



PRODUTO EDUCACIONAL

GUIA PARA A REALIZAÇÃO DE UMA UEPS PARA ENSINAR O
EFEITO FOTOELÉTRICO

INSTITUTO DE FÍSICA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
Programa de Pós Graduação da Universidade de Brasília-Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

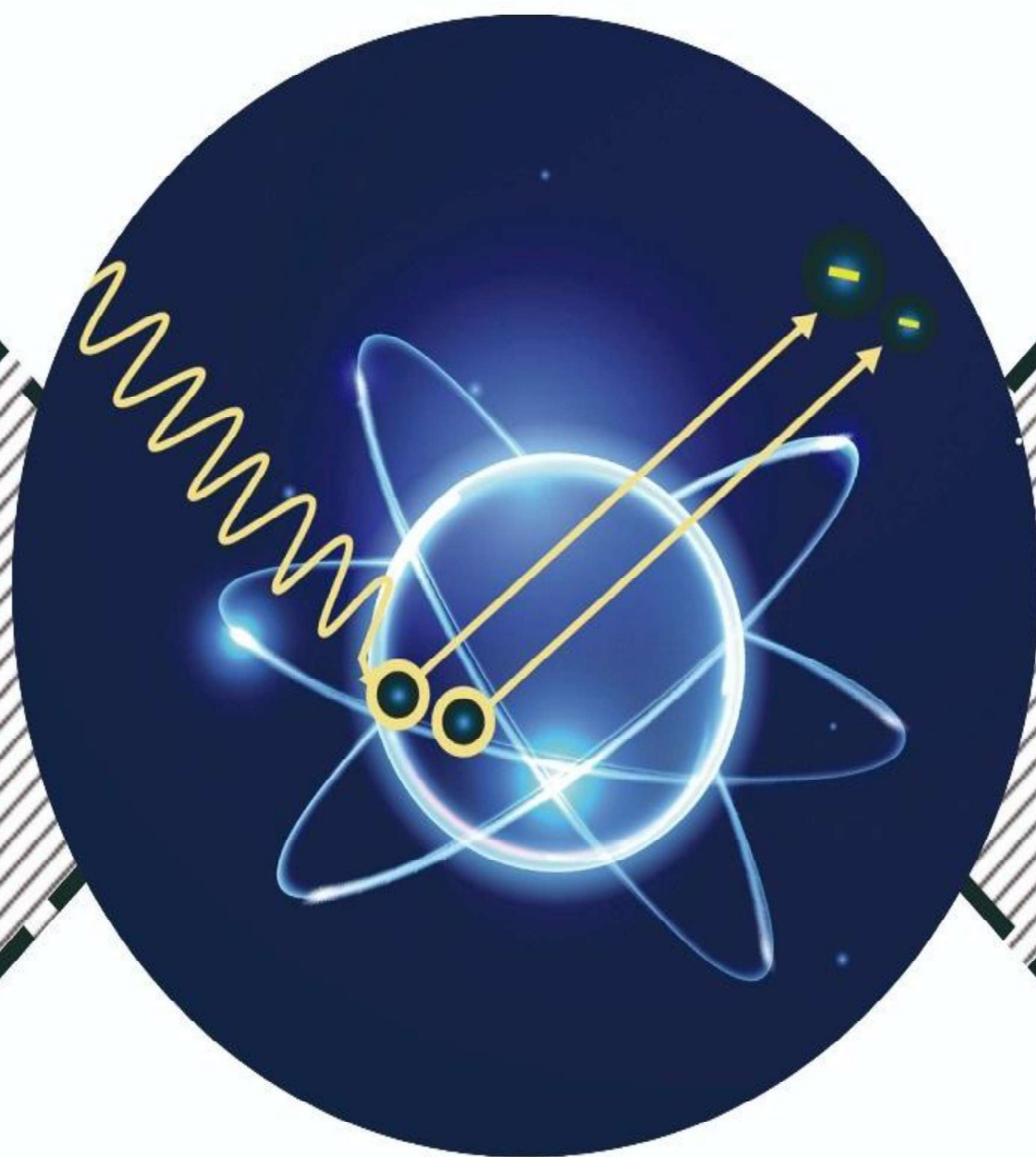
Adriana Fátima de Lima

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Fátima da Silva Verdeaux

BRASILIA

2018

GUIA PARA APLICAÇÃO DE UMA PROPOSTA
PARA ENSINAR EFEITO **FOTOELÉTRICO** NO
ENSINO MÉDIO.



Adriana Fátima de Lima

APRESENTAÇÃO

Nobre professor (a),

Este guia tem o intuito de lhe orientar sobre todos os passos que compõem uma proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para ensinar o Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio. Constará nesse material toda a descrição de cada aula que compõe essa sequência de ensino.

É desafiador propormos uma sequência que extrapola a rotina da sala de aula. Estamos habituados a trabalhar os conteúdos de Física em horários semanais que não atendem ao mínimo estipulado nos currículos do ensino médio. E nesse contexto, os conteúdos de física moderna e contemporânea nem sempre são contemplados. Será necessário para aplicação dessa proposta uma quebra de paradigmas. Tempo de aula reduzido, currículo fechado e aluno desmotivado, são fatores que necessitam ser vencidos para êxito do processo.

Você como mediador do processo de ensino aprendizagem, poderá fazer as alterações nessa sequência de ensino que forem pertinentes ao seu ambiente e público, sem desfocar do objetivo principal que é ensinar o efeito fotoelétrico potencializando a aprendizagem significativa.

