

Laboratório de Física Moderna

Efeito Fotoelétrico

Aula 01

Marcelo Gameiro Munhoz
munhoz@if.usp.br

Laboratório Didático

- Aprender, através da **vivência**, como funciona o método científico, isto é, como o conhecimento é produzido em física
- Qual a diferença entre um experimento científico e um experimento de demonstração?

Proposta para o trabalho (São Paulo, 1910)

- 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

Observações interessantes (Prêmio Nobel de 1905)

- Phillip von Lenard, *Annales de Physique*, Leipzig 8, p. 149, 1902
- “the number of electrons projected is proportional to the energy carried by the incident light,
- whilst their speed, that is to say, their **kinetic energy**, is quite independent of this number and varies only with the wavelength and increases when this diminishes.”
(Nobel Lectures, Physics 1901-1921, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967)

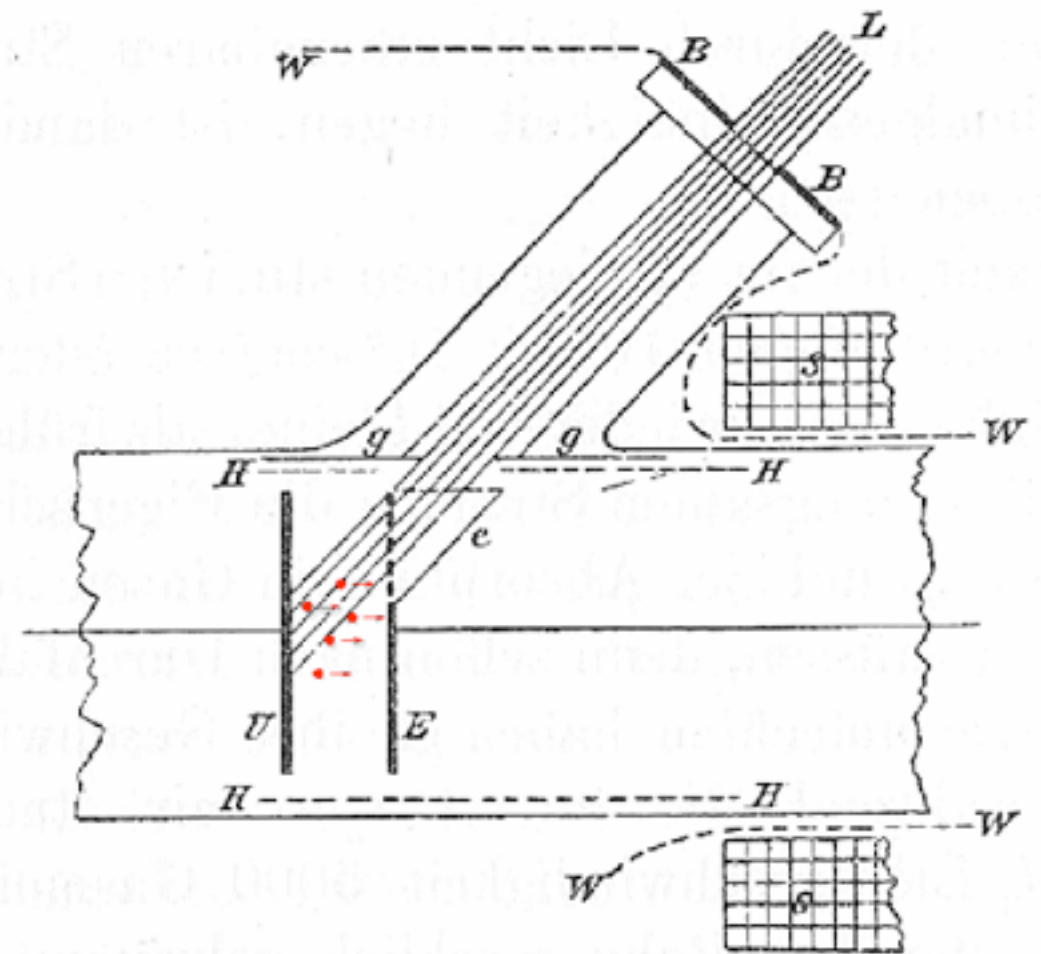


Fig. 1.

