

# **Efeito fotoelétrico**

## **Determinação da constante de Planck**

**Gonçalo Figueira** — [goncalo.figueira@tecnico.ulisboa.pt](mailto:goncalo.figueira@tecnico.ulisboa.pt)  
Complexo Interdisciplinar, ext. 3375  
Tel. 218 419 375  
**1.º semestre 2019/20**



Objectivos

Efeito fotoeléctrico

Função trabalho e energia cinética

Potencial de paragem

Determinação da constante de Planck

# Max Planck & Albert Einstein

1858 –1947

Univs. Munique, Berlim, Göttingen, Kiel

Prémio Nobel da Física de 1918

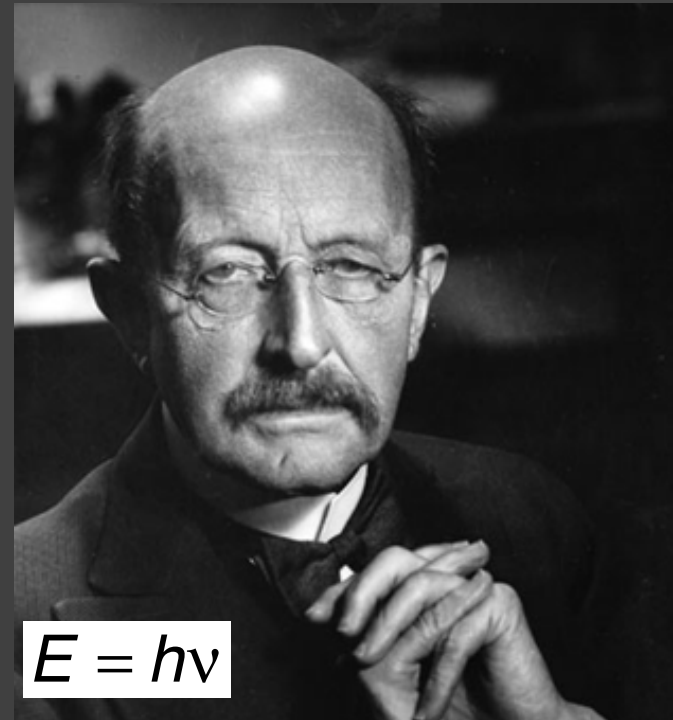
“em reconhecimento dos serviços prestados ao avanço da física pela sua descoberta do quantum de energia”

1879 –1955

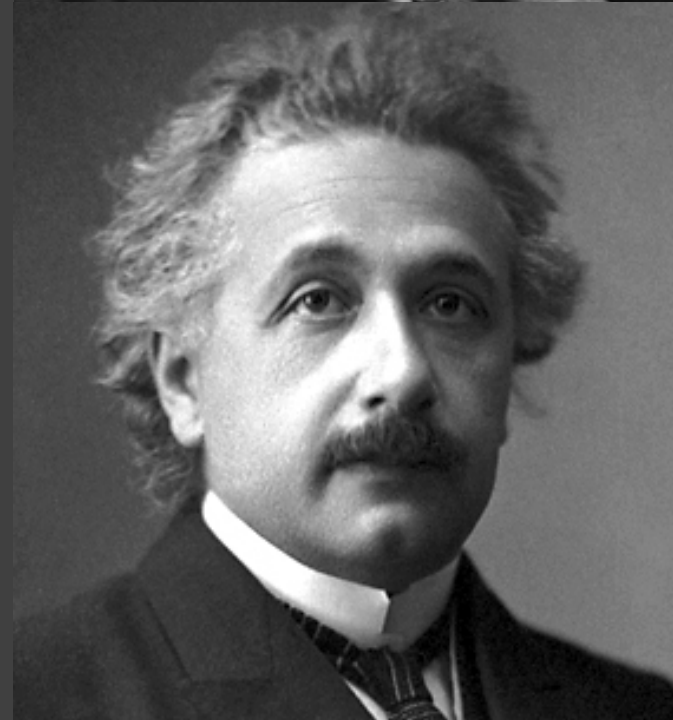
ETH Zurique ... IAS Princeton

Prémio Nobel da Física em 1921

“pelas suas contribuições à física teórica e, especialmente, pela sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico”



$$E = h\nu$$



# Experiência de Planck: objectivos e método

## Objectivos

Verificação experimental do efeito fotoeléctrico

Determinação da constante de Planck  $h$

Valor tabelado:  
(exacto)

$$\begin{aligned}h &= 6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\ &= 4,135\,667\,696 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}\end{aligned}$$

