



Universidade de Brasília

**FACULDADE UnB PLANALTINA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS**

**CONSTRUÇÃO DE APARATO EXPERIMENTAL PARA
DEMONSTRAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO
ENSINO DE CIÊNCIAS**

**Fabiana Narciso da Silva
ORIENTADOR (A): Armando de Mendonça Maroja**

**Planaltina - DF
Junho 2015**



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

CONSTRUÇÃO DE APARATO EXPERIMENTAL PARA DEMONSTRAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Fabiana Narciso da Silva
ORIENTADOR (A): Armando de Mendonça Maroja

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Licenciado do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina, sob a orientação do professor Armando de Mendonça Maroja.

Planaltina - DF
Junho 2015

DEDICATÓRIA

Dedico este à Deus que permitiu que tudo isso se tornasse possível, ao meu orientador Armando pelo apoio e confiança, ao meu namorado Marcelo, minha família pela paciência e ajuda, e à ciência que a cada dia torna o mundo mais interessante.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1 Física Moderna no Ensino de Ciências.....	7
2.2 Novas Abordagens no Laboratório Interdisciplinar de Ciências.....	8
2.3 O Efeito Fotoelétrico no Ensino de Ciências	9
2.4 Construção de Materiais Didáticos para o Ensino de Ciências	9
2.5 Os PCN's e a Física Moderna	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 GERAL.....	11
3.2 ESPECÍFICOS	11
4. METODOLOGIA.....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
5.1 Avaliação dos applets	12
5.2 Construções do eletroscópio de folhas	15
5.3 Montagem Experimento Efeito Fotoelétrico PHYWE (resolução de linhas por rede de difração).....	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
8. ANEXOS.....	26
8.1. ANEXO I.....	26
8.2 ANEXO II	28
8.3 ANEXO III	30

CONSTRUÇÃO DE APARATO EXPERIMENTAL PARA DEMONSTRAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Fabiana Narciso da Silva¹

RESUMO

Muito se tem falado do uso da experimentação como ferramenta no ensino, pois a mesma proporciona uma ligação entre o conhecimento e a prática. Atualmente, o uso da experimentação ganhou um sentido mais amplo, do qual não se baseia apenas na aplicação e desenvolvimento de experimentos, mas também utiliza de espaços e ambientes virtuais, possibilitando uma comunicação entre fenômeno estudado e realidade. O ensino de ciências vem superando desafios na incorporação de conceitos relacionados à Física Moderna, não somente do ponto de vista da formação de professores como na Educação Básica. Pensando nessa importância, esse trabalho tem como objetivo construir uma proposta de recursos didáticos com ferramentas tanto computacionais quanto experimentais, a fim de demonstrar e elucidar conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico no ensino de ciências. Os conteúdos ligados à física moderna não somente ligam o cidadão a realidade tecnológica, mas são também vistos como empreendimento humano na produção da visão crítica.

Palavras-chave: efeito fotoelétrico, recursos didáticos, física moderna.

ABSTRACT

Much has been made of the use of experimentation as a tool in teaching, because it provides a link between knowledge and practice. Currently, the use of experimentation gained a broader sense, which is not only based on the application and development of experiments, but also uses spaces and virtual environments, enabling communication between the studied phenomenon and reality. The teaching of science is overcoming challenges in incorporating concepts related to modern physics, not only from the point of view of teacher training and in basic education. Considering this importance, this work aims to build a proposal of teaching resources with both computational and experimental tools in order to demonstrate and clarify concepts related to the photoelectric effect in science education. The contents related to modern physics not only bind citizens to technological reality, but are also seen as human endeavor in the critical vision production.

Keywords: photoelectric effect, teaching resources, modern physics.

1 Curso de Ciências Naturais - Faculdade UnB de Planaltina

1. INTRODUÇÃO

O efeito fotoelétrico se resume na emissão de elétrons de certo material quando este está exposto à luz (composta por radiação eletromagnética). Hertz descobriu em seus estudos que “uma descarga elétrica entre dois eletrodos é facilitada quando radiação ultravioleta incide em um deles, fazendo com que os elétrons sejam emitidos de sua superfície.” (VILELA et al, 2012, p.1). Mas em 1905, Einstein percebeu que a energia luminosa estava concentrada e percorria o espaço em pacotes, os chamados fótons, do qual ao incidirem em um material metálico cada fóton liberava um elétron. O que explicou o efeito fotoelétrico a partir da incidência de luz como Partícula. A princípio o efeito fotoelétrico ocorre com qualquer tipo de radiação eletromagnética, desde que cada fóton possua energia suficiente para superar a energia de ligação dos elétrons contidos na superfície metálica, logo existe um limite mínimo de energia que a luz deve conter para que o fenômeno ocorra.

A transposição didática dos conceitos de física moderna para o ensino médio e em especial ensino fundamental é um desafio a se superar. Explicar o efeito fotoelétrico não é tarefa muito simples. De imediato, é necessário que se tenha uma base com relação a conteúdos do assunto. Pensando nisso, o presente trabalho busca desmistificar a complexidade que envolve a física quântica, acerca do fenômeno do efeito fotoelétrico, descoberto no ano de 1887 por Heinrich Rudolf Hertz, e posteriormente comprovado por Albert Einstein em 1905.

A física quântica abrange conceitos e teorias que muitas vezes se conduzem no ensino de forma intransitável, fazendo com que o assunto se torne desgastante em sala de aula. Visando uma maior compreensão e abstração do conteúdo, e utilizando um recurso de fácil assimilação, a escolha do tema teve como maior motivação o englobamento do assunto de forma mais simplista, onde o desafio consiste em apresentar o assunto de forma simples, acessível a um estudante do Ensino Fundamental.

A escolha do tema teve como motivação o livreto Einstein: O efeito fotoelétrico, experimento que faz parte do projeto da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciência – FUNBEC (NAKANO, 1972). Falar de inovação científica sem citar o efeito fotoelétrico, é simplesmente deixar de lado o fenômeno do qual permitiu que mudanças no mundo tecnológico pudessem acontecer. Estudado pelo físico alemão Heinrich Rudolf Hertz em 1887 e esclarecido por Albert Einstein em 1905 (CAVALCANTE et al, 2002),

Com o avanço tecnológico que a cada dia se torna mais inovador e aprimorado, mais e mais técnicas são desenvolvidas buscando oferecer estabilidade para a vida da população mundial. Foi graças ao efeito fotoelétrico que tecnologias de ponta puderam ser criadas, e sem essa descoberta inovadora, a humanidade não se encontraria no estágio tecnológico atual. Exemplos dessas tecnologias são encontrados a todo o momento no cotidiano da população, sendo empregados em câmeras de TV, dispositivos de abertura automática de portas de shopping, sistemas de desligamento automático de iluminação, etc. (CAVALCANTE et al, 2002).

Esse é um assunto de extrema importância ao cotidiano humano, pois é à base de muitas das inúmeras tecnologias atuais do mundo moderno, e está inserido em quase tudo o que utilizamos. Segundo Tironi et al (2013), é necessário uma aproximação entre essa ciência tão presente e desconhecida com os alunos, pois dessa forma os mesmos podem avaliar os impactos dessas tecnologias e até mesmo conhecê-las. Um exemplo da física moderna bastante presente no cotidiano dos alunos, utilizada em computadores, televisores, celulares, iluminação pública, etc, está relacionado ao uso dos LEDs, “dispositivos eletrônicos semicondutores, que no geral transformam energia elétrica em luz” (NOVICKI &

MARTINEZ, 2008). Quanto à aplicabilidade do efeito fotoelétrico, segundo Cavalcante et al (2002), o fenômeno é “empregado em visores noturnos (sensíveis à radiação infra-vermelha), fotômetros, dispositivos para aberturas de portas e outros”.

A física moderna está inserida nas salas de aula há algum tempo, percebeu-se que era necessário conhecer seus componentes e não só lançar olhares para a física mecânica. Segundo o PCN de ciências, “o desenvolvimento da Física Quântica mostrou uma realidade que permitiu compreender a enorme regularidade das propriedades que desvendaram a estrutura microscópica da vida” Mas em pleno século XXI, ainda há uma grande defasagem de alguns assuntos contemporâneos de física nos currículos escolares. Os alunos veem a física moderna como algo difícil e desmotivador, segundo Ostermann e Moreira (2000) a física moderna é necessária para que os estudantes a reconheçam como empreendimento humano.

Em meio a todo esse universo, ensinar efeito fotoelétrico em sala de aula se tornou uma tarefa intrigante e necessária para a compreensão de diversos conceitos importantes da atualidade. Para isso, muitas ferramentas foram construídas e sugeridas aos professores de física e ciências visando um ensino mais significativo. Um dos mais utilizados ainda são os experimentos, que podem ser considerados como uma metodologia contemporânea. Ferreira (2012, p.10) afirma que “o ensino da Física por meio do uso das atividades experimentais vem se tornando uma excelente maneira de despertar o entusiasmo ora perdido”.

Ainda nessa mesma linha de raciocínio: “A realização de experimentos, em ciências, representa uma excelente ferramenta para que o aluno faça a experimentação do conteúdo e possa estabelecer a dinâmica e a indissociável relação entre teoria e prática”. (REGINALDO; SHEID; GÜLLICH, 2012, p. 2).

Em meio a toda essa sistemática, o presente trabalho se dispõe a produzir uma proposta de recursos didáticos, tanto experimentais quanto computacionais, que auxiliem na compreensão de conceitos relacionados à Física Moderna, através de experimentos do efeito fotoelétrico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Física Moderna no Ensino de Ciências

A inserção da Física Moderna nas escolas passa a ser uma necessidade diante do exercício da cidadania, visto que esse exercício baseia-se num conhecimento mínimo das formas de linguagem, dos princípios científicos e tecnológicos da produção contemporânea (CAVALCANTE e DI BENEDETTO, 1999) “Conteúdos de Física Moderna e Contemporânea correspondem a uma necessidade vital de nossos currículos de física escolar.” (ALVETTI *apud* TERRAZAN, 1999). Outro fator que justifica essa necessidade está atribuído ao incentivo em atrair jovens para as carreiras científicas, é o que afirma Ostermann e Cavalcanti (1999), ao considerar a física moderna um empreendimento humano. Mas ainda hoje muitas barreiras são encontradas ao abordar o assunto em sala de aula.