Antes de iniciar as aulas tenha uma conversa com seus alunos, incentive-os a participarem e colaborarem com todo o processo. A estrutura das aulas não fará diferença se quem for o alvo da aprendizagem (o aluno), não se predispor a compreender.

Aspiro que bons resultados sejam alcançados ao final do trabalho.

Cordialmente,

Prof^a Adriana Fátima de Lima

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Imagem capturada do vídeo do Dr. Quântico. 11

Figura 2- Imagem capturada do simulador **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Panorama geral da sequência de ensino.	8
Quadro 2- Relação de materiais para o experimento do efeito fotoelétrico.....	20

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
PANORAMA GERAL DA UEPS.....	6
DIÁRIO DE ANOTAÇÕES.....	7
DESCRIÇÃO DE CADA AULA	8
1.1 AULA 1: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE SUBSUNÇORES..	8
1.2 AULA 2: PROPONDO SITUAÇÕES PROBLEMAS USANDO O VÍDEO E O TEXTO.....	10
1.3 AULA 3: SIMULAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO.....	13
1.4 AULA 4: AULA EXPOSITIVA DO EFEITO FOTOELÉTRICO.....	15
1.5 AULA 5: EXPERIMENTO QUALITATIVO DO EFEITO FOTOELÉTRICO.....	17
1.6 AULA 6: QUESTIONÁRIO DIAGNÓTICO	20
1.7 AULA 7: AVALIAÇÃO FINAL DA UEPS	21
CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

INTRODUÇÃO

Na busca exitosa do processo educativo, no decorrer de toda história do ensino, se anseia encontrar a teoria de aprendizagem, o método, o ambiente e o público ideal para que possibilite que a aprendizagem realmente aconteça.

Um desafio que vem sendo pesquisado mais detalhadamente nas últimas duas décadas, é a proposição de ensinar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), no ensino médio. Esse anseio surge da necessidade de inserir o ensino de Física no universo compreendido e vivenciado pelo aluno.

O fato de se complementar o currículo com conteúdos de FMC não abstém a importância da Física Clássica (FC). A problematização que ocorre é a resistência em manter a FC com exclusividade no ensino de física na maioria dos ambientes escolares. Essa perspectiva começa a ser rompida com o surgimento de várias propostas de conteúdos, métodos e materiais, que vem demonstrando resultados assertivos em suas aplicações sobre FMC.

Entretanto, um aspecto importante surge com a mudança curricular. Segundo Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), os principais problemas que surgem da análise de atualização curricular, referem-se ao “como fazer”, a fim de que os tópicos de FMC não se tornem apenas mais um “tópico problemático” num currículo que necessita de uma reforma urgente.

A criação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) (MOREIRA,2011) apodera-se fundamentalmente das diretrizes da teoria de aprendizagem de David Ausubel, cujo foco, é possibilitar que os alunos aprendam significativamente. Essa UEPS é composta por uma sequência de ensino que se inicia com o reconhecimento do que já existe na composição cognitiva do aprendente, e se estrutura de maneira que lhe permita organizar o que ele já tem armazenado, com o que ele irá estudar, contemplando a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, evitando a aprendizagem mecânica, como propõe Ausubel.

Para esse trabalho o tema de FMC escolhido, foi o efeito fotoelétrico. As turmas participantes são de alunos que estão no terceiro ano de Ensino Médio. Cabe a ressalva, que os alunos da escola em que a UEPS foi aplicada, tem acesso a todo o conteúdo de Física no primeiro e segundo ano, portanto o

terceiro ano é somente revisão. Nesse contexto eles já estudaram o conteúdo pré-requisito necessário.

PANORAMA GERAL DA UEPS

Essa UEPS contou com a sequência de ensino de 07 aulas de duração de 50 minutos cada, distribuída conforme o quadro geral 1 a seguir.

Quadro 1- Panorama geral da sequência de ensino.

Aula	Descrição	Recurso didático utilizado
01	Questionário diagnóstico de subsunçores	Diário de anotações
02	Situação problema e apresentação de novas proposições integrativas	Vídeo/ projetor multimídia/Som Texto disponível no diário de anotações.
03	Simulação do Efeito fotoelétrico	Laboratório de informática, projetor multimídia e simulador virtual
04	Aula expositiva da teoria do Efeito Fotoelétrico	Quadro branco e pinceis.
05	Experimento qualitativo do efeito fotoelétrico.	Kit experimental: eletroscópio, fonte ultravioleta e bastões de eletrização
06	Questionário diagnóstico de aprendizagem.	Diário de anotações
07	Sistematização da aprendizagem.	Debate oral.

Fonte: a autora

Antes de iniciar as aulas da sequência de ensino é interessante fazer uma exposição do panorama geral do que se propõe aos alunos.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA UEPS

A avaliação da UEPS se dá no decorrer de todo o processo. Moreira (2011) indica que, “a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado.”

O uso do diário de anotações facilita esse processo, mas é bom somatizar essa coleta de informações para a avaliação nos debates coletivos, nas arguições individuais, em anotações descritivas pós aula e sendo possível, registrar em gravações para apreciações posteriores.

DIÁRIO DE ANOTAÇÕES

Cada aluno receberá impresso um diário de anotações que está disponibilizado no Apêndice A.

Eles devem se identificar pelo número da chamada e turma a qual pertence.

No início de cada aula os estudantes receberão esse material, devolvendo-o no término da mesma. Deixar o material em posse do aluno, fica suscetível a negligências de esquecimento, ou buscas por respostas prontas antes das atividades ocorrerem. Portanto, o professor ficará responsável pela entrega e recolhimento desse material em todo o processo.

