



O EFEITO FOTOELÉTRICO COM BASE NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

**AULAS PARA O ENSINO MÉDIO
MANUAL INSTRUCIONAL DO PROFESSOR**

**JOSÉ PAULO NASCIMENTO
BRENO RODRIGUES SEGATTO**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**JOSÉ PAULO NASCIMENTO
BRENO RODRIGUES SEGATTO**

**O EFEITO FOTOELÉTRICO COM BASE NA TEORIA DA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.**

Vitória – ES
Dezembro – 2023

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	7
2. OBJETIVO	8
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1 QUAIS SÃO OS TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?	8
4. METODOLOGIA	9
4.1 IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	9
4.2 BENEFÍCIOS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	10
4.3 DICAS PARA PROMOVER APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	10
4.4 MODELO DE AUSEBEL SOBRE APRENDIZAGEM	10
5. FÍSICA NA PRÁTICA: MODELAGEM E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	11
5.1 AULA 01	11
5.2 AULA 02	12
5.3 AULA 03	14
5.4 AULA 04	16
5.5 AULA 05	17
5.6 AULA 06	20
5.7 AULA 07	21
6. CONCLUSÃO	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
8. APÊNDICE	25
8.1 APOSTILA DO ESTUDANTE	25
8.2 SLIDES DA AULA 04	37
8.3 RESOLUÇÃO DO PRODUTO	44

1. APRESENTAÇÃO

Caro professor,

É com grande satisfação que apresentamos este material instrucional, resultado da Dissertação de Mestrado de José Paulo Nascimento, orientado pelo professor Bruno Rodrigues Segatto. Este trabalho foi submetido ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, oferecido pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo.

Nossa abordagem pedagógica é fundamentada na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, um renomado psicólogo norte-americano. Ausubel destaca a importância do conhecimento prévio do aluno como a variável mais influente no processo de aprendizagem. Nesse contexto, desenvolvemos uma sequência didática que busca explorar o efeito fotoelétrico de maneira significativa, conectando novos conhecimentos aos saberes prévios dos estudantes. Nos respaldamos na teoria de aprendizagem desenvolvida pelo psicólogo norte-americano David Ausubel, sobre a “teoria da aprendizagem significativa”. De acordo com Moreira (2012, p. 17-18) a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel

[...] é uma teoria sobre a aquisição, com significados, de corpos organizados de conhecimento em situação formal de ensino. Há poucas décadas dir-se-ia em “sala de aula”. Hoje, na era das TICs, fica melhor falar em “situação formal de ensino” que pode ser em sala de aula (presencial) ou em um ambiente virtual (a distância). Nessa perspectiva, Ausubel tomou como premissa que se fosse possível isolar uma única variável como a que mais influencia a aprendizagem ela seria o conhecimento prévio do aprendiz. Vários são os fatores que influenciam a aprendizagem, mas se pudéssemos isolar um este seria, mais do que qualquer outro, aquilo que o aprendiz já sabe. (MOREIRA, 2012, p. 17-18)

Este material oferece uma estrutura completa para a sua aula, incluindo slides para apresentação, atividades para os alunos e as respectivas respostas. Cada aula foi cuidadosamente planejada para promover uma aprendizagem ativa, envolvente e significativa, alinhada com as práticas mais recentes em educação.

Agradecemos por escolher este recurso educacional e esperamos que ele contribua para o enriquecimento do ensino de física em sua sala de aula.

Atenciosamente,

José Paulo Nascimento
Autor e Pesquisador

2. OBJETIVO

O objetivo central deste estudo é descrever uma didática para professores de física, sendo eles novatos ou não, empregarem em suas aulas. Para isso, foram empregados os seguintes procedimentos: análise da Base Nacional Comum Curricular, especificamente, na disciplina de física do ensino médio, estudo de artigos científicos sobre teorias educacionais do ensino de física e análise crítica de ambas. Esse propósito foi fundamentado a partir da revisão bibliográfica e intervenção. O tema a ser estudado/trabalhado pelos alunos é o efeito fotoelétrico inserido enquanto estudo na física moderna. Ou seja, dimensão histórico-filosófica e prática do objeto.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nossa pesquisa e metodologia ancora-se na perspectiva educacional de David Paul Ausubel. Ausubel foi um psicólogo americano cuja contribuição mais significativa foi para os campos da psicologia educacional, ciência cognitiva e educação científica. Ausubel acreditava que a compreensão dos conceitos, princípios e ideias são alcançados através do raciocínio dedutivo. Da mesma forma, ele acreditava na ideia de aprendizagem significativa em oposição à memorização. O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é levar em conta o que o aluno já sabe. Isso levou Ausubel a desenvolver uma interessante teoria da aprendizagem significativa e organizadores avançados. Moreira sintetiza da seguinte forma:

[...]o aluno aprende a partir do que já sabe. É a estrutura cognitiva prévia, ou seja, conhecimentos prévios (conceitos, proposições, ideias, esquemas, modelos, construtos, ...) hierarquicamente organizados, a principal variável a influenciar a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. (MOREIRA, 2012, p. 18)

Assim, entendemos que Ausubel acredita que o aprendizado de novos conhecimentos depende do que já é conhecido. Ou seja, a construção do conhecimento começa com a nossa observação e reconhecimento de eventos e objetos através de conceitos que já possuímos. Aprendemos construindo uma rede de conceitos e acrescentando novos conceitos a esses.

Ausubel também destaca a importância da recepção em vez da aprendizagem por descoberta, e a aprendizagem significativa em vez da mecânica. Ele declara que sua teoria se aplica apenas à aprendizagem de recepção em ambientes escolares. Ele não disse, no entanto, que o aprendizado por descoberta não funciona; mas sim que não foi eficiente. Em outras palavras, Ausubel acreditava que a compreensão de conceitos, princípios e ideias é alcançada por meio do **raciocínio dedutivo**. Ausubel foi influenciado pelos ensinamentos de Jean Piaget. Semelhante às ideias de esquemas conceituais de Piaget, Ausubel relacionou isso com sua explicação de como as pessoas adquirem conhecimento.

3.1 QUAIS SÃO OS TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?

Existem três tipos de aprendizagem significativa. Todos compõem o processo de obtenção de conhecimento duradouro e conectam a TI ao conhecimento prévio. A seguir, os descrevemos.

Aprendizagem de representação

É o aprendizado elementar do qual outros aprendizados dependem. Baseia-se na aprendizagem de símbolos e palavras.

Aprendizagem de conceito

É produzido à medida que o vocabulário dos alunos se expande. É o aprendizado de palavras ou conceitos. Pode ser adquirido através da descoberta ou instrução do professor.

Aprendizado de proposição

É a união do aprendizado anterior. A imagem é associada à palavra e seu significado para que uma ideia expressa seja gerada.

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa utiliza a abordagem qualitativa, realizada através de uma pesquisa bibliográfica e intervenção prática. O método qualitativo é usado para entender as crenças, experiências, atitudes, comportamentos e interações das pessoas. Gera dados numéricos e não numéricos. A integração da pesquisa qualitativa em estudos de intervenção é uma estratégia de pesquisa que está ganhando cada vez mais atenção em todas as disciplinas, o que justifica a escolha desta metodologia, visto que se tem o produto, uma conclusão sobre didática para o ensino de física.

Como base do nosso referencial teórico, Moreira ainda nos adverte, baseado na aprendizagem significativa de Ausebel, “[...] do ponto de vista da pesquisa quantitativa é simples testar a eficácia dos organizadores: toma-se dois grupos aleatoriamente, com um deles usa-se o organizador com outro não, ao final do tratamento faz-se um pós-teste e compara-se o resultado.” (MOREIRA, 2012, p. 20)

Para tal, realizou-se um levantamento bibliográfico utilizando, principalmente, alguns livros didáticos do ensino público do estado do Espírito Santo. Os parâmetros para escolha dos livros didáticos foram: livros escolhidos para desenvolver a disciplina de física no Ensino Médio no Estado do Espírito Santo. Esses manuais foram disponibilizados pelo Estado e são eleitos pelos professores de cada escola. Então, não é necessário que o mesmo livro seja usado em todas as escolas da rede estadual, uma vez que cada escola junto com seu corpo docente tem autonomia para a escolha de cada livro.

4.1 IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O professor precisa ter em mente o conhecimento prévio dos alunos antes de começar a transmitir um novo material. Dessa forma, você pode fazer uso de símbolos, frases, conceitos, imagens, ideias e proposições que se conectam com novos conhecimentos. Por meio dessas conexões, os alunos terão a oportunidade de associar seus conhecimentos prévios aos novos conceitos ensinados em sala de aula. Por meio dessas conexões, o conhecimento adquirido ficará armazenado na memória de longo prazo, ocasionando um aprendizado personalizado e constante.

A motivação do aluno é essencial para obter uma aprendizagem significativa. É por isso que o professor deve usar exemplos durante a instrução de um novo material, tendo em mente o conhecimento prévio dos alunos. Recomenda-se também a utilização de recursos e materiais que facilitem este tipo de aprendizagem.

4.2 BENEFÍCIOS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Esperamos com a didática da aprendizagem significativa estimular alguns pontos que percebemos em déficit em sala de aula, trazendo alguns benefícios, sendo eles:

1. Aprendizagem ativa pelos alunos.
2. Aprendizagem personalizada com base nas experiências anteriores dos alunos.
3. Informações armazenadas na memória de longo prazo.
4. Retenção de conhecimento mais significativa e duradoura.
5. Conexão bem-sucedida de novos conhecimentos com conhecimentos prévios.

4.3 DICAS PARA PROMOVER APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Por meio da nossa experiência em sala de aula, seguindo o plano descrito neste trabalho, para a exata aplicação da metodologia da aprendizagem significativa, segue-se algumas dicas:

1. Ter em conta os conhecimentos prévios dos alunos.
2. Faça uso de atividades de interesse dos alunos.
3. Crie um ambiente motivacional para aprender.
4. Faça uso de debates, trabalhos em grupo, jogos, analogias, ilustrações e organizadores prévios.
5. Use sempre exemplos.
6. Ser um facilitador do processo de aprendizagem, esclarecer dúvidas e permitir que os alunos sejam uma entidade ativa durante o processo.