De um lado, alunos são atraídos pelas tecnologias das quais são constituídas de determinados fenômenos, e do outro professores não conseguem acompanhar esses processos evolutivos (CAVALCANTI, 1998). Apesar da Lei de Diretrizes e Bases (BRASIL, 1996) impor a inserção dos conteúdos relacionados à física moderna nas salas de aula, o despreparo dos professores e a falta de interesse por parte dos alunos pela física em si, vem influenciando essa prática de maneira significativa.

O currículo desatualizado, tem gerado uma lacuna que resulta numa prática pedagógica distante da realidade do estudante (OLIVEIRA et al 2007), interferindo muita das vezes nos exames de vestibulares. Os livros didáticos de física no Brasil, começaram a introduzir alguns elementos da física moderna, mas os mesmos abordam apenas a parte histórica, tornado o assunto em algo informativo (OSTERMANN, PRADO e RICCI, 2006, p. 25). Por outro lado, a física moderna proporciona outras vantagens importantes, onde além de despertar o entusiasmo de estudantes, contribui para uma imagem mais correta da ciência e da natureza científica, é o que salienta Silva e Almeida (2011, p. 626).

2.2 Novas Abordagens no Laboratório Interdisciplinar de Ciências

A experimentação teve um papel importante na consolidação das ciências a partir do século XVII, a mesma exerce controle e influencia diretamente na transformação do pensamento científico (GIORDAN, 1999). O ensino de ciências tem sempre considerado a utilização de atividades experimentais essenciais para a aprendizagem científica, tanto no laboratório, quanto em sala de aula. (ROSITO, 2003, p. 195). É importante ressaltar que o uso da experimentação não só influencia o pensamento científico, mas também mostra uma relação entre a teoria e a realidade. Nesse contexto, a interdisciplinaridade ganha enfoque, pois segundo Cardoso et al (2008), a interdisciplinaridade visa uma integração de objetivos, procedimentos e planejamentos, visando um conhecimento conexo, gerando uma visão global da realidade.

O enriquecimento de práticas pedagógicas que utilizam de experiências de fácil realização, não só melhoram a qualidade da didática, como facilita a comunicação entre os conceitos físicos até então abstratos por parte do aluno (CAVALCANTE e DI BENEDETTO, 1999). A falta de apoio material e pedagógico das escolas são fatores que geram ausência ou realização não sistemática da experimentação (COELHO, NUNES e WIEHE; P. 9; 2008). Atualmente, existe uma gama de ferramentas que auxiliam as demonstrações de diversos fenômenos físicos em sala de aula. A maioria dessas ferramentas não chega às escolas devido ao seu alto custo financeiro, impossibilitando seus respectivos usos. Mas é possível que essas práticas se tornem acessíveis, com a utilização de ferramentas de baixo custo, é o caso do uso de eletroscópios. Segundo Medeiros e Monteiro (2001), os eletroscópios possibilitam a discussão de idéias filosóficas sobre a natureza das próprias observações, auxiliando na relação do conhecimento científico com as aplicações práticas. (ENGELMANN apud MEDEIROS, 2002).

O eletroscópio é um aparelho que detecta presença de cargas, e é utilizado em inúmeros experimentos. Um dos experimentos está relacionado com o efeito fotoelétrico, onde um eletroscópio de folhas é utilizado na detecção de cargas de elétrons arrancados de um suporte metálico, ao incidir sobre ele radiação eletromagnética. Na seção 5.2, será feita de maneira mais coerente a explicação do funcionamento do eletroscópio de folhas. Essa prática auxilia na compreensão dos conceitos da física moderna, principalmente os relacionados à natureza da radiação. (ARRUDA e FILHO, p. 390, 2004).

O uso da informática nas salas de aula vem estabelecendo uma relação importante entre ensino e aprendizagem, onde o aluno pode estabelecer seu próprio tempo, sendo ele o autor do conhecimento por parte dessa relação. No ensino de física, por exemplo, podemos citar o uso dos simuladores, que cada vez mais ganham espaço nas salas de aula. Esse tipo de recurso conhecido como “applets”, são aplicativos que na maioria das vezes utilizam a linguagem Java (SILVA, COLARES FILHO, 2004, P.1). Nas ciências, essa linguagem

envolve os “laboratórios Virtuais” onde FIGUEIRA (2005, P.613) afirma ser um ambiente que pode simular determinado fenômeno físico e que se encontra em pequenos programas. “Tanto as ferramentas computacionais como os desenvolvimentos mais recentes das teorias de aprendizagem tem contribuído para viabilizar algumas mudanças na educação”. (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003).

Nesse campo de conhecimento é possível relacionar não somente os fenômenos da atualidade como sendo um cotidiano próximo, mas também envolver com o conhecimento científico, onde se enquadram as imagens visuais e a linguagem matemática. Essas relações são de grande importância, pois como salienta SILVA, COLARES FILHO (2004, P.1) “os *applets* permitem realçar o caráter de construção do conhecimento científico sobre a realidade”.

2.3 O Efeito Fotoelétrico no Ensino de Ciências

A compreensão dos princípios que fundamentam a aprendizagem significativa é de extrema importância, pois o processo de aprendizagem engloba a construção sistemática do conhecimento (ALMEIDA et al, 2004, p.2). Almeida (2004) salienta ainda, que essa aprendizagem está compreendida dentro do ambiente escolar, apesar de o indivíduo se deparar constantemente com acontecimentos e objetos do seu dia-a-dia. O efeito fotoelétrico é um dos assuntos da Física Moderna que na maioria das vezes é omitido e deixado de lado por não fazer parte da tradição de ensino, e pelo déficit de material de apoio (VEIT, 1987). Apesar de o efeito fotoelétrico ter sido observado em 1887 por Hertz, e só ser estabelecido por Einstein em 1905, o mesmo foi rapidamente utilizado pelas indústrias eletrônicas, em tecnologias sensíveis a luz, é o que afirmam Silva e Assis (2012).

A sociedade utiliza diversos recursos tecnológicos cada vez mais complexos, e mesmo assim não compreendem seu funcionamento (TIRONI et al, 2013). É necessário que o estudante tenha condições de entender esse tipo de tecnologia que envolve conceitos da física moderna, pois isso permitirá a análise dos impactos que essas tecnologias geram na sociedade. Ainda seguindo a linha de raciocínio de Tironi et al (2013), “esta aproximação enriquece o aprendizado e proporciona uma contextualização significativa ao mesmo tempo em que se aprende”. Na atualidade, segundo Padilha et al (2006) o efeito fotoelétrico é empregado em visores noturnos, fotômetros, dispositivos para abertura de portas e em outras diversas tecnologias. Mostrando assim, que o efeito fotoelétrico possui total relevância para a sociedade como um todo, não somente nas aplicações de tecnologias, como empreendimento para o cidadão em si.

2.4 Construção de Materiais Didáticos para o Ensino de Ciências

Os materiais didáticos são ferramentas fundamentais para o processo de ensino-aprendizagem (ZANON, DA SILVA e DE OLIVEIRA, 2008). Esses materiais não só estabelecem os conteúdos a serem trabalhados, como influenciam diretamente na metodologia empregada pelos professores (LORENZ e BARRA, 1986). Mesmo possuindo total importância para o ensino, a atividade experimental na educação científica ainda é pouco utilizada nas salas de aula (DOS SANTOS, PIASSI e FERREIRA, 2004), segundo Berti (2012), isso no ensino de física se dá em virtude do número reduzido de aulas e falta de planejamento voltado para esse fim. O material didático possui papel de elemento mediador no ensino-aprendizagem (SALES, 2005). A construção desse tipo de ferramenta, não só viabiliza a

interação dos alunos com o conteúdo a ser abordado, como viabiliza o baixo custo, proporcionando uma gama de opções para o professor.

2.5 Os PCN's e a Física Moderna

A falta de conteúdos mais atuais apresentados pelo currículo de Física nas escolas, comparados com os avanços tecnológicos das últimas décadas tem estabelecido uma relação em sala de aula, onde os alunos cada vez mais se questionam do por quê estudar física. (DE OLIVEIRA, 2006, p. 6). Segundo Sanches et al (1998), a inclusão da física moderna no currículo permite com que a escola se integre ao mundo atual, e prepare o aluno para uma convivência entre sociedade e capacidade de utilização de tecnologias. Monteiro (2009) apud Gil Pérez et al (1987) salienta que a inserção da física moderna auxilia na superação do ponto de vista de que o desenvolvimento das ciências seja linear e cumulativo.

A física moderna aborda uma realidade que demanda de outras representações. Essas representações permitem ainda através da lógica quântica, compreender inúmeras regularidades das propriedades químicas, ópticas, magnéticas e elétricas dos materiais desvendando assim a estrutura microscópica da vida (BRASIL, 1997). Os conhecimentos de física são de extrema importância na formação do cidadão, onde a mesma permite o desenvolvimento de uma visão de mundo atualizada, integrando o conhecimento no processo histórico- filosófico e as novas tecnologias do cotidiano doméstico, social e profissional, é o que afirma Pena e Filho (2009), baseados no PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio).

Além da contribuição para um cidadão contemporâneo, de Oliveira (2006) afirma que os “conhecimentos de física assim como o estudo dos conceitos, devem ser trabalhados de forma contextualizada com outras disciplinas objetivando um ganho quando aplicados no dia a dia de jovens e adolescentes”.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

O objetivo geral do trabalho consiste na construção de uma proposta de recursos didáticos que expliquem de forma simples e abrangente o efeito fotoelétrico.