DESCRIÇÃO DE CADA AULA

Será fornecido os objetivos da aula, tempos estimados para cada atividade e uma orientação descritiva dos elementos principais de cada momento.

1.1 Aula 1: Questionário Diagnóstico de Subsunçores

Objetivo geral

- Investigar se os alunos detêm os subsunçores necessários para ensinar o efeito fotoelétrico.

Objetivos específicos

- Utilizar um questionário que conduza o aluno a registrar o que já sabe.
 - Promover um debate para a sistematização das perguntas do questionário.
 - Revisar os pontos dos conteúdos pré-requisito, fragilizados na arguição oral feita pelos alunos.
 - Observar todo o processo.
 - Avaliar se os subsunçores apresentados são suficientes para dar sequência nas aulas.
- Tempo estimado para a aplicação do questionário: 25 a 30 min.
 - Tempo estimado para a socialização das questões: 20 a 25min.

Na proposta para ensinar o efeito fotoelétrico dessa sequência, alguns conceitos e termos utilizados já foram ensinados nos anos anteriores. O questionário disponibilizado no diário de anotações no apêndice A, tem a função de registrar se eles possuem esse conhecimento, assim também como, tem a finalidade de investigar se eles já possuem algum conhecimento do que será estudado, se conseguem fazer menção ao efeito fotoelétrico com uma situação prática.

Entregue o diário no início da aula e solicite que eles respondam o que está proposto de 1 a 10 e as duas questões do tópico recapitulando as informações.

Os termos e conceitos que se espera que os alunos tenham armazenados em sua estrutura cognitiva, pois já estudaram, são:

- ✓ Saber exemplificar tipos diferentes de ondas eletromagnéticas.
- ✓ Associar que cada tipo de onda apresenta uma frequência de oscilação.
- ✓ Comportamento dual da luz, ou no mínimo que eles façam a associação com o comportamento ondulatório. Nem todos os alunos possam ter estudado esse assunto no 9º ano do fundamental 2.
- ✓ Saber diferenciar um condutor de um isolante.
- ✓ Identificar quais são os processos de eletrização de um corpo.
- ✓ Saber relacionar o desequilíbrio entre o número de prótons e elétrons para eletrizar um corpo.

Esses questionamentos foram estruturados na forma de perguntas objetivas e discursivas. Totalizando 06 perguntas.

A segunda parte do questionário, composta por 04 perguntas, irá propor aos alunos que expliquem situações que podem já ter sido experimentada por eles, e também tem o intento de analisar o desempenho deles em uma questão que envolve o efeito fotoelétrico apenas pela interpretação (sem explicação alguma do fenômeno).

Você já entrou em lugares onde as portas se abrem automaticamente? Qual a explicação do funcionamento desses dispositivos? Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

Esses questionamentos acima citados, buscam analisar os argumentos ou citações físicas nas respostas, se eles possuem algum embasamento teórico. Essas questões serão retomadas posteriormente.

Após os alunos responderem todo o questionário, proponha um momento de sistematização das perguntas. Busque as respostas que se almeja refazendo as perguntas de maneira oral. Investigue um pouco mais. Por exemplo:

Quando for perguntado quais são os processos de eletrização, explore mais as respostas, pergunte como ocorre cada um deles, se dá para determinar se o corpo fica eletrizado positivamente ou negativamente em cada um. Reforce as respostas quando identificar que foram parcialmente corretas.

Quando finalizar o debate, recolha os diários. Tendo oportunidade, registre suas impressões do que ocorreu durante a aula.

1.2 Aula 2: Propondo Situações problemas usando o vídeo e o texto

Objetivo geral

Propor uma situação problema que funcione como um organizador prévio.

Objetivos específicos

- Apresentar o vídeo sobre a dualidade onda-partícula.
 - Realizar uma debate sobre os pontos principais do vídeo.
 - Fazer a leitura do texto história do efeito fotoelétrico.
 - Realizar uma debate sobre os pontos principais do vídeo.
 - Observar todo o processo.
 - Avaliar os comentários que surgirem.
- Tempo estimado para a aplicação do vídeo: 5min
 - Tempo estimado para registro no diário sobre os pontos principais do vídeo: 5min.
 - Tempo estimado para a socialização do vídeo: 10min
 - Tempo estimado para leitura do texto e registro dos principais pontos no diário: 10min.
 - Tempo estimado para a socialização do texto: 20min.

Entregue o diário para o aluno fazer o registro das atividades do dia. Em seguida apresente o vídeo¹ do Dr. Quântico: experimento da fenda dupla, representado na figura 1 a seguir.



Figura 1-Imagem capturada do vídeo do Dr. Quântico.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=lytd7B0WRM8>. Acesso em 20 de jul. de 2017.

Esse vídeo aborda dinamicamente o conceito de dualidade onda-partícula. Observe as reações dos alunos, pois estes tendem a serem atraídos por toda a arte gráfica que aparece no vídeo e as problematizações levantadas.

Assim que encerrar a apresentação do vídeo, solicite que os alunos registrem os pontos que mais os interessaram no diário de anotações. Em sequência, busque essas informações oralmente. Faça questionamentos:

Qual a diferença apresentada na onda na água, quando passou por uma e depois por duas fendas? Qual o comportamento apresentado no aparato, quando o feixe de elétrons atravessou uma fenda? Algo mudou quando acrescentou a segunda?

Permita que os alunos relatem o que chamou a atenção deles.

¹ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lytd7B0WRM8>. Acesso em 20 de jul. de 2017.

Após essa socialização, convide os alunos para explorarem um texto resumo (disponível no diário) que aborda a transição histórica da teoria clássica para a teoria moderna do efeito fotoelétrico.

