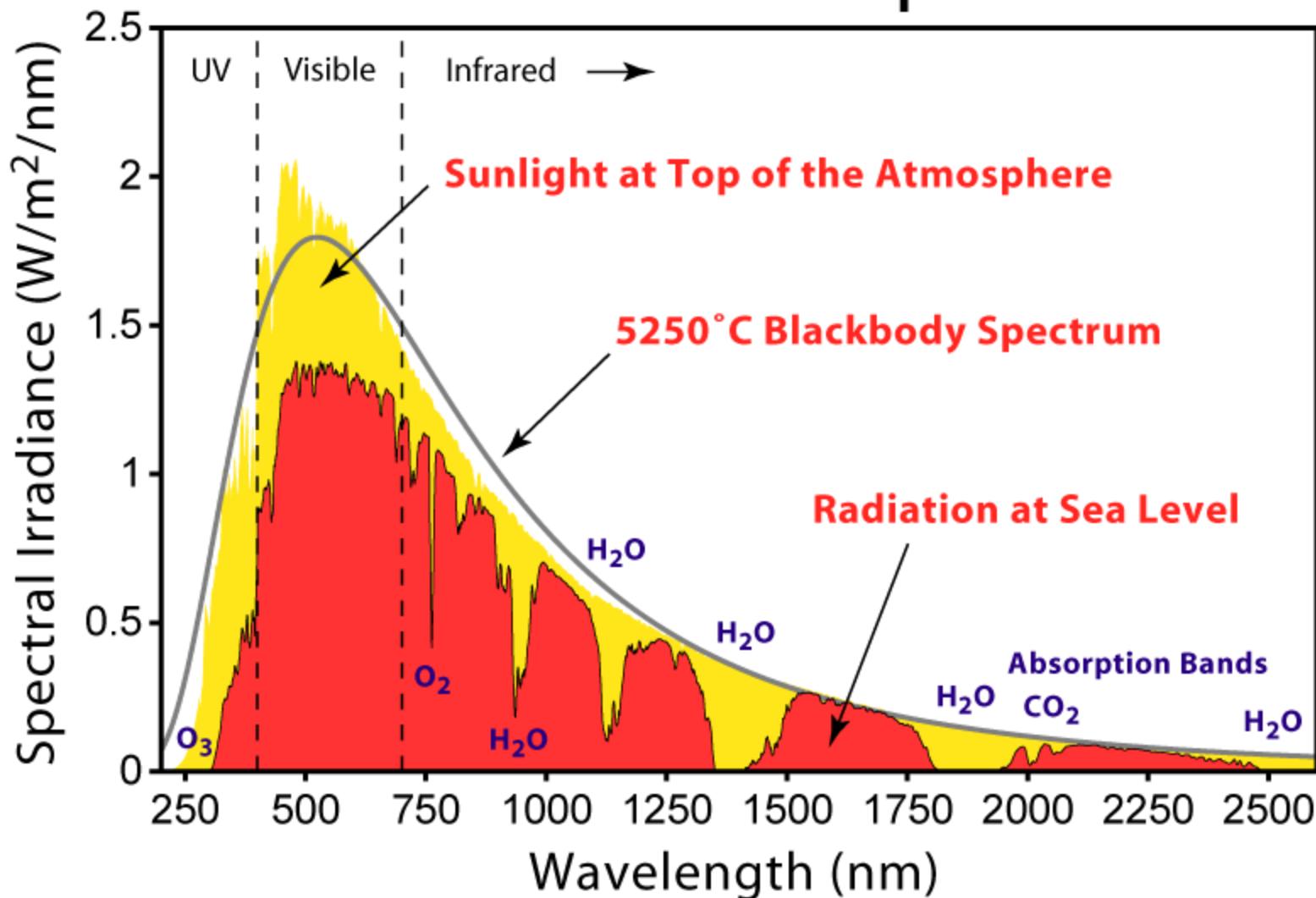
Sol\*: ~5.500 K

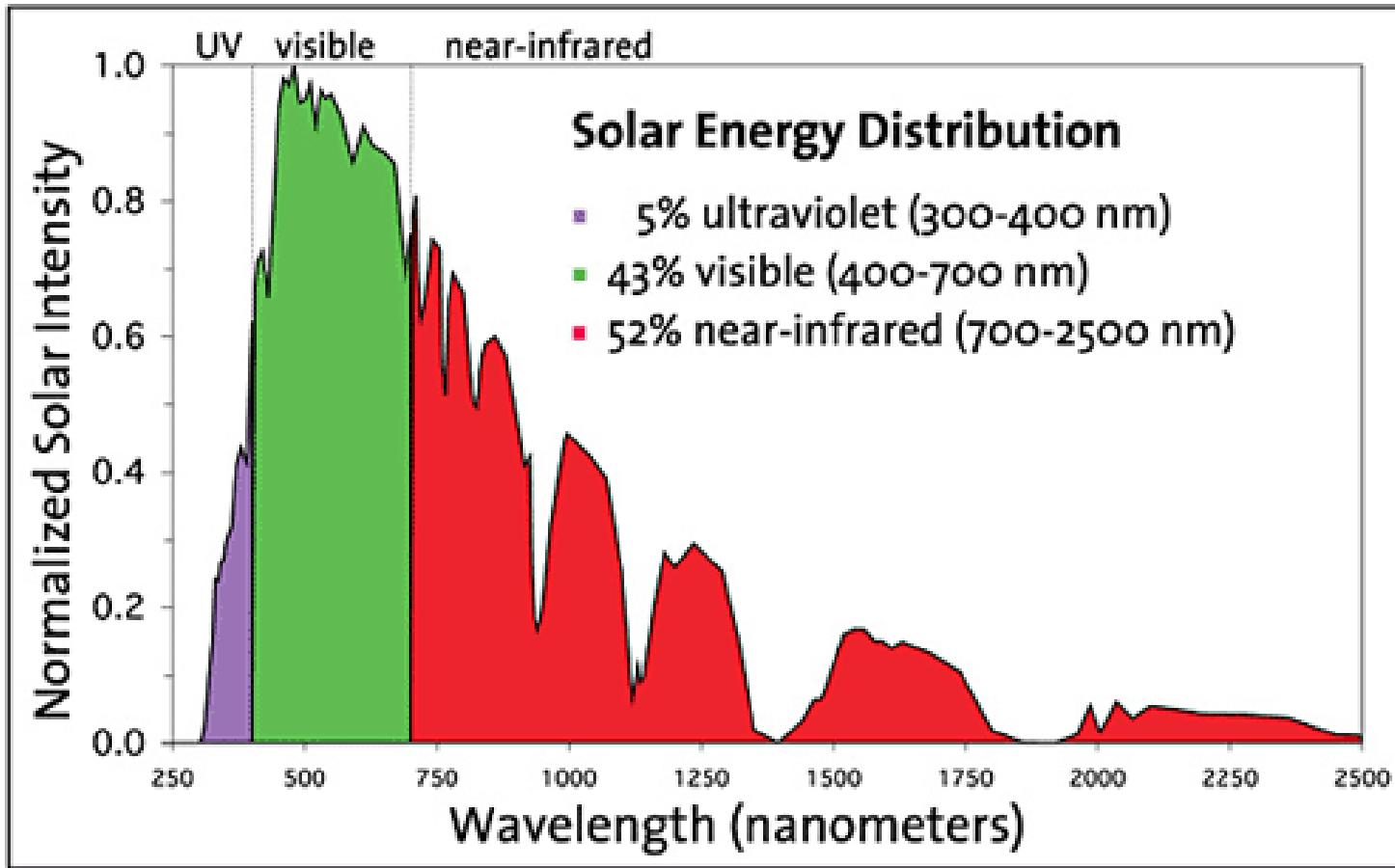
