

DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK POR MEIO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

Max Wendell Andrade Melo ¹
Raline Silva de Araújo ²
Damião Franceilton Marques de Sousa ³
Ruam Adelmo Macedo da Silva ⁴

RESUMO

Com a incidência da luz sob uma superfície metálica, alguns elétrons que estão próximos à superfície absorvem energia suficiente para romper com a força que os prendem na superfície e escapam para o espaço das imediações, esse fenômeno é conhecido como Efeito Fotoelétrico. Sendo observado pela primeira vez, por acaso, pelo físico alemão Heinrich Hertz, em 1887, quando o mesmo estudava a natureza da luz, percebendo que diante de descargas elétricas a mesma poderia gerar faíscas. Inspirados nos trabalhos de Hertz, Wilhelm Hallwachs e Philipp Lenard também físicos alemães, mostrou que corpos metálicos ao serem submetidos a luz de frequência ultravioleta emitias algo dos materiais (partículas). Foi Thomson quem postulou que o que saia dos matérias eram elétrons, e utilizou esse fato para chegar a uma constante ainda não conhecida, sendo ela e/m (conhecido como relação carga-massa). Em 1905, Einstein apresentou uma explicação para o efeito fotoelétrico onde ele utilizava as ideias do cientista Max Planck a respeito da radiação do corpo negro. Ele propôs, que um feixe luminoso de frequência f é constituído de fótons, cada um com energia determinada basicamente pela sua frequência. Neste artigo, relata o estudo realizado sobre a medição experimental da constante de Planck (h) via efeito fotoelétrico, onde obtivemos o resultado aproximado para h , a partir desta mesma medição é possível determinar a função trabalho para o material em que foram incididas as fontes luminosas.

Palavras-chave: Fótons, Constante de Planck, Efeito Fotoelétrico.

INTRODUÇÃO

Com a incidência da luz sob uma superfície metálica, alguns elétrons que estão próximos à superfície absorvem energia suficiente para romper com a força que os prendem na superfície e escapam para o espaço das imediações, esse fenômeno é conhecido como

¹ Graduando do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, maxfontes@hotmail.com;

² Graduando do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, rhalinearaujo@hotmail.com;

³ Graduando do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, franceiltonmarques@gmail.com;

⁴ Graduando do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, ruammacedo1@gmail.com;

Efeito Fotoelétrico. Para explicar tal fenômeno era necessário uma nova teoria que fosse além da teoria clássica existente até meados do século XIX e XX.

Em 1863, James Clark Maxwell (1831-1879) em suas equações que levam seu nome, as relações entre os campos elétricos e magnéticos, demonstrou que os campos elétricos e magnéticos se propagavam com a velocidade da luz, estabelecendo com isso formalmente o conceito de ondas eletromagnéticas. Em suas experiências realizadas para confirmar a existência de ondas eletromagnéticas propostas por ele, foi quem primeiro percebeu o efeito quando se incide luz sob um material metálico, elétrons são ejetados da superfície.

Por volta de 1887, Heinrich Hertz em uma de suas experiências, provou a veracidade da teoria de Maxwell produzindo e detectando ondas eletromagnéticas (NUSSENZVEIG, H. Moysés, 1998). Em suas experiências Hertz observou a emissão de cargas elétricas negativas de uma superfície metálica ao ser exposta em contato com a luz, ou seja, observou o Efeito Fotoelétrico de fato (PAUL A. T. e RALPH. A. L; 2010).

Depois do posicionamento do físico Hertz, outros cientistas investigaram a fundo o efeito fotoelétrico com mais detalhe e precisão, um deles foi Philipp Lenard, no ano de 1900 com o auxílio de equipamentos experimentais, percebeu em sua análise que partículas negativas que eram emitidas, quando eram submetidas a um campo magnético apresentavam uma razão carga-massa, de modo que as partículas emitidas eram elétrons (PAUL A. T. e RALPH. A. L; 2010). É essa razão carga-massa que iremos determinar, porém iremos utilizar o fenômeno do efeito fotoelétrico para tal determinação.

A partir das observações experimentais realizadas e dos resultados numéricos obtidos, podemos ver que um dos dois resultados obtidos se aproxima mais do resultado que encontramos na literatura que é $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$. Os dois resultados obtidos foram $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ e $h = 6,41 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, estes valores são valores próximos, porém um deles evidentemente se faz mais apropriado.