4.4 MODELO DE AUSEBEL SOBRE APRENDIZAGEM.

Ausubel acreditava que o aprendizado ocorre de cima para baixo, ou de forma dedutiva. A teoria de Ausubel consiste em três fases, apresentação de um organizador avançado, apresentação da tarefa ou material de aprendizagem e fortalecimento da organização cognitiva. Os principais elementos do modelo de Ausubel são mostrados no quadro a seguir:

Fase Um: Organizador Avançado	Fase Dois: Apresentação da Tarefa ou Material de Aprendizagem	Fase três: Fortalecimento da Organização Cognitiva
Esclareça o objetivo da aula	Torne explícita a organização do novo material.	Relacionar novas informações ao organizador avançado
Apresente o organizador	Torne a ordem lógica do material de aprendizagem explícita.	Promover a aprendizagem ativa da recepção.
Relacionar o organizador com o conhecimento dos alunos	Apresentar material e envolver os alunos em atividades de aprendizagem significativas.	

Tabela 1. Três fases do modelo de aprendizagem de Ausubel. Elaborado pelo autor.

Neste capítulo, reflete-se sobre as características de um ensino de física que seja eficaz para a realização de uma aprendizagem significativa do aluno. Isso implica no trabalho docente do professor de direção e auxílio nos processos de estudo. O professor tenta combinar as orientações curriculares com uma visão construtiva da física e da aprendizagem da disciplina, adotando para isso modelos didáticos coerentes.

Nossas ideias sobre alcançar competência e compreensão estão, portanto, intimamente ligadas à forma como concebemos o conhecimento da física. Termos e expressões físicas denotam entidades abstratas cuja natureza e origem temos que explicitar para desenvolver um modelo útil e eficaz do que entendemos por compreender tais objetos.

Para fazer isso, devemos responder a perguntas como: Qual é a estrutura do objeto para ser entendido? Que formas ou modos de compreensão possíveis existem para cada objeto físico? Que aspectos ou componentes da prática e do discurso de física são possíveis e desejáveis para os alunos aprenderem em um determinado momento e em uma determinada circunstância? Como articular o estudo de seus diversos componentes? Estas e outras perguntas nos norteiam ao propor as soluções para a didática da física na escola.

5. FÍSICA NA PRÁTICA: MODELAGEM E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Dar um papel primordial à atividade de resolução de problemas e modelagem tem repercussões importantes do ponto de vista educacional. Seria no mínimo contraditório com a gênese histórica da física, como com suas aplicações atuais, apresentá-la aos alunos como algo fechado, completo e distante da realidade. Deve-se levar em conta, por um lado, que certos conhecimentos físicos permitem modelar e resolver problemas de outras áreas e, por outro, que muitas vezes esses problemas que não são estritamente físicos em sua origem fornecem a base intuitiva sobre a qual novos conhecimentos são elaborados.

Para vislumbramos a prática proposta neste trabalho, segue-se o plano de ensino, contendo sete aulas didaticamente explícitas, para introduzir, conceituar, deduzir, ampliar conceitos e testar a apreensão do aluno. No apêndice, encontra-se o “Diário de bordo do estudante”, manual que acompanhará o estudante na jornada proposta por essa sequência didática. Cada aula corresponde a uma atividade trabalhada em sala de aula. Assim, o aprendizado acontece em dois momentos e com dois estímulos diferentes: receptivo (em sala de aula, com a explicação dos conceitos pelo professor) e ativo (onde em casa, o estudante realiza pesquisas e experimentos).

5.1 AULA 01

Momento 1 – Pré-teste

Duração: 1 aula

Objetivos

Conceitual

Identificar as diferentes concepções que o aprendiz possui acerca da estrutura do modelo atômico, propriedades do fenômeno ondulatório e transferência de energia em colisões, uma vez que, ambos são importantes para a compreensão do efeito fotoelétrico.

Identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos conceitos circundantes do efeito fotoelétrico.

Identificar nos alunos a intenção de aprender.

Epistêmicos:

Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias.

Científicos:

Trabalhar com novas informações;

Elaborar, discutir, testar as diferentes ideias e hipóteses acerca de um conceito físico;

Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

Esta sequência didática visa possibilitar a assimilação do conceito do efeito fotoelétrico, para tanto, vale ressaltar que nas etapas anteriores da caminhada acadêmica dos estudantes é possível que eles já tenham entrado em contato com alguns conceitos e termos que aqui serão explorados. O pré-teste disponibilizado por meio do diário de anotações no apêndice A, está estruturado na forma de perguntas objetivas e discursivas, tem duas finalidades. A priori conhecer a estrutura cognitiva e os conhecimentos prévios do aluno antes que o material que abarca os conceitos do efeito fotoelétrico seja disponibilizado a eles. Em segundo, constatar o quão dispostos eles estariam para se relacionarem com o novo material – de maneira substantiva e não arbitrária, à sua estrutura cognitiva.

Ao iniciar a aula distribua o diário e, antes de solicitar aos alunos que respondam, elucide que a finalidade principal do pré-teste é averiguar o que o estudante sabe acerca do assunto a ser abordado, portanto, não tem caráter avaliativo. Enfatize a importância da honestidade na resolução das questões (considerando que algum aluno possa tentar fraudar o teste) e informe que o professor irá fazer a leitura das questões. Após os informes, solicite que eles resolvam as questões de 1 a 10 e as 3 questões extras.

Abaixo estão elencados os termos e conceitos que se espera estar armazenados na estrutura cognitiva dos estudantes, considerando que já deveriam ter estudados:

- estrutura do modelo atômico.
- propriedades dos fenômenos ondulatórios.
- transferência de energia em colisões.

Questões extras – buscar identificar nos alunos a intenção de aprender ao relacionar os seus conhecimentos com uma nova situação.

Após à resolução do pré-teste, recolha os diários e tendo possibilidade, registre suas impressões acerca da aula.

5.2 AULA 02

Momento 2 – Organizadores prévios (uso de recurso literário (texto) e audiovisual (vídeo) na proposição de situação problema).

Duração: 1 aula

Objetivos

Conceitual

Propor uma situação problema, tendo por finalidade ser um organizador prévio.

Abordar o conceito de dualidade onda partícula.

Abordar a transição histórica da teoria clássica para a teoria moderna do efeito fotoelétrico.

Epistêmicos:

Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias.

Científicos:

Trabalhar com novas informações;

Elaborar, discutir, testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução de situação problema;

Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

Neste segundo momento, pós pré-teste, indica-se expor os organizadores prévios. Tais organizadores, visam evidenciar as subsunções presentes na estrutura cognitiva dos alunos, bem como, possibilitar que recordem de situações cotidianas que justifiquem a aprendizagem do conteúdo proposto. Para tanto, conceitos amplos e inclusivos que contemplem a diversidade de estruturas cognitivas identificadas por meio do pré-teste, configura a incumbência dos organizadores prévios, segundo Ausubel. Assim, sendo, cabe a este momento, inserir de forma gradual, conceitos sobre o efeito fotoelétrico.

Em consonância com esse princípio, propõe-se a apreciação de dois vídeos – “O Gato de Schrödinger Explicado”¹ e “Dr. Quântico: experimento da fenda dupla”². O primeiro abarca o conceito da superposição e o segundo abarca o conceito de dualidade onda-partícula. Atente-se às reações dos estudantes, pois, sendo esta geração mais imagética há uma atenção, por parte deles, voltada para a arte gráfica e as problematizações suscitadas.

Após a exibição dos vídeos, solicite aos estudantes que tomem nota dos pontos que eles consideraram de maior relevância fazendo uso do diário de anotações para estas ponderações. Na sequência, proponha um momento de diálogo objetivando averiguar mais informações por meio da oralidade. Para estimular o debate faça alguns questionamentos:

Qual relação vocês perceberam entre os dois vídeos? As ondas passaram primeiro por uma fenda e depois por duas. Que diferença apresentada na onda na água vocês perceberam? Quando o feixe de elétrons atravessou uma fenda, o que aconteceu no aparato? Que mudanças vocês perceberam quando acrescentada a segunda fenda?

Nesse espaço interação e de escuta possibilite aos alunos relatarem suas impressões.

Depois do momento de socialização, sugira aos alunos a leitura compartilhada de um resumo (disponível no diário) que aborda a transição da teoria clássica para a teoria moderna do efeito fotoelétrico.

Após o término da leitura solicitar aos alunos que responda à questão que consta no diário de anotações após o texto. Nesta atividade deverão destacar o que difere o modelo clássico do modelo quântico do efeito fotoelétrico.

Na conclusão deste segundo momento estabeleça um novo momento de interação. Divida os alunos em grupos e proponha a elaboração de uma linha do tempo, a partir das datas presentes no texto e que destaquem divergências entre as teorias. Para isso, disponibilize cartolinas e pinceis aos grupos. Ao final peça que cada grupo apresente seu trabalho.

Antes do término da aula solicite a realização de uma atividade de pesquisa extra-classe, na qual cada grupo deve se ocupar de uma aplicação do efeito fotoelétrico. O trabalho pode ser digitado ou manuscrito, deve conter as fontes e ser entregue na aula seguinte.

1 *O Gato de Schrödinger Explicado*. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=pKEq-8d_1pn4&ab_channel=Ci%C3%AanciaTodoDia. Acesso em 09 de setembro de 2022.

2 *Dr. Quântico: experimento da fenda dupla*. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=U-tPf0XYQzfl&ab_channel=GrupoModula%C3%A7%C3%A3o%CE%A9. Acesso em 09 de setembro de 2022.

5.3 AULA 03

Momento 3 – Uso de Simulação Computacional com um Roteiro de Atividades.