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 Π (V) and is surrounded by conductors at zero potential, and if Π (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

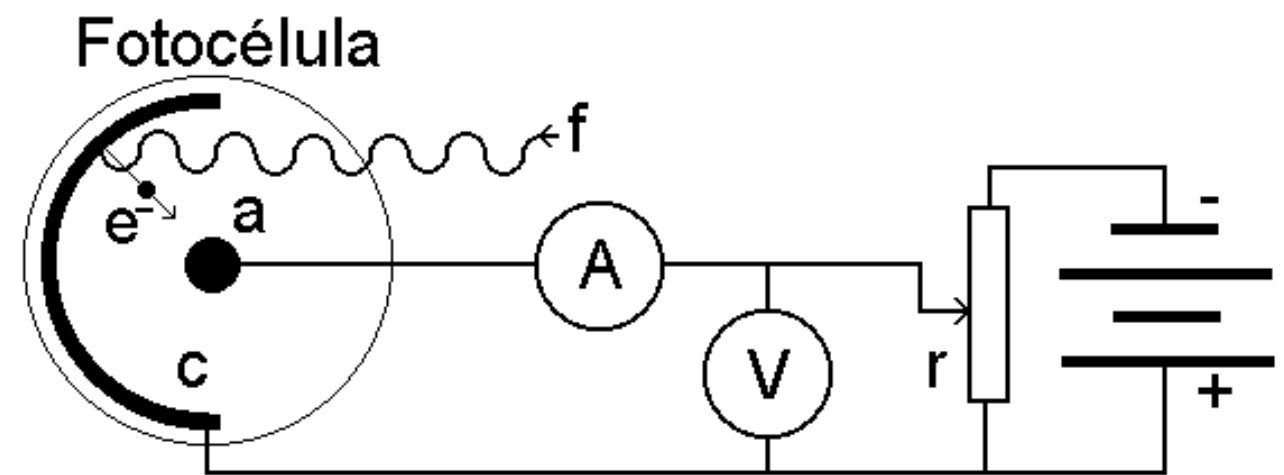
- Albert Einstein, *Annales de Physique, Leipzig* 17, p. 132, 1905
- “If the derived formula is correct, then Π (V_0), when represented in Cartesian coordinates as a function of the frequency of the incident light, must be a straight line whose slope is independent of the nature of the emitting substance.”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