Lâmpada de W: 2.500 - 3.200 K

Lâmpada de W halogênica: 2900 – 3300 K

Corpo humano: ~ 300 K

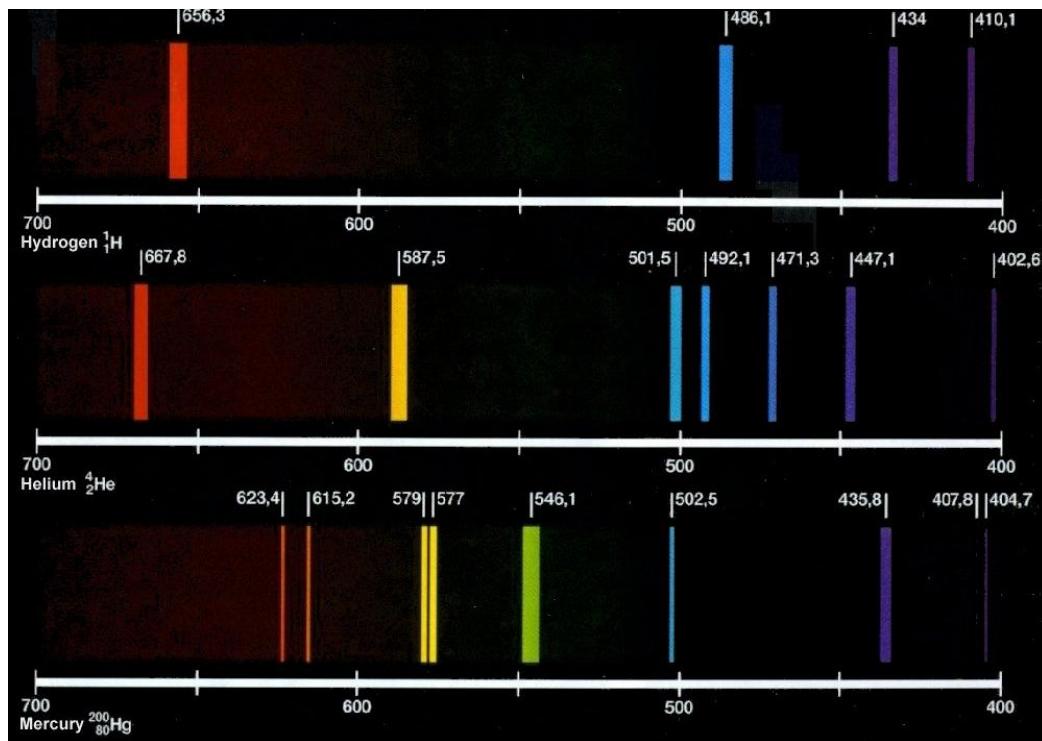
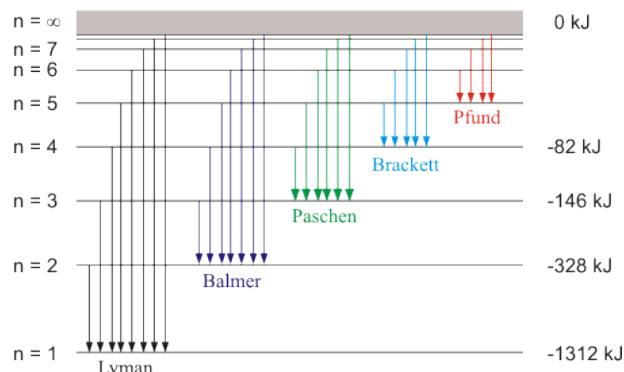
# Solar Radiation Spectrum