Duração: 1 aula

Objetivos

Conceitual

Possibilita, a partir da interatividade, que o aprendiz, se torne parte do experimento e do efeito fotoelétrico, uma vez que, é possível testar hipóteses por ele criada e a participação ativa na simulação do fenômeno que abarca elementos abstratos (átomos, fóton, ondas eletromagnéticas).

Resgatar aspectos mais gerais acerca do efeito fotoelétrico por meio de simulação computacional.

Escrutar se há, por parte dos alunos, uma associação precisa entre a frequência e a intensidade da luz com o efeito fotoelétrico.

Avaliar as contribuições dos alunos em relação às suas percepções do fenômeno.

Epistêmicos:

Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias.

Científicos:

Trabalhar com novas informações;

Elaborar, discutir, testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução de situação problema;

Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

O professor deve solicitar aos alunos a entrega do trabalho de pesquisa extraclasse solicitado na aula anterior.

Nesta aula usaremos como recurso o simulador *PhET* colorado3, no qual realizaremos a simulação do efeito fotoelétrico. Para tanto, recomenda-se que os aprendizes sejam dispostos em duplas ou trios, de acordo com a disponibilidade de equipamentos presente na instituição, uma vez que cada agrupamento fará uso de um Chromebook.

Orienta-se o professor projetar o simulador no quadro ou na tela do kit multimídia (caso a escola disponha do recurso) para que os alunos possam acompanhar as orientações quando ao uso da ferramenta. O uso do simulador será precedido da exibição de dois vídeos de curta duração, projetados pelo professor intuindo que toda a turma acompanhe, sendo estes sobre o efeito fotoelétrico. Um destes, nomeado “A natureza das coisas – Einstein no dia a dia – Parte I”4, que compõe uma série de documentários que versa sobre a vida do Físico Albert Einstein, no qual é mencionada a conquista do Prêmio Nobel de Física pela explicação do efeito fotoelétrico.

O outro vídeo apresenta exemplos de aplicações diversas do efeito fotoelétrico no

3 Simulador *Phet*. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR

4 *A natureza das coisas – Einstein no dia a dia – Parte I*. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Oqz6WqeM0uk&ab_channel=Prionyx. Acesso em 01/09/2022.

nosso cotidiano veiculada no site G1 Pernambuco sobre o título “Efeito fotoelétrico leva em consideração, as descobertas de Einstein”⁵. O simulador, que será utilizado de maneira qualitativa, é um software⁶ livre que está à disposição de estudantes e professores no qual, variando a frequência e a intensidade da luz dá-se a ejeção de elétrons de placas metálicas, sendo estas (as placas) também sujeitas à mudança.

Nas ilustrações a seguir encontra-se disposto a montagem de um circuito elétrico acoplado a um tubo de vácuo contendo em cada uma de suas extremidades uma placa metálica. Incide sobre o material, representada por uma lanterna, a luz proveniente de uma fonte. Sendo que, é permitido ao usuário, por meio da interatividade, manipular a intensidade e o comprimento de onda da luz emitida. Junto ao cursor do ajuste de comprimento de onda encontra-se o espectro eletromagnético, de modo a contextualizar o sentido desta grandeza.

A intensidade da corrente elétrica gerada e o valor da diferença de potencial entre as placas encontram-se no circuito, sendo esse segundo passível de manipulação. É possível esboçar gráficos entre as variáveis que descrevem o fenômeno no quadro que se encontra ao lado (a direita).

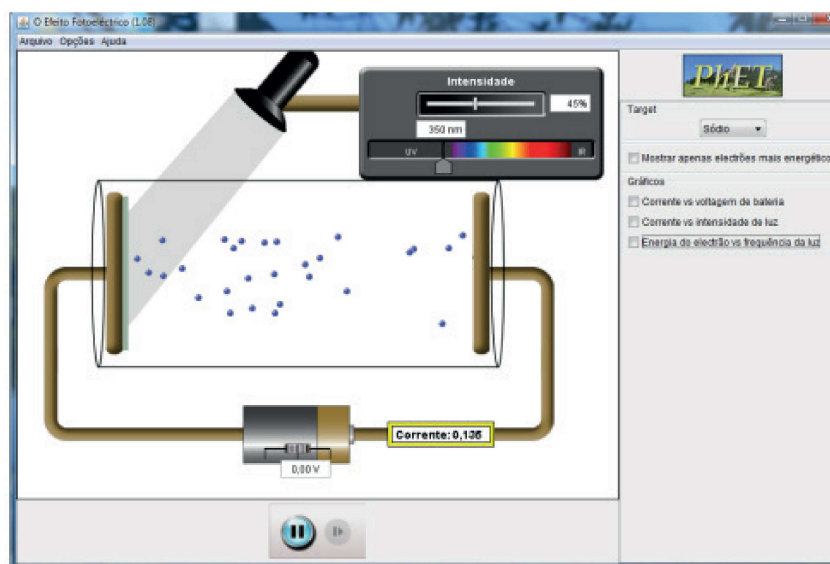


Figura 1: ilustra a luz irradiada sobre a placa de metal e os elétrons sendo ejetados na simulação computacional do efeito fotoelétrico. Fonte: <http://www.ensinolivre.pt/?q=node/184>. Acessado em 09 de setembro de 2022.

⁵ *Efeito fotoelétrico leva em consideração, as descobertas de Einstein*. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/video/efeito-fotoeletrico-leva-em-consideracao-descobertas-de-einstein-2962910.ghtml> acessado em 01/09/2022.

⁶ https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR acessado em 01/09/2022.

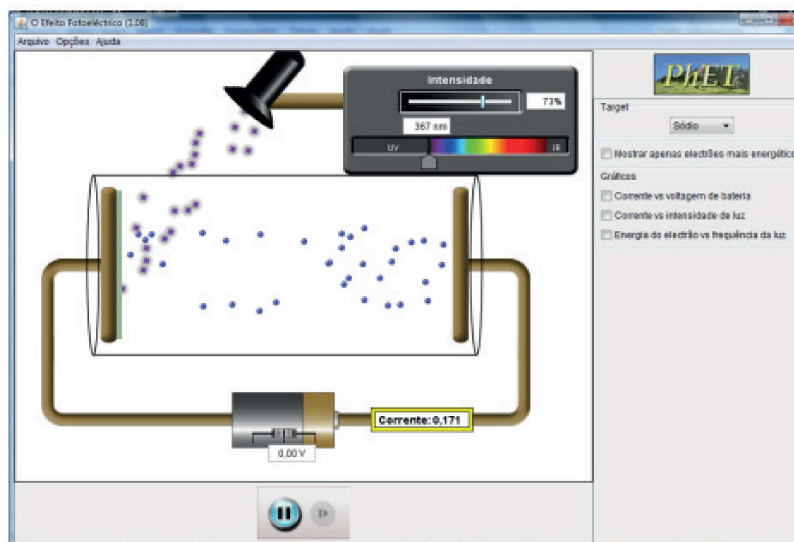


Figura 2: ilustração dos fótons atingindo a placa de metal na simulação computacional do efeito fotoelétrico. Fonte: <http://www.ensinolivre.pt/?q=node/184>. Acessado em 09 de setembro de 2022.

Consta na apostila do estudante (segue em anexo), um roteiro experimental virtual, no qual estarão dispostos os procedimentos que devem ser seguidos na realização da atividade, sendo relevante que o professor faça a mediação ao longo do processo.

5.4 AULA 04

Momento 4 – Aula expositiva do efeito fotoelétrico.

Duração: 1 aula

Objetivos

Conceitual

Explicar, em nível de maior complexidade, o fenômeno do efeito fotoelétrico, contrapondo as aulas anteriores.

Articular a respeito da quantização de energia.

Descrever o conceito do efeito fotoelétrico.

Ressaltar a forma como a ocorrência do efeito fotoelétrico sofre interferência da frequência e da intensidade da luz.

Equacionar a energia cinética do elétron ejetado.

Utilizar a pesquisa sobre aplicações do efeito fotoelétrico no cotidiano realizada pelos alunos.

Epistêmicos:

Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias.

Científicos:

Trabalhar com novas informações.

Elaborar, discutir, testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução de situação problema.

Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

Usar apresentação em Power point.

Intuindo que os aspectos de maior relevância estejam presentes nesta aula, é sugerido ao regente de classe, a consulta a algumas bibliografias (disponíveis no anexo 2, *slides* de aula) com a finalidade de que ele fundamente bem sua explanação.

De modo a contemplar os conceitos abordados nas aulas anteriores e contribuir com o esclarecimento e aprofundamento das hipóteses erigidas pelos alunos, faz-se necessário que esta aula se ocupe expor os temas abaixo elencados.

- Quantização de energia, definir o que é um fóton.
- Reforçar que a luz pode ter comportamento ondulatório e corpuscular.
- As duas principais observações feitas por Lenard que caracterizam o efeito fotoelétrico.
- Mudança da frequência de corte, quando se altera a superfície metálica (consequência do aumento da intensidade da luz e frequência mínima para a emissão de elétrons).
- 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.
- Aplicabilidades do fenômeno.

Após a explanação do professor será aplicado um questionário constituído de três questões que versam sobre o efeito fotoelétrico, disponibilizado no diário de atividades.

Pautando-se no que foi trabalhado até agora e na pesquisa que você realizou, responda: o que é o efeito fotoelétrico?

Dentre as características da radiação há uma responsável pela velocidade da ejeção dos elétrons quando estes são ejetados da superfície metálica. Que característica é essa?

Para que o efeito fotoelétrico aconteça faz-se necessário a incidência de uma determinada radiação sobre uma superfície metálica. Supondo que substituíssemos a superfície por outro material e mantivéssemos a radiação incidente, ainda assim, o fenômeno do efeito fotoelétrico seria observado? Justifique sua resposta.

As questões que compõem o questionário abarcam elementos fundamentais a constatação da compreensão do aluno acerca de duas dimensões do efeito fotoelétrico: o que é e como ocorre.