Nossa proposta para este trabalho

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

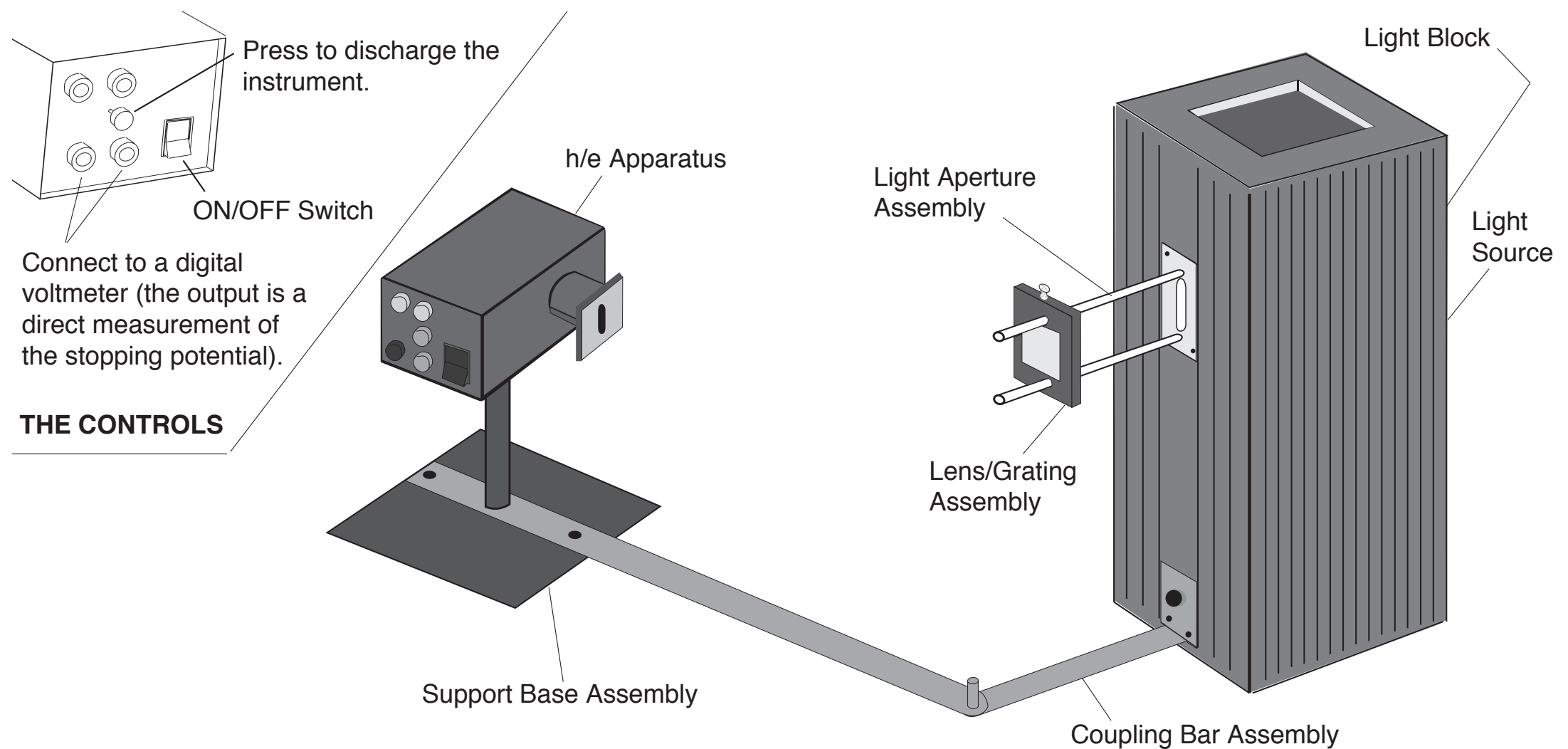
Medida da Energia Cinética dos elétrons

- 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: $e \cdot V_0 = E_c$

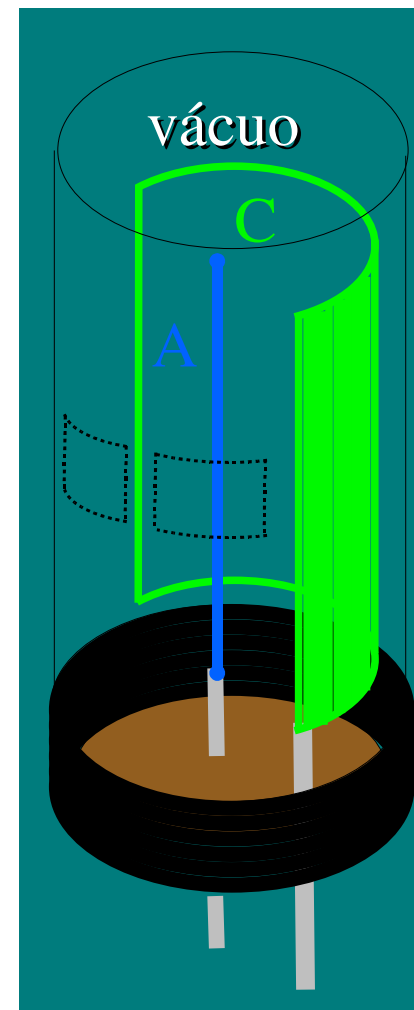


PASCO scientific

Model AP-9368 and AP-9369



Fotocélula



○ que precisamos fazer para alcançar nossos objetivos?

