

Universidade de São Paulo – Instituto de Física

Fabio F. Rodrigues, João Davi P. de Carvalho e Silvino M. Teixeira
4300375 – Física Moderna I
Instituto de Física – Universidade de São Paulo
Prof.º Dr. Roberto V. Ribas

Plano de Aula

Tema: Fóton

Resumo: *O presente trabalho visa a apresentação dos assuntos iniciais da física moderna a serem trabalhados, com alunos do 3º ano do ensino médio. Baseado na existência do fóton e do efeito fotoelétrico, discute tanto os momentos históricos quanto o desenvolvimento teórico dessas teorias. A forma de apresentação de parte dessa teoria baseia-se em applets desenvolvidos e disponibilizados pela Universidade do Colorado, tornando mais visível e dinâmica a visualização dos fenômenos que permitiram o desenvolvimento dessa importante área da física.*

Palavras chave: fóton, fotoelétrico, compton, ensino médio, Planck, energia.

Objetivo:

Essas aulas foram pensadas de forma a trazer para os alunos do ensino médio os conceitos iniciais que fizeram parte do desenvolvimento da física quântica, bem como as diferenças entre os conceitos modernos e os tratados na física clássica. Dessa forma, esperamos que os alunos compreendam também que algumas tecnologias que se baseiam em contextos quânticos não são tão facilmente compreendidas e que dependem de um conhecimento profundo da física moderna para o seu desenvolvimento e aprimoramento.

Assim, podemos dizer que a escolha do tema permite que o engajamento do aluno com o conhecimento científico atual seja maior, despertando o interesse maior pelas descobertas científicas, e dando importância ao desenvolvimento das mesmas.

Aula 1



Como funcionam as lâmpadas incandescentes?

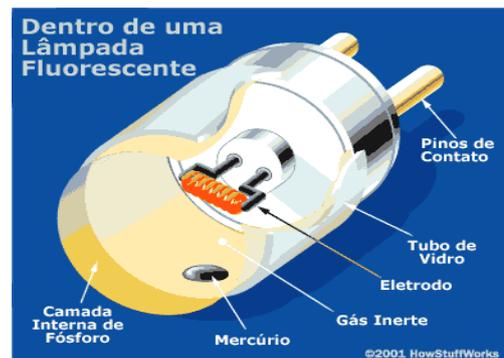
Essa questão se faz extremamente importante no início da aula. Mesmo tendo sido informado aos alunos que a aula seria referente a um assunto de física moderna, pois coloca o aluno dentro de um conhecimento, do qual ele já domina, imaginando que esse aluno tem como conhecimento prévio o eletromagnetismo e que consiga discorrer sobre o funcionamento a partir do *efeito joule*.



Como funcionam as lâmpadas fluorescentes?

Essa segunda pergunta se faz necessária para trazer o aluno para uma situação nova, por ele desconhecida. Pode ser que algum aluno conheça o funcionamento desse tipo de lâmpada por ter investigado em outro momento de suas experiências, seja na escola ou em casa. O fato é que não esperamos por respostas corretas a essa questão e apenas conjecturas. Os alunos irão se basear nos conhecimentos prévios que eles mesmo carregam a respeito da irradiação. Aqui começamos a explicar o funcionamento da lâmpada, trazendo a palavra fóton pela primeira vez ao nosso vocabulário de sala de aula.

A simples explicação do fenômeno, consiste em saber que quando acendemos a lâmpada, a corrente flui pelo circuito elétrico (conhecimento prévio esperado) até os eletrodos. Existe uma voltagem considerável através dos eletrodos, então os elétrons migram através do gás de uma extremidade para a outra. Esta energia modifica parte do mercúrio dentro do tubo de líquido para gás. Como os elétrons e os átomos



carregados se movem dentro do tubo, alguns deles irão colidir com os átomos dos gases de mercúrio. Estas colisões excitam os átomos, jogando-os para níveis de energia mais altos. Quando os elétrons retornam para seus níveis de energia originais, eles liberam *fótons de luz*.

A partir desse ponto vamos apresentar um panorama histórico da física do final do século XIX, mostrando aos alunos que o eletromagnetismo de Maxwell estava bem consolidado, apresentando as equações e mediando para que o aluno perceba que o campo elétrico gera o campo magnético e vice e versa – e que a parte de movimento era facilmente explicada pelas equações e pelas leis de Newton. Dessa forma, não haveria mais nada a ser descoberto (isto era a visão dos cientistas época). Na sequência vamos falar que o grande problema que parecia não ter resposta nessa época era a radiação do *corpo negro*.