5.5 AULA 05

Momento 5 – Experimento qualitativo demonstração de experimento de relê fotoelétrico.

Duração: 1 aula

Objetivos

Conceitual

Demonstrar qualitativamente o efeito fotoelétrico.

Perceber de que maneira o fenômeno do efeito fotoelétrico tem aplicabilidade prática.

Identificar quais conceitos do efeito fotoelétrico estão presentes no experimento.

Propor uma atividade com alto grau de inclusividade, a fim de que os aprendizes se empenhem em relacionar os conceitos mais gerais e substanciais considerando a singularidade da estrutura cognitiva de cada um.

Epistêmicos:

Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias.

Científicos:

Trabalhar com novas informações;

Elaborar, discutir, testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução de situação problema;

Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

Presumindo que os estudantes do ensino médio estejam na fase de abstração operacional-concreta, ou seja, ele é capaz de compreender de forma lógica situações vivenciadas, à vista disso atingem um nível de compreender que uma atividade experimental oportuniza, a partir das leis da física, reproduzir uma aplicação prática daquele conhecimento de modo a legitimar sua aplicabilidade e, por conseguinte, dar sentido e significado ao acesso a tal conhecimento.

A atividade pode ser realizada em qualquer espaço da escola destinado às atividades pedagógicas, dessa maneira, caso a unidade escolar não disponha de laboratórios isto não será empecilho à realização da atividade.

Relê fotoelétrico é um dispositivo de automação, sua função principal é ligar e desligar circuitos a partir da quantidade de luz ambiente onde ele for instalado. Este equipamento funciona como uma espécie de interruptor, o que o diferencia dos interruptores tradicionais é que ele não requer intervenção humana para acioná-lo, seja ligando ou desligando.

Essa atividade funciona de modo autônomo no seu circuito interno, acionado por um sensor LDR ou por células coletoras de energia solar, popularmente conhecidas como fotocélulas, células fotovoltaicas ou célula fotoelétrica, que tem por finalidade mensurar a incidência de luz e têm a capacidade de variar a sua resistência de acordo com a quantidade e intensidade de luz que incide neles.

Orienta-se, caso seja possível, dispor os alunos em “U” ou semicírculo, de modo que todos consigam ter contato visual com a montagem do experimento. Pode se solicitar o auxílio de alguns estudantes na montagem ou exibir os vídeos abaixo citados e na sequência indagar quais alunos gostariam de montar o experimento. Caso seja possível o professor pode levar mais de um quito para sala possibilitando que um número maior de alunos interaja na construção do experimento.

Nessa aula iremos trabalhar com a montagem e demonstração de um circuito elétrico constituído de uma lâmpada ligada a um relê fotoelétrico, conforme apresentado na figura 3.

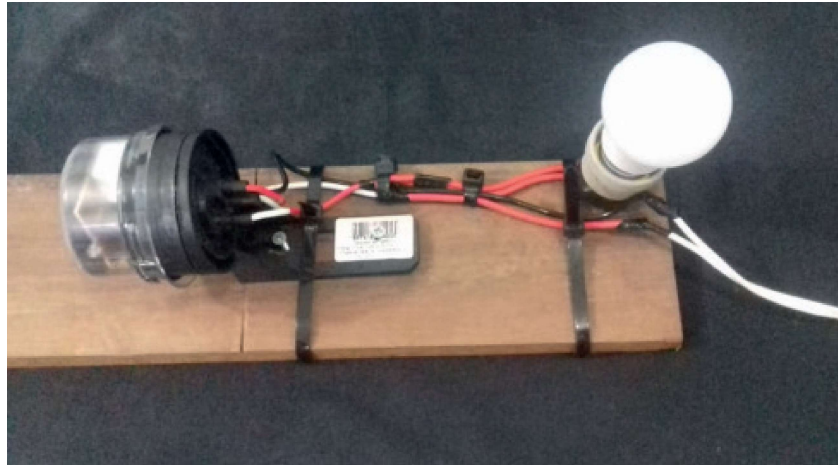


Figura 3. Montagem experimental para acendimento de uma lâmpada com o uso do relê fotoelétrico. Fonte: <http://www2.ufac.br/mnpef/menu/produtos-educacionais/isaias-fernandes-gomes-produto-educacional.pdf>. Acessado em 09 de setembro de 2022.

Os materiais utilizados para construção do experimento são:

- 1 relê fotoelétrico ;
- 1m fio encapado vermelho 2,5 mm
- 1m de fio encapado preto 2,5 mm
- 1m de fio encapado branco 2,5 mm
- 1 bocal de lâmpada
- 1 lâmpada
- 1 plug tomada macho
- 1 base de madeira para fixar o relê fotoelétrico
- 1 alicate
- 1 rolo de fita isolante

O modelo esquemático do experimento consta na figura 4.

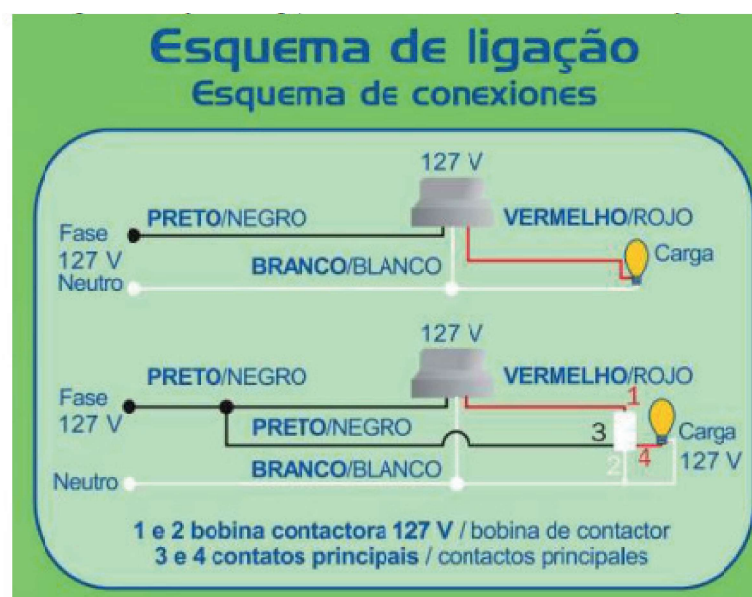


Figura 4. Esquema de ligação do circuito elétrico relê fotoelétrico e lâmpada, Fonte: Adaptado de <https://www.exatron.com.br/storage/productsfiles/WNurKitQy1Zjz2LK4psNzAVGZJBR42bbMk8q4byW.pdf>. Acessado em 09 de setembro de 2022.

Para orientação quanto à montagem do experimento é sugerido à apreciação dos vídeos abaixo mencionados:

- Vídeo 1: Ligando um relé fotoelétrico no refletor de LED (Link: <https://youtu.be/gmigUQGNCBk>) acessado em 09 de setembro de 2022;
- Vídeo 2: Como instalar uma fotocélula (Link: <https://www.youtube.com/watch?v=ZdLu5rPzP4c&t=67s>) acessado em 9 de setembro de 2022.

Após a demonstração solicite aos alunos responderem as questões presentes no diário.

Quando os alunos concluírem a atividade, caso ainda tenha tempo disponível, recomenda-se propor um debate, com o objetivo de averiguar a aprendizagem, para tanto o professor pode mediar esse momento fazendo questionamentos.

A atividade experimental investigativa possibilita ao aprendiz visualizar o fenômeno que é permeado de conceitos abstratos, analisar de forma qualitativa o fenômeno do efeito fotoelétrico, testar hipóteses por meio da interação, aprimorar seus conhecimentos acerca da análise das contribuições do efeito fotoelétrico no cotidiano, bem como oportunizar por meio da observação da prática experimental, como a metodologia física e, em geral, científica subjacente à prática, afim de que possam compreender a aplicação da análise do fenômeno.

5.6 AULA 06

Momento 6 – Aplicação de questionário diagnóstico.

Duração: 1 aula

Objetivos

Conceitual

Avaliar, por meio da coleta de dados, o nível de aprendizagem dos alunos acerca do fenômeno do efeito fotoelétrico.

Epistêmicos:

Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias.

Científicos:

Elaborar, discutir, testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução de situação problema;

Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

Tendo por fundamento tecnologias que se utilizam do efeito fotoelétrico, do material que constitui a sequência de atividades, e sobretudo, a maneira correta orientada por Moreira e Masini (2001) de identificar a aprendizagem de forma significativa, as questões inusitadas; deu-se a elaboração da avaliação final constituída de um teste que visa averiguar a assimilação do conteúdo.

Intuindo identificar se o aprendiz estabeleceu alteração na estrutura cognitiva, por meio da modificação de algum subsunçor, o que configura que houve uma correlação en-

tre os conceitos prévios e os novos conceitos apresentados, o teste dispõe questões contextualizadas e não visualizadas pelo aluno anteriormente.

Nesta aula serão angariados os últimos dados escritos dos alunos. Distribua os testes para os alunos, faça a leitura de todas as questões e peça que eles acompanhem, e solicite que responda as questões de 1 a 9, sendo que as quatro primeiras se ocupam de conceitos e aplicações do efeito fotoelétrico, as seguintes fazem a averiguação de como se deu o processo da sequência didática. Desta maneira, o aprendiz poderá apresentar o que conseguiu assimilar do que fora exposto, qual metodologia melhor contribui para que ele aprenda o conteúdo e externará as dificuldades que ele encontrou na realização da atividade.

5.7 AULA 07

Momento 7 – Avaliação final.

Duração: 1 aula

Objetivos

Conceitual

Retomar, revisar e reavaliar o entendimento dos conceitos já trabalhados.

Epistêmicos:

Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias.

