



LUZ E ENERGIA

Documentário da série A luz que vai além de nosso olhar

SINOPSE

Um professor de física discute e apresenta uma proposta de atividade sobre o documentário *Luz e Energia*, que traz a reflexão sobre as variadas formas de energia do nosso dia-a-dia e mostra que o sol, apesar de ser a principal fonte de energia do nosso planeta, não é a única.

CONSULTOR

Professora Cristiane Tavolaro - Física



❖ MATERIAL NECESSÁRIO PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE:

- a) Computador ligado à internet para pesquisa e com o software JAVA instalado com versão atualizada e também Adobe Reader.
- b) Caixa de papelão do tamanho de uma caixa de perfume
- c) CD
- d) tesoura
- e) cola ou fita adesiva
- f) Ponteira LASER

❖ PRINCIPAIS CONCEITOS QUE SERÃO TRABALHADOS

Espectro eletromagnético
Natureza ondulatória da luz – óptica física
Natureza corpuscular da luz – Efeito fotoelétrico (Física Moderna)

❖ DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

Principais etapas e estratégias para trabalho interdisciplinar sugerido

O filme ora aborda o caráter corpuscular da luz, isto é, o fóton para explicar as células solares, o funcionamento do aparelho de microondas, circuitos fotônicos para processamento de informação, raios X para investigar nano-estruturas e ainda, para impulsionar velas solares, etc.; ora aborda o caráter ondulatório para explicar a propagação dos sinais de rádio e TV aqui na Terra e no espaço, explicando assim a radio astronomia, seus métodos e objetivos.

O trabalho proposto consiste em investigar a natureza dual da radiação eletromagnética e quais os critérios que levam a interpretar a natureza da luz ora como partícula ora como onda.

A investigação será em parte experimental e em parte virtual, utilizando aplicativos interativos em JAVA, disponíveis na internet inclusive para serem instalados no computador.

Para investigar o caráter ondulatório da luz o professor utilizará conceitos de óptica física, tais como interferência e difração da luz, descritos em livros didáticos de física e também em artigos da revista Física na Escola (publicação da Sociedade Brasileira de Física), relacionados no item 9.2, pois também estão disponíveis na internet (com extensão *pdf*).

O caráter ondulatório da luz pode ser evidenciado experimentalmente através de atividades simples de demonstração, como as descritas a seguir:

1- Incidir o feixe de LASER num fio de cabelo esticado e projetar a luz numa parede a cerca de 3 m de distância. A luz vai sofrer difração no fio de cabelo, isto é, vai contornar um obstáculo muito pequeno, de modo a produzir um padrão de interferência (pontos de luz distribuídos simetricamente e próximos entre si em torno do feixe central).

2- Incidir o feixe de LASER num CD e projetar essa luz na mesma parede de modo a comparar com a luz projetada no caso anterior. Como o CD tem cerca de 600 ranhuras por



milímetro, cada ranhura tem a dimensão do comprimento de onda da luz (cerca de 650 nanômetros para a luz do LASER) e com isso a difração resultará num padrão de interferência com pontos de luz mais distanciados entre si. No artigo *Experiências em física moderna* (item 9.2.2) há uma descrição detalhada de como usar a medida dessa separação para fazer a medição do comprimento de onda de outras radiações.

3-No mesmo artigo ou então em *Uma caixinha para o estudo de espectros* (itens 9.2.1 e 9.2.2), há uma descrição detalhada para a construção de um espectroscópio simples. Construir alguns espectroscópios e permitir que os alunos o manuseiem e observem espectros, direcionando-o para a luz de diferentes fontes: lâmpadas incandescentes, luminescentes, etc, mas não para o Sol, pois pode causar danos aos olhos devido à grande intensidade da luz.

Para investigar o caráter corpuscular da luz o professor abordará um experimento considerado precursor da Física Moderna, cuja explicação foi sugerida por Einstein em 1905. Trata-se do Efeito Fotoelétrico (veja 9.2.3) cuja importância não reside apenas no aspecto histórico da evolução da física, mas também em suas aplicações tecnológicas, dando origem ao que hoje chamamos de efeito fotovoltaico e que é aplicado nas células solares.

O recurso utilizado para explicar a necessidade de substituir a onda luminosa por um fóton será a simulação interativa por computador. Se a escola possui laboratório de informática, o professor poderá levar os alunos para que utilizem a simulação, caso contrário, se existir um computador ligado à rede, o professor poderá demonstrar a simulação.

