

O Efeito Fotoelétrico e o Nascimento da Teoria Quântica da Luz (Marco da Ciência — Ensaio Histórico 2023)

Por Cristiano Ricardo · Publicado em 29/07/2023

Ensaio aprofundado por Cristiano Ricardo sobre uma das maiores descobertas da ciência mundial: o efeito fotoelétrico e o nascimento da teoria quântica da luz (Física Quântica & Teoria Eletromagnética), com história, fundamentos teóricos e diagramas.

Versão online e eventuais atualizações:

<https://eu.cristianoricardo.com/post/o-efeito-fotoeletrico-e-o-nascimento-da-teoria-quantica-da-luz-2023-07-29>

Física Quântica & Teoria Eletromagnética · Grandes Descobertas da Ciência

Ao demonstrar que a luz se propaga e troca energia como pacotes discretos de quanta (fótons), Albert Einstein rompeu a supremacia do modelo puramente ondulatório clássico de Maxwell.

Esquema Conceitual & Mecanismo Histórico

Placa Metálica (Alvo)

Fótons Incidentes ($E = h\gamma$)

Fotoelétron e^-

Equação Fotoelétrica de Einstein (1905)

$E_{\text{cin,max}} = h\gamma - \phi$

h : Constante de Planck | γ : Frequência da luz

ϕ : Função-trabalho do metal (Energia limiar)

Motivo do Prêmio Nobel de Física de 1921

O Paradoxo da Física Clássica Ondulada de Maxwell

No modelo eletromagnético clássico, a energia de uma onda luminosa é proporcional unicamente à sua intensidade (amplitude). Assim, qualquer radiação suficientemente intensa, mesmo de baixa frequência (como luz vermelha), deveria ejetar elétrons de um metal se iluminado por tempo suficiente. No entanto, experimentos mostravam que luz abaixo de certa frequência de corte jamais ejetava um único elétron, mesmo com brilho ofuscante.

A Solução Radical de Einstein com os Fótons

Em 1905, Einstein estendeu a hipótese matemática de Max Planck e postulou que a luz não apenas é emitida em pacotes, mas viaja pelo espaço e é absorvida como partículas indivisíveis de luz: os fótons, cada um com energia $E = h\nu$. Um elétron só é ejetado se colidir individualmente com um único fóton que possua energia superior à função-trabalho (?) da ligação atômica no metal.

Fundação da Era Quântica e Tecnologias Contemporâneas

A equação fotoelétrica estabeleceu a dualidade onda-partícula da radiação e rendeu a Einstein o Prêmio Nobel de Física de 1921. É o princípio físico que permitiu o desenvolvimento das células fotovoltaicas solares modernas, sensores de imagem digitais CCD/CMOS de telescópios e smartphones, espectrometria fotoeletrônica de raios X (XPS) e computação óptica quântica.

Cristiano Ricardo

Pesquisador, Educador & Ensaísta de História e Filosofia da Ciência · Publicação de 29/07/2023 às 23:50