Científicos:

Trabalhar com novas informações;

Elaborar, discutir, testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução de situação problema;

Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

Para este momento de revisão o professor deverá dispor os alunos em círculo, projetar o teste final e promover um debate acerca de cada questão, de modo a possibilitar, pela oralidade, que cada aprendiz exponha o que aprendeu sobre o fenômeno, bem como relate sua experiência de aprendizagem com os métodos que constituíram a sequência.

Para finalizar, sobre sua perspectiva, faça uma análise tendo por fundamento do material coletado e suas anotações pessoais, se ficou estabelecida uma aprendizagem (significativa) ou se apenas memorizaram conceitos (mecanicamente).

De acordo com a BNCC, a área de Ciências da Natureza deve abarcar diversos conhecimentos, conceituais e práticos:

É importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. Nessa perspectiva, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza. (BNCC, 2018, p. 547)

Do ponto de vista do ensino da física, as reflexões prévias devem ser específicas à idade e conhecimentos dos alunos. Não podemos propor os mesmos problemas a um físico formado, a um adulto, a um adolescente ou a uma criança, porque suas necessidades são diferentes. Deve ficar claro que a realidade dos alunos inclui sua própria percepção do ambiente físico e social, além de componentes imaginados e lúdicos que despertam seu interesse em maior medida do que situações reais que interessam aos adultos.

Consequentemente, a ativação do conhecimento físico pela resolução de problemas reais não é alcançada transferindo mecanicamente situações “reais”, mesmo que sejam muito pertinentes e significativas para o adulto, pois podem não ser de interesse dos alunos.

6. CONCLUSÃO

Espera-se que os professores em formação adquiram uma visão do ensino da física que inclua: a) aulas como comunidades matemático-físicas, e não como uma simples coleção de indivíduos; b) verificação lógica, matemática e física dos resultados, em comparação com a visão do professor como a única fonte de respostas corretas; c) raciocínio matemático, mais do que simples procedimentos de memorização; d) a formulação de conjecturas, a invenção e resolução de problemas, descartando a ênfase na busca mecânica de respostas e e) a conexão das ideias físicas e suas aplicações, em oposição à visão da física como um corpo isolado de conceitos e procedimentos.

A instrução significativa de física atribui um papel fundamental à interação social, cooperação, discurso e comunicação, além da interação do sujeito com situações-problema. O sujeito aprende por meio de sua interação com um meio instrucional, apoiado no uso de recursos simbólicos, materiais e tecnológicos disponíveis no ambiente. Algumas consequências dessa abordagem de ensino são as seguintes:

1. Para que o estudo de um determinado conceito seja significativo, devemos mostrar aos alunos uma amostra representativa das práticas que lhe dão significado. Ao planejar o ensino devemos partir da análise do significado desse conceito. Dado que o tempo de ensino é limitado, tentar-se-á selecionar as práticas mais representativas.

2. É importante dar aos alunos a oportunidade de considerar e tentar resolver problemas interessantes para que eles: 1) formulem hipóteses e conjecturas, 2) tentem usar diferentes sistemas de representação, 3) tentem comunicar e validar as soluções propostas, 4) compare suas soluções com as de outros colegas e, por fim, 5) tente comparar sua solução com a solução considerada correta pela física moderna.

3. Devemos estar cientes de que ao final do processo de instrução o conhecimento construído por cada aluno será sempre parcial e dependerá do contexto institucional, material e temporal em que o processo ocorre.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.

MOREIRA, Marco Antonio. *O Que É Afinal Aprendizagem Significativa?*. In: Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Currículum, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em 15 de junho de 2022.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2º Ed. – 2001.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. Física. São Paulo: Atual, 2º Ed – vol. Único. Ano 2005.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. *RevistaonlineCiência & Cognição*, v.13, n.2, p.99-108, 2008.

COELHO, Rafael Otto. O uso da informática no ensino de física de nível médio. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2002. Disponível em: . Acesso em: 07 set. 2022.

8. APÊNDICE

8.1 APOSTILA DO ESTUDANTE

Meus diletos, a escola é o desafio de novas atitudes, de novos comportamentos, de sociabilidade e assimilação de conteúdo. Por isso, você é convidado e convidada a embarcar nessa viagem de acesso a novos conhecimentos e do desenvolvimento de habilidades, dentre elas, vislumbrar, a exemplo de Albert Einstein, a habilidade por essência do futuro, a capacidade resiliente de oferecer soluções novas para problemas que nunca ocorreram.

Nome: _____

Turma: _____

Orientações:

Cuide muito bem do seu material, ele será utilizado ao longo de todas as aulas na realização das atividades.

Faça o uso de caneta esferográfica azul ou preta na resolução das questões.

Mantenha em ordem suas anotações.

Após à realização de cada atividade o material será recolhido para que o professor possa ter acesso aos seus registros.

Agradeço a sua disposição em participar desse projeto.

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

MOMENTO 1

Questionário 1 – Diagnóstico de subsunções.

1) Os filósofos pré-socráticos destacaram-se pela busca de uma explicação racional de todo o universo e da natureza. Dentre estes, Demócrito e Leucipo apresentaram uma teoria cosmológica que definia como princípio de tudo (arché) o que eles chamavam de átomo (aquilo que não se divide). Para tanto, sugeriram a divisão sucessiva de um material, até se obter uma unidade indivisível nominada de átomo. Nos apropriando do exemplo que os mesmos deram na condição de exemplificação de sua teoria: se pegarmos um vaso de barro e jogarmos no chão ele se dividirá em vários pedaços, se pegarmos um desses pedaços e o lançarmos novamente ao chão ele se dividirá em pedaços menores, inclusive podemos esfarelar estas pequenas partes e obter um pó. Tal processo pode ser repetido inúmeras vezes. Se substituirmos o vaso de barro por uma rocha e a submetermos a um processo de divisão, sequenciada pelas sucessivas dimensões, qual (is) parte (s) teríamos dessa rocha?

R: _____

2) Fabio Lima⁷, um dos mais premiados violonistas brasileiros, possui um canal no youtube com mais de 1 milhão de inscritos, no qual reproduz além de suas composições autorais, clássicos da música erudita até músicas de desenhos, animes e jogos. Ao publicar um novo vídeo no seu canal, o violonista toca as cordas do violão, produzindo vibrações que têm como consequência a emissão de um som. Desta forma, cada corda produz uma onda mecânica.

As ondas possuem características, assim, sendo, das opções abaixo marque aquela (as) opção (ões) que se relacionam com estas características. Justifique a (s) resposta (s) marcada (s).

- ☐ frequência
- ☐ luz
- ☐ comprimento de onda
- ☐ velocidade
- ☐ Período
- ☐ mar
- ☐ aceleração
- ☐ transporte de energia
- ☐ valores definidos de energia

Justificação:

R: _____

⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/channel/UCABFK9R0hi0FYiASAAVf5-g>. Acesso em 01 de setembro de 2022.

3) Um dos esportes mais populares no Brasil é a sinuca. Embora muitos pensem que ele se resume em mandar bolas na caçapa, a prática deste esporte envolve diversos conceitos físicos, como, por exemplo, a mesa, que precisa ser plana, para que não haja alterações no sentido, desejado, para o deslocamento das bolas; a cobertura da mesa é constituída de lã e nylon, objetivando que a superfície fique lisa tenha o menor atrito possível; o cálculo de vetores (aquela seta que indica direção e sentido de uma força) para que a bola vá onde o jogador desejar.

Atualmente, Josué Ramalho da Silva (atual campeão da primeira Copa Mundo da Sinuca), conhecido popularmente como Baianinho de Mauá, é considerado o atleta brasileiro de maior destaque desta modalidade esportiva. Na final do campeonato, acompanhado por mais de meio milhão de espectadores na transmissão pelo youtube, o atleta, numa das muitas tacadas dadas por ele, a bola branca, ao colidir com outra bola, para e, a bola atingida, prossegue com um movimento semelhante ao da bola branca. Como você explicaria esse fenômeno?

R: _____

Questões extras

1) Para responder as questões de 1 a 10 dispostas no questionário inicial, como você classificaria o nível de dificuldade na resolução dele?

() nenhuma.

() pouca.

() muita.

2) Em relação ao questionário inicial existe algum assunto abordado acerca do qual você não possui nenhum conhecimento ou que havia ouvido falar de modo superficial? Cite.

R: _____

3) A escola é um espaço que propicia vivências, relacionamento pessoal, aprendizado em relação a valores, solidariedade social e capacidade de acesso ao conhecimento letrado. Nesse sentido, é relevante que o educando se motive a entender que escolarização é um pedaço da existência dele e educação é para a vida inteira. Um dos elementos constitutivos da escolarização são os métodos de avaliação da aprendizagem, que podem ser pontuais (prova, lista de exercícios, pesquisa) ou processuais.

À vista disso, no período que precede uma avaliação pontual fazer uso de técnicas de estudo permite ao sujeito em formação organizar a rotina, potencializar resultados, alcançar objetivos específicos, elevar a motivação, dentre outros. Das técnicas de estudos elencadas abaixo, marque aquela (s) que faz (em) parte da sua rotina de estudos.

- ☐ estudo intercalado (rotacionar as matérias ou assuntos, não ficar muito tempo).
- ☐ mapa mental.
- ☐ releitura.
- ☐ fichamento.
- ☐ testes práticos.
- ☐ perguntas e respostas.
- ☐ autoexplicação.
- ☐ prática distributiva (ao invés de estudar três horas seguintes, você divide em 1h de estudos pela manhã, 1 h a tarde e 1 h a noite, por exemplo).
- ☐ recursos audiovisuais (assistir vídeo aulas, ouvir um podcast, dentre outros).
- ☐ meu período de dedicação aos estudos está resumido ao período em que estou na escola.
- ☐ não tenho uma rotina de estudos.

MOMENTO 2

A importância da memória.

Após a apreciação do vídeo do Dr. Quântico: dualidade onda-partícula, descreva abaixo suas impressões acerca da abordagem feita pelo mesmo, destacando os aspectos que mais lhe chamaram a atenção.

R: _____

Historiando...