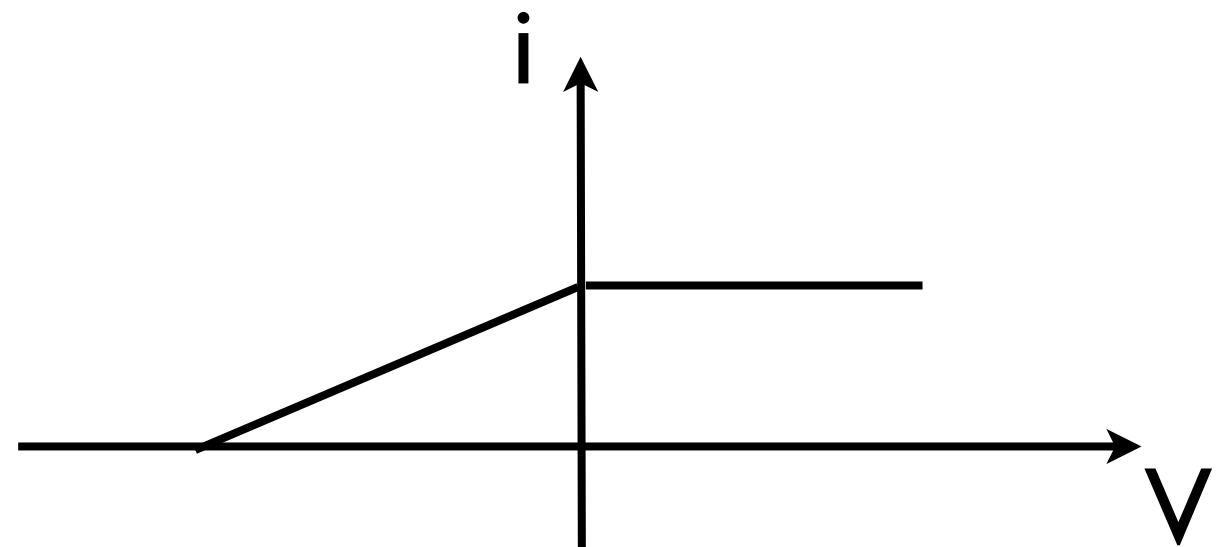
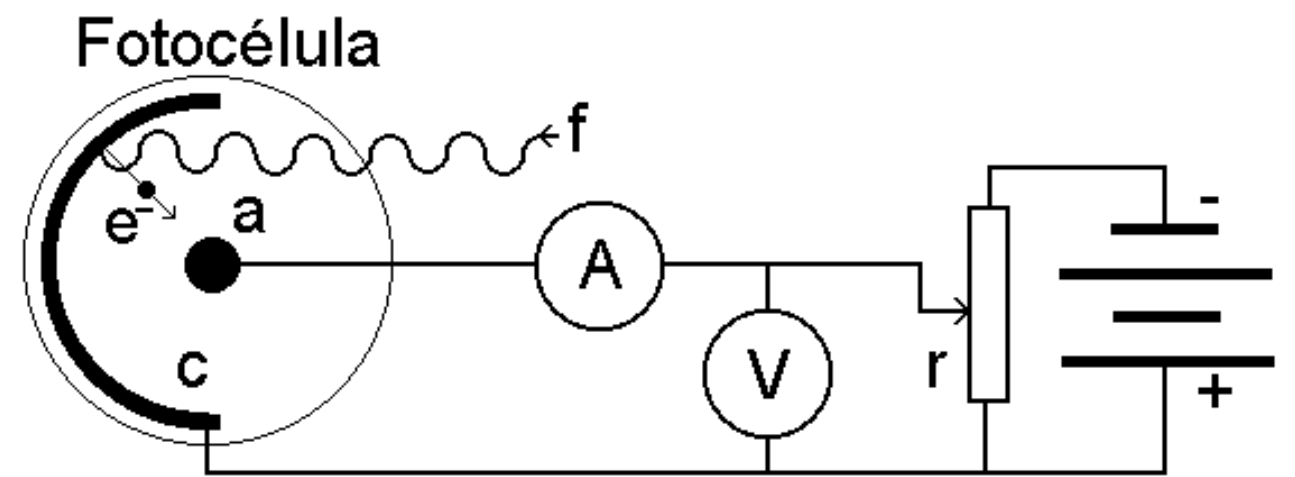
- Medir a corrente em função da tensão para extrair o valor da tensão que zera a corrente (V_0) para cada frequência de luz (ν)
- Verificar se V_0 é linearmente proporcional a ν
- Medir a constante de proporcionalidade e verificar se é compatível com a constante de Planck ($V_0 = h/e \cdot \nu - \phi$)