Ao final da leitura, solicite que os alunos registrem no diário as diferenças entre o modelo clássico e o novo modelo proposto para o efeito fotoelétrico.

O professor, contará em média com uns 20 minutos para produzir um debate sobre o texto. O direcionamento das perguntas e ações mediadoras auxiliam buscar os elementos principais que o texto expõe. Proponha:

- ✓ Uma construção de linha do tempo no quadro, que pode ser realizada pelo professor, a partir da exposição dos alunos das datas que surgem no texto; ou ainda, a construção da linha do tempo pode ser montada pela participação de vários alunos diferentes.
- ✓ Construa uma tabela no quadro com duas colunas. Uma contempla a teoria clássica e outra contempla a teoria moderna. Faça arguições induzindo que se compare uma teoria com a outra. Questione, por exemplo, como a teoria clássica e a moderna relacionam a intensidade da luz no efeito fotoelétrico? Qual o comportamento da luz (corpúscular ou ondulatório) em cada teoria?

Esse panorama geral que pode ser construído durante a socialização das ideias possibilita ao aluno visualizar que na formulação de uma explicação de um fenômeno, perpassa desde sua observação, confirmação experimental, busca de relações com a teoria vigente, e quando essas relações são conflitantes (como o caso do efeito fotoelétrico), novas proposições podem surgir, indicando uma mudança na ciência e o que ela representa.

Essa é a aula destinada para discutir o contexto histórico do efeito fotoelétrico, cuja estrutura, possibilita ensinar por meio da história o efeito fotoelétrico contemplando a diferenciação progressiva, elencando uma das etapas que compõe a UEPS, pois, Moreira (2011) ressalta que deve-se considerar os aspectos mais gerais e ir abordando os mais específicos. O que pode ser realizado por meio de exposição oral com atividades colaborativas, como foi realizado nessa atividade.

Antes de encerrar a aula, solicite que os alunos façam uma pesquisa na internet sobre as aplicações do efeito fotoelétrico, essa pesquisa pode ser

impresa ou manuscrita. Requeira que se apresente a fonte da pesquisa e que esta deve ser entregue na próxima aula.

1.3 Aula 3: Simulação do efeito fotoelétrico.

Objetivo geral

- Retomar os aspectos mais gerais sobre o efeito fotoelétrico utilizando o simulador computacional.

Objetivos específicos

- Permitir que os alunos manipulem aleatoriamente o simulador.
 - Mediar as alterações das variáveis do simulador.
 - Observar se os alunos estão associando a frequência e a intensidade da luz, corretamente com o efeito fotoelétrico.
 - Avaliar os comentários que surgirem.
-
- Tempo estimado para que os alunos usem o simulador sem instrução: 10min.
 - Tempo estimado para que os alunos usem o simulador com instrução: 25min
 - Tempo estimado para registro no diário sobre os pontos principais do que ocorreu na simulação: 5 min.
 - Tempo estimado para a socialização do texto: 10min

Antes de iniciar a simulação, solicite que os alunos entreguem a pesquisa sobre a aplicação do efeito fotoelétrico, o debate sobre a pesquisa pode ocorrer nos minutos iniciais dessa aula, ou ser adiado para a próxima que abordará a explicar essa aplicação.

Para a utilização do simulador, o ambiente ideal é o laboratório de informática que disponibiliza um maior quantitativo de computadores,

possibilitando que os alunos se interajam com o simulador efetivamente. Não sendo possível a utilização desse espaço, a simulação poderá ser feita em sala de aula, utilizando um projetor multimídia para que todos acompanhem em conjunto.

O simulador² utilizado foi o disponibilizado por Monteiro e Andrade (UFPB),

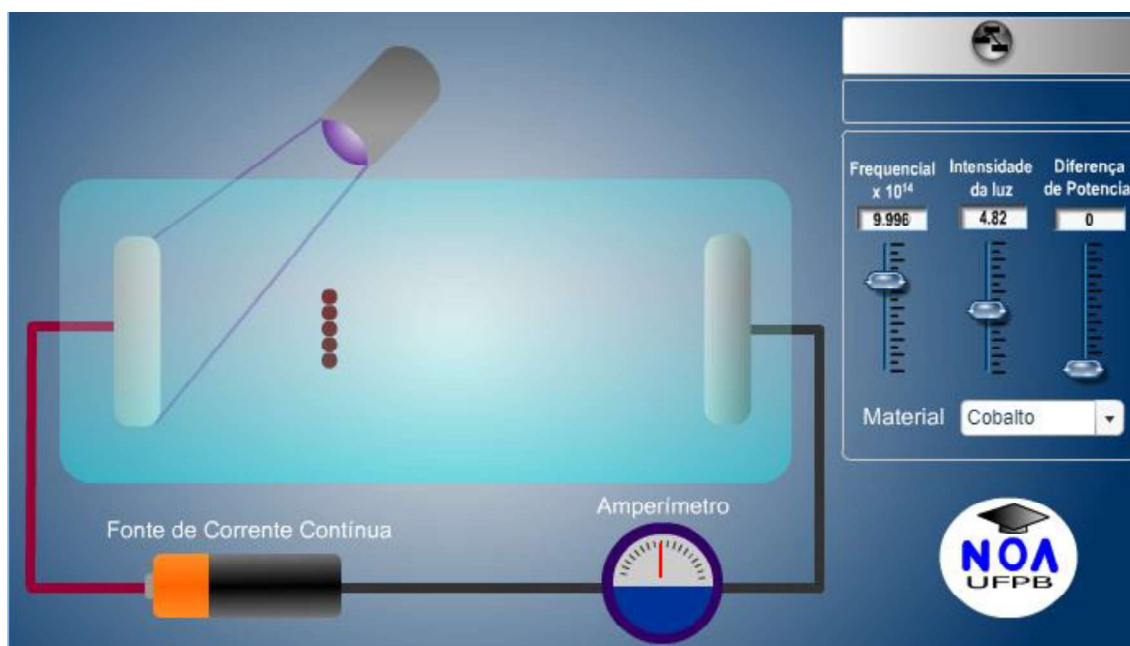


Figura 2 Imagem capturada do simulador:

Fonte: Printscreen retirado no site

<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoeletrico/Site/Animacao.htm>. Acesso em 15 de jun. de 2017.