Efeito Fotoelétrico

[http:// sites.ifi.unicamp.br/lfmoderna/conteudos/efeito-fotoeletrico/](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 de a 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 depende de intensidade. 2) A teoria ondulatória clássica prevê que a foto emissão 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. 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 $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,135 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$.

Vamos rememorar...

A partir da leitura do texto, quais divergências você observou entre o modelo clássico e o modelo moderno apresentado na explicação do fenômeno do efeito fotoelétrico.

R: _____

ATENÇÃO!!!!

É de seu conhecimento que no mundo atual grande parte das coisas que aprendemos hoje num curso perdem a validade rapidamente, pelas suas determinantes revalidações.

Por isso vamos realizar uma pesquisa sobre qual a relação do acender e apagar das lâmpadas dos postes de iluminação pública, o funcionamento das portas automáticas e a transformação de energia luminosa (como a solar) em energia elétrica como é o caso das células fotovoltaicas utilizadas em painéis solares e o fenômeno do efeito fotoelétrico.

Anote aqui as suas principais observações!

MOMENTO 3

Simulação Phet

Roteiro de atividade 3

Alunos (as): _____

Turma: _____

Objetivos:

Compreender a interação da luz com a matéria.

Analisar qualitativamente a relação da frequência e da intensidade com o efeito fotoelétrico.

Materiais:

Chromebook. Link para acessar o simulador: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR. Acessado em 09 de setembro de 2022.

Procedimento Metodológico: Conforme exibido na figura 1, acesse o simulador do efeito fotoelétrico.

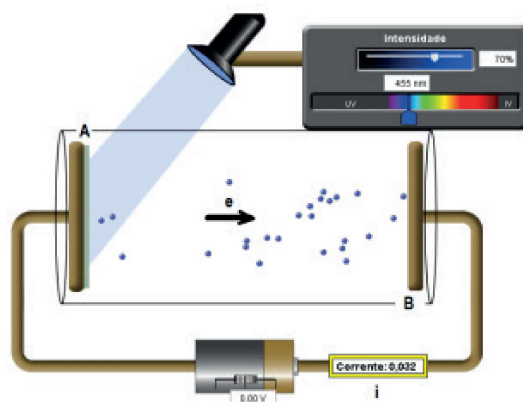


Figura 1. Ilustração de aparato instrumental para produzir o efeito fotoelétrico (figura adaptada de simulação interativa Phet – Universidade do Colorado).

A - Placa metálica (Há, disponíveis, seis materiais metálicos diferentes (sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio). Sua troca pode ser feita pela janela “tipos de metais”).

e – São os elétrons ejetados da placa.

B – Placa coletora.

i – Amperímetro (instrumento utilizado para medir a corrente elétrica).

Instruções:

Vocês deverão abrir a simulação no lugar indicado pelo professor. Primeiro vamos conhecer quais variáveis nos é oferecida pela simulação, além das descritas acima:

- A. Na simulação, identifique como alterar a intensidade da luz.
- B. No simulador, encontre onde é possível alterar o comprimento da onda.
- C. Encontre a pilha e a maneira de alterar sua tensão.

Tendo como recurso a simulação PhEt para auxiliá-los na atividade, dialogue com o seu grupo acerca do que está acontecendo e, de maneira consensual estabeleçam a melhor resposta para as questões a seguir:

1) Se incidirmos luz sobre uma placa de um elemento (designar o termo para materiais que emite elétrons) qualquer, o que podemos observar ao alterarmos o comprimento de onda da luz?

R: _____

2) Determine um comprimento de onda que provoque a ejeção de elétrons da placa sobre a qual a luz é incidida e, na sequência altere a intensidade da luz. O que é possível observar?

R: _____

3) Com elétrons sendo ejetados de uma placa para outra, selecione diferentes valores de tensão para um mesmo comprimento de onda. Agora, descreva o que ocorre.

R: _____

4) No experimento virtual que estamos realizando é provável observar o comportamento corpuscular da luz no experimento? Justifique.

R: _____

5) É possível identificar, dentre os elementos Sódio e Magnésio, em qual deles os elétrons estão ligados mais fortemente? Justifique.

R: _____

MOMENTO 4

Aula expositiva

Apresentação em slides

Anote possíveis dúvidas!

MOMENTO 5

Atividade experimental

Durante a demonstração da atividade experimental investigativa registre o que mais chamou sua atenção e possíveis dúvidas.

1) É possível que você já tenha percebido que as luzes dos postes ao anoitecer acendem e ao amanhecer apagam sozinhas. Como se justifica este fenômeno?

R: _____

2) Um dos recursos de prevenção à violência é o uso de alarmes de segurança acionados por sensores de movimento. Como se dá o funcionamento destes esse dispositivo?

R: _____

3) Para você, aulas com atividades práticas e experimentais, são consideradas:

- () Interessantes
- () Muito interessantes
- () Enfadonhas ou cansativas
- () Interessantes e despertam curiosidade
- () Pouco interessantes
- () outro. Especifique: _____

MOMENTO 6

Avaliação somativa

1) (ITA-SP modificada) Incide-se luz num material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons. Para que ocorra a emissão de elétrons a característica da luz que se deve aumentar é o(a):

- A. A intensidade da luz.
- B. A frequência da luz.
- C. O comprimento de onda da luz.
- D. A intensidade e a frequência da luz.
- E. A intensidade e o comprimento de onda da luz.

2) (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.

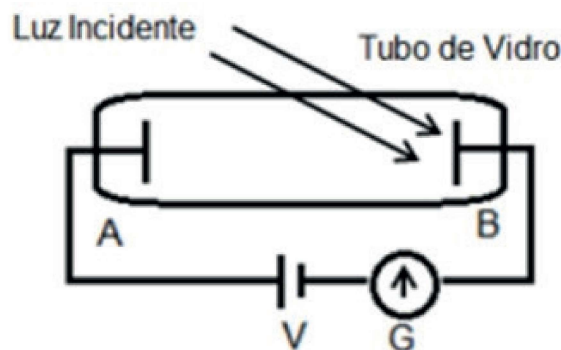
3) Assinale a alternativa correta.

- 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.

4) (FCC-SP) Dois fenômenos que caracterizam a natureza de dualidade da luz como onda e como partícula são, respectivamente:

- A. Difração e efeito fotoelétrico.
- B. Interferência e refração.
- C. Difração e refração.
- D. Efeito fotoelétrico e reflexão.
- E. Interferência e reflexão.

5) (UFJF-MG) No esquema da figura abaixo, está representado o arranjo experimental para observar o efeito fotoelétrico. A luz incidente entra no tubo de vidro sem ar em seu interior e ilumina a placa B. As placas metálicas A e B estão conectadas à bateria V. O amperímetro G pode registrar a intensidade da corrente que percorre o circuito.



Podemos variar a intensidade e a frequência da luz incidente na placa B. no início da experiência, usando luz de baixa frequência, a corrente no amperímetro é nula. Nesse caso, podemos afirmar que:

- A. Aumentando suficientemente a intensidade da luz, surgirá uma corrente no amperímetro.
- B. Aumentando suficientemente o tempo de incidência da luz, surgirá uma corrente no amperímetro.
- C. Desligando a bateria V e conectando-a novamente ao circuito com polaridade invertida, surgirá uma corrente no amperímetro.
- D. Aumentando suficientemente a frequência da luz, surgirá uma corrente no amperímetro.
- E. A corrente no amperímetro continuará nula independente da frequência da luz usada.

5) (UFPA) A energia, em elétron-volt, de um fóton da luz verde do mercúrio, cujo comprimento de onda é 5461 Angstrom no vácuo, vale:

Dados:

constante de Planck (h) = $6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;

1 eV = $1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;

Velocidade da luz no vácuo $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Expressões:

$$\text{Dados: } \begin{cases} h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \\ c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s} \\ \lambda = 5461 \text{ \AA} = 5461 \times 10^{-10} \text{ m} \end{cases}$$

$$V = \lambda \cdot f$$

$$E = h \cdot f$$

$$f$$

- A. 1,50.
- B. 2,28.
- C. 3,55.
- D. 4,75.
- E. 6,50.

6) (UFPA) Para remover um elétron de um metal, necessita-se de 4,2 eV de energia. Quando fótons de luz ultra-violeta atingem o metal, elétrons com energia cinética de 1,5 eV são liberados. A energia dos fótons incidentes é em eV:

$$\text{Dados: } \begin{cases} h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \\ c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s} \\ \lambda = 5461 \text{ \AA} = 5461 \times 10^{-10} \text{ m} \end{cases}$$

$$E_c(\text{máx}) = E - \phi$$

- A. 4,2.
- B. 1,5 a 4,2.
- C. 1,5 a 5,7.
- D. 1,5.
- E. 5,7.

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

() nenhum () pouco () muito

MOMENTO 7

Correção da avaliação final esclarecimento das dúvidas.

MOMENTO 8

Avaliação da sequência

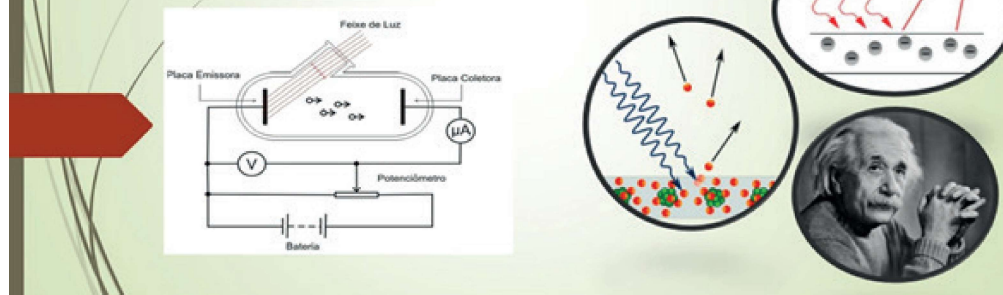
Será retomado o teste da avaliação final.

BONS ESTUDOS!