METODOLOGIA

Foram utilizados cinco LED's de diferentes comprimentos de onda λ . Para iniciarmos o procedimento experimental, primeiro ligamos o aparato experimental (conforme ilustrado na figura:3, situada logo abaixo) e regulando em uma diferença de potencial apropriada, e logo após as medidas começaram a ser feitas.

Figura 3: Aparato experimental utilizado para obter as medidas para a tensão de corte.



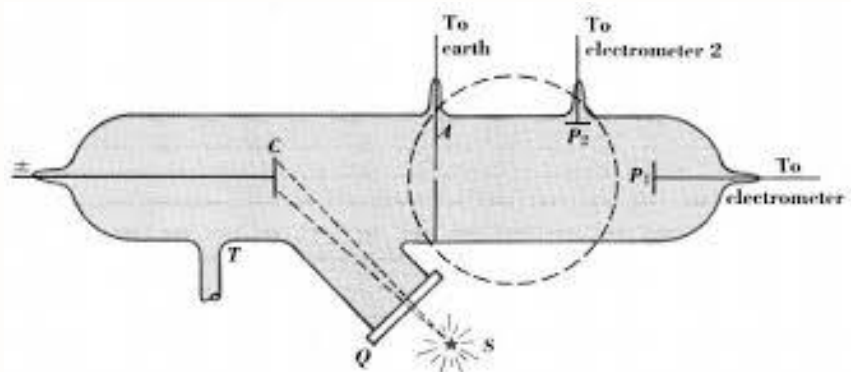
Fonte: Autoria própria.

Foram conectados um LED por vez e conforme íamos conectando os LED's, íamos ajustando o potencial de corte V_0 de forma a anular a corrente i . Daí obtivemos os dados para o comprimento de onda λ e para o potencial de corte V_0 .

DESENVOLVIMENTO

A figura a seguir ilustra o experimento utilizado por Philipp Lenard.

Figura 1: Diagrama esquemático usado por P. Lenard para observar o efeito fotoelétrico.



Fonte: Google imagens.

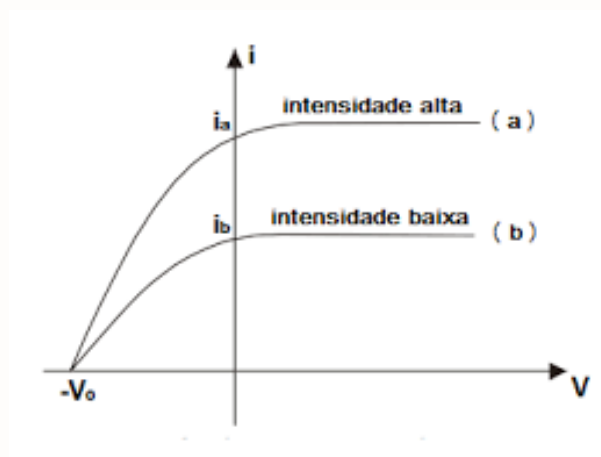
Na figura vista acima, a Luz que se origina da fonte S incide no catodo C. conforme a imagem vista a cima, as partículas são emitidas pelo catodo que passam pelo furo do anodo A

são indicadas por um eletrômetro ligado a P_1 um campo magnético, representado na imagem por um círculo, podia defletir as partículas para um segundo eletrômetro ligado a P_2 , o que permitia determinar o sinal da carga das partículas e a razão determinada q/m (PAUL A. T. e RALPH. A. L; 2010).

Depois da descoberta de Philipp Lenard, foi aceito que a luz fazia com que os elétrons fossem emitidos do catodo, e que os elétrons por sua vez eram empurrados pelo campo magnético para o anodo por causa de sua carga negativa (YOUNG, H. D. e FREEDMAN R.A., 2009).

Lenard observou em sua análise que a corrente máxima era proporcional a intensidade da luz, de modo que não foi observada uma intensidade mínima abaixo da qual a corrente fosse nula, ao contrário do que previa a teoria clássica. Na figura a seguir temos o gráfico da diferença de potencial entre o catodo e o anodo, ilustrando a corrente em função de V para dois valores de intensidade da luz incidente no catodo.

Figura 2: Corrente (i) em função do potencial (V) do anodo.



Fonte: Google imagens.

