

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

Efeito Fotoelétrico

Leandro Bertoldo

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

Dedico este livro à minha filha
Beatriz Maciel Bertoldo

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

“Deus deseja que façamos contínuos progressos na ciência e na virtude” (A Ciência do Bom Viver, 503).

Ellen Gould White
Escritora, conferencista, conselheira,
e educadora norte-americana.
(1827-1915)

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

Sumário

Dados biográficos

Prefácio

EFEITO FOTOELÉTRICO

- 1. Introdução**
- 2. Sobre o efeito Hertz**
- 3. Representação esquemática**
- 4. Hipótese de “De Broglie”**
- 5. Postulados de Einstein para o efeito Hertz**
- 6. Equilíbrio Quântico**
- 7. Leis para a Potência de um Fóton**
- 8. Energia radiante absorvida pelo elétron**
- 9. Potências envolvidas no efeito Hertz**
- 10. Equação fotoelétrica**
- 11. Curva característica da equação fotoelétrica**
- 12. Efeito hertz e a equação fotoelétrica**
- 13. Rendimento foto elétrico**
- 14. Variação da potência útil empregada**
- 15. Representação gráfica da potência utilizada**

internamente

- 16. Característica da potência máxima**
- 17. Dedução da equação fotoelétrica de Einstein**
- 18. Variação da frequência do fotoelétron emitida**
- 19. Concordância entre a equação de “De Broglie” e**

de Millikan

- 20. Energia cinética de máxima**
- 21. Velocidade máxima do fotoelétron ejetado**
- 21. Rendimento interno e rendimento externo**
- 22. Potência oriunda do processamento da função de**

trabalho

APÊNDICE

- O fluxo de gotas do chuveiro**

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

Dados biográficos

Meu nome é Leandro Bertoldo. Nasci no bairro do Belenzinho na cidade de São Paulo – SP. Sou o primeiro filho do casal José Bertoldo Sobrinho e Anita Leandro Bezerra. Tenho um irmão chamado Francisco Leandro Bertoldo.

Fiz as faculdades de Física (1980) e de Direito (2000) na Universidade de Mogi das Cruzes – UMC. Meu interesse, sempre crescente, pela área de exatas vem desde os meus 17 anos, quando comecei a escrever algumas teses sérias sobre temas científicos, os quais dei a conhecer ao meu professor de Física “Benê”. Em 1995, publiquei o meu primeiro livro de Física, que foi um grande sucesso entre muitos professores universitários. Meu comprometimento com o Direito é resultado das minhas atividades junto ao Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo.

Casei por duas vezes e tive uma filha do meu primeiro matrimônio chamada Beatriz Maciel Bertoldo, que se formou em Direito. Minha segunda esposa, Daisy Menezes Bertoldo, é uma grande companheira e amiga inseparável de todas as horas.

Muitas das minhas distrações foram proporcionadas pelos meus queridos e maravilhosos cachorros: Fofa, Pitucha, Calma e Mimo.

Durante minha carreira como escritor e cientista tive o prazer de escrever mais de sessenta livros, a maioria deles defendendo teses originais em Física e Matemática, destacando-se: “Teoria Matemática e Mecânica do Dinamismo” (2002); “Teses da Física Clássica e Moderna” (2003); “Cálculo Seguimental” (2005); “Artigos Matemáticos” (2006) e “Geometria Leandroniana” (2007), os quais estão espalhados pelas maiores universidades do país.

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

Prefácio

No auge da minha criatividade, aos 22 anos de idade, escrevi este opúsculo, onde relaciono vários fenômenos físicos com o efeito fotoelétrico. Como resultado de meus esforços, novas e interessantes equações algébricas vieram à luz.

Esta obra é constituída por 22 itens tratando do fenômeno fotoelétrico. Ao final apresenta um apêndice analisando o fluxo de gotas do chuveiro. Enquanto o primeiro artigo foi produzido em 1980, o segundo foi escrito em 2010.

A diferença fundamental entre a equação de Einstein para o efeito fotoelétrico e as equações apresentadas no presente artigo é a seguinte: Em 1905, quando Einstein publicou as suas conclusões, o conceito de ondas de matéria descoberto por “De Broglie” em 1924 era totalmente desconhecido; assim, a presente pesquisa procura relacionar a dualidade onda-corpúsculo ao fenômeno do efeito fotoelétrico.

Dentro dessa visão, são analisados novos conceitos como equilíbrio quântico, potência de um fóton, rendimento fotoelétrico, nova equação para o efeito fotoelétrico etc.

Além disso, a equação fotoelétrica de Einstein é deduzida matematicamente como uma consequência natural dos conceitos físicos apresentados neste artigo. Outro resultado interessante a apresentado neste artigo é a perfeita concordância entre a equação de “De Broglie” e a de Millikan. Esses resultados representa um forte indício da veracidade da tese defendida neste opúsculo.