# Descarga de gases

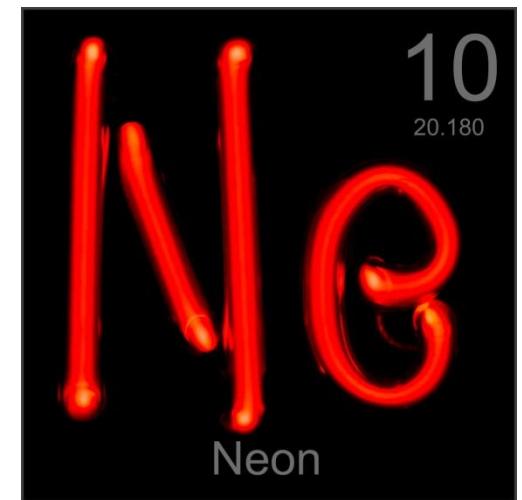
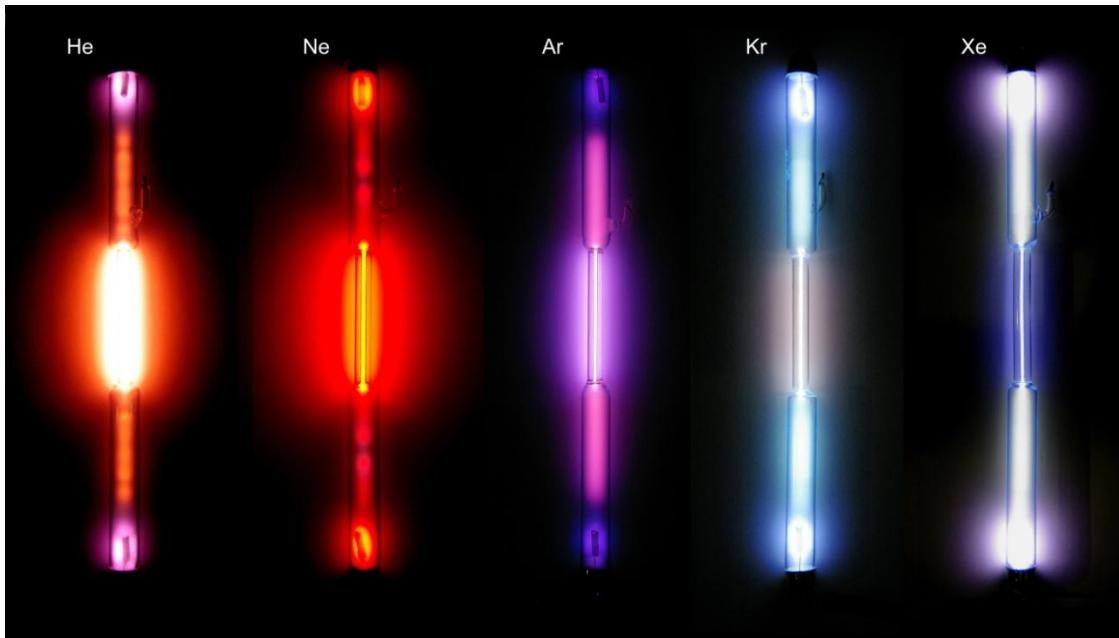
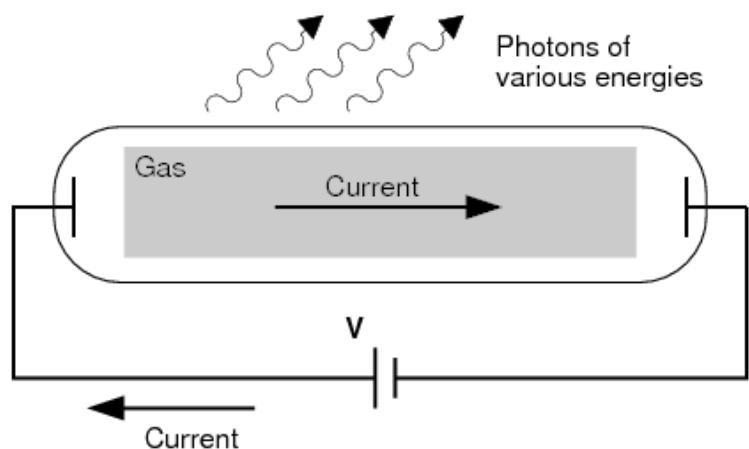
Quantização da Energia  
Níveis de energia discretos