Uma luz muito fraca não fornece aos elétrons a energia necessária para escapar do metal. Com isso a energia mínima que ele necessita é chamada de função trabalho ϕ . Apenas os elétrons com uma energia cinética inicial maior que $|V|$ consegue chegar ao anodo. O potencial V_0 é denominado potencial de corte e está relacionado com a energia cinética máxima dos elétrons:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV_0 \quad (1)$$

Assim como o potencial de corte, existe também uma frequência de corte na qual nenhum elétron é emitido se for submetido a uma frequência menor que esta frequência de corte (YOUNG, H. D. e FREEDMAN R.A., 2009)

No entanto, a física clássica não conseguia explicar tais fenômenos, o potencial de corte e a frequência de corte, então em 1905 Albert Einstein desprezou o tratamento da luz como uma onda eletromagnética, resultado da teoria clássica, e considerou a ideia de quantização da energia, elaborada em 1900 por Max Planck (SERWAY, J; 2006). Ele formulou que a luz era formada por pacotes, conhecidos como fótons e definiu que a luz transmitiria energia de maneira discretizada, dada por:

$$E = hf \quad (2)$$

Onde $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ é a constante de Planck, obtida pelas medidas de Millikan, f é a frequência da radiação e E é a energia emitida do fóton. Ao atingir uma superfície ele transfere toda sua energia ou nada para um só elétron. Einstein usou a conservação da energia para mostrar que a energia cinética máxima de um elétron emitido é dada pela diferença entre a função trabalho e a energia que o elétron ganhou do fóton:

$$eV_0 = hf - \phi \quad (3)$$

Em nosso experimento iremos mostrar a dependência entre a corrente i e o potencial de corte V_0 . Fazendo uso da equação (3) na forma:

$$V_0 = \frac{hf - \phi}{e} \quad (4)$$

Onde h está relacionado ao coeficiente angular e ϕ ao coeficiente linear, nos possibilitando assim obter a constante de Planck h e a função trabalho ϕ .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do procedimento experimental realizado, obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 1: Dados obtidos para comprimento de onda, frequência e potencial de corte.

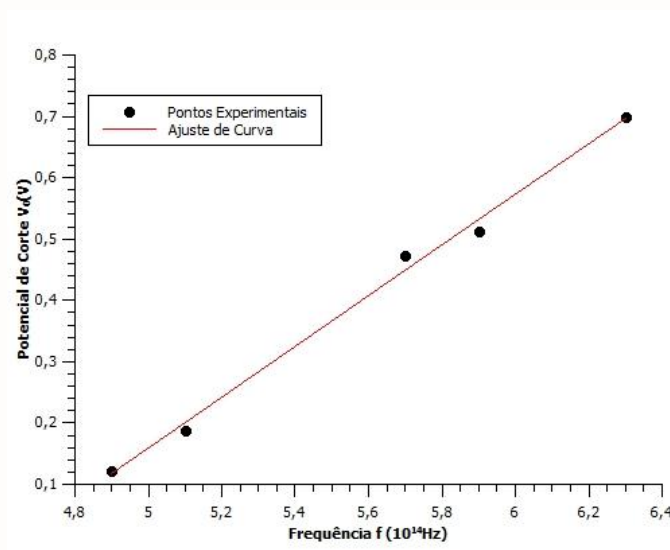
Comprimento de Onda λ (nm)	Frequência f (10^{14} Hz)	Potencial de Corte V_0 (Voltz)
472	6,3	0,698

505	5,9	0,512
525	5,7	0,474
588	5,1	0,187
611	4,9	0,123

Fonte: Autoria própria.

Fazendo uso dos dados contidos na tabela 1 e do programa Qtiplot®, podemos plotar o gráfico do potencial de corte V_0 em função da frequência f . Vejamos na figura a seguir.

Figura 4: Gráfico do potencial de corte V_0 em função da frequência f .



Fonte: Autoria própria.