Nota:  $1 \text{ J} \cdot \text{s} = 1 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \text{s}^{-1}$

## Método

Determinação da energia cinética dos fotoelectrões em função da frequência da luz incidente sobre a célula fotoeléctrica, usando o conceito de potencial de paragem

# O Sistema Internacional de Unidades – definição de 2019

base unit	symbol	defining constants	symbol	Value
kilogram	kg	Planck constant	$h$	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J s}$
metre	m	speed of light in a vacuum	$c$	$299\,792\,458 \text{ m/s}$
second	s	hyperfine transition frequency of caesium atom	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	$9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$
ampere	A	elementary charge	$e$	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$
kelvin	K	Boltzmann constant	$k$	$1.380\,649 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
mole	mol	Avogadro constant	$N_{\text{A}}$	$6.022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ /mol}$
candela	cd	luminous efficacy of monochromatic radiation of frequency 540 THz	$K_{\text{cd}}$	$683 \text{ lm/W}$

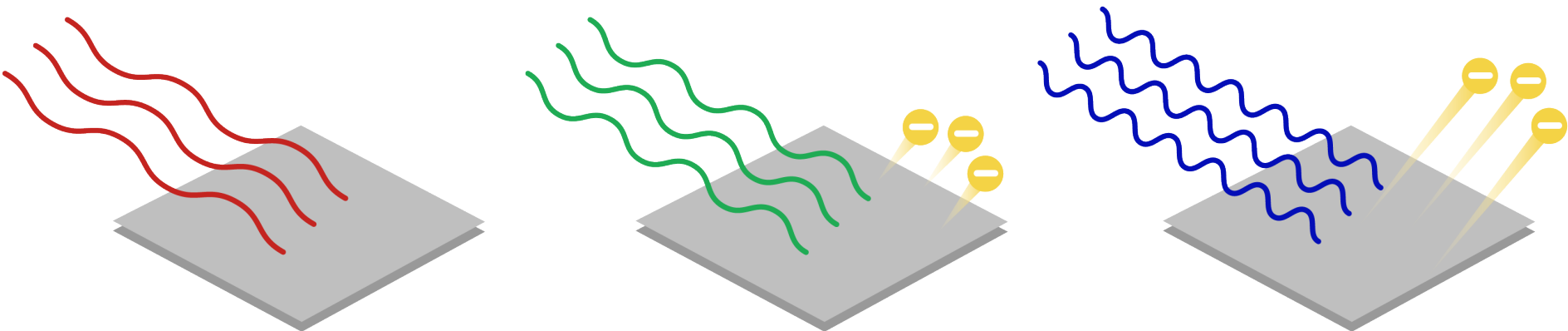
# Efeito fotoelétrico

Emissão de electrões (= *fotoelectrões*) por um material quando exposto a luz de alta frequência (UV)

1839 – A. E. Becquerel, confirmado 1887 – H. Hertz

Só ocorre acima de uma dada **frequência**, que depende do material

A energia de cada fotoelectrão é proporcional à **frequência**, não à **intensidade** da luz