A simulação consiste em incidir luz num eletrodo metálico dentro de um recipiente (ampola de vidro) a vácuo. A interatividade permite que se altere o comprimento de onda da luz incidente e o material que constitui o eletrodo. Em consequência, a simulação permite visualizar que, se o comprimento de onda é muito grande (na região do vermelho e amarelo) nada acontece, mas se é pequeno, elétrons são arrancados do metal, produzindo uma corrente elétrica, já que esses elétrons são coletados num eletrodo positivamente carregado. É nesse efeito que se baseia toda a discussão em torno das células solares: luz pode gerar corrente elétrica.

O aspecto intrigante do Efeito Fotoelétrico consiste na não emissão de elétrons por luz de comprimento de onda grande. O professor precisa, no momento da exposição da simulação, explicar que, uma onda, qualquer que seja seu comprimento de onda, tem energia, e que o elétron deveria sair da estrutura do material mais cedo ou mais tarde! Se não sai, é porque luz não é onda! Ou, melhor dizendo, não pode ser considerada onda nesse experimento, pois se for, não é possível explicar porque o elétron só é arrancado para algumas cores de luz.

Para explicar a emissão do elétron é necessário usar o comportamento corpuscular, isto é, a luz é constituída de fótons e cada fóton tem uma energia bem definida que depende do comprimento de onda ou frequência ν da luz: $E=h.\nu$. Cada fóton incidente arranca um elétron ao colidir com o metal apenas se tiver energia suficiente para vencer a energia de ligação do elétron. A simulação permite ainda verificar qual é a energia mínima necessária que o fóton precisa ter para arrancar um elétron do metal escolhido.

As duas simulações indicadas (itens 9.2.4 e 9.2.5) permitem coletar dados quantitativos referentes ao comprimento de onda (ou frequência) da luz e energia cinética máxima do fotoelétron emitido, que é proporcional à energia do fóton incidente. Com esses dados é possível levantar um gráfico relacionando essas duas grandezas. De acordo com a equação de Einstein, essa relação é linear e a inclinação da reta fornece como resultado a constante de



Planck, $h=6,6 \times 10^{-34}$ j.s. Historicamente, o resultado experimental muito próximo do resultado previsto por Planck, permitiu acatar a explicação de Einstein para o Efeito fotoelétrico como a explicação correta! O professor pode pedir aos alunos para que realizem o mesmo procedimento virtualmente. Ao obter o resultado da constante de Planck, os alunos devem confrontá-lo com o resultado de h previsto pela teoria.

Ao comparar os resultados dos dois experimentos, o real e o virtual, cada um para elucidar um comportamento da luz, o professor deve propor um debate em que parte dos alunos deve defender o comportamento ondulatório da luz e outra parte defender o comportamento corpuscular. O professor deverá ser o mediador e questionar a dualidade da luz e suas aplicações, isto é, qual o critério para usar um comportamento ou o outro ao analisar um experimento ou uma aplicação tecnológica para a luz.

❖ RESUMO DA ATIVIDADE

Uma passadinha rápida em todo o processo

- 1- Exibir o vídeo (uma aula).
- 2- Realizar os experimentos qualitativos de óptica física com o CD, LASER, espectroscópio caseiro e lâmpadas (uma aula).
- 3- Levar os alunos ao laboratório de informática para executar o experimento virtual (uma aula).
- 4- Construir o gráfico da Energia cinética máxima do elétron em função da frequência da luz. Determinar o coeficiente angular da reta média obtida. Comparar o resultado obtido com o valor de h previsto pela teoria de Planck (uma aula).
- 5- Mediar o debate em torno do comportamento da luz (uma aula).

❖ COMO AVALIAR ESSE TRABALHO?

Hora de avaliar a atividade

Ao longo do experimento virtual no laboratório de informática, através do envolvimento e questionamento dos estudantes.

Na confecção do gráfico e obtenção do resultado da constante de Planck.

Ao longo do debate, através da participação dos estudantes.



**❖ EM QUAL ANO OU ANOS DO ENSINO MÉDIO SERIA MELHOR
APLICAR ESSE TRABALHO?**

Hora de avaliar a aplicabilidade da atividade

No 2º ou 3º ano do Ensino médio. Duração total: cinco aulas.



SUGESTÕES DE LEITURAS

E. Segrè, “*Dos Raios X aos Quarks*”, Editora Universidade de Brasília, Brasília, DF (1980).

Cavalcante, M. A. & Tavoraro, C. R. C. *Física Moderna Experimental*, 2ª edição, São Paulo, Manole, 2007.

1.1. Páginas da Rede (internet)

9.2.1 <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num2/> - Uma caixinha para o estudo de espectros.

9.2.2 <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/> - Experiências em física moderna.

9.2.3 <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num1/> - Uma Aula sobre o Efeito Fotoelétrico no Desenvolvimento de Competências e Habilidades

9.2.4 <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>
- simulação do Efeito fotoelétrico

9.2.5 http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Photoelectric_Effect
- simulação do Efeito fotoelétrico