

4323301 – Física Experimental C

Efeito fotoelétrico

Grupo:

Nome	No. USP	No. Turma

Introdução

O Objetivo dessa experiência consiste em determinar a constante de Planck através da medida do efeito fotoelétrico e caracterizar o comportamento dual (onda-partícula) da radiação eletromagnética.

Em 1887, Hertz realizava uma experiência, produzindo e detectando ondas eletromagnéticas. Com essa experiência ele tentava comprovar as características ondulatórias da radiação eletromagnética da teoria de Maxwell. Por pura casualidade ele também descobriu o efeito fotoelétrico ao observar partículas carregadas sendo emitidas. Em 1899, Thomson constatou que partículas negativas (elétrons) eram emitidas quando uma superfície metálica era exposta à luz e em 1902, P. Lenard conseguiu medir a energia desses elétrons. Mas foi apenas em 1905 que Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico ao propor que a radiação eletromagnética emitida é composta de “pacotes” de energia ou fótons, onde cada fóton teria uma energia $E=h\nu$, onde h é a constante de Planck e ν é a frequência da radiação,.

Assim, de acordo com a explicação de Einstein, o efeito fotoelétrico corresponde ao fenômeno de emissão de elétrons pela incidência de um fóton. O fóton, ao incidir sobre uma superfície metálica, pode ter sua energia totalmente absorvida por um elétron, que eventualmente pode ser ejetado da superfície. A energia cinética com que esse elétron sai da superfície é dada por: $E_c=h\nu-e\phi$, ou seja, a energia do fóton menos o trabalho necessário para extrair um elétron do metal, onde e é a carga do elétron e ϕ é denominada função de trabalho do metal. A partir dessa expressão proposta por Einstein podemos verificar que a máxima energia com que o elétron é ejetado não depende da intensidade da fonte. Aumentar a intensidade da fonte significa aumentar o número de fótons que incide sobre a superfície metálica por unidade de tempo. Como consequência um número proporcionalmente maior de elétrons é emitido pela superfície, o que aumenta a corrente fotoelétrica, mas a energia máxima continua a mesma. Por outro lado, se a frequência da radiação produzir um fóton com energia menor do que $e\phi$, nenhum elétron terá

energia suficiente para escapar do metal. Isso corresponde a uma frequência de corte $\nu_0 = \phi/h$. Essa teoria dos fótons ainda explica porque não há atraso na emissão dos fotoelétrons. Mesmo para intensidades baixas da fonte de radiação um grande número de fótons incide sobre a superfície, ejetando elétrons imediatamente num processo parecido com colisões de partículas.

A equação $E_e = h\nu - \phi$, proposta por Einstein, prevê uma relação linear entre a energia máxima dos fótons-elétrons e a frequência da radiação incidente. Essa relação foi verificada experimentalmente por Milikan com auxílio de uma célula fotoelétrica em 1914, numa experiência bastante parecida com a que vamos trabalhar, permitindo uma medida alternativa da constante de Plank.

Arranjo experimental

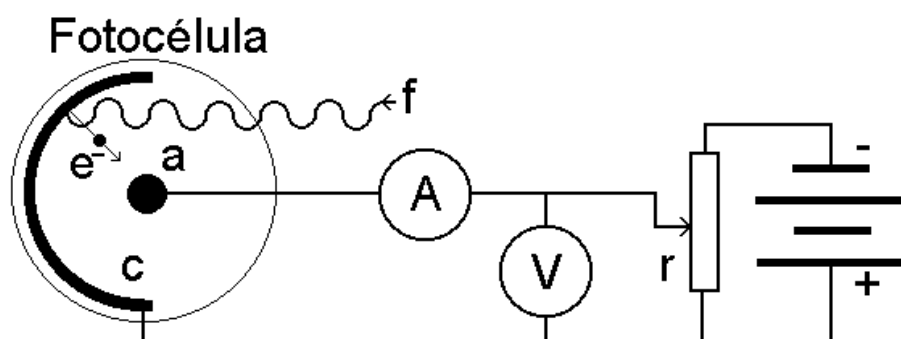


Figura-1. Esquema simplificado do arranjo experimental para o experimento do efeito fotoelétrico.

A figura-1 mostra o arranjo esquemático e simplificado do experimento. Nesse arranjo temos a fotocélula, um pico-amperímetro (A) um voltmímetro (V) e uma fonte de tensão variável (consistindo de baterias ligadas a um potenciômetro). A fotocélula consiste de uma ampola de vidro contendo um cátodo (c), feito de um metal de baixa função de trabalho, e um ânodo (a) com uma alta função de trabalho, em vácuo. Uma fonte de luz monocromática é utilizada para iluminar o cátodo. A figura-1 mostra ainda o fóton (f) incidindo sobre o cátodo e a consequente emissão de um fotoelétron (e-).

Procedimento experimental

- 1) Monte o sistema ótico contendo (Lâmpada, rede de difração e lente, caixa com a fotocélula).
- 2) Alinhe o sistema ótico forma a obter uma imagem da luz gerada pela lâmpada na fenda (diretamente sobre a fotocélula). Será necessário ajustar a distância da rede de difração e lente para obter uma boa focalização.