3.2 ESPECÍFICOS

- 1) Avaliar os recursos didáticos disponíveis para o estudo do efeito fotoelétrico no laboratório de ensino de ciências;
- 2) Construir o aparato para o estudo do efeito fotoelétrico e analisar sua relevância para a compreensão do tema no ensino de ciências;
- 3) Relacionar a importância do efeito fotoelétrico no mundo tecnológico com os estudos realizados.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi dividida em três etapas. A primeira consiste no levantamento e pesquisa de applets computacionais relacionados ao efeito fotoelétrico, visando um estudo significativo do fenômeno através do ambiente virtual. No final do levantamento, dois serão escolhidos para a avaliação final.

A segunda etapa será construir um aparato experimental para a demonstração do efeito fotoelétrico, juntamente com a elaboração de roteiro experimental para o estudo do fenômeno no Ensino Fundamental, tendo como guia para a construção e elaboração do roteiro o manual da FUNBEC (NAKANO, 1972).

Na última etapa, será feita uma seleção entre os experimentos disponíveis no laboratório de Física e Geociências da Faculdade UnB Planaltina, relacionados ao tema efeito fotoelétrico, onde será feita uma coleta de dados com relação ao experimento escolhido, produzindo texto de apoio e roteiro experimental, com linguagem adequada para a formação de professores no Ensino de Ciências.

A relação entre efeito fotoelétrico e o mundo tecnológico será realizada através de atividades propostas que constarão nos roteiros experimentais. Essas atividades irão relacionar os experimentos e os applets disponíveis com o cotidiano tecnológico, propiciando aos estudantes posturas investigativas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Avaliação dos applets

As tecnologias computacionais são recursos didáticos que auxiliam professores e alunos no ensino-aprendizagem. Os applets (simuladores computacionais) são exemplos desse tipo de recursos didáticos, e atualmente tem sido bastante utilizados. (HECKLER, SARAIVA & FILHO, 2007, p.267). “Applets são animações produzidas por aplicativos que executam tarefas específicas e são utilizados normalmente em sistemas operacionais” (SILVA & COLARES FILHO).

Foram pesquisados alguns applets (simuladores computacionais) que envolvem o fenômeno do efeito fotoelétrico, entre eles projetos como: PHET da Universidade do Colorado (PHET, 2015), El Curso Interactivo de Física em Internet (FÍSICA CON ORDENADOR, 2015), Objetos de Aprendizagem da Universidade Federal da Paraíba (MONTEIRO e ANDRADE, 2015) e Física ponto net (FÍSICA. NET, 2015).

Do conjunto de applets pesquisados, foram selecionados dois que representam esse conjunto para a avaliação. O primeiro simulador avaliado pertence ao projeto PHET da Universidade do Colorado (PHET, 2015), e o segundo pertence ao site Física com Ordenador (FÍSICA CON ORDENADOR, 2015). Ambos são encontrados em páginas da internet, e estão disponíveis em linguagem Java. Essa avaliação se baseou na verificação de parâmetros de caráter visual e matemático, o que resume uma avaliação qualitativa e quantitativa. Os critérios para a escolha desses dois applets foram as seguintes: os dois applets são análogos, o que sugerem uma boa discussão do fenômeno; o applet do site “Phet Interactive Simulations” possui mais recursos visuais, o que permite uma avaliação qualitativa; e visando uma análise quantitativa o applet “Física com Ordenador” foi o que melhor proporcionou ferramentas para a análise.

No geral, os applets relacionados ao efeito fotoelétrico, mostram a emissão de luz em materiais metálicos. A luz é dotada de quantidades mínimas de energia, essas quantidades de energia são fornecidas em pacotes, denominados fótons. Dependendo da frequência da luz incidida, esses fótons (pacotes de energia) oferecem energia necessária para que elétrons da chapa onde a luz incide sejam arrancados e coletados na outra placa metálica (energia é proporcional à frequência). A evidência experimental do fenômeno do efeito fotoelétrico é a presença da corrente elétrica, medida entre as superfícies metálicas. Com o auxílio dos applets, é possível variar as frequências, os comprimentos de onda, os materiais das superfícies metálicas, entre outras coisas, e verificar se o fenômeno ocorre em diferentes situações.

A tabela a seguir mostra os critérios utilizados como base para a avaliação dos applets, baseados no trabalho de Da Silva e Colares Filho (2003).

Critérios para avaliação dos applets
O applet apresenta coerência com o fenômeno estudado?
O applet é relevante para a abordagem do efeito fotoelétrico?
Apresenta as grandezas que envolvem o fenômeno do efeito fotoelétrico? (Corrente, voltagem, intensidade da luz e comprimento de onda)
As grandezas envolvidas podem ser variadas numericamente?
O applet permite variar o material das placas de metal?

O applet apresenta formas geométricas que se assemelham com a realidade?
O applet oferece cores para uma melhor otimização da experimentação?
O applet oferece a plotagem de gráficos?
Apresenta visualmente a partir de cores a faixa dos espectros das ondas?

Tabela 1: Critérios utilizados para a avaliação dos applets.

O primeiro applet avaliado pertence ao site “Phet Interactive Simulations” (PHET, 2015). O mesmo mostrou ser bastante útil no que tange o fenômeno do efeito fotoelétrico, e apresentou alguns aspectos importantes relacionados aos caracteres visuais e matemáticos.

Com relação às variáveis numéricas, o applet permite alterar variáveis, como a voltagem em que as duas placas estão ligadas e a intensidade em que os fótons são lançados no material. A corrente é alterada quando há mudança com relação à natureza do material da superfície metálica (sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio); intensidade do fluxo de fótons e com o espectro de emissão de radiação.

Já com relação à parte visual do applet, ele oferece uma gama de cores fantasias para dar vida ao experimento e também mostra o espectro de emissão de radiação (vai do infravermelho, passa pelo visível e chega até o ultravioleta). Permite a visualização do fluxo de fótons, e também permite visualizar todos os elétrons que são arrancados do material, tanto os mais energéticos quanto os menos energéticos. O simulador ainda permite a visualização dos seguintes gráficos: (Corrente x tensão da bateria); (Corrente x intensidade da luz) e (Energia do elétron x frequência da luz). E ainda fornece a visualização da quantidade de fótons e da intensidade da radiação emitida.

A figura abaixo mostra respectivamente a apresentação geral e os gráficos disponíveis no applet 1.

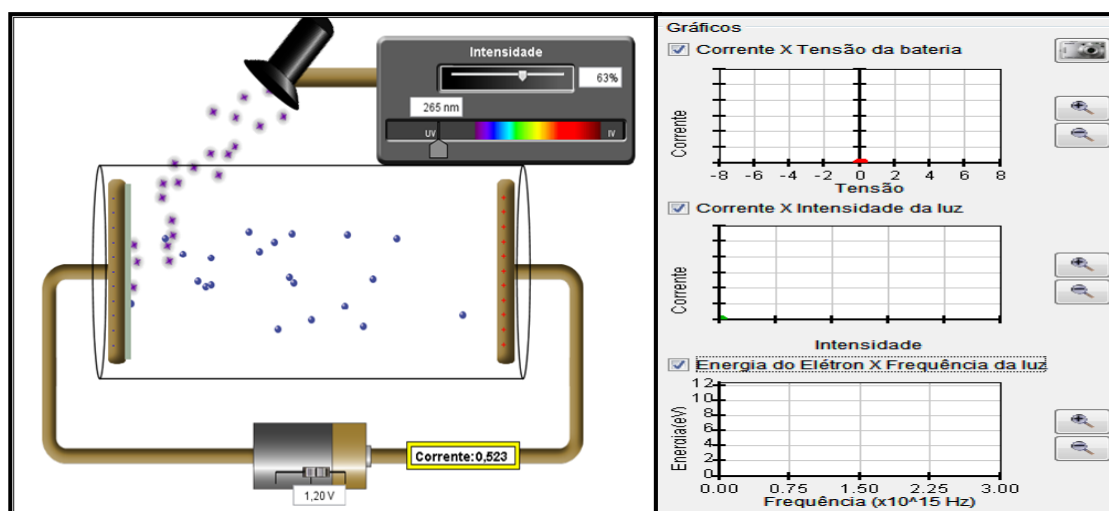


Figura 1: A figura mostra a estrutura geral do simulador à esquerda, e à direita as possibilidades de gráficos, “Corrente X Tensão da Bateria”, “Corrente X Intensidade da Luz” e “Energia do Elétron X Frequência da Luz” do applet 1, Phet Interactive Simulations.

O segundo analisado pertence ao site El Curso Interactivo Del Física en Internet (Física con Ordenador, 2015). O mesmo mostrou os seguintes resultados:

O simulador de efeito fotoelétrico do site física con ordenador apresenta recursos visuais mais simples. O simulador não possui muitas cores e as formas geométricas também

são simples. Mas se tratando das variáveis numéricas, o applet permite variar o comprimento de onda, intensidade luminosa, diferença de potencial e também o material do cátodo (placa de metal) (césio, potássio, antimônio, tório e alumínio). A partir da variação desses valores, o applet oferece o envio dos dados para a plotagem gráfica voltagem x frequência, o que possibilita o cálculo da constante de Plank. O applet só oferece a visualização durante o experimento de no máximo 5 fótons lançados. Não mostra o valor exato da corrente, mas do lado direito do applet há um medidor analógico da corrente, que varia quando há o efeito fotoelétrico (evidência experimental do fenômeno). E só varia quando o elétron arrancado de uma placa consegue chegar até a outra. E vai do mínimo até o máximo. O applet não possui a ferramenta faixa do espectro das radiações.