8.2 SLIDES DA AULA 04

Efeito fotoelétrico na inserção da física moderna no ensino médio: aula 4

Professor José Paulo Nascimento



Efeito Fotoelétrico

- RELEMBRANDO....
- A natureza da **LUZ É DUAL** (pode ter comportamento de onda ou comportamento corpuscular);
- É uma onda eletromagnética (não precisa de um meio para se propagar);
- PLANCK**: A radiação luminosa não é emitida de maneira contínua, mas como corrente de fótons, cada um deles vibrando com uma frequência (f) e transportando uma energia igual (hf). ($\Delta E = f \cdot h$)
- EINSTEIN**: A radiação eletromagnética (incluindo a luz) não se distribui uniformemente pelo espaço como sugere a teoria ondulatória da luz. Ela se concentra em pequenos quanta de energia. Cada pacote é um “quantum” de energia, ou seja, carrega uma quantidade bem definida de energia. Os “quanta” de energia radiante foram batizados de fótons.

Teoria dos quanta

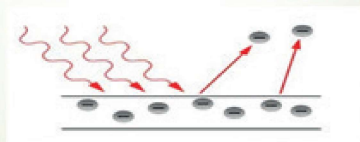
- A energia radiante não é emitida (ou absorvida) de modo contínuo, como em geral imaginamos, mas sim em porções descontínuas, “partículas” que transportam, cada qual, uma quantidade de energia E bem definida. Essas “partículas” de energia foram denominadas **fótons**. A energia E de cada fóton é denominada **quantum** (no plural **quanta**).
- O quantum E de energia radiante de frequência f é dado por:
 - $E = hf$

O que é o efeito fóton elétrico?

No efeito fotoelétrico, **um fóton** penetra em uma superfície metálica e transfere para **um único elétron** toda sua energia.

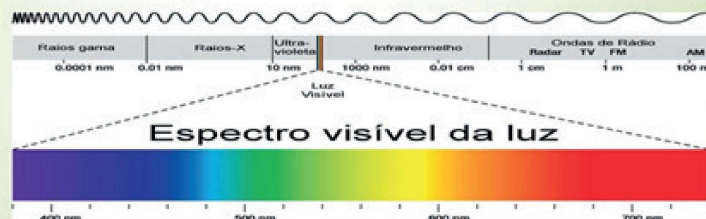
Se essa energia for suficiente, o elétron abandona o metal **imediatamente**, caso contrário, permanecerá preso a ele.

Dessa maneira, a interpretação da luz como fóton explica a ausência do tempo de retardamento.



O que é o efeito fóton elétrico?

- O efeito fotoelétrico torna-se mais evidente com radiação violeta ou ultravioleta, que possuem maiores frequências, como observado no **espectro eletromagnético**.

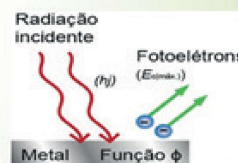


O que é o efeito fóton elétrico?

Equação fotoelétrica de Einstein:

Energia dos fótons (hf) é absorvida pelos elétrons do metal que vencem a barreira da energia ϕ do mesmo, adquirindo energia cinética na emissão.

$$E_c(\text{máx}) = hf - \Phi$$



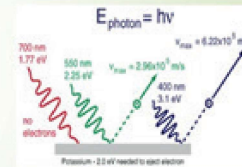
Função trabalho (ϕ ou w): É a energia mínima necessária para um elétron escapar do metal.

Importante

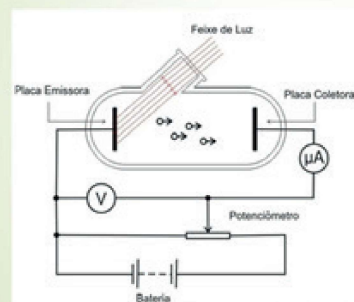
A intensidade da luz é proporcional ao número de porções de energia contido no feixe luminoso;

O número de elétrons é dado pela frequência da luz (f) e pelo trabalho (w);

O trabalho necessário para arrancar o elétron depende da natureza do metal e da qualidade da superfície.



Como ocorre o efeito fotoelétrico?



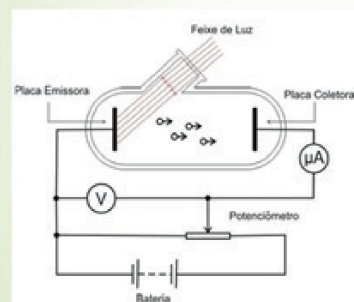
É emitido um feixe de luz sobre a placa emissora;

O feixe de luz interage com a placa e arranca fótons independente da intensidade do feixe;

Os elétrons arrancados adquirem energia cinética e são atraídos pela placa coletora;

O amperímetro apontará produção de corrente elétrica.

Considerações



Não ocorre efeito fotoelétrico se a energia de cada fóton não superar uma quantidade mínima de energia do elétron a ser extraído. Essa energia mínima é chamada de frequência de corte característico de cada material.

Os metais oferecem mais facilidade a ocorrência desse efeito.

Efeito fotoelétrico

- Visão clássica da interação da luz.

A luz é uma onda e se propaga e interage com a matéria como onda.

- Visão moderna da interação da luz

A luz é uma onda e se propaga como onda, mas interage na matéria como partícula.

Efeito fotoelétrico – Intensidade da luz incidente

- Teoria clássica

Quando aumenta a intensidade da luz aumenta a ejeção de elétrons.

- Teoria moderna

O elétron só é ejetado quando a energia do fóton for igual ou maior que a função trabalho.

Efeito fotoelétrico – Frequência de corte

- Teoria clássica

Não existe frequência de corte, se aumenta a intensidade da luz aumenta a ejeção de fotoelétrons.

- Teoria Moderna

Há uma frequência de corte que depende do material, o fotoelétron só é ejetado se a energia do fóton for igual a função trabalho

Efeito fotoelétrico – atraso na ejeção dos elétrons

Teoria clássica

Há um atraso na ejeção do fotoelétron.

Teoria moderna

Não existe nenhum atraso na ejeção de elétron devido a colisão do fóton com o elétron ser uma colisão elástica.

Colocando em prática nosso conhecimento

01. O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do séc. XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

Qual palavra preenche corretamente a lacuna acima?

- | | |
|----------------|------------------|
| a) Conservação | d) Transformação |
| b) Quantização | e) Propagação |
| c) Conversão | |

02. Qual das afirmações abaixo explica corretamente o efeito fotoelétrico?

- a) Choque elétrico entre as partículas leves e núcleos.
- b) Produção de raios X, quando há choque de elétrons em uma placa de metal.
- c) Produção de luz por modificação energética de um sistema atômico.
- d) Arrancamento de elétrons de uma substância por incidência de radiação eletromagnética.
- e) Nenhum dos fenômenos acima.

03. A emissão de fotoelétrons por um determinado metal exige que:

- a) A luz incidente tenha uma frequência maior que um determinado valor.
- b) A luz incidente tenha um comprimento de onda superior a um determinado valor.
- c) A temperatura do metal esteja próximo à de sua temperatura de fusão.
- d) A luz incidente tenha uma intensidade superior a um determinado valor.
- e) O metal não esteja ligado à Terra.

4- (UEG-GO) Leia a tirinha a seguir.

Para validar a proposta do analista, ocorrência da dualidade onda-partícula, o senhor Fóton deve ser capaz de sofrer:



- a) Interferência e refração.
- b) Interferência e polarização.
- c) Difração e efeito fotoelétrico.
- d) Efeitos fotoelétrico e Compton.
- e) Difração e interferência.

5) (UFPA) A função trabalho de um certo material é $4,2 \text{ eV}$. O comprimento de onda, em Angstrom, da luz capaz de produzir efeito fotoelétrico, tendo os fotoelétrons emitidos energia cinética de $2,0 \text{ eV}$, é aproximadamente (constante de Planck (h) = $6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$):

- a) 2000.
- b) 1000.
- c) 200.
- d) 100.
- e) 0,2.

$$\text{Dados: } \begin{cases} h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s} \\ E_{c(\text{máx})} = 2,0 \text{ eV} = 3,2 \times 10^{-19} \text{ J} \\ \phi = 4,2 \text{ eV} = 6,7 \times 10^{-19} \text{ J} \end{cases}$$

Calculando a frequência:

$$E_{c(\text{máx})} = h \cdot f - \phi$$

$$3,2 \times 10^{-19} = 6,6 \times 10^{-34} \cdot f - 6,7 \times 10^{-19}$$

$$f = 1,5 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

Calculando o comprimento de onda:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$3,0 \times 10^8 = \lambda \cdot 1,5 \times 10^{15}$$

$$\lambda = 2,0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 2000 \text{ Å}$$

Referências

- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Física. 4 ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1984.
- YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. *University Physics*. Massachusetts, Addison-Wesley, 1995.
- CARUSO, F.; OGURI, V. (2006). *Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*. Campus. Rio de Janeiro.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. (1979). *Física Quântica*. Campus. Rio de Janeiro.
- GASPAR, A. (2003). *Física - Mecânica*, v.I. Ática. São Paulo.
- HEWITT, P.G. (2002). *Física Conceitual*. Artmed. Porto Alegre, 2002.

Para ter acesso e baixar os slides apresentados, clique no link a seguir:

- <https://docs.google.com/presentation/d/1fRn3L5x8PBuQfXX-FQq-F7148YY9J-bhy/edit?rtpof=true&sd=true>

8.3 RESOLUÇÃO DO PRODUTO

Momento 1 – Resolução do pré-teste.

Questão 1) Espera-se a identificação de conceitos relacionados a estrutura da formação da matéria – átomos, prótons, elétrons, neutros e quarks.

Questão 2) Espera-se a identificação de conceitos e as propriedades de uma onda – comprimento de onda, velocidade, frequência, período e transporte de energia.

Questão 3) Espera-se a identificação de conceitos relacionados à transferência de energia.