Encerro o presente prefácio guardando em meu coração a esperança de que os meus leitores possam tirar bom proveito dos resultados das minhas pesquisas, obtidos com esforços numa área tão exigente quanto a da física.

leandrobertoldo@ig.com.br

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

Efeito Fotoelétrico

1. INTRODUÇÃO

Em meu livro intitulado “Fotodinâmica”, apresentei alguns dos desenvolvimentos fundamentais que me impulsionaram a desenvolver uma nova demonstração para o efeito fotoelétrico. A esses desenvolvimentos eu refiro agora como a teoria einsteiniana fotoelétrica. Em uma infinidade de aspectos, essa teoria é sempre bem sucedida. No entanto, a teoria fotoelétrica einsteiniana certamente não está livre de críticas. Os postulados de Einstein constituem inegavelmente os fundamentos da mecânica fotoelétrica. Dão uma boa relação entre grandezas quânticas e clássicas quando aplicados para interpreta muitos fenômenos de origem fotoelétrica. Para fundamentar e completar a minha descrição dessa teoria, deverei indicar alguns de seus aspectos indesejáveis:

A) A teoria de Einstein somente permite tratar de grandezas clássicas, empregando a teoria proposta por Max Planck. Porém, existem muitas grandezas físicas importantes que não são de origem clássica. E o número de grandezas clássicas para os quais pode ser encontrada uma base física para essa teoria na relação de “De Broglie” é muito pequena.

B) Embora a teoria permita calcular a energia cinética possível do fotoelétron em certos metais, e a frequência do fóton absorvido ou emitido no processamento da função de

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

trabalho quando um elétron ultrapassa a barreira da superfície do metal, essa teoria não indica como calcular a taxa de frequência do fotoelétron ao ultrapassar a referida barreira.

C) Para finalizar deverei mencionar a crítica subjetiva de que a teoria einsteiniana é categoricamente insatisfatória com vista às propriedades ondulatórias da matéria.

Com a nova teoria que proponho, muito dos aspectos abstratos da mecânica quântica de Erwin Schrödinger tornam-se facilmente visualizados.

2. SOBRE O EFEITO HERTZ

No efeito Hertz, a energia radiante do fóton é convertida em energia cinética pelo elétron. Porém, sabe-se que no efeito Hertz, os elétrons estão ligados mais ou menos fortemente ao núcleo atômico, de tal forma que ocorre um gasto de energia interna no processamento da função de trabalho.

Na realidade, no que se refere ao efeito Hertz, a atuação do fóton consiste em elevar a energia cinética do elétron, pelo emprego da energia radiante obtida numa transformação por eles realizada. Evidentemente, no efeito Hertz, essa transformação efetuada pelos fótons constitui a única maneira de fornecer energia cinética aos elétrons, já que é impossível criar energia.

Os fótons sempre provocam uma elevação de energia cinética do elétron.

3. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA

No caso do efeito Hertz, considero extremamente importante as representações esquemáticas do fóton, da superfície e do fóton-elétron emitido.

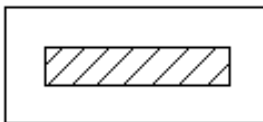
O fóton pode ser representado graficamente por meio de desenhos em perspectiva ou por meio de esquemas.

Trata-se apenas de um símbolo convencional para o reconhecimento do fóton dentro de um esquema de um sistema quântico.

O fóton é representado pelo seguinte símbolo, colocando-se ao lado, o valor de sua frequência eletromagnética:



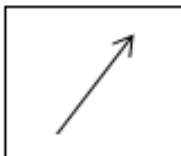
A superfície cujos fótons são emitidos é simplesmente representada por um retângulo, segundo o esquema indicado na seguinte figura:



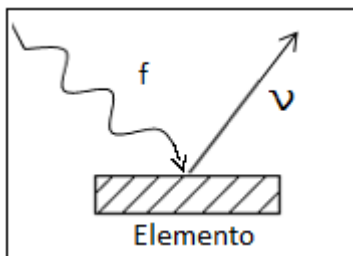
Quando o fóton-elétron é arremessado para fora da superfície do metal, o mesmo é representado por uma linha

Leandro Bertoldo
Efeito Fotoeletrico

continua com a extremidade indicada por uma seta. De acordo com o esquema apresentado na seguinte figura:



Logo, fundamentado nos referidos esquemas, posso representar o efeito Hertz esquematicamente por:



4. HIPÓTESE DE “DE BROGLIE”

Em 1924, um jovem físico francês, Louis de Broglie, em sua tese de doutorado, propôs a existência de ondas associadas à matéria. De acordo com “De Broglie”, tanto para a matéria quanto para a radiação a energia total (W) está diretamente relacionada à frequência (ν) da onda associada ao movimento da partícula pela equação:

$$W = h \cdot \nu$$

Onde (h) é – como seria de esperar – a carga radiante absorvido pelo elétron e (ν) representa simbolicamente a frequência do pulso associado à matéria.

