

# Laboratório de Física Moderna

## Efeito Fotoelétrico

### Aula 01

Marcelo Gameiro Munhoz  
[munhoz@if.usp.br](mailto:munhoz@if.usp.br)

# Proposta para o trabalho

- Investigar o fenômeno da interação da luz com a matéria
  - Heinrich Rudolf Hertz, *Annalen der Physik* 31, p. 421, 1887
  - Augusto Righi, *L'Optica delle Oscillazioni Elettriche*, 1888
  - Wilhelm Hallwachs, *Annales de Chimie et Physique* 33; 34, pgs. 301; 731, 1888



# Descrição teórica

- As observações contradizem a descrição teórica clássica:
  - a intensidade do campo é proporcional a sua amplitude ao quadrado ( $I \propto E^2$ ). Como a força sobre um elétron é proporcional à amplitude do campo ( $F = eE$ ), a energia cinética dos mesmos deveria aumentar com a intensidade da luz
  - este efeito deveria ocorrer para qualquer frequência de luz, sendo importante apenas a intensidade da mesma

# Nova e revolucionária descrição teórica!

- Albert Einstein, *Annales de Physique, Leipzig* 17, p. 132, 1905
- “... the incident light consists of energy quanta of magnitude  $R\beta v/N$  ...” ( $E = h\nu$ )
- “... a light quantum delivers its entire energy to a single electron ...”
- “we shall assume that in leaving the body each electron must perform an amount of work  $P$  ( $e\phi$ ) characteristic of the substance.”

# Nova e revolucionária descrição teórica!

- Albert Einstein, *Annales de Physique, Leipzig* 17, p. 132, 1905
- “The kinetic energy of such electrons is given by  $R\beta v/N - P$ ” ( $E_c = h\nu - e\phi$ )
- “If the body is charged to a positive potential  $\Pi$  (V) and is surrounded by conductors at zero potential, and if  $\Pi$  (V) is just large enough to prevent loss of electricity by the body, it follows that:  $\Pi e = R\beta v/N - P$ ” ( $eV = h\nu - e\phi$ )

# Previsão dessa descrição teórica

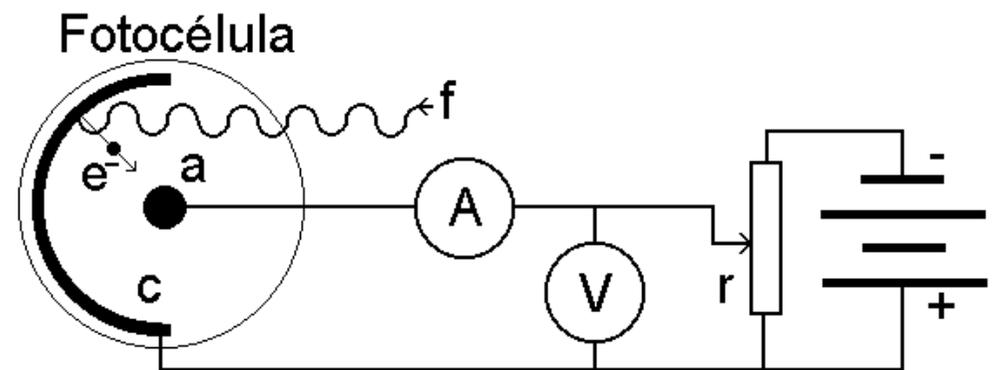
- Albert Einstein, *Annales de Physique, Leipzig* 17, p. 132, 1905
- “If the derived formula is correct, then  $\Pi$  ( $V_0$ ), when represented in Cartesian coordinates as a function of the frequency of the incident light, must be a straight line whose slope is independent of the nature of the emitting substance.” ( $V_0 = h/e \cdot \nu - \phi$ )

# Nossa proposta para este trabalho

- 1º Passo: verificar as observações de Lenard
- 2º passo: verificar a previsão de Einstein