# Descarga de gases

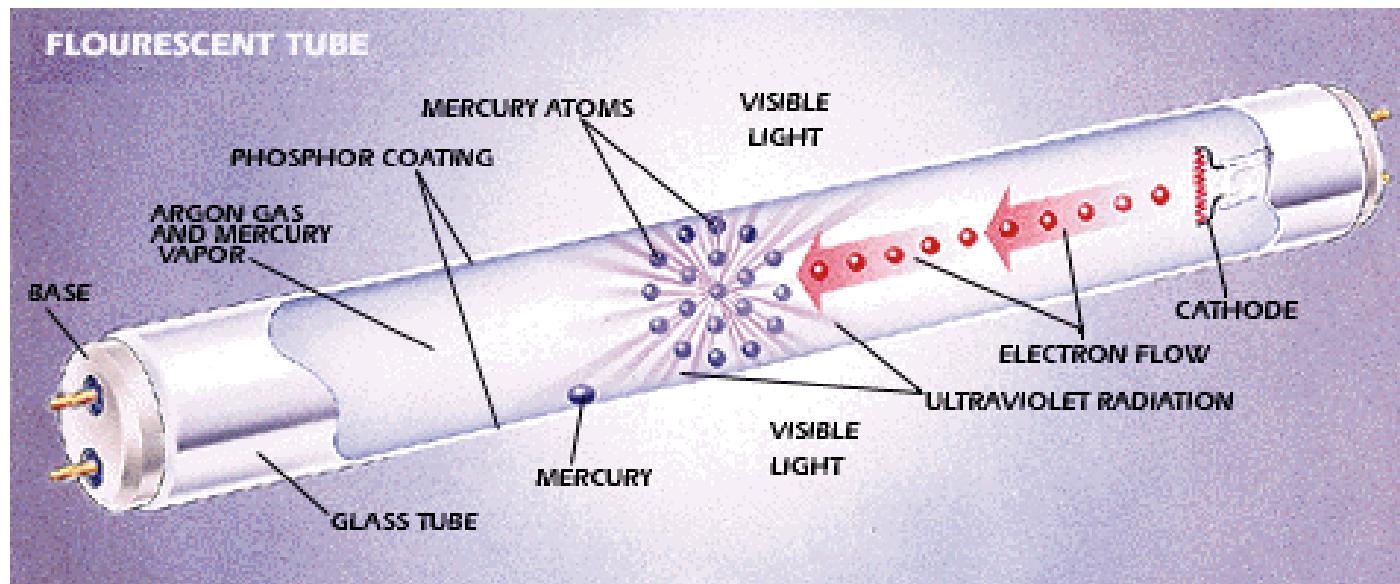
Gás: mau condutor de eletricidade

Baixa Pressão + Ionização



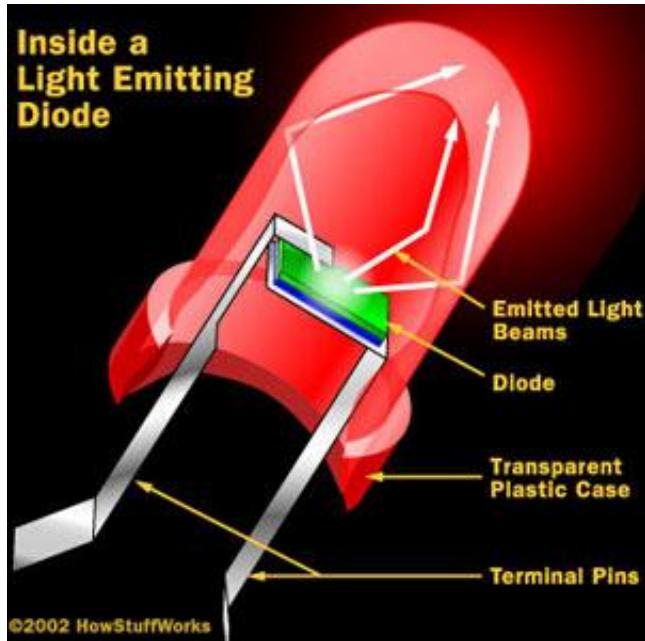
# Descarga de gases + Catodoluminescência