Passos a serem seguidos nessa aula:

- ✓ Consinta que os alunos experimentem alterar os dados aleatoriamente. Durante esse processo analise as reações, verifique se eles conseguem fazer com que o efeito fotoelétrico aconteça.

²Disponibilizado em <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoeletrico/Site/Animacao.htm>. Acesso em 15 de jun. de 2017.

- ✓ Comece a mediar a simulação. Oralmente, faça com que todos observem que existem nesse simulador, quatro variáveis que podem ser alteradas: frequência, intensidade da luz, tensão e superfície metálica.
- ✓ Escolha uma superfície metálica aleatoriamente. Coloque uma frequência abaixo da frequência de corte e pergunte se está acontecendo alguma coisa. Como o resultado será negativo, forneça a frequência mínima para que eles percebam que o elétron foi ejetado. Em sequência peça para abaixarem um pouco esse valor de frequência, fazerem as observações e em seguida colocarem uma frequência superior a mínima.
- ✓ Solicite que eles escolham três superfícies aleatoriamente e identifiquem a frequência mínima da radiação para que ocorra o efeito fotoelétrico. É necessário fazer o registro também das outras variáveis envolvidas. Esses dados serão registrados no diário de anotações.

Antes que se promova um debate geral do que ocorreu, na simulação, requeira que os alunos registrem os fatores que ele identificou para que ocorresse o efeito fotoelétrico. Logo em seguida, inicie esse mesmo levantamento oralmente, alguns alunos conseguem expressar verbalmente, outros não, por isso tente sempre trabalhar com os dois processos de busca por indícios de aprendizagem, usando a forma oral e escrita.

1.4 Aula 4: Aula expositiva do efeito fotoelétrico.

Objetivo geral

- Explicar o que é o efeito fotoelétrico, em um nível de complexidade maior, comparativamente às aulas anteriores.

Objetivos específicos

- Falar sobre a quantização de energia.
- Conceituar o que é o efeito fotoelétrico.
- Mostrar onde a frequência e intensidade da luz irão interferir para ocorrência do efeito fotoelétrico.
- Equacionar a energia cinética do elétron ejetado.

- Usar a pesquisa realizada pelos alunos como exemplo de aplicação do efeito fotoelétrico.
- Tempo estimado de toda a atividade da aula: 50min.

Para a fundamentação teórica da aula, é necessário que o professor consulte algumas bibliografias³, isso contribui para a abordagem dos aspectos mais importantes que não podem deixar de serem explicados nesse momento

Para juntar as ideias propostas até então, e subsidiar as hipóteses que os alunos levantaram até esse encontro, deve ser contemplado na aula, a explicação sobre:

- ✓ Quantização de energia, definir o que é um fóton.
- ✓ Reforçar que a luz pode ter comportamento ondulatório e corpuscular, destacando que no efeito fotoelétrico somente o segundo é contemplado.
- ✓ Conceituação do que é o efeito fotoelétrico.
- ✓ As duas principais observações feitas por Lenard que caracterizam o efeito fotoelétrico que são, o que acontece quando se aumenta a intensidade da luz (maior taxa de emissão de elétrons) e que temos uma frequência mínima para a emissão de elétrons em cada superfície metálica (ultrapassando esse mínimo se aumenta a energia cinética).
- ✓ A mudança da frequência de corte, quando se muda a superfície metálica.
- ✓ Simbolização de frequência de corte (f_0), função trabalho (ϕ) e energia cinética de ejeção do elétron (E_c).
- ✓ Equação que relaciona f_0 , ϕ , E_c .
- ✓ Caracterização do efeito fotoelétrico como efeito do comportamento corpuscular da luz.

³ BERNOULLI, Sistema de Ensino, vol 4, 2017;

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2009 vol 4;

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 4;

<http://soprosolar.blogspot.com.br/2012/02/portas-que-se-abrem-sozinhas.html>

- ✓ Aplicabilidades do efeito fotoelétrico.

Quanto as aplicabilidades do efeito fotoelétrico, uma vez que os alunos já fizeram esse levantamento, é necessário que o professor não somente mencione essas aplicações, como também explique o funcionamento um pouco mais detalhado. É indispensável que o aluno visualize em qual parte do funcionamento o efeito fotoelétrico acontece, uma vez que para os dispositivos funcionarem como um todo, vários outros assuntos também são utilizados para explicar o seu funcionamento. O foco é onde se aplica o efeito fotoelétrico no equipamento.

Ao final da exposição, convide os alunos a responderem no diário três perguntas diretas sobre o efeito fotoelétrico

- 1) O que é o efeito fotoelétrico?
- 2) Quando elétrons são ejetados de uma superfície metálica, a velocidade com que são expelidos depende de qual característica da radiação?
- 3) Ao incidirmos uma determinada radiação em um superfície metálica, percebemos a ocorrência do efeito fotoelétrico. Se a referida superfície for alterada e a radiação incidente mantida, o efeito fotoelétrico ainda será observado? Justifique.

