

**INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**POLO 33**

**KLEBER DETTOGNI VIEIRA**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS**  
**PARA O ESTUDO DO EFEITO FOTOELÉTRICO E FOTOVOLTAICO**

**CARIACICA**

**2023**

KLEBER DETTOGNI VIEIRA

**UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS  
PARA O ESTUDO DO EFEITO FOTOELÉTRICO E FOTOVOLTAICO**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: unidades de ensino potencialmente significativas para o estudo do Efeito Fotoelétrico e Fotovoltaico na promoção da alfabetização científica, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 33 – Ifes, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Lyra Leal

CARIACICA

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos especiais ao Colégio Marista Nossa Senhora da Penha na figura da Vice-Diretora Educacional Mara Darós Gomes e ao Coordenador Pedagógico Helton Sena que acompanharam toda a aplicação das aulas e deram todo suporte tecnológico, mecanográfico e educacional indispensáveis para o êxito destas Unidade de Ensino Potencialmente Significativas.

Agradeço também à Coordenadoria de Mestrado, na figura do Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini por todo o seu suporte, paciência e compromisso ao longo do meu mestrado. Sua influência teve um impacto significativo em minha formação acadêmica e moldou a maneira como encaro desafios e busco conhecimento. Tenho certeza de que levarei comigo as lições aprendidas e as habilidades desenvolvidas sob sua orientação ao longo de minha carreira.

Agradeço aos meus professores e a meu Orientador Dr. Fernando Jose Lyra Leal, cuja sabedoria e orientação foram fundamentais para o meu crescimento intelectual. Suas contribuições críticas e conhecimentos compartilhados abriram novos horizontes de pensamento e me guiaram por caminhos acadêmicos enriquecedores.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## APRESENTAÇÃO

Caro Professor (a),

Este guia didático é o resultado de uma pesquisa científica, desenvolvida entre os anos de 2020 e 2023, durante o curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) do Instituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo – Campus Cariacica. Esse Produto Educacional vinculado a uma Dissertação de Mestrado que estudou as possibilidades e os desafios do ensino do Efeito fotoelétrico e do Efeito Fotovoltaico, a partir da utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

A proposta didática foi aplicada em duas turmas da 1ª série do Ensino Médio do Colégio Marista Nossa Senhora da Penha, localizada no município de Vila Velha/ES. Este guia destinado a professores do Ensino Médio, e tem o objetivo de auxiliá-los em sua prática docente e na utilização de metodologias ativas no ensino de Física.

Essa intervenção pedagógica foi organizada em forma de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) e foi organizada a partir de diversas atividades, dentre as quais podemos destacar: leitura de texto, vídeo aulas, demonstrações experimentais em sala de aula, atividade computacional investigativa, atividade experimental investigativa, questões e problemas abertos. As orientações, experimentos e simulações a serem usados na intervenção didática estão presentes neste guia, destacando o seu potencial no desenvolvimento da autonomia do educando.

Ainda, com o objetivo de situar o professor quanto à abordagem teórica, este guia contém uma breve revisão teórica sobre Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que servirá de apoio ao profissional que opte por aplicar a sequência completa ou alguma de suas atividades.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL .....</b>	<b>8</b>
2.1	UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS .....	12
2.2	UEPS 01: AS APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR.....	16
2.3	UEPS 02: AS RADIAÇÕES INFRAVERMELHA (IV) E ULTRAVIOLETA (UV) .....	22
2.4	UEPS 03: PRODUZINDO CORRENTE ELÉTRICA.....	30
2.5	UEPS 04: O EFEITO FOTOELÉTRICO E O FOTOVOLTÁICO.....	36
2.6	UEPS 05: EXPERIMENTANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO E O EFEITO FOTOVOLTÁICO .....	45
2.7	UEPS 06: A VERIFICAÇÃO DO APRENDIZADO.....	51
<b>3</b>	<b>ORIENTAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Diante de vários desafios existentes no processo de ensino e aprendizagem, modelos educacionais são estudados e aplicados com o objetivo de desenvolver as habilidades dos estudantes da educação básica. Neste contexto, surge grandes oportunidades para que teorias da educação sejam trabalhadas de forma mais enfática, atendendo principalmente os desejos do educando na tentativa de tornar o processo mais satisfatório e significativo para o mesmo.

O conteúdo de física moderna e contemporânea tem sido pouco vivenciado nas salas de aulas, mas sua relevância dentro da sociedade moderna é de fundamental importância, tendo em vista que muitos dispositivos que utilizamos em casa, no trabalho e em ambientes públicos em geral, decorrem de suas aplicações. A ideia é fazer com que o estudante do ensino médio entenda e correlacione tudo à sua volta, com os assuntos estudados em sala de aula (BRASIL, 2018). Por causa disso, escolheu-se nesta pesquisa um conteúdo da física moderna que, dentro deste contexto, fosse explorado de forma criativa e instigante, tornando o aprendizado mais profundo dos conceitos envolvidos, aliado com a sua relevância na sociedade.

