

Objectivos

- Verificar que a energia cinética máxima dos fotoelectrões é uma função linear da frequência da radiação.
- Verificar que a energia cinética máxima dos fotoelectrões é independente da intensidade da luz incidente.
- Verificar que a intensidade da fotocorrente depende da intensidade da radiação incidente.
- Interpretar os resultados experimentais com base no modelo corpuscular da radiação.

Introdução

Historicamente, o Efeito Fotoelétrico foi descoberto em 1887 por Heinrich Hertz, embora só tenha sido explicado em 1905 por Albert Einstein, usando o conceito de fotão. Anos mais tarde, em 1921, o Prémio Nobel da Física foi atribuído a Einstein pela sua interpretação do Efeito Fotoelétrico. O conceito de fotão, ou *quanta* de energia, tinha sido introduzido em 1900, por Max Planck, para explicar a radiação do corpo negro. A determinação rigorosa do valor da constante de Planck, h , usando o Efeito Fotoelétrico, foi levada a cabo por Robert A. Millikan, em 1916, confirmando a teoria do fotão ou quanta de energia de Einstein. Por este trabalho Millikan ganhou o Prémio Nobel da Física em 1923.

O efeito fotoelétrico consiste na libertação de electrões da superfície de um metal quando sujeita a radiação electromagnética. As propriedades deste efeito podem ser compreendidas à luz da mecânica quântica e contradiz a teoria clássica. A figura 1 representa a interação entre a radiação electromagnética e o metal (o cátodo ou emissor) onde se representa a absorção de um fotão por parte de um electrão. O electrão (1) adquire uma quantidade de energia $h\nu$ (h é a constante de Planck e ν é a frequência da radiação incidente) a qual se manifesta sobe a forma de energia cinética. Parte (ou a totalidade) dessa energia pode ser perdida no interior do metal (2). Se o electrão ainda atingir a superfície do metal (3) com energia suficiente para vencer a barreira de potencial (trabalho de extracção, ϕ , cujo valor depende do tipo de metal), é libertado esse electrão com energia cinética cujo valor máximo possível é:

$$E_{C,m\acute{a}x} = h\nu - \phi$$

(no caso do electrão ser ejectado imediatamente após a absorção do fotão sem perder energia no interior do metal).

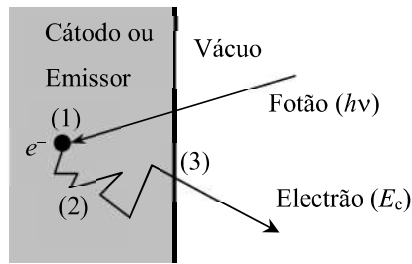


Figura 1

Usando uma fonte de luz monocromática (todos os fótons terão a mesma energia) e medindo a energia cinética máxima com que os electrões são ejetados podemos construir o gráfico seguinte. Os pontos experimentais aparecem alinhados segundo uma recta cujo declive é a constante de Planck e que intercepta o eixo horizontal na frequência de corte, ν_0 (figura 2). Radiação de frequência inferior a esta não provoca libertação de electrões. Aumentar a intensidade da radiação (isto é, aumentar o número de fótons incidentes) provoca apenas o aumento do número de electrões ejetados, sem qualquer efeito na energia cinética máxima destes ou no valor da frequência de corte.

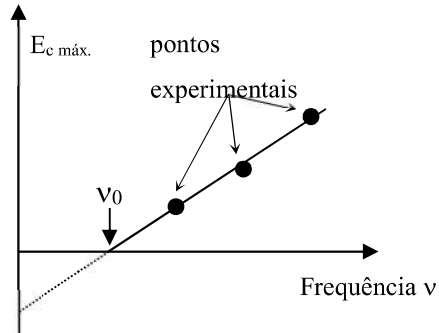


Figura 2

Estas observações experimentais estão em desacordo com a teoria ondulatória clássica da radiação, segundo a qual deveria existir fotoemissão de electrões para qualquer frequência ou comprimento de onda da radiação incidente, bastando para isso aumentar a sua intensidade. Segundo a teoria ondulatória clássica a energia de uma dada onda está contínua e uniformemente distribuída na frente de onda e deveria assim passar para o electrão duma forma contínua. Se a radiação fosse menos energética o electrão teria apenas de ser irradiado durante mais tempo até ter a energia necessária para ser libertado. Não é isto, efectivamente, o que se observa.

Procedimento Experimental

Vai ser usada uma válvula IP39 (ver figura 3) cujo cátodo é uma liga metálica de césio e antimónio. A ampola de vidro serve para garantir o vácuo (necessário para a propagação dos electrões não ser perturbada). O esquema eléctrico da válvula é muito simples com apenas duas ligações externas: o cátodo e o ânodo. A luz incidente no cátodo libertará electrões, alguns dos quais atingirão o ânodo, dando origem a uma corrente eléctrica (neste caso muito fraca) que será medida com o auxílio de um picoamperímetro. O adesivo opaco evita que a luz incidente atinja o ânodo, que têm a forma de um fio fino e rectilíneo, o qual poderia assim libertar electrões, criando uma corrente de sentido contrário à dos electrões libertados pelo cátodo, falseando a medida de corrente do picoamperímetro.