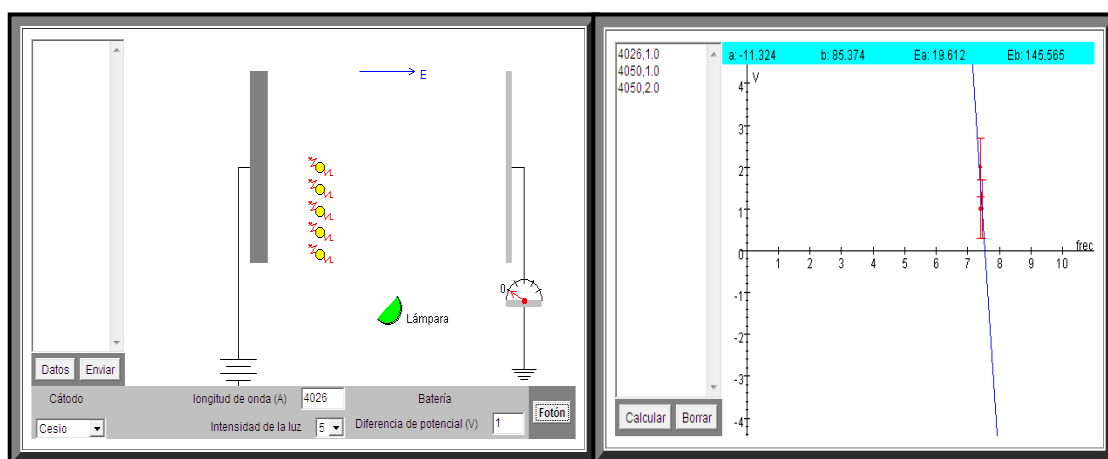


Figura 2: A figura mostra a estrutura geral do simulador à esquerda, e à direita o gráfico “Voltagem X Frequência” do applet 2 “Física con ordenador”.

A figura abaixo mostra respectivamente a apresentação geral e o gráfico disponíveis no applet 2.

A tabela 2 mostra a comparação dos dois applets avaliados, Phet Interactive Simulations e Física con Ordenador.

Critérios para avaliação dos applets	Applet 1 (Phet Interactive Simulations)	Applet 2 (Física con Ordenador)
O applet apresenta coerência com o fenômeno estudado?	O applet se mostrou ser uma ferramenta confiável para o estudo do assunto	O applet se mostrou ser uma ferramenta confiável para o estudo do assunto
O applet é relevante para a abordagem do efeito fotoelétrico?	É de importante relevância, pois condiz com o fenômeno estudado	É de importante relevância, pois condiz com o fenômeno estudado
Apresenta as grandezas que envolvem o fenômeno do efeito fotoelétrico? (Corrente, voltagem, intensidade da luz e comprimento de onda)	Apresentam todas as grandezas importantes envolvidas no fenômeno	Apresenta voltagem, intensidade e comprimento de onda, mas não mostra os valores da corrente envolvida no fenômeno
As grandezas envolvidas podem ser variadas numericamente?	Sim	Sim

O applet permite variar o material das placas de metal?	É possível variar para os seguintes materiais zinco, cobre, platina cálcio e magnésio	É possível variar para os seguintes materiais: célio, potássio, antimônio, tório e alumínio.
O applet apresenta formas geométricas que se assemelham com a realidade?	Apresenta formas geométricas bastante parecidas com a realidade. Ex: lâmpada da qual os fótons são emitidos	O recurso assimilação geométrica com a realidade nesse applet não está bem acentuada, o mesmo utiliza formas bem simples.
O applet oferece cores para uma melhor otimização da experimentação?	As cores estão bem acentuadas nesse applet, o que dá uma aparência relevante para o simulador	Apresenta poucas cores
O applet oferece a plotagem de gráficos?	Sim. (Corrente X tensão da bateria); (Corrente X Intensidade da luz); (Energia do elétron X Frequência da luz)	Sim. Frequência X Voltagem
Apresenta visualmente a partir de cores a faixa dos espectros das ondas?	Sim. Vai do ultravioleta até o infravermelho	Não

Tabela 2: A tabela mostra a comparação dos dois applets avaliados, Phet Interactive Simulations e Física com Ordenador.

No geral o applet 1 mostrou ser bastante eficiente, sendo de fácil acesso e de fácil compreensão. Seu manuseio também é facilitado, e suas ferramentas são fundamentais para o entendimento do fenômeno. É importante também ressaltar que a montagem do simulador foi inspirada no experimento típico do efeito fotoelétrico. Já o applet 2 mostrou ser útil se tratando do fenômeno do efeito fotoelétrico e da parte matemática que o fenômeno possui, mas o mesmo não conta com ferramentas que possibilitam uma melhor visualização (mostram poucos fótons, as formas geométricas são simples e não utiliza de muitas cores). É importante ainda ressaltar que os applets podem ter função importante no ensino e na compreensão do fenômeno estudado, onde o mesmo ainda proporciona produção de sentidos no processo de participação dos alunos, é o que afirma Da Silva e Colares Filho (2003).

5.2 Construções do eletroscópio de folhas

O eletroscópio de folhas é um instrumento que indica a presença de cargas, ou seja, permite verificar se um corpo está carregado eletricamente (NAKANO, 1972). No geral, ele é composto por uma caixa transparente com tampa, e por um suporte metálico que deve ficar isolado dentro da caixa. No interior do eletroscópio, há também uma folha fina de papel alumínio, que deverá estar presa ao suporte metálico. Dessa maneira, ao aproximar um corpo eletrizado próximo ao suporte metálico, o sistema será induzido, e a folha de alumínio indicará a presença de cargas (pode se fechar ou abrir). A utilização de recursos que facilitem a aprendizagem não só auxiliam no processo de ensino-aprendizagem, como instigam os estudantes a terem uma visão mais crítica. Essa postura motiva os estudantes a conhecerem outras áreas das ciências, e a escolherem suas futuras profissões.

A construção do eletroscópio de folhas foi pensada como uma proposta de recurso didático para a demonstração do efeito fotoelétrico tanto no ensino fundamental, quanto no ensino médio. Essa parte do trabalho consistiu na construção do eletroscópio de folhas, utilizando materiais de fácil acesso. No processo quatro protótipos foram construídos, e nessa etapa também foi elaborado um roteiro experimental (ANEXO I), que serve como guia para o experimento utilizando o eletroscópio de folhas, também foi produzido um texto de apoio (ANEXO II).

Como materiais para promover a eletrização inicial do eletroscópio, foram utilizados um pedaço de cano PVC e papel toalha, de modo que o papel foi vigorosamente esfregado no cano. Dessa forma o cano ficou eletrizado negativamente, princípio da série triboelétrica (classifica os materiais que se eletrizam quanto à facilidade de trocarem cargas) (KÍTOR, 2006). No manual FUNBEC (NAKANO, 1972), o procedimento de eletrização sugeria o uso de uma régua de acrílico, porém foi utilizado o cano PVC, devido a sua rápida e eficiente eletrização.

É importante salientar que em todos os eletroscópios, a folha de alumínio (presa ao suporte metálico por meio de uma alfinete (protótipo 2) e pedaço de fio de cobre (protótipos 1, 3 e 4) teve livre acesso para oscilar no suporte metálico, o que facilitou o experimento. Em alguns testes iniciais, utilizou-se pedaços de fita adesiva para fixar a folha de alumínio no suporte metálico, o que não proporcionou livre oscilação à folha.

No primeiro protótipo construído, a caixa utilizada para a montagem do eletroscópio era feita de acrílico transparente (embalagem de chocolates FERRERO ROCHER), e o suporte metálico utilizado era uma peça com formato de L feita de ferro. De imediato, observou-se que o suporte de ferro não permitiu a eletrização eficiente do eletroscópio, onde a provável causa para o acontecido deve estar relacionada à oxidação do ferro. Então foi necessária a substituição do suporte de ferro por uma peça feita de zinco, que resolveu o problema de eletrização. Outro fator que influenciou nesse protótipo, foi a largura da caixa, que era muito estreita e a mesma não proporcionou boa isolamento do suporte metálico, o que impossibilitou uma melhor visualização do fenômeno. Dessa forma, foi necessária a confecção de outro eletroscópio.

O segundo foi feito utilizando como material para a caixa do eletroscópio, uma caixa transparente de plástico (também um tipo de embalagem), e o suporte metálico era feito de alumínio (latinha de refrigerante). Nesse eletroscópio, a parte de eletrização não pode ser bem observada, mesmo fazendo a substituição do suporte metálico de alumínio por um de zinco, fato que pode estar associado ao material da caixa (plástico não foi eficiente) e a isolamento do suporte. Apesar de o plástico ser um bom isolante, o mesmo não é capaz de segurar cargas, dessa forma, ao eletrizar o eletroscópio, o plástico fez com que o mesmo se descarregasse rapidamente.

O terceiro protótipo construído foi feito em tamanho maior, objetivando uma melhor visualização do fenômeno. As laterais da caixa foram feitas de madeira cobertas de fórmica, e frente e fundo feitos de vidro. O suporte metálico foi feito de alumínio, e depois substituído por um suporte de zinco. Mesmo possuindo uma boa visualização e boa isolamento, esse protótipo não funcionou quando o mesmo foi submetido ao processo de eletrização. Isso se deve ao fato de que, apesar da caixa de madeira coberta de fórmica ser um bom isolante, isto é não dispor de partículas carregadas livres (as partículas livres carregadas estão dispostas com maior frequência em condutores), a mesma não foi eficiente por se tratar de um material feito de fórmica (a cobertura de fórmica atrapalhou o experimento), o que permitiu rapidamente uma perda de cargas. O suporte metálico também foi feito em tamanho maior, o que dificultou

a eletrização, pois o mesmo precisaria de uma carga maior de elétrons para fazer com que a folha de alumínio se repelisse.