- 3) Ao colocar uma lente e rede de difração diante da iluminação gerada pela lâmpada, é possível decompor a sua luz num conjunto enumerável de raias coloridas. Gire o braço contendo a caixa com a fotocélula, de forma a fazer incidir luz de um único comprimento de onda λ sobre a fotocélula. Observe que os feixes difratados são mais intensos de um lado do que do outro, isto é, a rede refrata mais favoravelmente para um certo lado. Com isso, avaliar o efeito fotoelétrico provocado por radiações com comprimentos de ondas diferentes e conhecidos.
- 4) Incida a radiação ultravioleta sobre a abertura da fotocélula, e obtenha a curva que caracteriza o comportamento da corrente fotoelétrica I em função de V , através do programa Keithley, que varia automaticamente a tensão de $-10V$ a $+10V$.
- 5) Mantendo fixas as configurações relacionadas a V de agora em diante, obtenham (pelo menos) duas novas curvas de I versus V utilizando a mesma radiação, porém com intensidades reduzidas. Para isso utilizem os filtros disponíveis na bancada do laboratório. Sugestão: usem os filtros indexados com 20% e 60%.
- 6) Repitam os procedimentos dos itens (4) e (5), agora utilizando as demais radiações violeta, azul, verde e amarela. Recomendação importante: no caso das radiações verde e amarela utilizem os filtros com a cor correspondente.
- 7) Organizem as tabelas. Vocês terão 3 tabelas para intensidades 100%, 60% e 20% para cada radiação incidente.
- 8) Com a lâmpada desligada, obtenham uma nova curva de I versus V (corrente escura).

Análise dos dados

- 1) Elimine das Tabelas os pontos correspondentes as tensões menores $-7V$ e maiores que $+3V$.
- 2) Subtraia de todas as curvas I versus V os valores obtidos da corrente escura. Após essa subtração os pontos assintóticos negativos devem ter correntes oscilando em torno de zero.
- 3) Superponham as três curvas obtidas para cada intensidade de cada radiação num único gráfico.
- 4) Determinem qual o primeiro valor de V (negativo) que anula a corrente. Esse será o valor da tensão de corte V_0 para aquela frequência e intensidade.
- 5) Adotem como $\langle V_0 \rangle$ de uma determinada frequência o valor médio obtido dos valores de V_0 para cada intensidade para aquela frequência.
- 6) Calcule os valores das frequências correspondentes a cada radiação do mercúrio usando a tabela disponível com comprimentos de onda.

- 7) Construa um gráfico relacionando os valores obtidos no item (5) com as frequências das radiações.
- 8) Ajuste uma reta a eles e encontre um valor para o coeficiente angular $A = \langle A \rangle \pm \sigma_A$.
- 9) Obtenha o valor de h e seu respectivo erro.

<i>Principais raios do espectro de Mercúrio</i>	
Cor	Compr. de onda (Å)
Ultravioleta	3654.83
Violeta	4046.56
Azul	4358.35
Verde	5460.74
Amarela	5789.69, 5769.60 (Dubleto)

<i>Constantes físicas fundamentais (SI)</i>		
Constante de Planck	h	$6.6262 \times 10^{-34} \text{ Js}$
Velocidade da luz	c	$2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$
Carga do elétron	e	$1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$

Roteiro para o relatório

Introdução

Não precisa dar uma introdução histórica. Diga o que é o efeito fotoelétrico, por que ele leva esse nome e qual tipo de radiação eletromagnética serve para desencadeá-lo (explique)

Qual a hipótese que Einstein associou aos fótons para explicar o comportamento dos fotoelétrons que são ejetados de um material pela ação de uma radiação eletromagnética? Comente sobre a expressão proposta por Einstein para a energia dos elétrons emitidos.

Faça uma comparação entre as explicações da mecânica clássica e a teoria de Einstein para o efeito fotoelétrico.

Descrição experimental

Descreva o aparato experimental que vocês utilizaram para observar o efeito fotoelétrico e explique um pouco sobre cada componente (rede difração, lâmpada, amperímetro, voltímetro etc).

Obtenção dos dados

Descreva o que vocês fizeram e quais foram os dados obtidos. Quais curvas obtiveram e porque foram medidas (Diferentes frequências, diferentes intensidades, corrente de fundo etc). Mostre alguma curva.

Análise de dados

Descreva o que fizeram na análise. Explique porque tiveram que subtrair a corrente de fundo de todas as curvas I versus V?

Coloque em figuras diferentes as curvas obtidas para cada frequência (3 intensidades na mesma figura).

De acordo com os gráficos que vocês obtiveram, é possível afirmar que corrente I aumenta conforme a intensidade de uma radiação vai aumentando? Explique.

Explique porque o valor de V associado ao ponto de cruzamento das três curvas para cada intensidade para uma dada radiação pode ser considerado compatível com o de V_0 ?

Mostre o ajuste do gráfico de V_0 versus frequência e como obtiveram o valor do coeficiente angular.

Conclusão

Qual o significado físico para o coeficiente angular encontrado com os métodos 1, 2 e 3. Eles são compatíveis com o valor estimado para $h/e = 4,14 \times 10^{-15} \text{ V.s}$? Justifique por que isso ocorre, deixando claro o motivo teórico que indica ser razoável interpretar esse coeficiente A como a razão h/e . Comente sobre a qualidade dos dados que vocês obtiveram.

Questionário:

- 1) Supondo que um único fóton incida sobre um único elétron preso a um material sob radiação, qual é a condição energética que esse fóton deve satisfazer para arrancar esse elétron do material? Escreva essa condição matematicamente.
- 2) Por que a função trabalho do ânodo deve ser alta?
- 3) Como funciona e para que serve os filtros verde e amarelo?
- 4) Qual o significado da corrente com valores negativos?
- 5) Qual o significado físico da corrente I se anular em algum ponto nas curvas I versus V e por que vocês podem considerar o valor de V nesse ponto como sendo V_0 .