# Efeito fotoelétrico

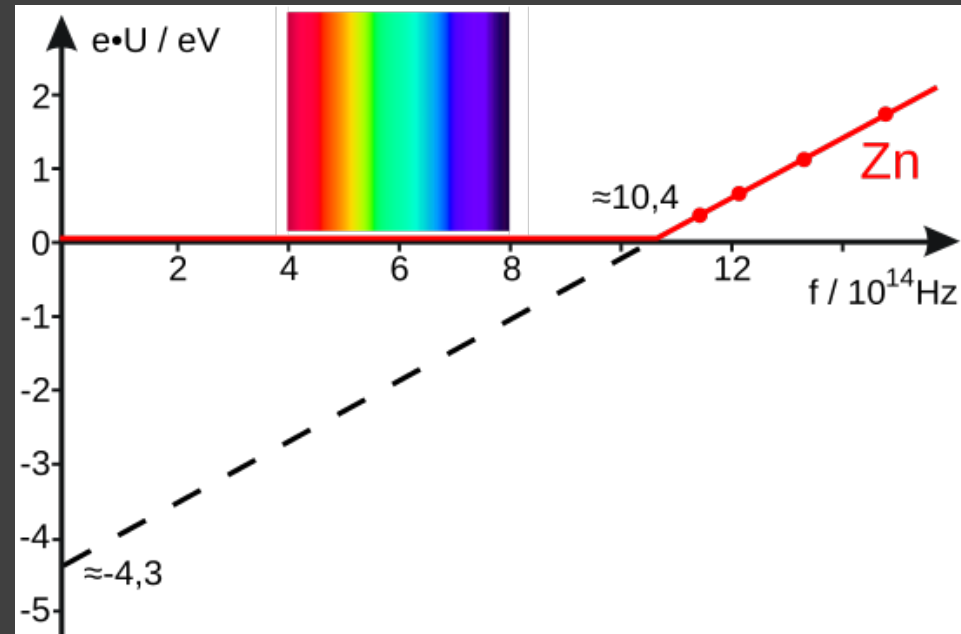
Cada fóton transporta uma energia proporcional à sua frequência

$$E = h\nu = \hbar\omega$$

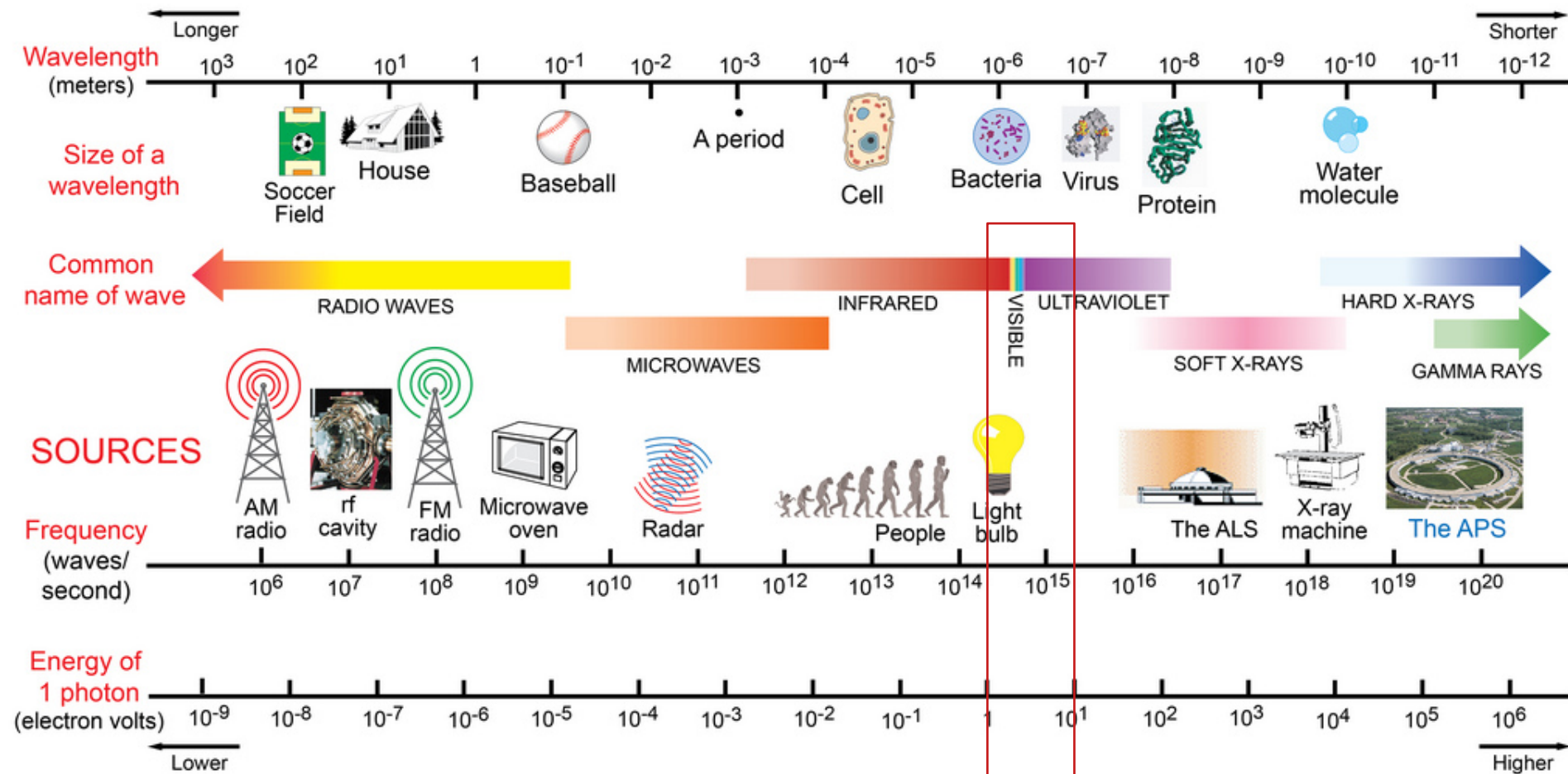
O electrão absorve a energia do fóton, e pode ser libertado caso esta ultrapasse a **função-trabalho**