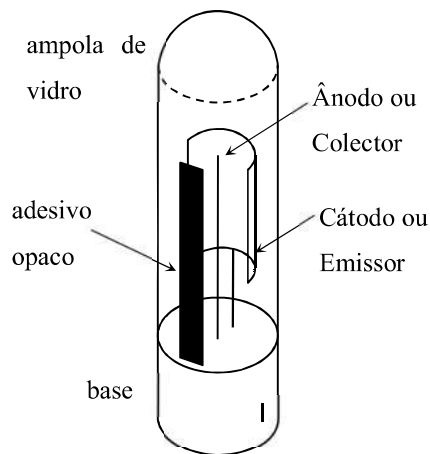


Figura 3

O esquema eléctrico da montagem está representado na figura 4. A fotocélula é montada em série com o picoamperímetro e uma fonte de tensão variável (cujo valor é lido com um voltímetro externo). A fonte de tensão vai criar um campo eléctrico na região da fotocélula entre o cátodo e o ânodo. Os electrões emitidos pelo cátodo ficam sujeitos a esse campo eléctrico. O objectivo é variar a tensão aplicada, V , (e por conseguinte a força que actua nos electrões) até que nenhuma corrente seja detectada pelo picoamperímetro: o valor de tensão para o qual isso acontece está relacionado com a energia cinética máxima dos electrões emitidos:

$$E_{Cmáx} = eV$$

O segundo membro é a energia potencial eléctrica associada ao electrão.

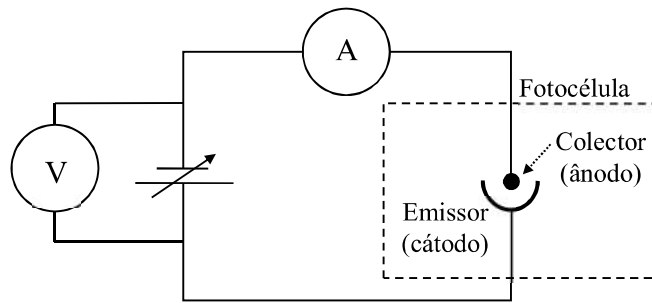


Figura 4

O esquema óptico da montagem está representado na figura 5. A radiação monocromática é conseguida com uma lâmpada de mercúrio e um filtro de interferência. O vapor do mercúrio, sendo um gás, emite um espectro de riscas e a associação com o filtro permite seleccionar apenas uma destas riscas. O filtro neutro só será usado para verificar a influência da variação da intensidade da radiação.

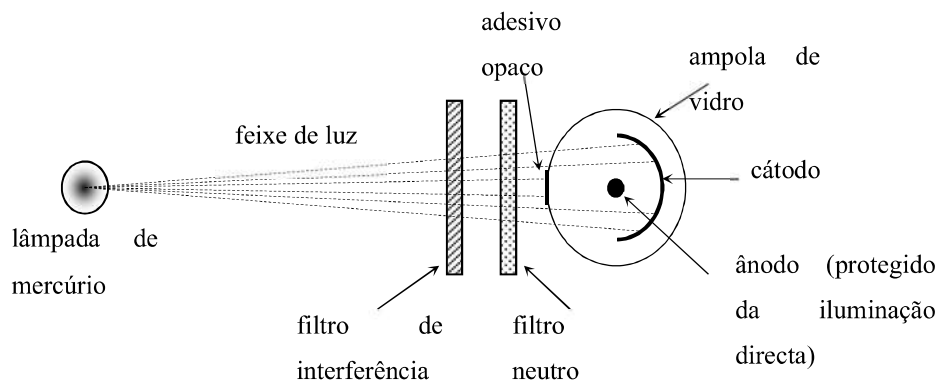


Figura 5

Dispõe-se de cinco filtros de interferência que seleccionam comprimentos de onda característicos do espectro do mercúrio e que são 579 nm, 546 nm, 436 nm, 405 nm e 365 nm. No laboratório encontra-se uma ficha com o espectro de lâmpada de mercúrio e com os espectros de transmissão dos filtros de interferência.

Alinhe a fotocélula e a lâmpada de mercúrio de modo a maximizar o valor da intensidade de corrente para uma tensão aplicada de 0 V. Seleccione um dado comprimento de onda colocando o filtro apropriado entre a lâmpada e a fotocélula. Registe numa tabela o valor da fotocorrente para diversos valores da tensão aplicada (tanto positivos como negativos) por forma a poder construir um gráfico. Repita este procedimento para um segundo comprimento de onda. Propõe-se que as medições sejam feitas com intervalos de 0.1 ou 0.2 V, cobrindo as gamas de valores seguintes:

Risca	Tensão aplicada
365 nm	-3.0V a 0V
405 nm e 436 nm	-2.5V a 0V
546 nm e 579 nm	-2.0V a 0V

Para os três restantes comprimentos de onda, basta de encontrar a tensão aplicada que resulta numa fotocorrente nula, i.e. o potencial de corte.

Pelo menos para um comprimento de onda, repita o procedimento anterior colocando filtros neutros entre a lâmpada e a fotocélula. Verifique que a intensidade da fotocorrente diminui quando se diminui a intensidade da radiação incidente na fotocélula, enquanto o valor do potencial de corte se mantém.

Tratamento dos Resultados

Trace o gráfico de V_c em função da frequência ν da radiação incidente. A partir do gráfico determine o valor da constante de Planck, h , a energia mínima, ν_0 , (ou o comprimento de onda máximo, λ_0) a partir da qual existe fotoemissão de electrões e o trabalho de extracção, ϕ , do material que constitui o fotocátodo.

Verifique que a intensidade da fotocorrente depende da intensidade da radiação incidente na fotocélula, enquanto que o valor da tensão de corte apenas depende da frequência da radiação incidente e não da sua intensidade. Interprete este resultado.