O quarto protótipo, e de fato o mais eficiente, foi construído em tamanho menor, e feito com uma caixa de acrílico e tampa de plástico. Esse plástico da tampa era um pouco mais resistente que o plástico da caixa do segundo protótipo, e o suporte metálico foi feito de zinco. Por ser um eletroscópio menor, a parte de eletrização pôde ser observada com facilidade. A figura a seguir mostra os quatro protótipos do eletroscópio de folhas.



Figura 3: A figura mostra os quatro protótipos do eletroscópio de folhas respectivamente.

Para a demonstração do efeito fotoelétrico, foi utilizado o quarto protótipo, o que mostrou ser mais eficiente na parte de eletrização. Além do eletroscópio, cano e folha de papel, utilizaram-se no experimento três placas com 2,5 cm X 2,5 cm de mesmo tamanho (mesma área), uma de cobre, uma de zinco e a outra de alumínio.

O experimento foi realizado entre os horários de 10 e 15 horas, horários em que a radiação solar possui raios ultravioletas são mais intensos (INCA, 2015).

Após vários testes, no primeiro experimento foi colocada a plaquinha de zinco por cima do suporte metálico (FIGURA 4), cobrindo-o totalmente. Em seguida foi aproximado do braço do suporte metálico um pedaço de cano eletrizado positivamente (bastou esfregar no cano um pedaço de papel toalha vigorosamente), sem retirar o cano de perto do eletroscópio, a plaquinha foi tocada com o dedo, e depois se afastou o dedo e o cano (o toque com o dedo aterrou o eletroscópio). Esse procedimento de eletrização por indução carregou todo o eletroscópio negativamente, de forma que a folha de alumínio ficou aberta. A eletrização por indução ocorre quando um objeto carregado negativamente é aproximado de uma superfície condutora, os elétrons se movem pela superfície do material mesmo sem haver contato (HEWITT, 2002, p. 377).

Feita a eletrização, luz solar foi incidida sobre a plaquinha de zinco, e com o auxílio de um cronômetro, verificou-se que a folha de alumínio levou cerca de 15 segundos para se fechar totalmente. O mesmo foi feito com a plaquinha de alumínio (FIGURA 5), e o cronômetro marcou cerca de 30 segundos.

A plaquinha de alumínio foi substituída então pela de cobre (FIGURA 6), e o mesmo procedimento foi realizado. Porém, ao incidir luz solar sobre ela, verificou-se que a folha de alumínio demorou mais tempo para se fechar, o cronômetro marcou cerca de 1 minuto.

A explicação para o ocorrido se dá da seguinte maneira: os raios solares são dotados de energia, e ao incidirem sobre a superfície de um metal, no caso o zinco, o alumínio e o cobre, esses raios (principalmente os ultravioletas que são dotados de maior energia)

fornece energia para os elétrons desses metais escaparem. Dessa forma, os elétrons restantes na folha de alumínio e no restante do suporte metálico (parte vertical) se distribuem, subindo para a parte horizontal do suporte e para a plaquinha metálica, os raios ultravioletas forneceram energia necessária para que o restante dos elétrons fossem arrancados, fazendo com que a folha de alumínio se fechasse.

A luz solar, dotada de raios ultravioleta e de luz visível, possuem energias das quais são fornecidas em quantidades determinadas, em forma de pacotes, são os fótons. Ao eletrizar as plaquinhas de metal (zinco, alumínio e cobre), as mesmas ficaram com elétrons livres. Logo, quando a luz foi incidida sobre as plaquinhas, esses elétrons puderam ser arrancados com maior facilidade. No caso da plaquinha de zinco a velocidade de fechamento da folha de alumínio foi maior devido ao fato de que os elétrons desse material necessitam de pouca energia para escapar. Já no outro caso, os elétrons da plaquinha de cobre necessitam de muita energia para escapar.

Outro teste foi feito utilizando o eletroscópio. O mesmo procedimento de eletrização das etapas anteriores foi realizado utilizando a plaquinha de zinco, quando a folha de alumínio ficou aberta, luz solar foi incidida sobre a plaquinha, e utilizando uma garrafa com água, a luz solar foi “bloqueada” (FIGURA 7). Ao colocar a garrafa com água o fenômeno do efeito fotoelétrico não ocorreu. Isso ocorre porque os raios ultravioletas (raios de alta frequência) não atravessam com facilidade a água e alguns materiais, como o vidro. Nas medidas realizadas o tempo de descarga do eletroscópio, quando iluminados pela luz solar (UV), segue a mesma ordem crescente dos valores tabelados das funções trabalho dos metais.

As imagens a seguir, mostram o experimento do efeito fotoelétrico utilizando o quarto protótipo do eletroscópio de folhas.



Figura 4: Experimento Efeito Fotoelétrico sendo realizado com o quarto protótipo e com a plaquinha de zinco.



Figura 5: Experimento Efeito Fotoelétrico sendo realizado com o quarto protótipo e com a plaquinha de alumínio.



Figura 6: Experimento Efeito Fotoelétrico sendo realizado com o quarto protótipo e com a plaquinha de cobre.

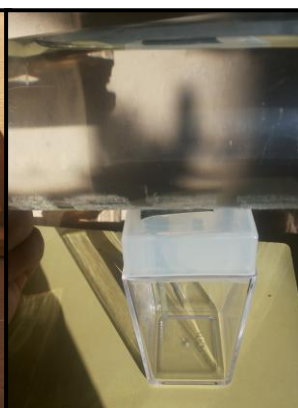


Figura 7: Experimento Efeito Fotoelétrico sendo realizado com o quarto protótipo, plaquinha de zinco e garrafa com água.

5.3 Montagem Experimento Efeito Fotoelétrico PHYWE (resolução de linhas por rede de difração)

Foi realizada uma busca de experimentos relacionados ao efeito fotoelétrico disponíveis no laboratório de Física e Geociências da Faculdade UnB Planaltina. Foi encontrado o experimento Efeito Fotoelétrico (resolução de linhas por rede de difração) da empresa PHYWE (ROTEIRO, 2014). A montagem do experimento ocorreu como uma sugestão didática para a disciplina de Luz e Som do curso de Ciências Naturais. É durante esta disciplina que os futuros professores de Ciências Naturais veem os conteúdos ligados a Física Moderna, principalmente os relacionados ao efeito fotoelétrico. A montagem foi baseada no roteiro que acompanha o kit experimental (ROTEIRO, 2014). O roteiro sofreu algumas alterações (ANEXO III), foi adaptado para uma linguagem mais acessível e facilitada, visando uma possível aplicação (roteiro + experimento) no ensino de professores de Ciências Naturais. O roteiro original possui linguagem e atividades direcionadas a formação de engenheiros e físicos.

A montagem também sofreu alterações, pois no laboratório de Física e Geociências da Faculdade UnB Planaltina, não se encontrava todas as peças do kit experimental necessárias para a montagem do experimento, o que gerou montagem alternativa. No geral, o experimento funciona da seguinte maneira: uma lâmpada de vapor de mercúrio emite diretamente na fenda ajustável, a fenda direciona a luz para a lente convexa, onde essa lente gera uma imagem na rede de difração. A rede de difração (gera desvio da luz sem utilizar dos princípios de reflexão e refração) difrata esses raios captados. Um pedaço de papel branco é colocado sobre o diafragma de entrada da fotocélula, permitindo a visualização das praticamente invisíveis linhas ultravioleta.

A Figura 8 mostra de maneira geral a montagem do experimento.

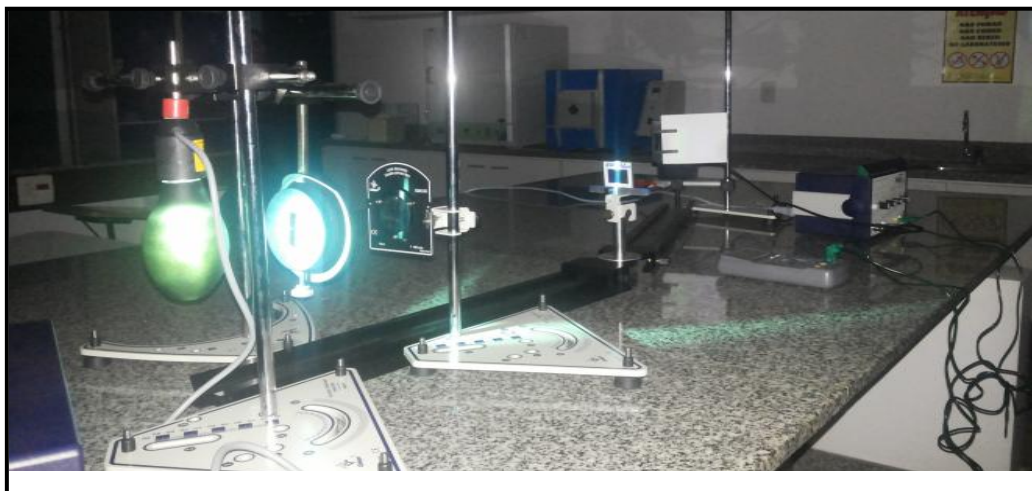


Figura 8- A figura mostra o esquema geral de funcionamento do experimento. Note que a lâmpada de vapor de mercúrio emite luz diretamente na fenda ajustável, a fenda direciona a luz na lente convexa, onde ela gera uma imagem na rede de difração. Os raios captados na rede de difração são difratados, dessa forma é possível analisar as linhas espectrais e verificar sua ddp (diferença de potencial) através da fotocélula.

Dentro da fotocélula, é utilizada uma chapa metálica de potássio, da qual permite que o fenômeno ocorra (luz da lâmpada de mercúrio oferece energia necessária para que os

elétrons da chapa sejam arrancados), visto que sua função trabalho é pequena, o que não ocorre com outros metais. Assim, com o auxílio de um multímetro conectado à fotocélula, é possível medir a diferença de potencial relacionado a função trabalho da chapa de potássio.