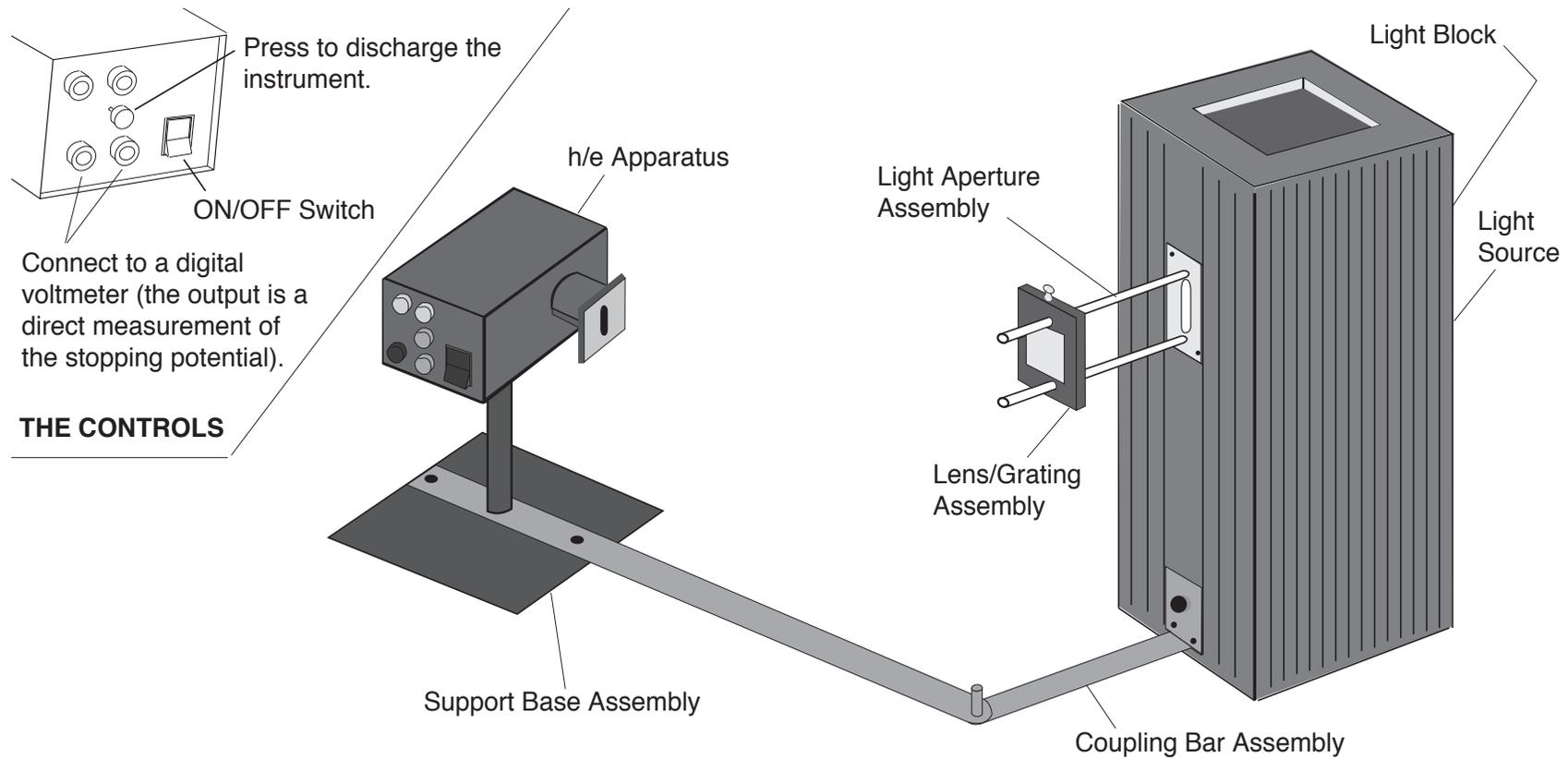
# Medida da Energia Cinética dos elétrons