Essas três questões englobam os elementos principais para identificar se o aluno compreendeu o que é e como ocorre o efeito fotoelétrico.

1.5 Aula 5: Experimento qualitativo do efeito fotoelétrico.

Objetivo geral

- Fazer com que o aluno identifique como o eletroscópio ficou eletrizado, associando os processos de eletrização e o efeito fotoelétrico que compõe a prática experimental.

Objetivos específicos

- Aplicar qualitativamente o efeito fotoelétrico.
- Proporcionar aos alunos uma aula prática.

- Avaliar se os alunos conseguem produzir uma explicação para os processos realizados.
- Tempo estimado para a realização do experimento: 30min.
- Tempo estimado para socialização do experimento: 20min.

O experimento a ser realizado, é composto pelos itens indicados no quadro a seguir:

Quadro 2- Relação de materiais para o experimento do efeito fotoelétrico.

Quantidade	Descrição	Imagem
01	Eletroscópio retangular	
10 folhas	Papel toalha	
01	Tubo de pvc	
01	Fonte luminosa ultravioleta	
01	Placa de filtro para UV	
01	Tecido de algodão	

01

Tubo de vidro



Fonte: a autora

Por se tratar de um experimento demonstrativo, o professor deve preparar todo o material.

Os procedimentos a seguir são:

- I. Faça uma limpeza na placa de zinco utilizando a palha de aço, para retirar as impurezas que possam ter aglomerado. Posicione a placa de zinco no eletroscópio.
- II. Atrite o bastão de PVC com o papel toalha; Em seguida encoste-o na placa de zinco eletroscópio. Observe que as folhas devem se abrir.
- III. Abra a janela da fonte luminosa de UV e posicione o feixe na placa de zinco. Observe se o eletroscópio se fecha.
- IV. Descarregue a placa encostando sua mão.
- V. Espere uns 3 minutos para que os alunos formulem suas hipóteses para explicar o que está acontecendo. Em seguida, inicie um novo processo.
- VI. Atrite o bastão de vidro com o tecido de algodão.
- VII. Encoste o bastão de vidro na placa de zinco. Verifique que as folhas do eletroscópio irão se abrir.
- VIII. Ligue a fonte
- IX. Abra a janela da fenda da fonte luminosa de UV e posicione o feixe na placa de zinco. Observe se o eletroscópio se o eletroscópio permanece aberto, ou se fecha bem lentamente.

Após fazer as demonstrações, solicite que os alunos respondam as perguntas que estão no diário de anotações.

Terminado o processo de registro das respostas dos alunos, inicie um debate, para verificar o que os alunos compreenderam, solicite que eles argumentem o que aconteceu. Se necessário, para buscar mais informações, incite perguntas mais específicas. Quais os processos de eletrização ocorrido?

É possível identificar o sinal de eletrização do eletroscópio nas duas experiências? Qual a alteração ocorrida no eletroscópio quando a luz incidiu sobre a placa? Em algum momento ocorreu o efeito fotoelétrico?

O objetivo principal dessa aula é que o aluno consiga associar que o efeito fotoelétrico influenciou na eletrização do eletroscópio.

1.6 Aula 6: Questionário Diagnóstico

Objetivo geral

- Coletar os resultados do questionário.

Objetivos específicos

- Aplicar o questionário.
 - Avaliar se os alunos conseguem responder as questões sobre o efeito fotoelétrico.
 - Responder as questões de 1 a 4 com os alunos.
- Tempo estimado para os alunos responderem o questionário: 30min.
- Tempo estimado para o professor responder e discutir com os alunos as questões de 1 a 4: 20min.

Essa é a última aula para recolher dados escritos com os alunos. Entregue o diário e solicite que eles respondam as questões de 1 a 9. As quatro primeiras questões abordam os conceitos e aplicações do efeito fotoelétrico, as demais fazem uma avaliação de como foi todo o processo da sequência de ensino. O aluno irá expor se considera que conseguiu aprender o que foi proposto, qual aula ele aprecia que mais contribuiu para a sua aprendizagem, irá indicar se teve dificuldade para responder as questões.

Após o registro dessa atividade, resolva com os alunos as questões de 1 a 4. Aproveite e lembre todos os conceitos do efeito fotoelétrico que elas propõe. Em especial as questões 3 e 4, analise o quanto as resposta dos alunos evoluíram, pois essas questões já haviam aparecido no questionário 1. Identifique quais alunos ainda não conseguem responde-las.

1.7 Aula 7: Avaliação final da UEPS

Objetivo geral

- Avaliar a UEPS

Finalizado toda a sequência de atividades, esse é o momento de sistematização de tudo o que ocorreu.

Utilize as próprias questões de 5 a 9 do último questionário e promova um debate para analisar oralmente o que os alunos avaliam da sequência de ensino. Convide esses estudantes a exporem o que compreenderam sobre o fenômeno. Busque informações sobre qual aula foi importante para ele aprender sobre o efeito fotoelétrico.

Por fim, avalie sobre a sua perspectiva, baseado em todas as informações coletadas e observadas se os alunos de fato aprenderam (significativamente) ou se apenas memorizaram os conceitos (mecanicamente).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados satisfatórios que forem alcançados nessa UEPS, nota-se a viabilidade de se ensinar física, seja a Clássica ou a FMC, como contemplado nesse estudo, quebrando paradigmas curriculares, de público ou ambiente escolar. Não obstante, o processo requer uma atenção para que se permita que o aluno relacione de maneira não arbitrária o que se propõe a ensinar. Por isso, é importante um cuidado com o tempo realmente disponível, pois ele mediará as ações que poderão ser realizadas para contemplar a aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M; MONTEIRO, B. Efeito Fotoelétrico. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoeletrico/Site/Animacao.htm>. Acesso em 15 de junho 2017.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS. Revista Meaningful Learning Review, v 1, n. 2, 2011.