O roteiro original que acompanha o kit experimental (ROTEIRO, 2014), mostra o gráfico da diferença de potencial da fotocélula como função da frequência da luz irradiada. A partir do ajuste linear da reta do gráfico, é possível calcular a constante de Planck.

Esse experimento é uma importante ferramenta no ensino de professores, pois além de relacionar o fenômeno do efeito fotoelétrico com sua respectiva equação de balanço energético (Energia do fóton = energia cinética ligada ao potencial elétrico + função trabalho), utiliza de conceitos de ótica (lentes), ondas eletromagnéticas, espectroscopia, difração, uso de fendas, etc.

Por problemas técnicos, o amplificador (peça ligado à fotocélula e ao multímetro que permite medir a diferença de potencial) não estava funcionando, o que impossibilitou as medidas de voltagem. Mas apesar da falha do amplificador, foi possível verificar as cores das linhas espectrais da lâmpada de mercúrio, é o que mostra a figura a seguir.

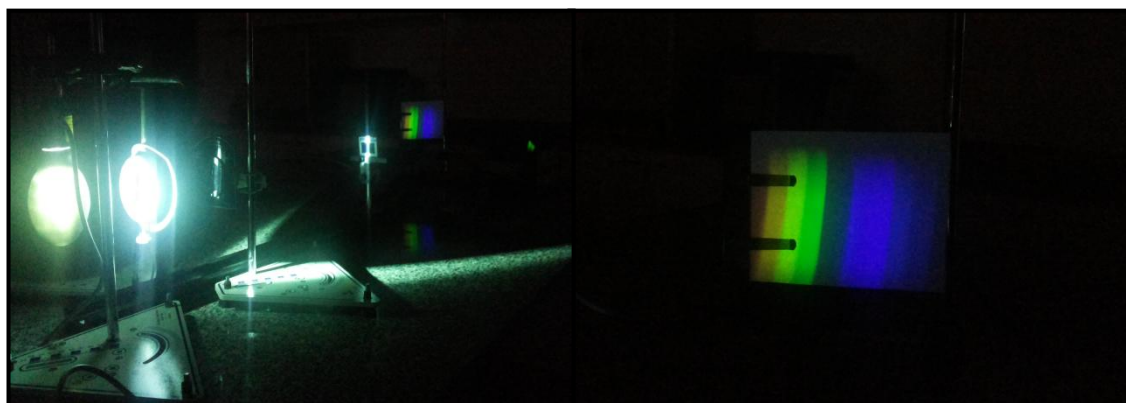


Figura 9: A figura mostra as cores das linhas espectrais da lâmpada de mercúrio. Experimento Efeito Fotoelétrico (resolução de linhas por rede de difração).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, tanto os simuladores (applets), quanto os experimentos que demonstram o efeito fotoelétrico, são ferramentas importantes para o ensino-aprendizagem. O professor como mediador, deve sempre buscar alternativas que facilitem o ensino, proporcionando aos alunos um contato maior com o conhecimento.

As ferramentas que demonstram o efeito fotoelétrico podem facilmente serem utilizadas em sala de aula, o professor pode optar por utilizar os applets num primeiro momento da aula para realizar uma demonstração mais geral (variando os materiais das placas metálicas assim como as frequências da luz irradiada, permitindo o estudo e análise da ocorrência do fenômeno nos diversos casos) e depois realizar a montagem dos eletroscópios num segundo momento. Essa gama de recursos que demonstram o efeito fotoelétrico também podem ser utilizados em feiras de ciências, proporcionando aos alunos uma visão qualitativa do fenômeno. Uma alternativa para alunos do noturno seria utilizar o eletroscópio juntamente com lâmpadas solares, já que as mesmas possuem grande quantidade de raios ultravioleta. Canetas a laser e lanternas também podem ser utilizadas para demonstrarem o fenômeno do efeito fotoelétrico, se utilizadas em superfícies metálicas que possuem função trabalho pequenas. Desta forma, o aluno será capaz de relacionar a ocorrência do fenômeno em diferentes situações.

Fica aqui a sugestão de aplicação desse aparato experimental aos futuros professores de Ciências Naturais, onde esses professores testariam os experimentos e avaliariam se os mesmos são relevantes para o ensino de física moderna nas escolas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fabiana CP de; SOUZA, Aguinaldo Robinson; URENDA, P. A. Mapas Conceituais: Avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, 2004.

ALVETTI, Marco Antônio Simas. **Ensino de física moderna e contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. 1999. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

ARRUDA, Sergio de Melo; FILHO, Dari de Oliveira Toginho. Laboratório caseiro de física moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, p. 390-395, 2004.

BERTI, ANA LUCIA. Título: PROPOSTA DE EXPERIMENTOS E ATIVIDADES LÚDICAS EM ONDULATÓRIA. Produção Didático-Pedagógica, Governo do Estado do Paraná, 2012.

Brasil, Lei de Diretrizes, and Lei De Diretrizes. "Bases da educação Nacional." *Lei 9394* (1996): 96.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais : ciências naturais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília : MEC/SEF, 1997. 136p.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais : Ciências Naturais /Secretaria de Educação Fundamental. Brasília : MEC /SEF, 1998. 138 p.

CARDOSO, Fernanda Serpa; et al. Interdisciplinaridade: fatos a considerar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, vol. 1, nº 1, 2008.

CAVALCANTE, Marisa Almeida, et al. Uma Aula sobre o Efeito Fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. *Revista Física na Escola*, v. 3, n. 1, p. 24-29, maio/2002.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; DI BENEDETTO, Alessandra. Instrumentação em Física Moderna para o Ensino Médio: Uma nova técnica para a análise quantitativa de espectros. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 21, n. 3, 1999.

DA SILVA, Henrique César; COLARES FILHO, Jaime Luiz. Produção de sentidos por imagens interativas: applets no ensino da Física. 2003.

DA SILVA, Luciene Fernanda; ASSIS, Alice. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 313-324, 2012.

DE OLIVEIRA, Fabio Ferreira. **O ENSINO DE FÍSICA MODERNA COM ENFOQUE CTS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO USANDO O TÓPICO RAIOS X**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DOS SANTOS, Emerson Izidoro; DE CARVALHO PIASSI, Luís Paulo; FERREIRA, Norberto Cardoso. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. 2004.

FERREIRA, Jonas Leonardo. Efeito Fotoelétrico: A Inserção da Física Moderna e Contemporânea por Intermédio da Experimentação e da Simulação Computacional. 2012. 46 f.. (Monografia em Licenciatura em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense do Rio de Janeiro, Niterói, 2012.

FIGUEIRA, JalvesS Easy Java simulations: modelagem computacional para o ensino de Física.V Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2005, vol.27, n.4, pp. 613-618. ISSN 1806-1117.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas.**Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, 2003.

FÍSICA CON ORDENADOR. El Curso Interactivo de Física em Internet. Disponível em: http://www13.fisica.ufmg.br/~wag/TRANSF/TEACHING/FISICA_ANGELGARCIA/cuantic a/fotoelectrico/fotoelectrico.htm Acesso em: 10/04/2015

Física ponto net. O Efeito Fotoelétrico. Disponível em: http://www.fisica.net/simulacoes/java/walter/ph11br/photoeffect_br.php Acesso em: 28/05/2015

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

Heckler, Valmir, Maria de Fátima Oliveira Saraiva, and Kepler de Souza Oliveira Filho. "Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica." *Revista Brasileira de Ensino de Física* 29.2 (2007): 267-273.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual/ Paul G. Hewitt; trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. - 9. ed.- Porto Alegre: Bookman, 2002

INCA- Instituto Nacional de Câncer- Disponível em: http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=21 Acesso em: 09/06/2015

KÍTOR, Glauber Luciano. Série Triboelétrica- Info Escola- Disponível em: <http://www.infoescola.com/eletrostatica/serie-triboeletrica/> Acesso em: 09/06/2015

LORENZ, Karl M.; BARRA, Vilma Marcassa. Produção de Materiais Didáticos de Ciências no Brasil, Período 1950 a 1980 [The Development of Science Education Materials in Brazil from 1950 to 1980]. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, p. 1970-1983, 1986.

MEDEIROS, Alexandre. As Origens Históricas do Eletroscópio. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2002, vol.24, n.3, pp. 353-361. ISSN 1806-9126

MEDEIROS, Alexandre; MONTEIRO, Jr. reconstrução de experimentos históricos como uma ferramenta heurística no ensino de Física. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS**, v. 3, 2001.

MONTEIRO, Bruno; Andrade, Mariel. O efeito fotoelétrico. Objetos de Aprendizagem da Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoelettrico/Site/Ani-macao.htm> Acesso em: 28/05/2015

MONTEIRO, Maria Amélia; NARDI, Roberto; BASTOS FILHO, Jenner Barretto. A Sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 557-580, 2009

NAKANO, Hideya. Einstein: O efeito fotoelétrico. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciência – FUNBEC, 1972.

OSTERMANN, Fernanda; PRADO, Sandra Denise; RICCI, Trieste dos Santos Freire. Desenvolvimento de um software para o ensino de fundamentos de Física Quântica. **Física na escola. São Paulo. Vol. 7, n. 1 (maio 2006), p. 22-25**, 2006.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma Revisão Bibliográfica sobre a área de pesquisa: “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. Revista Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n.1, p. 23-48, 2000.

PADILHA, A. C. M., et al. Caracterização do efeito fotoelétrico e determinação experimental da constante de Plank. Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2006.

PENA, Fábio Luís Alves; RIBEIRO FILHO, Aurino. O uso didático da história da ciência após a implementação dos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCNEM): Um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas publicadas em periodicos nacionais especializados em ensino d. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 48-65, 2009.

REGINALDO, Carla Camargo; SHEID, Neusa John; GÜLLICH, Roque Ismael da Costa. IX ANPED SUL. Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul. n. IX , 2012, Cidade onde se realizou o Congresso. O Ensino de Ciências e a Experimentação. Rio Grande do Sul, 13 f..

