

---

# Efeito Fotoelétrico

**META:**

Determinar a constante de Planck e da função trabalho do material que compõe uma célula fotoelétrica.

**OBJETIVOS:**

Ao fim da aula os alunos deverão:

- Entender o efeito fotoelétrico.
- Saber como fatores externo como intensidade e frequência da luz influenciam a emissão de elétrons de uma superfície metálica.

**PRÉ-REQUISITOS**

- Tenham cursado ou estejam cursando a disciplina Introdução à Mecânica Quântica.

### 3.1 Introdução

Caros alunos, neste experimento serão obtidos alguns dados que foram fundamentais para o desenvolvimento da mecânica quântica bem como para o desenvolvimento da tecnologia que nos permeia. Bom experimento.

### 3.2 Revisão

O efeito fotoelétrico, alvo dos experimentos realizados nesta aula, foi descoberto casualmente por H. R. Hertz, ao verificar que uma descarga elétrica entre dois eletrodos pode ser facilitada quando uma radiação luminosa incide sobre um destes eletrodos. Posteriormente, W. Hallwachs verificou que a incidência de radiação ultravioleta sobre uma superfície metálica faz com que partículas com carga negativa sejam emitidas, posteriormente foi comprovado que estas partículas com carga negativa eram elétrons. Graças a descoberta do efeito fotoelétrico podemos hoje transformar a energia do sol em eletricidade, temos também os sensores responsáveis por abrir e fechar porta, acender luzes, acionar alarmes, etc.

Muitos estudos foram realizados no final do século XIX para entender como a luz retirava elétrons da superfície metálica. Os dados experimentais obtidos indicavam que este efeito não poderia ser descrito com base na teoria eletromagnética de Maxwell. Esta teoria fala que luz é constituída por ondas eletromagnéticas cuja energia depende da amplitude do campo elétrico.

Inicialmente, acreditava-se que os elétrons presos na superfície do material oscilavam com a mesma frequência da onda eletromag-

nética incidente até absorver energia suficiente para vencer a força elétrica de atração que o prende na estrutura do metal. Segundo este modelo, quanto maior a intensidade de energia incidente no metal, mais elétrons seriam emitidos e com maior energia!

### ATIVIDADES

- Discuta a validade deste modelo e responda o que aconteceria se a superfície de uma metal for irradiada com uma onda sonora suficientemente intensa? Poderíamos produzir energia elétrica por este processo?



Buscando entender melhor as propriedades do efeito fotoelétrico foram realizados vários estudos e foi constatado que a energia cinética dos elétrons emitidos independe da intensidade da luz incidente, mas esta energia depende da frequência.

A teoria proposta por Einstein para explicar o efeito fotoelétrico assume que a luz é quantizada e que o quantum de energia (fóton) possui energia  $E = h\nu$  onde  $h$  é a constante de Planck e  $\nu$  é a frequência da luz. O fóton se comporta como uma partícula, ao colidir com um átomo do metal ele tem sua energia total absorvida deixando de existir. Parte da energia do fóton absorvida pelo metal é usada para vencer a força de ligação entre o elétron e o átomo, o restante da energia transforma-se em energia cinética. A teoria proposta por Einstein pode ser resumida pela seguinte equação,

$$E_C = h\nu - \phi , \quad (3.16)$$

onde  $h\nu$  é a energia do fóton incidente e  $\phi$  é a função trabalho que corresponde a energia gasta para arrancar o elétron da estrutura metálica. Sendo assim se a energia do fóton incidente for menor que  $\phi$ , não haverá efeito fotoelétrico. Na Figura 3.1 mostramos um gráfico mostrando o comportamento da energia cinéticas dos elétrons emitidos pela superfície do metal em função da frequência.

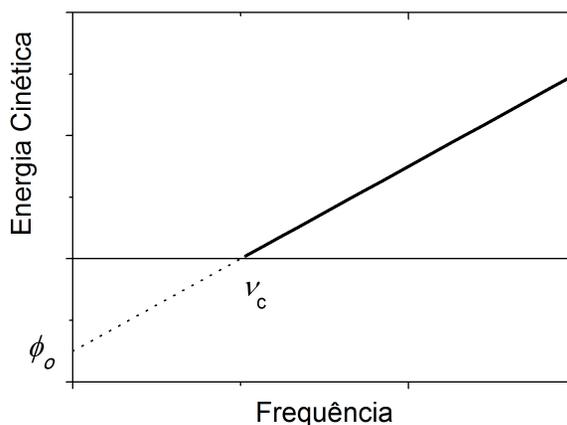


Figura 3.1: Comportamento da energia cinéticas dos elétrons emitidos pela superfície de um metal em função da frequência  $\nu$ . Neste gráfico podemos notar que só haverá efeito fotoelétrico quando a frequência da radiação "luz" usada para irradiar a superfície do metal for maior que a frequência de corte  $\nu_c$ . O coeficiente linear desta reta é o que chamamos de função trabalho do material e esta associada a energia de ligação do elétron ao átomo.