- Esta é a medida chave do estudo
- Como medir  $E_c$  ?
  - Aplicar uma tensão no circuito que retarda a velocidade dos elétrons. Quando eles param ( $i = 0$ ), tem-se:  $e \cdot V_0 = E_c$

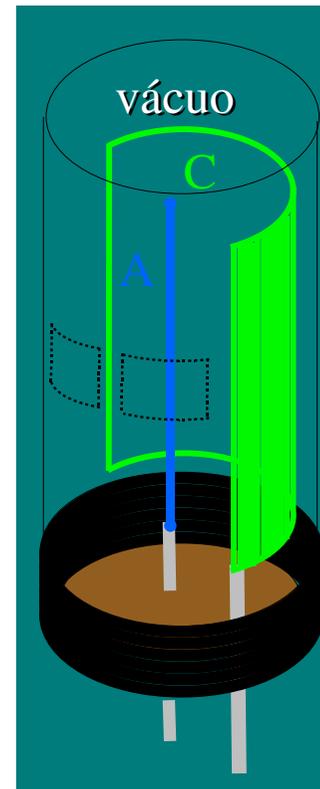


# PASCO scientific

## Model AP-9368 and AP-9369



# Fotocélula



# O que precisamos fazer para alcançar nossos objetivos?

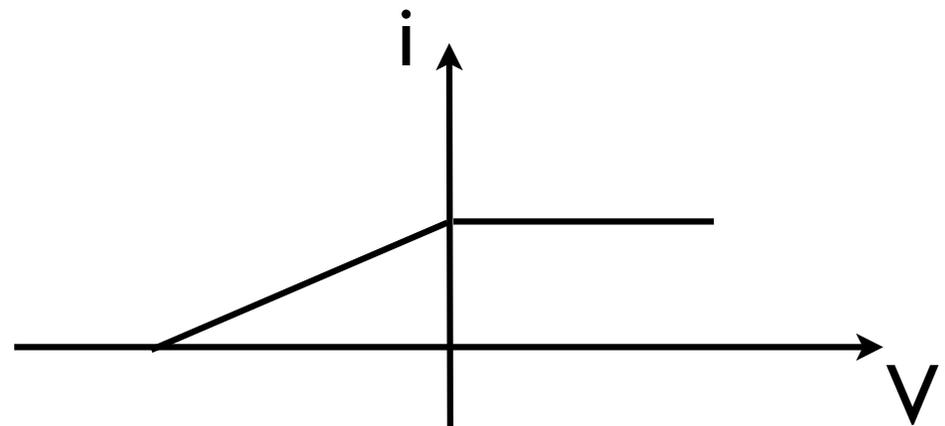
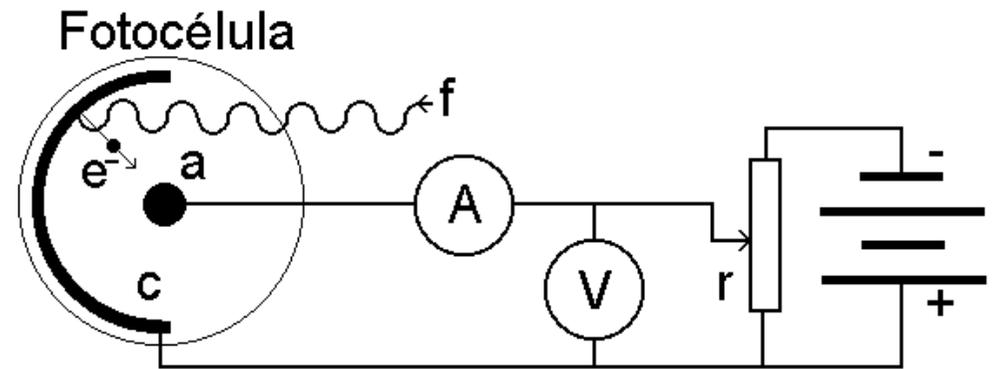
- Medir a corrente em função da tensão para extrair o valor da tensão que zera a corrente ( $V_0$ ) para cada frequência de luz ( $\nu$ )
- Verificar se  $V_0$  é linearmente proporcional a  $\nu$
- Medir a constante de proporcionalidade e verificar se é compatível com a constante de Planck ( $V_0 = h/e \cdot \nu - \phi$ )