PHET, Interactive Simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric. Acesso em: 10/04/2015

ROSITO, Berenice Álvares. O ensino de ciências e a experimentação. **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**, v. 3, p. 195-208, 2003.

ROTEIRO EFEITO FOTOELÉTRICO PHYWE, Disponível em <<http://www.plnciencia.com.br/roteiros/1307.PDF>>, Acesso em: 20 de abril 2014.

SANCHES, Monica Bordim et al. A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Currículo do Ensino Médio. **Ciências**, v. 1, p. 06, 1998.

SALES, Mary Valda Souza. Uma reflexão sobre a produção do material didático para EaD. **Universidade do Estado da Bahia**, 2005.

SILVA, André Coelho da; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624-652, 2011.

SILVA, Henrique C.; COLARES FILHO, Jaime Luiz. Imagens interativas no ensino de Física: construção e realidade. In: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2004, Jaboticatubas, MG. Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo, SP: SBF, 2004.

TIRONI, Cristiano Rodolfo et al. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea.

Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013

VEIT, Eliane Angela et al. O efeito fotoelétrico no segundo grau via microcomputador. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 4, n. 2, p. 68-88, 1987.

VILELA, Ezequiel Figueiredo, et al. Uma proposta para o Ensino do Efeito Fotoelétrico. II Seminário de Socialização do PIBID- UNIFAL-MG. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br>>. Acesso em: 13 abril 2014.

ZANON, Dulcimeire Aparecida Volante; DA SILVA GUERREIRO, Manoel Augusto; DE OLIVEIRA, Robson Caldas. Jogo didático Ludo Químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. **Ciências e Cognição/Science and Cognition**, v. 13, n. 1, 2008.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO I

Universidade de Brasília

Faculdade UnB Planaltina- FUP

Construção de Aparato Experimental para Demonstração do Efeito Fotoelétrico no Ensino de Ciências

Autor(a)- Fabiana Narciso da Silva

Orientador- Armando de Mendonça Maroja



Universidade de Brasília

O EFEITO FOTOELÉTRICO

Objetivos: Demonstrar o efeito fotoelétrico utilizando um eletroscópio. Objetiva-se também, que ao final das práticas, o aluno seja capaz de visualizar e entender o fenômeno, relacionando-o com o cotidiano e com as explicações da física moderna.

OBSERVAÇÕES

Este experimento deverá ser realizado entre os horários de 10 e 15 horas de um dia ensolarado;

Toda vez que for eletrizar o cano PVC, utilize um novo pedaço de papel dobrado;

Sempre que for utilizar o eletroscópio, verifique se a folha de alumínio se encontra lisa e junta ao suporte metálico.

Parte A- Efeito Fotoelétrico

Materiais- folhas de papel, pedaço de cano PVC, eletroscópio, palhinha (palha de aço), plaquinha de zinco, alumínio e cobre (todas com mesmo tamanho), garrafa transparente com água.

- 1- Limpe com o auxílio de uma palhinha, a plaquinha de zinco, de modo que a mesma fique com sua superfície brilhante.
- 2- Coloque o sobre o braço horizontal do suporte metálico a plaquinha de zinco, de modo que toda a parte horizontal do suporte fique tampada.
- 3- Leve o kit a um lugar com bastante Sol, e verifique se a luz do sol atingirá a plaquinha. Em seguida, se posicione na frente do eletroscópio, de modo que o eletroscópio não receba luz solar.
- 4- Eletrize o cano de PVC com um pedaço de papel (basta esfregar o papel no cano). Em seguida, sem encostar o cano no eletroscópio, aproxime-o da plaquinha de zinco, toque a plaquinha, retire o dedo e retire o cano. Você perceberá que a folha de alumínio se abrirá.
- 5- Agora se reposicione de maneira que a luz solar atinja todo o eletroscópio, principalmente a plaquinha de zinco.
- 6- Observe o que acontece com a folha de alumínio dentro de eletroscópio.
- 7- Anote suas observações.

Repita os procedimentos acima, trocando a plaquinha de zinco pela de alumínio e depois pela de cobre. Não se esqueça de passar palhinha nas plaquinhas. Anote suas observações em cada caso.

RESPONDA:

- 1- *O efeito fotoelétrico ocorre da mesma forma com todos os materiais? Por quê?*
- 2- *Em que caso (utilizando qual plaquinha) a folha de alumínio se fechou mais depressa?*
- 3- *Por que na presença de luz solar, os elétrons do metal são arrancados mais facilmente?*
- 4- *Cite três aplicações do seu cotidiano, em que o fenômeno do efeito fotoelétrico seja utilizado.*

Parte B- Efeito Fotoelétrico

- 1- Limpe com o auxílio de uma palhinha, a plaquinha de zinco, de modo que a mesma fique com sua superfície brilhante.
Coloque o sobre o braço horizontal do suporte metálico a plaquinha de zinco, de modo que toda a parte horizontal do suporte fique tampada.
- 2- Leve o kit a um lugar com bastante Sol, e verifique se a luz do sol atingirá a plaquinha. Em seguida, se posicione na frente do eletroscópio, de modo que o eletroscópio não receba luz solar.
- 3- Eletrize o cano de PVC com um pedaço de papel (basta esfregar o papel no cano). Em seguida, sem encostar o cano no eletroscópio, aproxime-o cano da plaquinha de zinco, toque a plaquinha, retire o dedo e retire o cano. Você perceberá que a folha de alumínio se abrirá.
- 4- Agora se reposicione de maneira que a luz solar atinja todo o eletroscópio, principalmente a plaquinha de zinco.
- 5- Coloque a garrafa com água de maneira que a mesma fique por cima da plaquinha de zinco, impedindo a luz solar. Anote suas observações.

RESPONDA:

- *O que aconteceu? Houve o efeito fotoelétrico?*
- *Em quais casos não ocorre o efeito fotoelétrico?*

8.2 ANEXO II

Universidade de Brasília

Faculdade UnB Planaltina- FUP

Construção de Aparato Experimental para Demonstração do Efeito Fotoelétrico no Ensino de Ciências

Autor(a)- Fabiana Narciso da Silva

Orientador- Armando de Mendonça Maroja



Universidade de Brasília

O efeito fotoelétrico

Nos dias atuais, se tem falado muito a respeito de tecnologias e inovações que melhoram cada vez mais a qualidade da vida humana. No geral, por trás dessas tecnologias há sempre um fenômeno físico, químico ou biológico associado, explicando o seu funcionamento e aplicações. Um exemplo do qual nos deparamos quase que constantemente, é o uso das câmeras digitais, os sistemas de desligamento automático de iluminação e também as portas dos shoppings que abrem e fecham automaticamente. Por trás dessas benfeitorias que nos rodeiam há um fenômeno físico importantíssimo, o efeito fotoelétrico. O fenômeno pouco falado e estudado nas escolas, pois envolve conceitos de física quântica, que apesar de estarem relacionados com a física real que nos rodeia no cotidiano, ainda não foram incorporados aos conteúdos do ensino fundamental e médio, apesar de os PCN ressaltar que alguns aspectos da física moderna são indispensáveis para a compreensão dos constituintes da matéria, e que os mesmos permitem um contato com diferentes e novos materiais através da natureza quântica da luz. (MEC-SEMTEC, 2002, p.67)

O efeito fotoelétrico consiste na capacidade da luz em arrancar elétrons de uma superfície metálica. O fenômeno pôde ser observado a partir do seguinte experimento: Tendo duas placas metálicas, e incidindo luz em uma delas, os elétrons são arrancados. Estabelecendo uma ddp (diferença de potencial) entre as placas, os elétrons arrancados da placa A serão coletados pela placa B. A corrente medida é a evidência experimental do efeito fotoelétrico. A figura a seguir mostra o esquema geral do experimento:

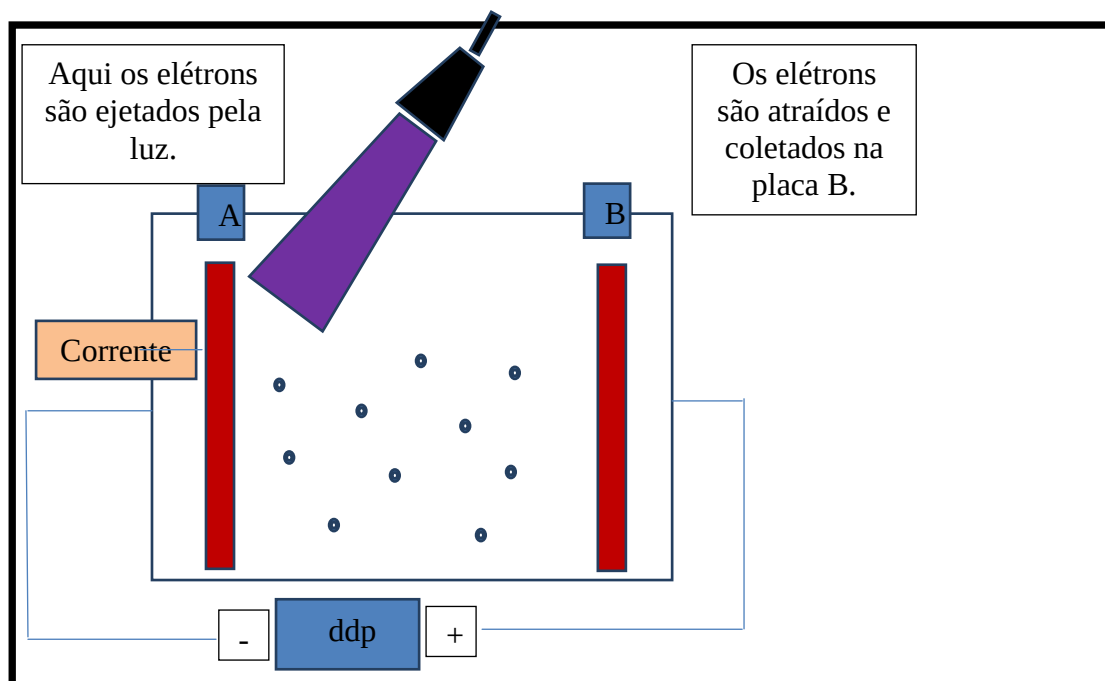


Figura 1: Esquema de um experimento típico baseado no efeito fotoelétrico.