## Lâmpada Fluorescente

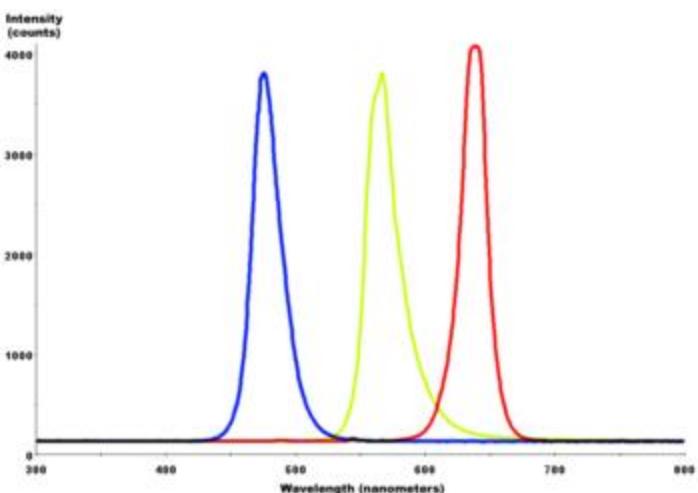


# Eletroluminescência

**LED : Light Emitting Diode**



# LED : Light Emitting Diode

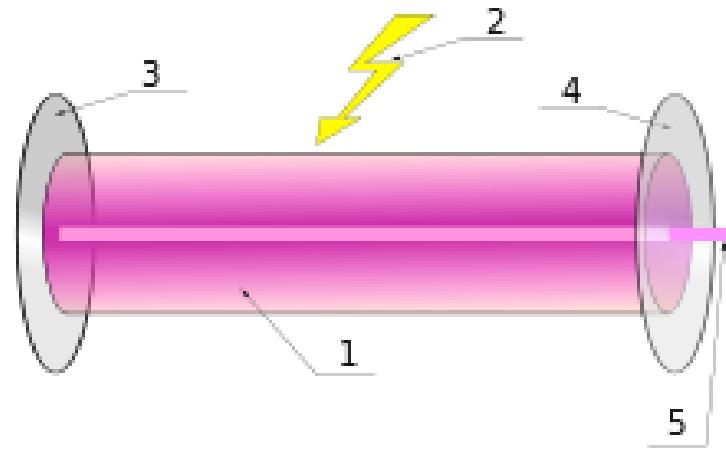
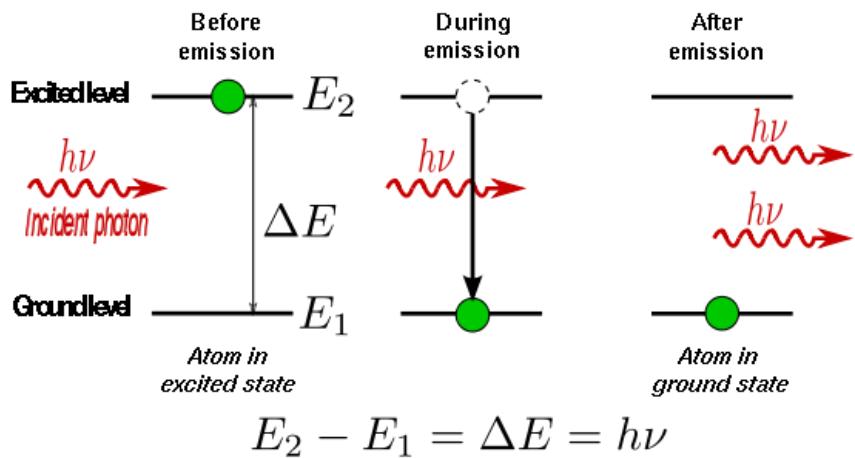