# Conhecendo o equipamento

- A fim de se familiarizar com o equipamento que será utilizado durante o experimento, medir o valor da corrente com o amperímetro variando manualmente a tensão e medindo seu valor com o voltímetro, ou seja, obter a curva  $i \times V$  para uma dada luz incidente na fotocélula
- A fim de verificar a reprodutibilidade do equipamento, meça a corrente várias vezes para a mesma tensão
- Não esqueça as incertezas de  $V$  e  $i$

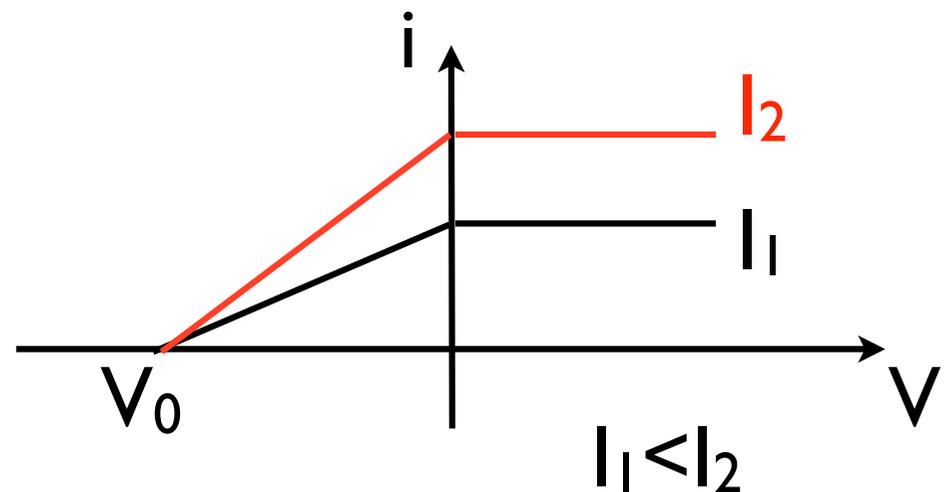
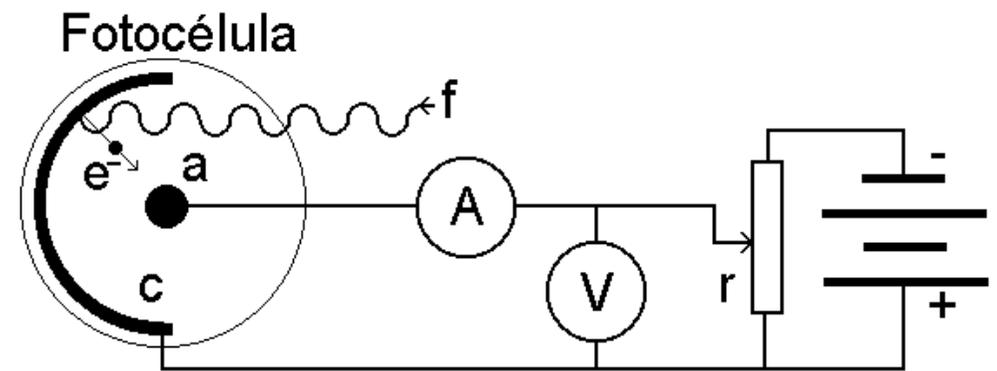
# Qual nossa expectativa para esta medida?