$$K_e = h\nu - W_0$$

A intensidade da luz determina o **número** de fotoelectrões, mas não a sua **energia individual**



# THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Função trabalho  
(eV) (nm)

Na	2,3 (539)	Al	4,08
Ca	2,9	Cu	4,7
Zn	4,3	Pt	6,35 (195)



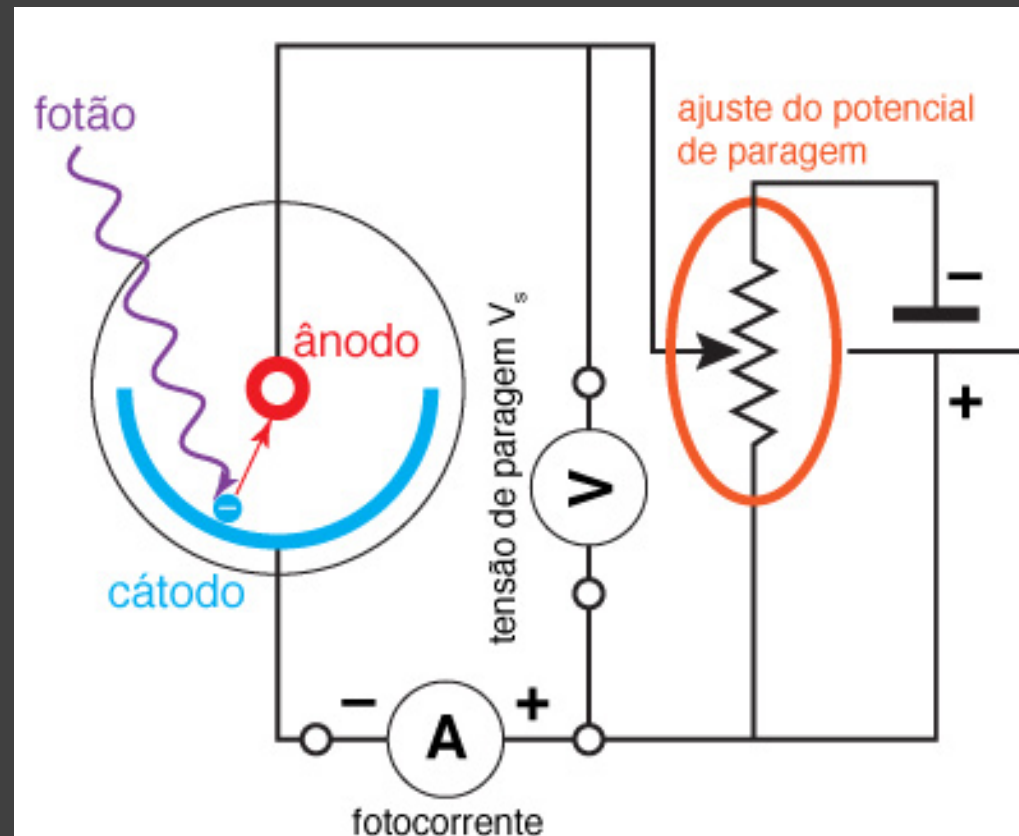
# Determinação da constante de Planck

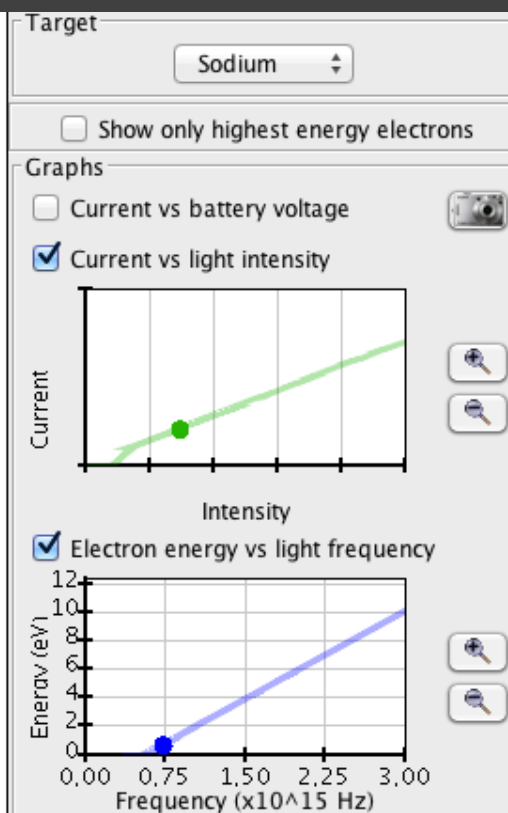
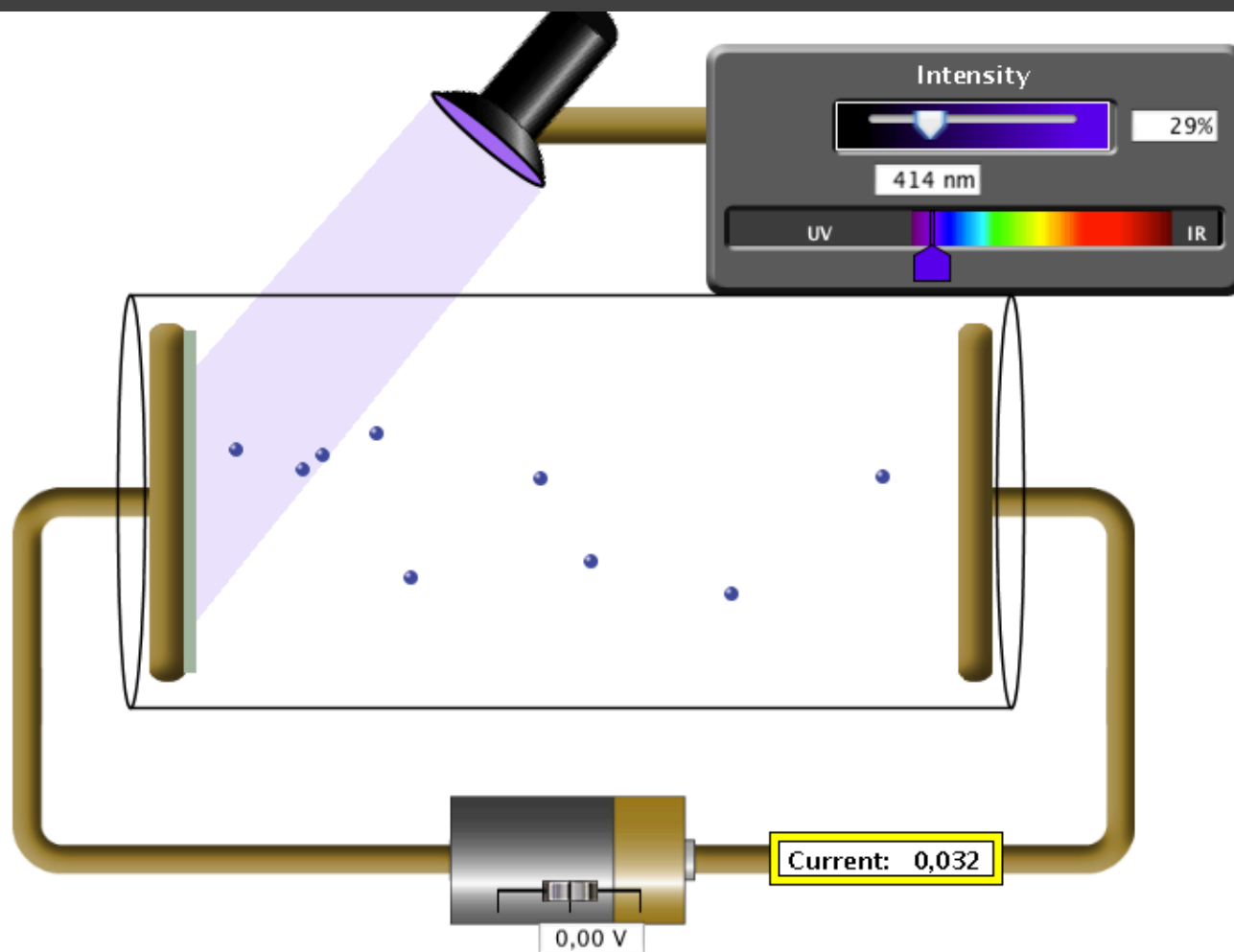
Expôr a superfície de um metal a luz monocromática, com um comprimento de onda fixo  $\lambda$