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

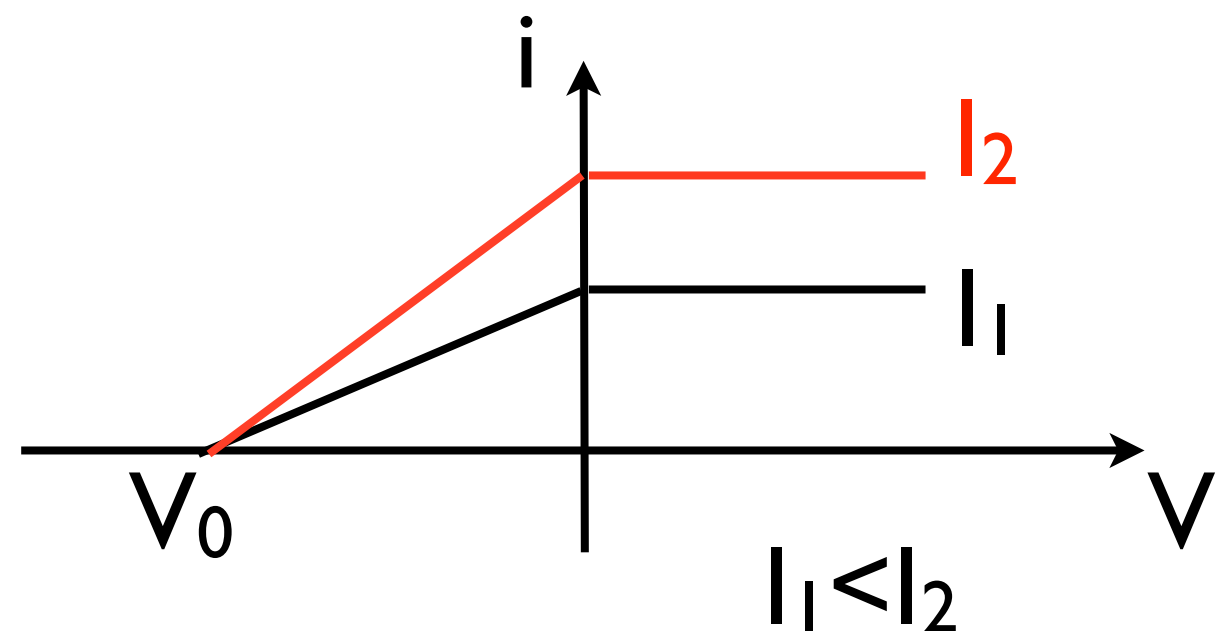
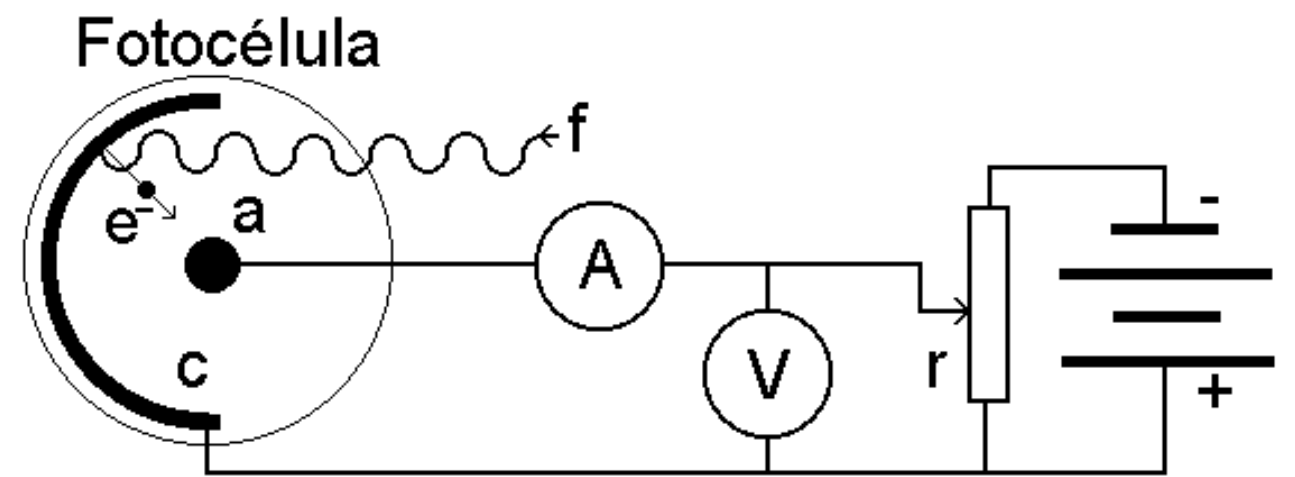
Qual nossa expectativa para esta medida?