- É importante refletirmos sobre o resultado da medida antes de realizá-la
- Quando  $V > 0 \Rightarrow i \rightarrow i_{\max}$
- Quando  $V < 0 \Rightarrow i \rightarrow 0$



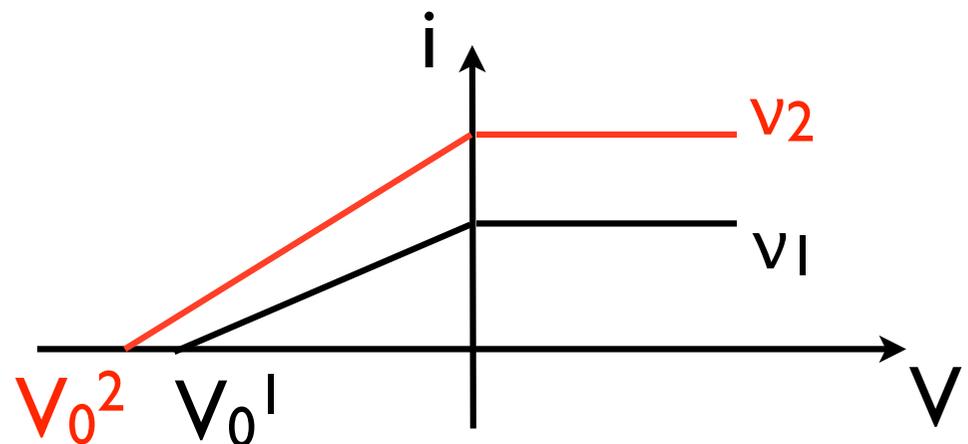
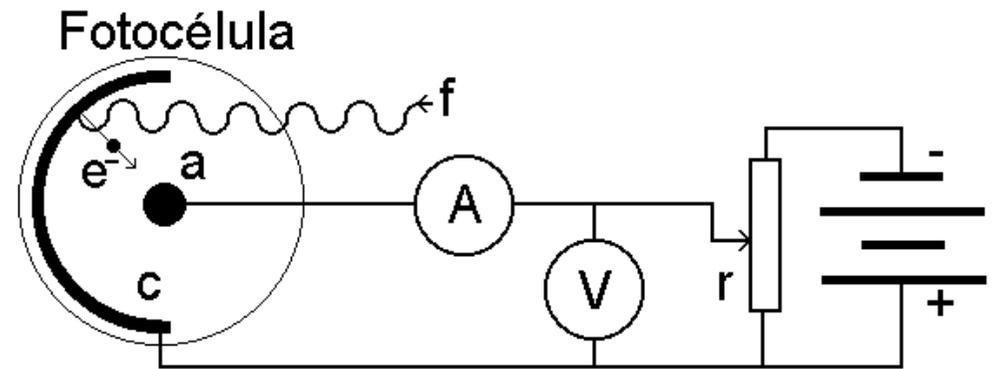
# Qual nossa expectativa para esta medida?

- É importante refletirmos sobre o resultado da medida antes de realizá-la
- Quando  $V > 0 \Rightarrow i \rightarrow i_{\max}$
- Quando  $V < 0 \Rightarrow i \rightarrow 0$
- $i_{\max}^1 < i_{\max}^2$  se  $I_1 < I_2$



# Qual nossa expectativa para esta medida?

- É importante refletirmos sobre o resultado da medida antes de realizá-la
- Quando  $V > 0 \Rightarrow i \rightarrow i_{\max}$
- Quando  $V < 0 \Rightarrow i \rightarrow 0$
- $i_{\max}^1 < i_{\max}^2$  se  $I_1 < I_2$
- $V_0^1 < V_0^2$  se  $v_1 < v_2$



# Exploração inicial do fenômeno físico

- Realizar esta medida com a maior quantidade de raios (frequências de luz) possível. Utilizar valores negativos e positivos de tensão e tentar alcançar o valor máximo de corrente elétrica possível (saturação)
- variar a intensidade da luz para ver o efeito na curva  $i \times V$

# 1º Passo: verificar as observações de Lenard

- A partir dessas medidas, verificar se a corrente é proporcional à intensidade de luz:
  - para uma determinada frequência de luz incidente e um valor fixo de tensão, o que acontece com a corrente quando diferentes atenuadores são utilizados?
- E verificar se a energia cinética dos elétrons aumenta com a frequência da luz incidente:
  - qual o valor da tensão que zera a corrente do circuito para diferentes frequências de luz?