Fotoelectrões emitidos geram corrente eléctrica

Aplicar **potencial de paragem**  $V_s$  que cancela a corrente

$$E_v = E_c$$
$$eV_s = h\nu - W_0$$

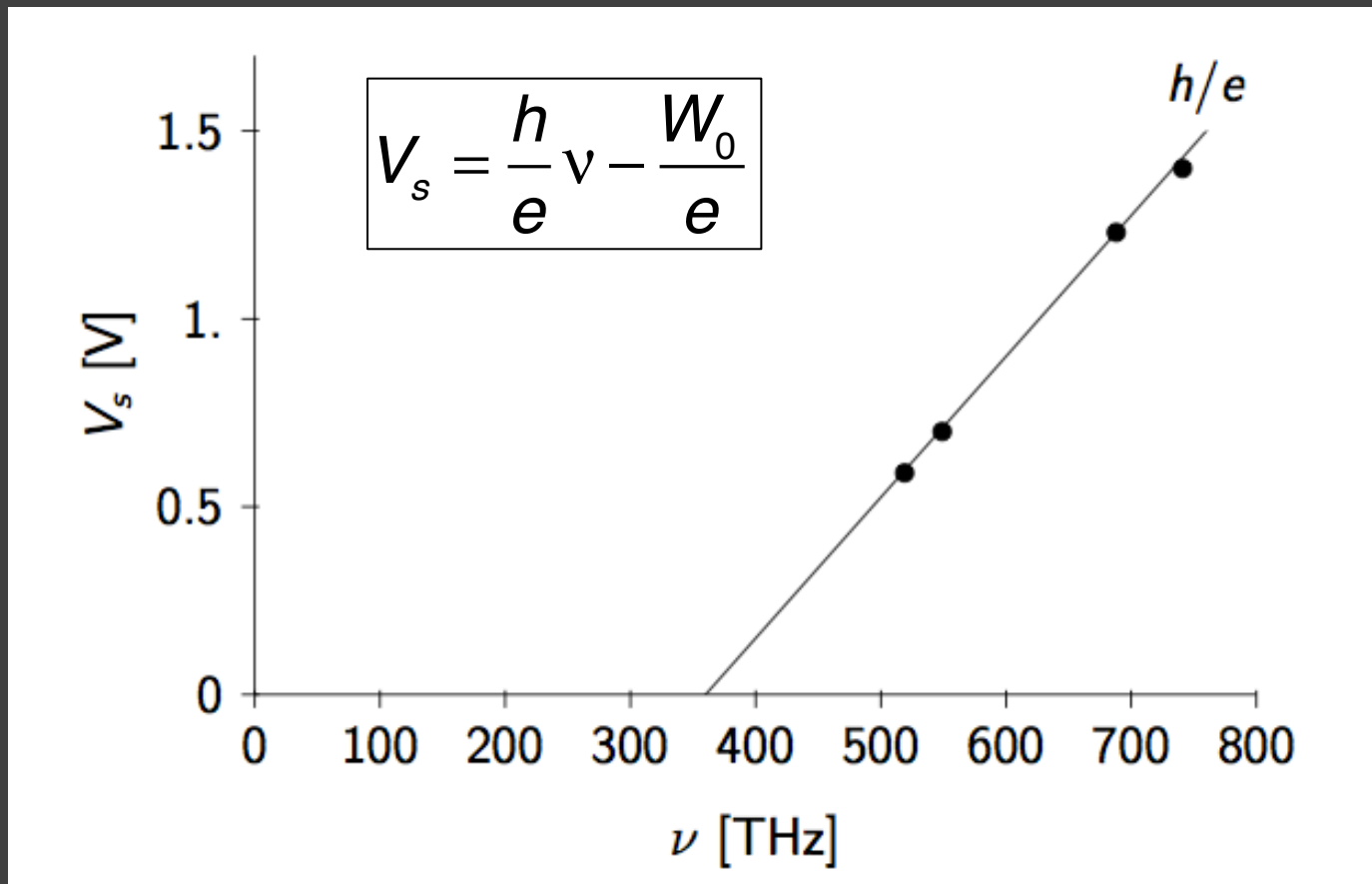




# Determinação da constante de Planck

Fazer gráfico de  $V_s$  em função da frequência