OLIVEIRA, F.F; VIANNA, D.M; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 29, n. 3, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000300016&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 20 jul. 2017.

SANTOS, L.S. Dr. Quantum demonstra o exp. Fenda dupla (dual.onda/partícula). 2007. (4min51s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lytd7B0WRM8>. Acesso em 20 jul 2017.

APÊNDICE ÚNICO

DIÁRIO DE ANOTAÇÕES FORNECIDO AOS ALUNOS.

DIÁRIO DE ANOTAÇÕES



Prezado aluno,

- ✓ Mantenha esse material em todas as aulas propostas para as atividades.
- ✓ Use caneta esferográfica azul ou preta para responder as questões.
- ✓ Seja organizado em suas anotações.
- ✓ Após a concretização de cada atividade proposta, favor apresentar esse material para que seja vistado.

Obrigada por sua participação nesse projeto!

ALUNO Nº _____

TURMA _____

No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.
Albert Einstein

AULA 1

QUESTIONÁRIO 1 - DIAGNÓSTICO DE SUBSUNÇÕES

1) Quais os tipos de ondas eletromagnéticas você conhece?

2) Essas ondas possuem diferentes frequências?

() sim () não

3) A luz tem comportamento:

() ondulatório () corpuscular

() pode ser ondulatório ou corpuscular

4) O metal pode ser considerado como sendo um:

() condutor () isolante

5) Quais os processos de eletrização de um corpo?

6) O que é necessário para um corpo ser considerado eletrizado?

() ter elétrons

() ter prótons

() ter a mesma quantidade de elétrons e prótons

() que o número de elétrons seja diferente do número de prótons

7) Você já entrou em lugares onde as portas se abrem automaticamente?

Qual a explicação do funcionamento desses dispositivos?

8) Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho?

Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

9) O que é um fóton na sua compreensão?

10) (UDESC-SC) Foi determinado experimentalmente que, quando se incide luz sobre uma superfície metálica, essa superfície emite elétrons. Esse fenômeno é conhecido como efeito fotoelétrico e foi explicado em 1905 por Albert Einstein, que ganhou em 1921 o Prêmio Nobel de Física, em decorrência desse trabalho. Durante a realização dos experimentos desenvolvidos para compreender esse efeito, foi observado que:

1. os elétrons eram emitidos imediatamente. Não havia atraso de tempo entre a incidência da luz e a emissão dos elétrons.
2. quando se aumentava a intensidade da luz incidente, o número de elétrons emitidos aumentava, mas não sua energia cinética.
3. a energia cinética do elétron emitido é dada pela equação $E_c = mv^2/2 = hf - W$, em que o termo hf é a energia cedida ao elétron pela luz, sendo h a constante de Planck e f a frequência da luz incidente. O termo W é a energia que o elétron tem que adquirir para poder sair do material, e é chamado função trabalho do metal.

Considere as seguintes afirmativas:

I – Os elétrons com energia cinética zero adquiriram energia suficiente para serem arrancados do metal.

II – Assim como a intensidade da luz incidente não influencia a energia dos elétrons emitidos, a frequência da luz incidente também não modifica a energia dos elétrons.

III – O metal precisa ser aquecido por certo tempo, para que ocorra o efeito fotoelétrico.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa II é verdadeira
- b) Todas as afirmativas são verdadeiras
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras
- d) Somente a afirmativa III é verdadeira
- e) Somente a afirmativa I é verdadeira.



Recapitulando as informações...

1) Você teve dificuldades em resolver as questões propostas no teste inicial?

- () nenhuma
() pouco
() muita

2) Havia alguma questão do formulário que você não tinha noção nenhuma sobre o assunto? Ou que já ouviu falar muito superficialmente? Cite-as.

3) Discorra em um pequeno texto quais os pontos principais abordados no vídeo Dr. Quântico: dualidade onda-partícula.

AULA 2



Viajando na história...

✓ Efeito Fotoelétrico

✓ Fonte:

<http://sites.ifi.unicamp.br/lfmoderna/conteudos/efeito-fotoeletrico/>

O Efeito Fotoelétrico foi observado por A. E. Becquerel em 1839, mas foi confirmado experimentalmente por Heinrich Hertz em 1887 e sua explicação só foi dada por Albert Einstein em 1905, que motivou a Academia a premiá-lo com o Nobel de Física no ano de 1921.

O fenômeno continha vários aspectos que a Física Clássica não tinha condições de explicar de forma satisfatória, pois abordavam a luz como uma onda não como uma partícula e a ideia da energia ser quantizada fugia dos padrões e conceitos da época. Assim: 1) De acordo com as equações de Maxwell, a magnitude do vetor campo elétrico de uma onda de luz varia com a raiz quadrada da intensidade da luz, $|E| \propto \sqrt{I}$. Assim, ao aumentar a intensidade, a magnitude do campo elétrico deve aumentar. Uma vez que a força em um elétron é proporcional ao vetor campo elétrico, espera-se que a energia cinética de um de fotoelétrons deve aumentar com a intensidade da luz incidente. No entanto, observa-se que a energia cinética máxima dos fotoelétrons não dependem de intensidade. 2) A teoria ondulatoria clássica prevê que a fotoemissão deve ocorrer em todos os comprimentos de onda da luz incidente, uma vez que a luz incidente tenha intensidade suficiente. Pelo contrário, existe um determinado comprimento de onda específico para o metal, de tal modo que a luz de comprimento de onda maior não pode liberar elétrons da superfície do metal. 3) Classicamente, um elétron não seria emitido da superfície do metal até que a luz incidente tivesse transferido suficiente da sua própria energia para o metal iluminado. Esta condição exigiria um atraso temporal desde quando a primeira luz incidiu a superfície até quando o

primeiro elétron foi ejetado. Mas, experimentalmente, observa-se que a emissão de elétrons ocorre muito pouco tempo após a chegada da radiação.