Ainda seguindo o desenvolvimento histórico, apresentaremos o conceito de *corpo negro*, procurando fazer com que os alunos compreendam o fato que o corpo negro é um bom receptor de radiação, mas que também é um bom emissor de radiação – dar o exemplo de um objeto que é colocado dentro de um forno e vai absorvendo toda a radiação e conforme vai aumentando sua temperatura o corpo passa emitir frequências que compreendem o espectro do visível e também do não visível.

Chagaremos assim no ponto principal dessa primeira aula, discutindo sucintamente a questão da catástrofe do ultravioleta e a ideia de Plank de quantizar a energia para poder solucionar o problema encontrado pela física clássica em explicar a radiação emitida por esse corpo em altas frequências. Aproveitaremos para mostrar a sua relação

$$E=hf$$

E - Energia de um *quantum* de luz monocromática

h - constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-19} \text{J} \cdot \text{s}$)

f - frequência da luz monocromática.

Aula 2

Para introduzir o *efeito fotoelétrico*, que consiste na retirada de elétrons de uma superfície metálica devido à incidência de radiação, iniciaremos com um o pequeno experimento – utilizando um elemento fluorescente (enfeites de quarto, interruptores, tomadas, etc.) que vamos iluminar no escuro com um laser vermelho, depois com um verde e por último com o laser azul – a ideia deste experimento é fazer com que o aluno perceba que dependendo da

frequência da luz que chega no elemento fluorescente, ele não emite luz, mas conforme aumenta a frequência esse elemento passa emitir uma radiação visível.

Na sequência vamos mostrar para os alunos outras aplicações do fenômeno em seu dia a dia, como por exemplo, sensor de farol de carro que conforme escurece o carro acende os faróis automaticamente.

Ainda neste momento fazer uma pequena apresentação do Einsten e de sua contribuição para o estudo do fenômeno fotoelétrico. Aqui iremos fazer uso de projeção e apresentar o experimento realizado com o applet gratuito “*Phet Simulation*” disponibilizado pela Universidade do Colorado, mostrado na figura 1.

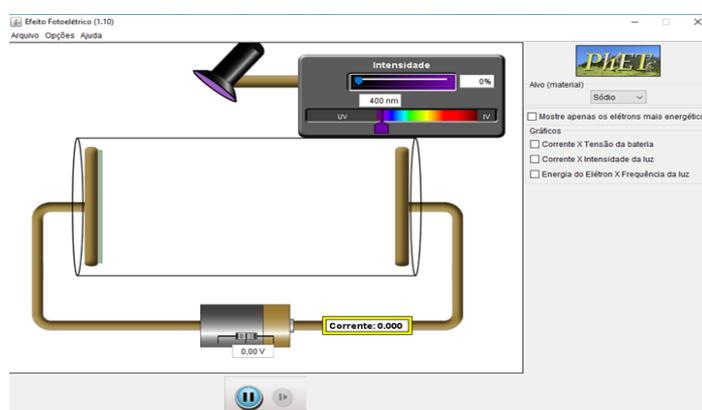


FIGURA 1 - Interface inicial do applet que simula o efeito fotoelétrico.

A partir dessa simulação é permitido alterar valores de intensidade da corrente e de frequência da luz emitida em direção ao anodo. Também é possível inverter a polaridade da bateria e verificar todos os resultados que seriam obtidos em um experimento semelhante, realizado em laboratório, com a vantagem de ser uma linguagem visual bastante didática para o Ensino Médio.

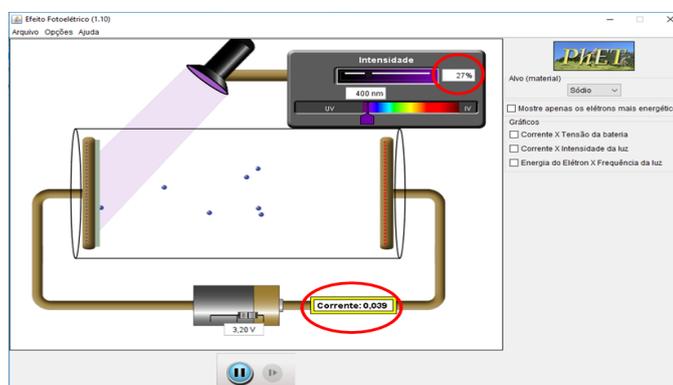


FIGURA 2 - Com intensidade de 27% da luz monocromática violeta, temos uma corrente de 0,039A.