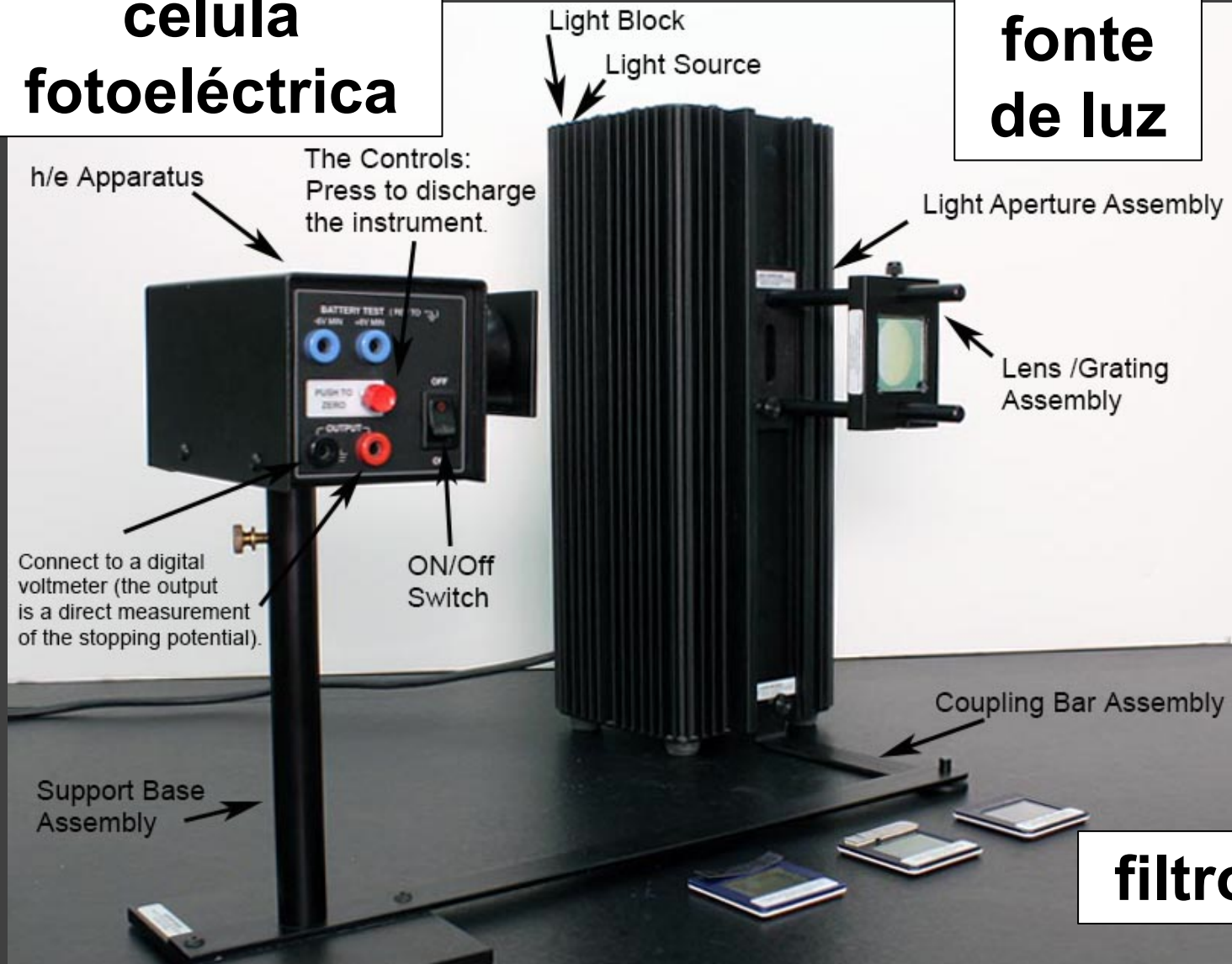
O declive da recta é  $h/e$



# Montagem experimental

**célula  
fotoelétrica**

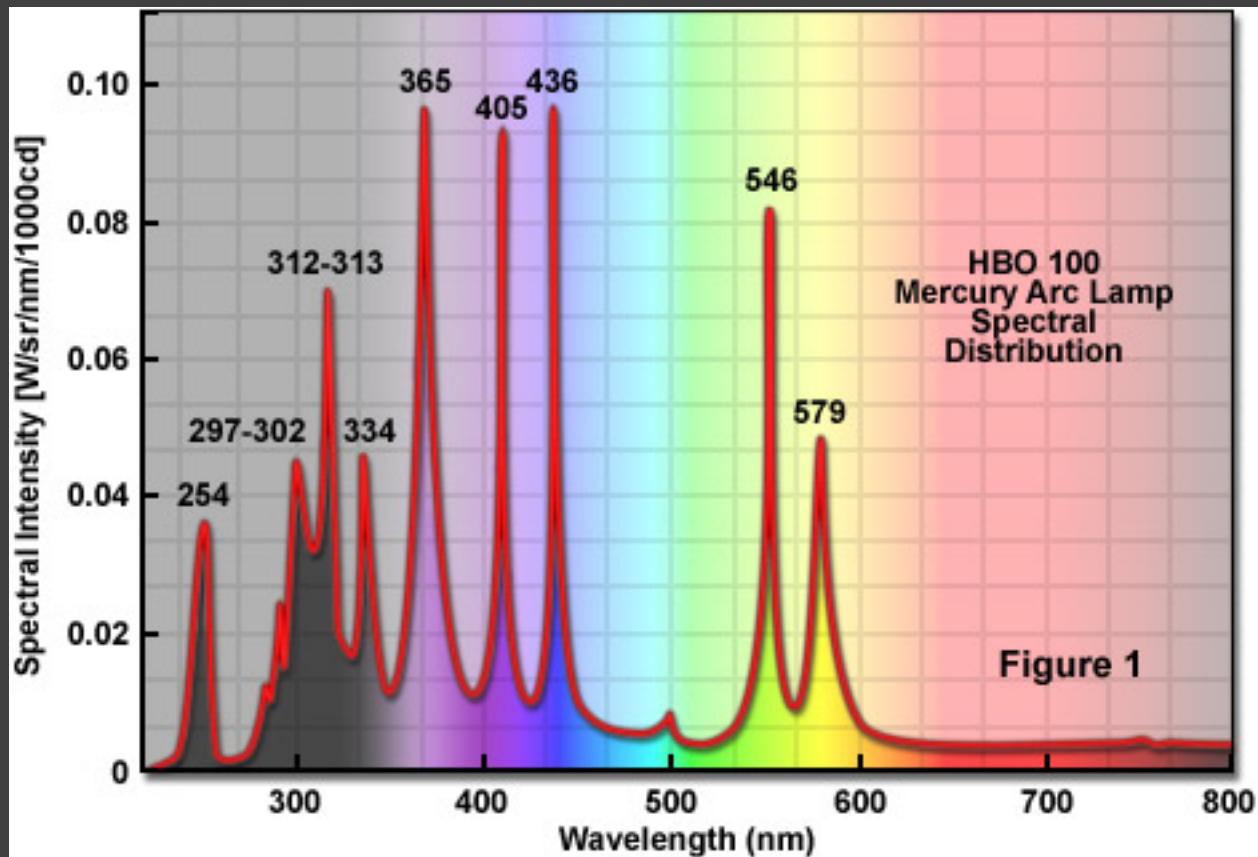
**fonte  
de luz**



PASCO Mod. AP-9368



# Espectro da lâmpada de mercúrio



# Algumas ideias e estimativas

- Estime os valores típicos da tensão de paragem
- Estime como varia a energia cinética dos fotoelectrões com a variação da frequência
- Derive as expressões para as incertezas associadas ao declive da recta de  $V_s$  em função da frequência.
- Estudar ajuste manual de rectas (folhas de apoio)