Einstein ao se deparar com estas dificuldades, partiu de uma concepção de partícula para a luz e não onda e associou o efeito com a ideia recente, introduzida por Planck em 1900, que a matéria irradia sua energia em quanta de energia $h\nu$, sendo h a constante de Planck e ν a frequência da onda eletromagnética. Ele postulou que a luz dá a sua energia para um absorvedor em quanta com $h\nu$ energia. Assim, se é preciso uma quantidade de energia ϕ para emergir um elétron para a superfície e restaria uma energia cinética residual K para o elétron ser ejetado, segundo a seguinte relação: $K = h\nu - \phi$.

Somente após 1912 é que se pode fazer medições com alguma precisão para se verificar a consistência da relação proposta por Einstein. O Prêmio Nobel de 1921 foi atribuído a Albert Einstein por sua descoberta de "a lei do efeito fotoelétrico". Sir Owen Willans Richardson e K.T. Compton conseguiram verificar a equação fotoelétrica de Einstein. Pode ser testada a elevada precisão e usada nas determinações precisas da constante de Planck $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,135 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$.



Recapitulando as informações...

- 1) De acordo com o texto lido, indique quais as diferenças entre o modelo clássico e o novo modelo proposto para o efeito fotoelétrico.

Atenção!!!

Para continuarmos aprendendo...

Faça uma pesquisa sobre a aplicabilidade do efeito fotoelétrico no cotidiano. Não esqueça de indicar as fontes de sua pesquisa e apresentá-la na próxima aula.

AULA 3

SIMULAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

1) Complete a tabela

Metal	F (hz)	Intensidade de luz	U (V)

2) Faça um breve relato da simulação do efeito fotoelétrico realizada no laboratório de informática, evidenciando os fatores que você identificou que interferem na ocorrência do efeito fotoelétrico.

AULA 4

CONTEÚDO NA LOUSA!



Recapitulando as informações...

Após a exposição da professora conceituando e explicando o efeito fotoelétrico no quadro, responda:

1) O que é o efeito fotoelétrico?

2) Quando elétrons são ejetados de uma superfície metálica, a velocidade com que são expelidos depende de qual característica da radiação?

3) Ao incidirmos uma determinada radiação em um superfície metálica, percebemos a ocorrência do efeito fotoelétrico. Se a referida superfície for alterada e a radiação incidente mantida, o efeito fotoelétrico ainda será observado? Justifique.

2) O eletroscópio ficou carregado negativamente ou positivamente, quando utilizado o bastão de PVC? Justifique sua resposta.

3) Quando submetido a radiação ultravioleta, descreva o que ocorreu com o eletroscópio.

4) O eletroscópio ficou carregado negativamente ou positivamente, quando utilizado o bastão de vidro? Justifique sua resposta.

AULA 5

EXPERIMENTO EFEITO FOTOELÉTRICO

1) Anote os procedimentos realizados durante a demonstração do experimento do efeito fotoelétrico.

AULA 6

QUESTIONÁRIO 2- DIAGNÓSTICO

- 1) (UDESC 2010) Analise as afirmativas abaixo, relativas à explicação do efeito fotoelétrico, tendo como base o modelo corpuscular da luz.
- I – A energia dos fótons da luz incidente é transferida para os elétrons no metal de forma quantizada.
- II – A energia cinética máxima dos elétrons emitidos de uma superfície metálica depende apenas da frequência da luz incidente e da função trabalho do metal.
- III – Em uma superfície metálica, elétrons devem ser ejetados independentemente da frequência da luz incidente, desde que a intensidade seja alta o suficiente, pois está sendo transferida energia ao metal.
- Assinale a alternativa correta.
- a) Somente a afirmativa II é verdadeira.
 - b) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
 - c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
 - d) Somente a afirmativa III é verdadeira.
 - e) Todas as afirmativas são verdadeiras

- 2) (UFRGS) “De acordo com a teoria formulada em 1900 pelo físico alemão Max Planck, a matéria emite ou absorve energia eletromagnética de maneira emitindo ou absorvendo, cuja energia é proporcional à da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia.”

Assinale a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas:

- a) contínua – quanta – amplitude
- b) descontínua – prótons – frequência
- c) descontínua – fótons – frequência
- d) contínua – elétrons – intensidade
- e) contínua – nêutrons – amplitude

- 3) Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

- 4) O que é um fóton na sua compreensão?

- 5) Qual foi o nível de dificuldade apresentado para resolver as questões propostas no teste?

() nenhum () pouco () muito

6) Concluímos nessa etapa uma sequência de aulas que nos possibilitou estudar o efeito fotoelétrico. Você compreendeu o fenômeno? Argumente.

7) Quais aulas ou método utilizado que você destacaria que foi essencial para a aprendizagem do conteúdo?

8) A sequência proposta se assemelha ao modelo de aprendizagem ao qual está acostumado a estudar?

() sim () não

9) Faça um breve relato considerando os pontos positivos ou não, de toda a experiência na participação dessa sequência de aulas.