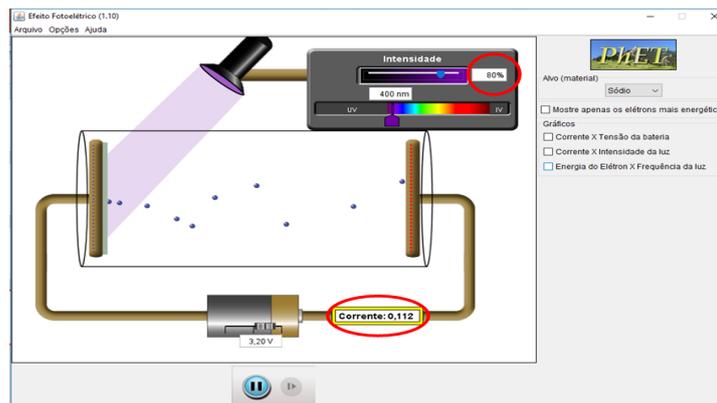


FIGURA 3 - Com intensidade de 80% da luz monocromática violeta, temos uma corrente de 0,112A.

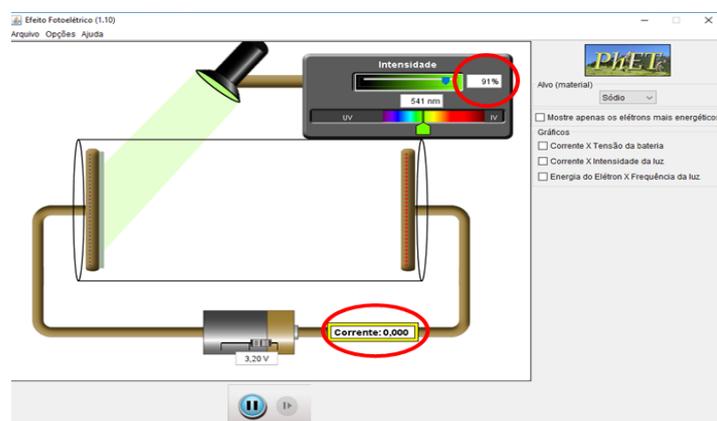


FIGURA 4 - Com intensidade de 91% da luz monocromática verde, não temos corrente.

Aula 3

Nesta terceira, e última aula, encerraremos o assunto escolhido abordando o efeito observado por Arthur Holly Compton, que acabou sendo chamado de *efeito Compton*, que consistia em um experimento que comprovava a existência do fotoelétron. Dessa forma foi possível comprovar que a radiação é composta por fótons e possui comportamento corpuscular.

Para encerrar as atividades, proporemos dois exercícios para simples verificação de aprendizagem.

- 1) Quando aumentamos a frequência de uma onda eletromagnética, o que acontece com o quantum de energia? Justifique.
- 2) A frequência da luz vermelha é de $4,3 \times 10^{14}$ Hz e da luz violeta é $7,5 \times 10^{14}$ Hz. Calcule a energia de um fóton da luz vermelha e de um fóton da luz violeta.

Após a correção dos exercícios e discussão com os alunos a respeito do conteúdo abordado na aula, deixaremos os alunos dar suas impressões a respeito dessa pequena parte

da física moderna, mas que tem uma importância muito grande para o desenvolvimento da física quântica e todas as implicações em nosso cotidiano.

Referências:

OLIVEIRA, Ivan S. *Física Moderna: para iniciados, interessados e aficionados, volume 1*. Editora Livraria da Física, São Paulo – SP, 2005.

GOVONE, Osvaldo Antônio. *Física Moderna para o ensino médio*. Editora Nova Didática, Curitiba – PR, 2002.

TIPLER, Paul Allen, LLEWELLYN, Ralph A. *Física Moderna*. LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/lampadas-fluorescentes2.htm> - acesso em 12/05/2016.

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric - acesso em 12/05/2016.