O experimento possibilitou inúmeras análises importantes para o entendimento do fenômeno. Primeiramente, a partir da presença da corrente elétrica verificou-se e provou-se que os elétrons foram arrancados de uma chapa e coletados em outra, o que também mostrou que há uma energia cinética associada, e que a mesma aumentava à medida que aumentava-se a frequência da luz que incidia sobre a placa metálica. Essa observação mostrou ser contraditória com as explicações da física clássica, pois a mesma explica que a energia de uma onda eletromagnética é proporcional à sua intensidade que por sua vez é proporcional ao quadrado da amplitude, e não à sua frequência.

Além das observações acima, outras foram possíveis ser inferidas a partir do experimento acerca do efeito fotoelétrico:

- O efeito fotoelétrico depende da função trabalho do material, isso significa que a energia do fóton deve ser maior que a função trabalho para que ocorra o fenômeno.
- O efeito era facilmente observado quando se usava a luz ultravioleta ou violeta, mas o mesmo não era observado com a luz vermelha. Isso ocorre porque; cada quantum de luz infravermelha não possui energia suficiente para “vencer” a função trabalho do material, por mais intensa que seja, já cada quantum de luz ultravioleta possui energia suficiente para arrancar elétron do material.

Todas essas implicações geraram indagações que ao longo do tempo foram sendo sanadas. Einstein inspirado na teoria de Plank, diz que a própria radiação eletromagnética é quantizada, ou seja, a própria radiação é composta por *quanta** de energia. Todas essas análises tornaram o entendimento ainda mais simples, pois a partir disso, verificou-se que cada elétron do material (chapa) absorve apenas um *quantum*** de luz.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. / Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília: MEC; SEMTEC, 2002. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.

*Quanta é a forma plural de quantum.

**Quantum- número múltiplo inteiro de um único valor mínimo de energia.

8.3 ANEXO III

Universidade de Brasília

Faculdade UnB Planaltina- FUP

Construção de Aparato Experimental para Demonstração do Efeito Fotoelétrico no Ensino de Ciências

Autor(a)- Fabiana Narciso da Silva

Orientador- Armando de Mendonça Maroja



Universidade de Brasília

AVISOS DE SEGURANÇA

EVITE OLHAR DIRETAMENTE PARA A LÂMPADA, POIS A MESMA EMITE RAIOS ULTRAVIOLETA E PODE CAUSAR DORES DE CABEÇA.

SEMPRE QUE FOR UTILIZAR A LÂMPADA DE VAPOR DE MERCÚRIO NÃO SE ESQUEÇA DE COLOCAR OS ÓCULOS DE PROTEÇÃO ULTRAVIOLETA.

SE POSSÍVEL COLOQUE UM ANTEPARO SOBRE A

Objetivo- Determinar a constante de Planck a partir das voltagens fotoelétricas, utilizando uma luz monocromática para iluminar uma fotocélula.

Materiais

- Amplificador de medidas universal (PHYWE);
- Cabos de conexão;
- Diafragma de entrada;
- Fenda ajustável;
- Filtro colorido 525 nm;
- Filtro colorido 580 nm;
- Fita durex;
- Folha de papel branco;

EFEITO FOTOELÉTRICO

- Fonte de alimentação para lâmpadas espectrais (PHYWE);
- Fotocélula com encaixe;
- Lâmpada de Hg 80 W;
- Lente convexa;
- Multímetro digital;
- Óculos de proteção ultravioleta;
- Rede de difração 600 linhas/mm
- Suporte de lâmpada;
- Suporte deslizante para banco óptico;
- 4 tripés.

Procedimentos

- 1- Encaixe a lâmpada de vapor de mercúrio no suporte de lâmpadas. Em seguida, conecte a lâmpada na fonte de alimentação para lâmpadas espectrais. Coloque essa montagem em um dos extremos do suporte deslizante.
- 2- No centro do suporte deslizante, coloque a rede de difração 600 linhas/mm com o auxílio de um suporte para lentes.

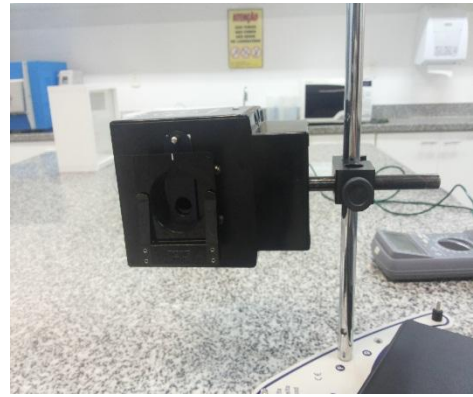
3-



- ione a fenda ajustável, a uma distância de 9 cm da lâmpada de
- 4-
 - 5- de modo que a largura de sua imagem seja de aproximadamente 1 cm.
 - 6- Entre a fenda e a rede de difração, posicione a lente convexa, de modo que a mesma fique a uma distância de 20 cm da lâmpada.



- 7- Encaixe o diafragma de entrada na fotocélula.



- 8- A fotocélula deverá ficar no outro extremo do suporte deslizante. A mesma deverá estar conectada no amplificador de medidas universal.
- 9- Conecte o multímetro digital no amplificador de medidas, e ajuste para a posição VOLTÍMETRO: 2 V.

Antes de fazer qualquer medida, o amplificador deverá estar ligado por dez minutos, e é importante verificar com o diafragma fechado o seu ponto zero, sendo os parâmetros de ajuste:

Electrometer= $R_e > 10^{13} \Omega$

Amplification= 10^0

Time constant= 0

Para evitar incidência residual de UV de segunda ordem de difração, o que gera erros nas medidas das linhas espectrais amarela e vermelha, coloque os filtros correspondentes sobre o diafragma de entrada da fotocélula.

Obs: lâmina colorida de 525 nm para a linha espectral verde e lâmina colorida de 580 nm para a linha espectral amarela

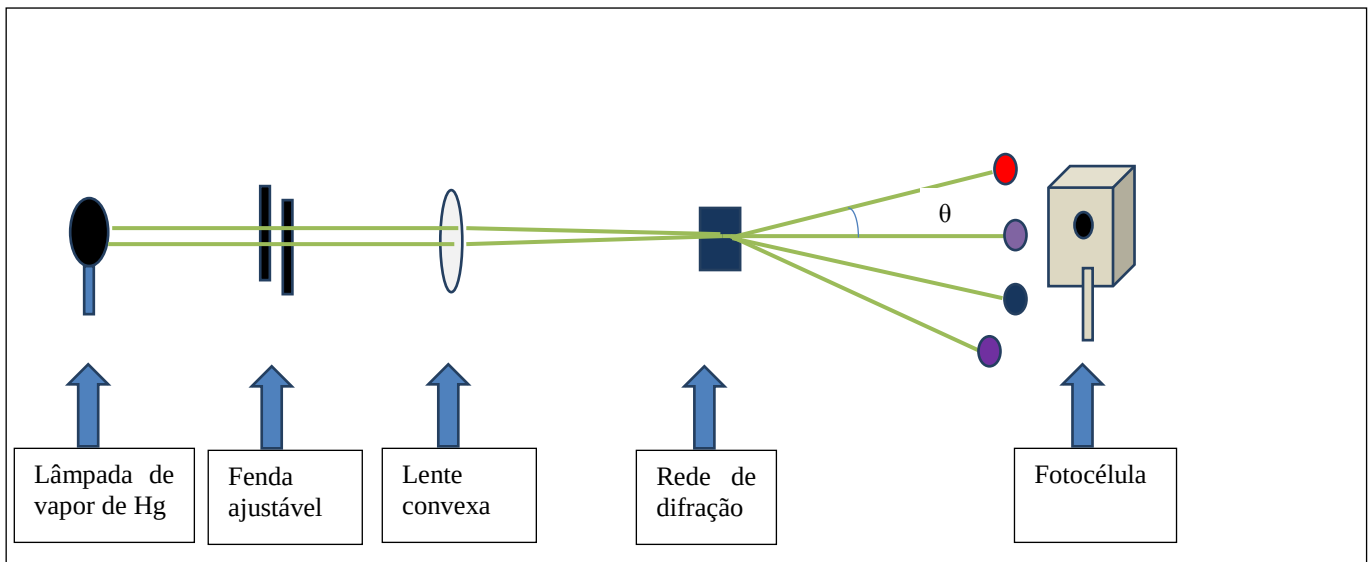


Figura 2- A figura mostra o esquema geral de funcionamento do experimento. Note que a lâmpada de vapor de mercúrio emite luz diretamente na fenda ajustável, a fenda direciona a luz na lente convexa, onde ela gera uma imagem na rede de difração. Os raios captados na rede de difração são difratados, dessa forma é possível analisar as linhas espectrais verificando sua ddp através da fotocélula.

Tarefas

- 1- Qual a função da fenda no experimento?
- 2- Explique de maneira sucinta, a utilidade da rede de difração.
- 3- A partir da variação do ângulo θ , encontre as respectivas frequências para cada linha espectral.
- 4- Esboce o gráfico da ddp em função da frequência da luz irradiada.
- 5- A partir dos entendimentos adquiridos com o experimento, cite algumas aplicações em que o fenômeno do efeito fotoelétrico está inserido. Busque exemplos do seu cotidiano.