Para esse caso, temos uma função do tipo $y = ax + b$, em comparação com a Equação 4 temos que $y = V_0$, $a = h/e$, $x = f$ e $b = \phi/e$. Como o coeficiente angular determinado é $a = 4,14 \cdot 10^{-15}$, obtemos:

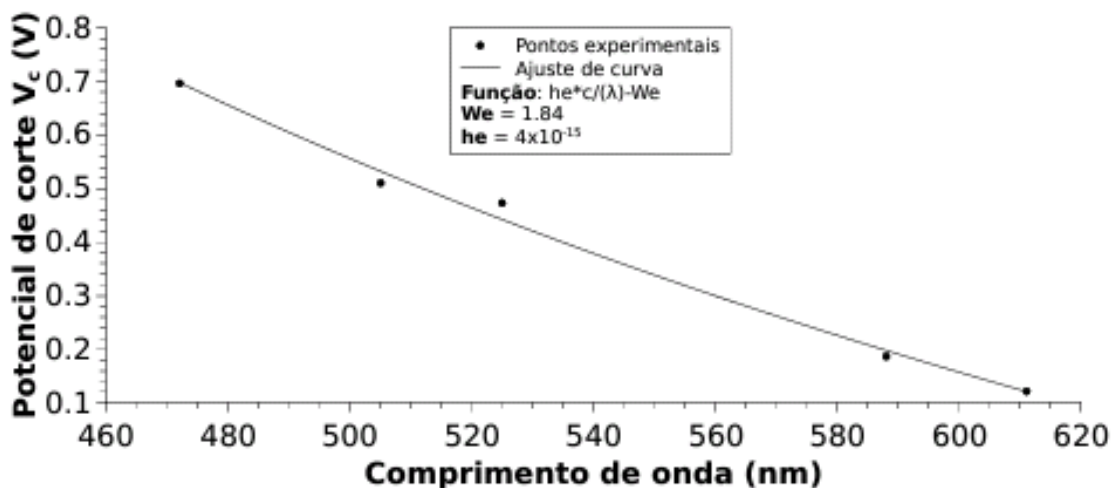
$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \quad (5)$$

E,

$$\phi = 3,05 \text{ eV} \quad (6)$$

Do mesmo modo, podemos plotar o gráfico para o potencial de corte V_0 em função do comprimento de onda λ . Vejamos a figura que segue.

Figura 5: Gráfico do potencial de corte V_0 em função do comprimento de onda λ .



Fonte: Autoria própria.

Do gráfico acima, vemos que a constante de Planck tem valor experimental de:

$$h = 4 \cdot 10^{-15} eV \cdot s \quad (7)$$

Ou em unidades do sistema internacional:

$$h = 6,41 \cdot 10^{-34} J \cdot s \quad (8)$$

Estes valores foram obtidos do gráfico fazendo um ajuste de curvas no próprio programa.

Podemos notar que, fazendo a análise para o primeiro gráfico na Figura 4, obtivemos um resultado mais próximo do que realmente é esperado, isso pode ser devido a quantidade de algarismos significativos utilizados para plotar o gráfico na Figura 5 ou para realizar os devidos cálculos para obtenção da Constante de Planck h na Equação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme proposto neste trabalho, realizamos a medição do valor da constante de Planck, como também, daí podemos obter o valor da função trabalho do material em que incidimos os feixes de luz. Dois valores foram determinados segundo a nossa abordagem, para a constante de Planck, porém um deles foi mais consistente sendo $h = 6,63 \cdot 10^{-34} J \cdot s$, que está em concordância, não havendo um distanciamento significativo entre este valor e o

valor observado na literatura existente que é de $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, revelando que a metodologia adotada foi satisfatória para a medição desses dados.

Para uma melhor acurácia dos resultados, sugerimos utilizar equipamentos com uma qualidade mais elevada de precisão nas medições dos dados, e um maior número de LEDs, para que possam ser coletados mais dados para o potencial de corte para os respectivos comprimentos de onda, sendo assim poderão ser obtidos valores ainda mais preciso.

Em ponto de vista didático, a experiência foi bem sucedida, já que através da prática pudemos ver uma das formas utilizadas para chegar a tal famosa constante de Planck, e assim, colocando em prática todo conhecimento até o presente momento aprendido durante nossa formação acadêmica, o que é importante para nós licenciandos e pesquisadores, essa consolidação de teoria e prática, que as vezes é tão distintas nos cursos de formação de professores.

REFERÊNCIAS

NUSSENZVEIG, H. Moysés. *Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade e Física Quântica*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

PAUL A. Tipler, RALPH. A. Llewellyn. *Física Moderna*. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

SERWAY, Jewett. *Princípios de Física*, 1ª Edição, Vol 4, Thonson, 2006.

YOUNG, H. D. *Física IV: Ótica e Física Moderna*. Tradução de Cláudia Martins. São Paulo: Addison Wesley, 2009.