Color		$\lambda$ (nm)	Semiconductor material
	Infrared	$\lambda > 760$	<a href="#">Gallium arsenide</a> (GaAs) <a href="#">Aluminium gallium arsenide</a> (AlGaAs)
	Red	$610 < \lambda < 760$	<a href="#">Aluminium gallium arsenide</a> (AlGaAs) <a href="#">Gallium arsenide phosphide</a> (GaAsP) <a href="#">Aluminium gallium indium phosphide</a> (AlGaNp) <a href="#">Gallium(III) phosphide</a> (GaP)
	Orange	$590 < \lambda < 610$	<a href="#">Gallium arsenide phosphide</a> (GaAsP) <a href="#">Aluminium gallium indium phosphide</a> (AlGaNp) <a href="#">Gallium(III) phosphide</a> (GaP)
	Yellow	$570 < \lambda < 590$	<a href="#">Gallium arsenide phosphide</a> (GaAsP) <a href="#">Aluminium gallium indium phosphide</a> (AlGaNp) <a href="#">Gallium(III) phosphide</a> (GaP)
Green		$500 < \lambda < 570$	<b>Traditional green:</b> <a href="#">Gallium(III) phosphide</a> (GaP) <a href="#">Aluminium gallium indium phosphide</a> (AlGaNp) <a href="#">Aluminium gallium phosphide</a> (AlGnP) <b>Pure green:</b> <a href="#">Indium gallium nitride</a> (InGaN) / <a href="#">Gallium(III) nitride</a> (GaN)
Blue		$450 < \lambda < 500$	<a href="#">Zinc selenide</a> (ZnSe) <a href="#">Indium gallium nitride</a> (InGaN) <a href="#">Silicon carbide</a> (SiC) as substrate <a href="#">Silicon</a> (Si) as substrate—under development
Violet		$400 < \lambda < 450$	<a href="#">Indium gallium nitride</a> (InGaN)
Purple		multiple types	Dual blue/red LEDs, blue with red phosphor, or white with purple plastic
Ultraviolet		$\lambda < 400$	<a href="#">Diamond</a> (235 nm) <sup>[67]</sup> <a href="#">Boron nitride</a> (215 nm) <sup>[68][69]</sup> <a href="#">Aluminium nitride</a> (AlN) (210 nm) <sup>[70]</sup> <a href="#">Aluminium gallium nitride</a> (AlGaN) <a href="#">Aluminium gallium indium nitride</a> (AlGaN) — down to 210 nm <sup>[71]</sup>