As questões extras são subjetivas. A questão 1, busca averiguar o grau de dificuldade identificado pelo aluno em relação às questões que constituem o pré-teste. Na questão 2, objetiva-se identificar se o estudante recordava ter tido contato, em algum momento de sua caminhada acadêmica, com algum dos conceitos abordados nas questões do pré-teste. E, na questão 3, constatar se os alunos possuem hábitos de estudo e quais técnicas lhe são familiares.

Momento 2 – resolução das questões referentes ao vídeo do Dr. Quântico e texto sobre a história do efeito fotoelétrico.

Acerca do vídeo do Doutor Quântico: dualidade onda-partícula era para identificar a possibilidade da luz ora se ter um comportamento corpuscular e em outros momentos comportamento ondulatório. Em relação à abordagem histórica a finalidade identificar a distinção entre os modelos clássico e moderno do fenômeno do efeito fotoelétrico.

Conceitos	Teoria clássica	Teoria moderna
Interação da luz.	A luz é uma onda e se propaga e interage com a matéria como onda.	A luz é uma onda e se propaga como onda, mas interage na matéria como partícula.
Intensidade da luz incidente.	Quando aumentada a intensidade da luz aumenta a ejeção de elétrons.	O elétron só é ejetado quando a energia do fóton for igual ou maior que a função trabalho.
Frequência de corte.	Não existe frequência de corte, se aumenta a intensidade da luz aumenta a injeção dos fotoelétrons.	Há uma frequência de corte que depende do material, o fotoelétron só é ejetado se há energia do fóton for igual a função trabalho.

Momento 3 – Experimento virtual – Simulador Phet.

Questão 1) Cada tipo de material (elemento) há um comprimento de onda máximo no qual ocorre a ejeção de elétrons. Assim, sendo, alterando o comprimento não haverá injeção de elétrons.

Questão 2) A medida em que se aumenta a intensidade da luz, proporcionalmente o número de elétrons ejetados, aumentará.

Questão 3) A energia cinética dos elétrons se altera. E a relação tensão x energia

cinética é diretamente proporcional.

Questão 4) Sim, porque a luz se propaga como onda e na interação com a matéria (placa metálica) se dá como partícula. Logo, no fenômeno do efeito fotoelétrico é possível perceber a natureza dual da Luz.

Questão 5) Sim. Vale ressaltar que cada material possui uma frequência mínima ou frequência de corte, nominada função trabalho (energia mínima que um fóton precisa ter para “arrancar” elétrons do metal), para que o fenômeno do efeito fotoelétrico ocorra. A energia mínima do sódio (função trabalho) é $3,65 \times 10^{-19}$ J, enquanto a do Magnésio é $5,9 \times 10^{-19}$ J, portanto, o Magnésio necessita de uma quantidade maior de energia para ser arrancado devido suas ligações serem mais fortes.

Momento 4 – exposição do conteúdo pelo professor.

Segundo Moreira (2011) o conhecimento que será elucidado deve iniciar dos aspectos mais globais, inclusivos, possibilitando constatar o todo e em sequência ir delineando, exemplificando aspectos mais globais. Embasando-se nesta premissa, a aula expositiva assentou-se a mirar a diferenciação progressiva. A fundamentação teórica para a aula teve por referências recursos literários diversos que se debruçam sobre o tema.

Em suma, nessa aula, refletiu-se acerca da:

- Quantização de energia enquanto propriedade da luz;
- Conceituação do que é efeito fotoelétrico;
- Aplicabilidade do efeito fotoelétrico;
- Descrição do efeito fotoelétrico enquanto efeito do comportamento corpuscular da luz;
- Prestabilidade do efeito fotoelétrico;
- Ênfase das duas principais ponderações realizadas por Lenard que exprimem o efeito fotoelétrico, sendo elas, o que se observa quando se aumenta a intensidade da luz (maior taxa de emissão de elétrons) e que cada superfície metálica possui uma frequência mínima para emissão dos elétrons (ultrapassando esse mínimo tem-se a energia cinética aumentada);
- Representação das grandezas energia cinética do elétron (E_e), frequência de corte (f_0) e Função trabalho (Φ);
- Equação que relaciona as grandezas acima mencionadas.

A mediação do conhecimento se dá por meio de uma apresentação em slides (disposto no apêndice 8.2), na qual os conceitos foram aprofundados de forma dialógica. A aula possibilitou o aprofundamento dos conceitos e foi marcada por diversas intervenções feitas pelos discentes que correlacionavam o que estava sendo apresentado com o que fora exposto nas etapas anteriores da sequência. Na conclusão deste momento os estudantes foram convidados a responder 5 questões de múltipla escolha, sendo 4 teóricas e uma matematizada.

Questão 1) Letra B - “Quantização”

Questão 2) Letra D - “Arrancamento de elétrons de uma substância por incidência de radiação eletromagnética.”

Questão 3) Letra A - “A luz incidente tenha uma frequência maior que um determinado valor.”

Questão 4) Letra C - “Difração e efeito fotoelétrico.”

Questão 5) Letra A - "2000" Cálculo esperado:

Dados:

$$h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$Ec(\text{máx}) = 2,0 \text{ eV} = 3,2 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\phi = 4,2 \text{ eV} = 6,7 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Calculando a frequência:

$$Ec(\text{máx}) = h \cdot f - \phi$$

$$3,2 \times 10^{-19} = 6,6 \times 10^{-34} \cdot f - 6,7 \times 10^{-19}$$

$$f = 1,5 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

Calculando o comprimento de onda:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$3,0 \times 10^8 = \lambda \cdot 1,5 \times 10^{15}$$

$$\lambda = 2,0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 2000 \text{ Å}$$

Momento 5 – Experimento qualitativo relê fotoelétrico.

Nesta aula foram disponibilizados dois kits para montagem do experimento pelos estudantes seguindo o roteiro que foi projetado. Foi solicitado aos alunos que registrassem suas impressões acerca da atividade intuindo que estes correlacionassem o fenômeno estudado no funcionamento do equipamento que eles montaram, bem como identificassem a aplicação deste conhecimento em outros contextos que eles conhecessem.

Para análises futuras, além do registro feito pelos estudantes, foram feitos pelo professor anotações acerca dos debates ocorridos nos grupos, de modo a averiguar se haviam associações corretas de modo a elucidar se havia assimilação do conteúdo estudado nas etapas anteriores.

Momento 6 – Resolução das questões da avaliação somativa individual.

Questão 1) **letra B.**

A energia do fóton precisa ser maior que a função trabalho para que o efeito fotoelétrico ocorra, ou seja, que a energia mínima necessária para arrancar o fóton do elétron. Vale ressaltar que a energia do fóton é diretamente proporcional a sua frequência, devemos aumentar a frequência da luz incidente.

Questão 2) **letra C.**

(I) **Verdadeiro**, pois os elétrons emitidos de uma superfície metálica possuem energia cinética máxima igual à energia do fóton incidente, menos a função trabalho do metal.

(II) **Verdadeiro**, pois a energia mínima para remover um elétron de uma superfície metálica é chamada de função trabalho.

(III) **Falso**, pois o fenômeno do efeito fotoelétrico não ocorre para qualquer frequência de luz, uma vez que, cada material tem valores distintos de função trabalho.

Questão 3) **letra A.**

Difração é o desvio que uma onda apresenta para contornar ou transpor um obstáculo.

Interferência é a interação quando duas ondas cruzam uma pela outra, podendo ser do tipo construtiva ou do tipo destrutiva.

Refração é o nome do fenômeno que ocorre quando uma onda passa de um meio de propagação para outro de características diferentes. Ao sofrer refração a frequência da onda não é alterada, mas a velocidade e comprimento de onda podem se modificar.

Reflexão é o fenômeno que ocorre quando uma onda ao incidir sobre um obstáculo retorna ao meio de propagação original mantendo suas características.

Efeito fotoelétrico é o efeito que ocorre quando luz de determinadas frequências incidem numa superfície de metal e faz com que elétrons sejam ejetados da superfície. A interação entre os fótons e os elétrons ocorre praticamente de forma instantânea, de modo similar a colisão de partículas.

Questão 4) **Letra D.**

O fenômeno do efeito fotoelétrico não ocorrerá para qualquer frequência da luz, ainda que sua intensidade seja elevada. A energia adquirida pelos fotoelétrons está vinculada à frequência da luz incidente e, não da intensidade dela.

Questão 5) **letra B.**

$$\text{Dados: } h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$C = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\lambda = 5461 \text{ \AA} = 5461 \times 10^{-10} \text{ m}$$

Calculando a frequência:

$$V = \lambda \cdot f$$

$$3,00 \times 10^8 = 5461 \times 10^{-10} \cdot f$$

$$f = 5,49 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Calculando a energia:

$$E = h \cdot f$$

$$E = 6,63 \times 10^{-34} \cdot 5,49 \times 10^{14}$$

$$E = 3,64 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Convertendo para eV:

$$E = 3,64 \times 10^{-19} \text{ J} \div 1,6 \times 10^{-19}$$

$$E = 2,28 \text{ eV}$$

Questão 6) **letra E.**

$$\text{Dados: } \phi = 4,2 \text{ eV}$$

$$Ec(\text{máx}) = 1,5 \text{ eV}$$

$$E = ?$$

$$Ec(\text{máx}) = E - \phi$$

$$1,5 = E - 4,2$$

$$E = 5,7 \text{ eV}$$

Momento 7 – Correção da avaliação final.

Nesta etapa o professor fez a correção da avaliação final e prestou aos estudantes os esclarecimentos necessários, os alunos tiveram acesso ao material e o foi feito a solicitação para que eles não fizessem alterações nas respostas.

Momento 8 – Avaliação da aplicação do produto.

Numa roda de conversa o professor ouviu as ponderações dos estudantes acerca da impressão deles sobre a aplicação do produto, o grau de dificuldade que eles encontraram na compreensão dos conceitos e na resolução das atividades e as contribuições desta vivência para o processo formativo deles.