Alguns anos depois em 1927, Lester Halbert Germer e Clinton Joseph Davissom, testaram a predição de “De Broglie” mediante a difração de elétrons, de energia conhecida, em cristais. Estabeleceram experimentalmente que um feixe de elétrons tinha propriedades ondulatórias e que o comprimento de onda associada com os elétrons de velocidade conhecida era exatamente o previsto pela equação de “De Broglie”. Essa foi a primeira demonstração experimental das propriedades ondulatórias do elétron.

5. POSTULADOS DE EINSTEIN PARA O EFEITO HERTZ

A) Primeiro Postulado

No efeito fotoelétrico, um fóton da radiação incidente ao atingir a matéria é completamente absorvido por um único elétron, cedendo-lhe um quantum.

B) Segundo Postulado

A interação entre o fóton e o elétron, ocorre instantaneamente, semelhante à colisão de duas partículas, ficando, então, o elétron com uma energia adicional $(h \cdot \nu)$.

Definição fundamental.

A energia (W) de cada fóton é denominada por “quantum” (no plural “quanta”).

6. EQUILÍBRIO QUANTICO

Quando um fóton colide com um elétron, a energia “(quantum)” desse fóton é integralmente absorvida pelo elétron.

Desse modo posso afirmar que a energia absorvida pelos elétrons (W_e) é igual à energia do fóton (W_f). Simbolicamente, o referido enunciado é expresso pela seguinte igualdade:

$$W_e = W_f$$

De acordo com o físico alemão Max Planck, a energia transportada por um fóton é igual a carga radiante multiplicada pela frequência de oscilação do pulso eletromagnético.

O referido enunciado é expresso simbolicamente pela seguinte equação:

$$W_f = h \cdot f$$

E de acordo com o físico francês, Louis De Broglie, a energia cinética de um elétron é igual a carga radiante em produto com a frequência ao qual a onda desse elétron oscila.

Simbolicamente o referido enunciado é expresso por:

$$W_e = h \cdot \nu$$

Igualando convenientemente as duas últimas expressões, resulta que:

$$W_f = W_e$$

$$h \cdot f = h \cdot \nu$$

Eliminando-se os termos em evidência, conclui-se que:

$$\mathbf{f = v}$$

Isso me permite afirmar que a partir da inércia, a frequência de oscilação da onda associada a um elétron é igual à frequência da onda eletromagnética do fóton absorvido pelo elétron.

Essa situação final de equilíbrio que traduz uma igualdade de frequências entre a radiação e a matéria, constitui o que tenho chamado por “equilíbrio quântico”.

7. LEIS PARA A POTÊNCIA DE UM FÓTON

De acordo com a equação de Max Planck, a energia de um fóton é igual à carga radiante multiplicada pela frequência de oscilação do pulso eletromagnético que constitui o fóton.

O referido enunciado é expresso simbolicamente pela seguinte equação:

$$\mathbf{W = h \cdot f}$$

A Mecânica Newtoniana mostra que a potência é igual ao quociente da energia inversa pela variação de tempo.

Simbolicamente o referido enunciado é expresso pela seguinte relação:

$$\mathbf{p = W/\Delta t}$$

Evidentemente na mecânica clássica a energia é contínua e por esse motivo considera-se uma variação de tempo contínuo.

Porém, a energia radiante transportada por um fóton não é contínua, mas sim discreta. Desse modo, no lugar de uma variação de tempo considero um período de tempo.

Desse modo, posso afirmar que a potência oriunda de um fóton é igual ao quociente da energia radiante desse fóton inversa pelo período de uma oscilação completa do fóton considerado.

O referido enunciado é expresso simbolicamente pela seguinte relação:

$$p = W/T$$

Em capítulos anteriores demonstrei que o período é o inverso da frequência de oscilação de um pulso eletromagnético.

Simbolicamente, o referido enunciado é expresso por:

$$T = 1/f$$

Então, substituindo convenientemente as duas últimas expressões, resulta que:

$$p = W \cdot f$$

Logo, posso afirmar que a potência oriunda de um fóton é igual a energia radiante do mesmo, multiplicada pela frequência eletromagnética.

Porém, sabe-se que a energia radiante transportada por um fóton é expressa pela equação de Max Planck:

$$W = h \cdot f$$