# Eletroluminescência

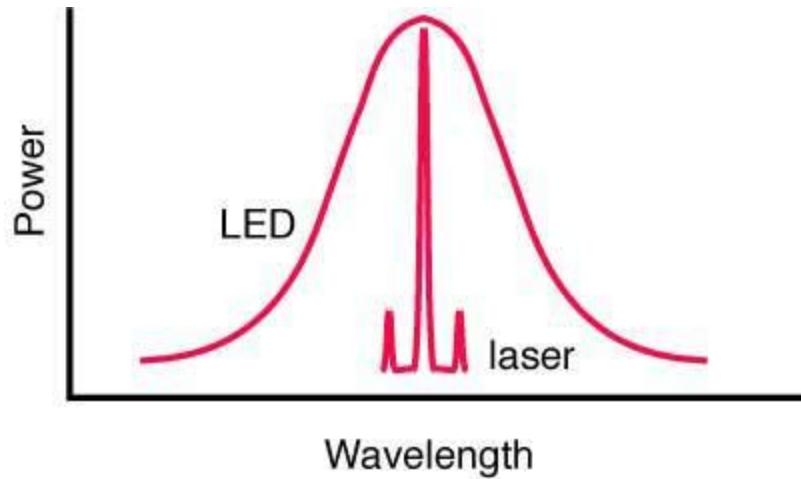
## LASER

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation



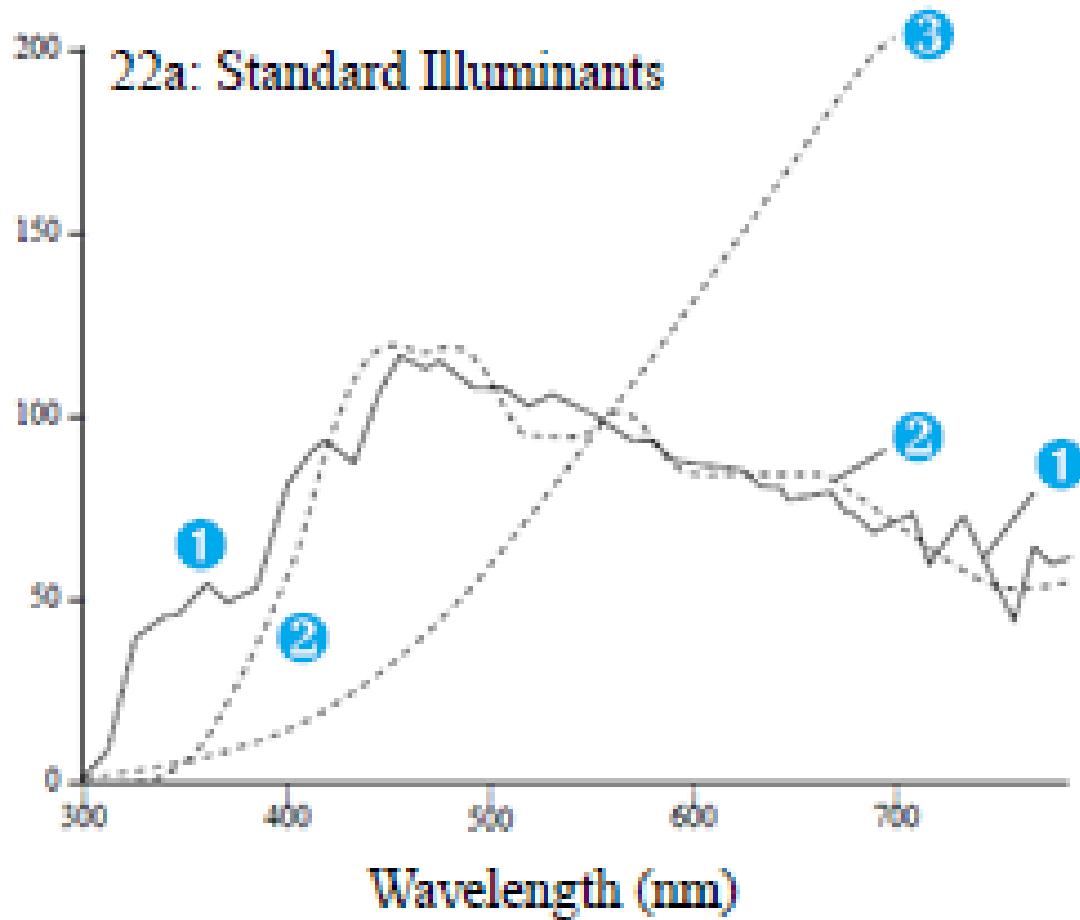
1. Gain medium
2. Laser pumping energy
3. High reflector
4. Output coupler
5. Laser beam

# LASER



# CIE

# Commission Internationale de l'Éclairage



① Standard Illuminant D65:  
Average daylight (including ultraviolet wavelength region) with a correlated colour temperature of 6504K.

② Standard Illuminant C:  
Average daylight (not including ultraviolet wavelength region) with a correlated colour temperature of 6774K.

③ Standard Illuminant A:  
Incandescent light with a correlated colour temperature of 2856K.

Porque várias cores não aparecem no arco-íris?

Como uma linha vira um círculo na nossa percepção?