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



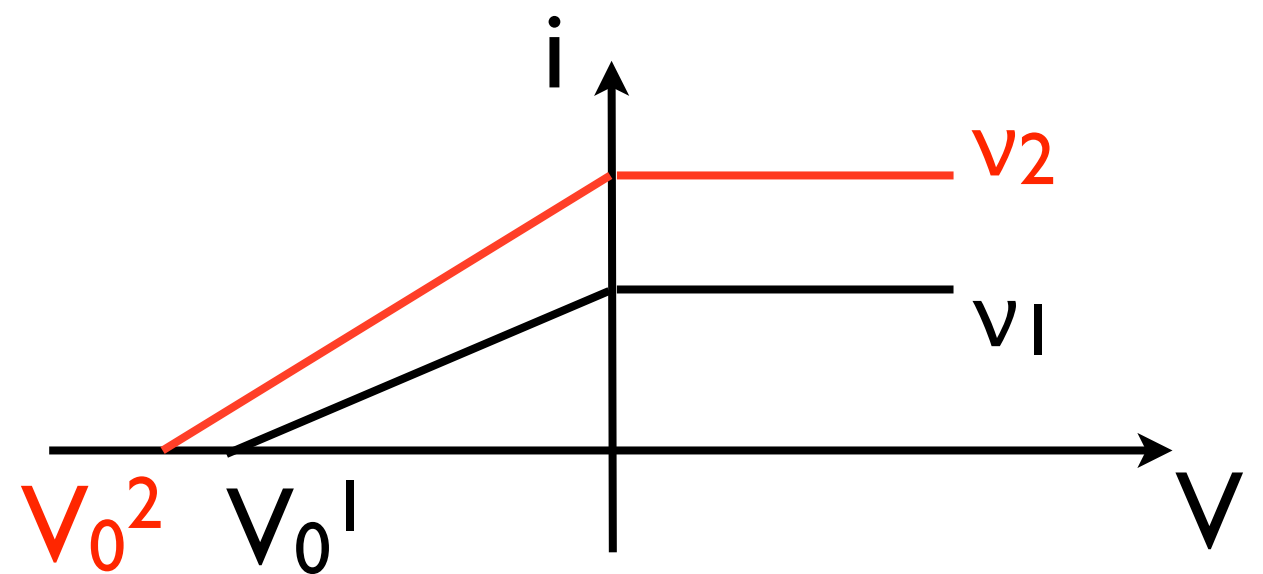
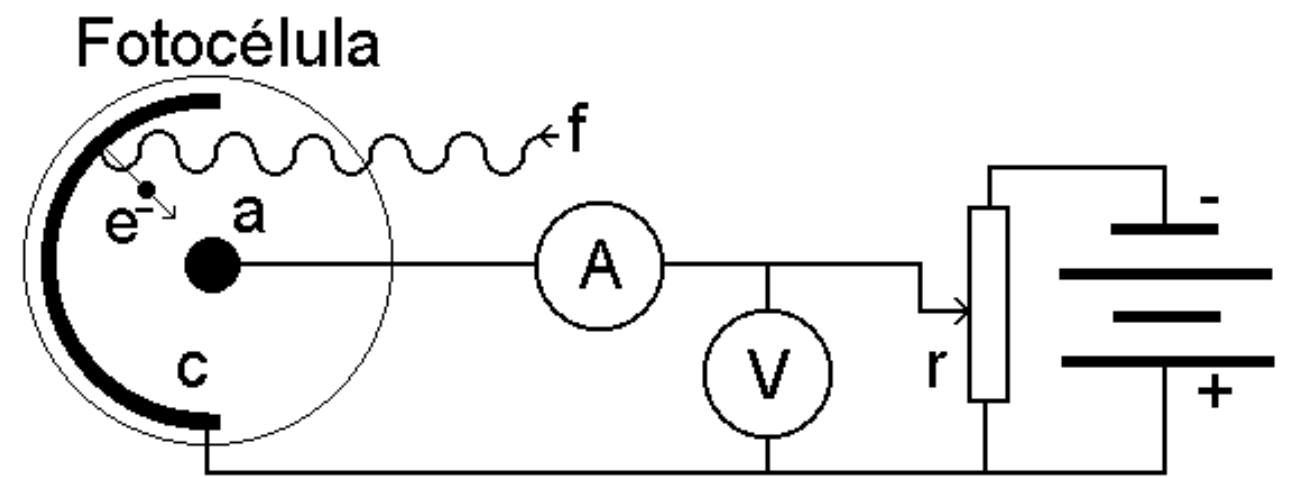
Qual nossa expectativa para esta medida?

- 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 Herr 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?