Cada fóton incidente na superfície do metal libera um elétron, sendo assim quanto maior a intensidade da luz (quanto mais fótons) incidente mais elétrons serão emitidos. Experimentalmente podemos notar que quanto maior a intensidade da luz maior será a corrente medida.

O fato de Einstein ter usado a ideia da quantização de energia para explicar o efeito foto elétrico, embora este não tivesse relação direta com a radiação de corpo negro, Tornou a ideia da quantização da energia mais sólida. Consolidando portanto o nascimento da mecânica quântica.

### 3.3 Procedimento Experimental

Este experimento será dividido em duas etapas:

#### Etapa 1: Experimentos virtuais

Para executar esta etapa do experimento acesse o site:

[http://phet.colorado.edu/sims/photoelectric/photoelectric\\_pt\\_BR.jar](http://phet.colorado.edu/sims/photoelectric/photoelectric_pt_BR.jar)

Baixe o programa e execute. Você deverá ver uma tela como mostrado na Figura 4.1.

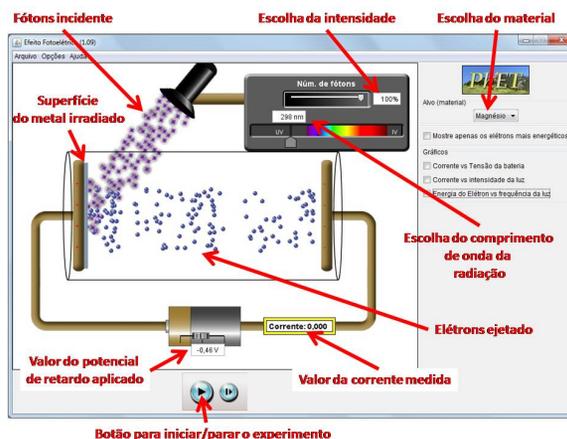


Figura 3.2: Programa usado para realizar o experimento virtual.

1. Escolha o material (alvo). Use inicialmente o sódio.
2. Escolha intensidade 100%.
3. Escolha a diferença de potencial aplicada entre o cátodo e a placa coletora também conhecido como potencial de retardo igual a zero (esta voltagem pode ser ajustada movendo o cursor ou digitando o valor da voltagem seguido pela letra V. Exemplo: -0.40V. Use o ponto como separador decimal.

4. Escolha uma cor com comprimento de onda suficiente para indicar uma corrente no coletor diferente de zero.
5. Aplique uma voltagem (tensão de retardo) de forma que o valor da corrente volte a zero novamente. Repita este procedimento, pelo menos mais 5 vezes, escolhendo outros valores para o comprimento de onda.
6. Faça um gráfico da tensão de retardo versus a frequência da radiação escolhida.
7. Analise o gráfico e calcule o valor da constante de Planck e o valor da função trabalho para este material.
8. Escolha um valor fixo do comprimento de onda onde a corrente seja diferente de zero, varie a intensidade do feixe de luz e meça o valor da corrente obtida. (anote o valor da corrente para pelo menos cinco valores diferente da intensidade).
9. Faça um gráfico da corrente obtida versus a intensidade do feixe.
10. Repita este procedimento para o Zinco.
11. Repita este procedimento para o Cobre.
12. Repita este procedimento para o Platina.
13. Repita este procedimento para o Cálcio.
14. Repita este procedimento para o magnésio.
15. Compare o valor da função trabalho deste material. Explique porque este valor varia quando mudamos o material.

**Etapa 2:** Montagem do experimento.

Para realização deste experimento serão necessários:

- Multímetros;
- Célula fotoelétrica;
- Fonte de luz;
- filtros de luz;
- Fonte de tensão;
- Fios para ligação;
- Unidade Cobra.

1. Com base nos experimentos virtuais, use os materiais fornecidos para montar um experimento que permita evidenciar o efeito fotoelétrico.
2. Faça aquisição de dados e mostre um gráfico que possibilite obter a constante de Planck e a função trabalho do material que compõe o cátodo da célula fotoelétrica.



## RESUMO

Nesta aula verificamos experimentalmente o efeito fotoelétrico comprovando os experimento de Einstein. Com este experimento conseguimos obter o valor da constante de Planck e da função trabalho experimentalmente. Verificamos também como fatores externo tais como a intensidade e frequência da radiação incidente influenciam este efeito na matéria.

**PRÓXIMA AULA**

Em nossa próxima aula realizaremos experimentos afim de verificar o comportamento da absorção de radiação  $\beta$  pela matéria. Bons estudos!

**AUTO-AVALIAÇÃO**

- Eu sei descrever o efeito fotoelétrico?
- Eu sei medir a função trabalho dos material?
- Eu sei explicar os dados obtidos experimentalmente nesta experiência?

**LEITURA COMPLEMENTAR**

- [1 ] CAVALCANTE, Mariza Almeida; TAVOLARO, Cristiane R. C.; **Física Moderna Experimental**. 2 ed. Barueri-SP: Manole, 2007.
- [2 ] TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A; **Física Moderna**. 3 ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2001.
- [3 ] BREHM, John J.; MULLIN, Willian J., **Introduction to the Structure of Matter**, John Willey & Sons.