Ostermann e Moreira (2000), apoiados por uma revisão literária, observaram a necessidade de uma atualização do currículo de física do ensino médio, por motivos descritos a seguir: Despertar da curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a física como um empreendimento humano; Os estudantes ouvem falar de temas de física moderna apenas em filmes de ficção científica, porém não os veem em sala de aula; O ensino de temas atuais da física pode contribuir para transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, superando a visão linear do desenvolvimento científico, hoje presente nos livros didáticos e nas aulas de física.

O conteúdo de Física Moderna e Contemporânea (FMC) tem sido inserido nas salas de aulas devido ao currículo brasileiro, assim como sua presença em provas de processos seletivos de universidades. Desse modo, nas últimas décadas, as editoras, prevendo esta modificação, passaram a reformular os livros didáticos, introduzindo a FMC nos seus capítulos finais do ensino médio. Embora isso seja uma

realidade, algumas dificuldades são apontadas pelos professores, pois os mesmos se sentem pouco capacitados para o ensino da FMC, devido ao seu conteúdo, que é considerado complexo e de difícil compreensão, pois necessita de um processo nada tradicional e mais inovador. Dessa forma, podemos compreender que uma mudança curricular, integrando os assuntos de FMC em si, não pode ser feita sem a presença de uma mudança na forma de ensinar, tanto pedagogicamente quanto metodologicamente.

Um argumento que incide na falta do desenvolvimento de práticas docentes diferenciadas no ensino de FMC é a falta de estrutura necessária para uma boa prática experimental. Porém, novos recursos digitais podem suprir essa carência, como softwares e simuladores que provocam uma notável vivência, que dispensam dificuldades, pois são encontrados gratuitamente em sites na internet.

O objetivo é desenvolver uma proposta de ensino que tenha como metodologia a aprendizagem significativa, por meio de atividades sequenciais e progressivas, buscando o desenvolvimento gradual dos conceitos básicos envolvidos no campo da FMC, de tal maneira que o aprendizado realmente exista com certa profundidade e atraindo o interesse dos alunos enquanto reduzimos a abstração do conteúdo, criando um desenrolar lógico e instigante.

A Teoria da Aprendizagem de David Ausubel trabalha com a ressignificação simbólica de objetos da estrutura cognitiva por meio da socialização (MOREIRA, 1999). O novo significado ocorre quando existe uma conexão daquilo que o aluno já sabe com aquilo que ele irá aprender. Dentro dessa perspectiva, a utilização das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) tem como proposta a incorporação da teoria de aprendizagem de David Ausubel. As UEPS são sequências de ensino fundamentadas teoricamente e voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula (MOREIRA, 2011).

No presente trabalho, as UEPS foram trabalhadas abordando temáticas de física contemporânea e moderna, especificamente sobre ondas eletromagnéticas e o efeito fotoelétrico. Então, nosso produto educacional, gestado para este fim, intitular-se

“Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para a construção do conhecimento científico no ensino do Efeito Fotoelétrico e do Efeito Fotovoltáico”. Duas turmas do primeiro ano de uma escola da rede privada do município de Vila Velha participaram do desenvolvimento deste projeto, tendo em vista que em sua formação fundamental os alunos destas turmas participaram do ensino de ondas eletromagnéticas e ao longo de seu primeiro ano do ensino médio participaram do ensino de energia mecânica.

A avaliação da aplicação da UEPS é feita na aquisição de resultados que mostre a aprendizagem significativa alcançada pelos alunos, pois o mesmo deve ter condições de identificar e resolver situações-problema, associadas com o assunto estudado de forma não mecânica, o que ocorre no final deste trabalho.

## 2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Objetivando adotar formas que melhor se amoldem ao contexto de estudo e na acentuada participação dos estudantes na busca do conhecimento da FMC, com ênfase na compreensão do comportamento dual da luz e na sua interação com a matéria por meio do efeito fotoelétrico, utilizou-se a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, tendo em vista que sua aplicação se baseia em um satisfatório método de ensino aprendizagem conhecido pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

A aprendizagem pode se distinguir de três tipos: cognitiva, afetiva e psicomotora. A aprendizagem cognitiva baseia-se no acúmulo organizado de informações na mente daquele que aprende (chamada de estrutura cognitiva). Já a aprendizagem afetiva tem como desfecho os sinais internos do indivíduo, ou seja, experiências pessoais que podem acompanhar as experiências cognitivas. A aprendizagem psicomotora envolve, por sua vez, respostas musculares, por meio de treino e prática. É importante frisar que a aprendizagem pode envolver dois ou até três dos tipos acima apresentados. A dimensão afetiva é fundamental no sucesso de qualquer sequência didática. O estudante motivado sente vontade de investigar, atuando de forma ativa na construção do seu próprio conhecimento acerca do material de estudo.

Muitas vezes as aulas não contemplam ativamente as dimensões dos alunos, pois os alunos recebem uma gama de informação numa postura passiva, porém quando se buscam significados para os alunos a satisfação é diferenciada, por exemplo, a aprendizagem relacionada à música envolve as três dimensões, isso se torna muito agradável para o aprendiz, pois trata de um dos exercícios que mais exige das atividades cerebrais. Por isso quanto mais envolvido em seus sentidos mais significativos terá o conteúdo na vivência do aluno. Ou seja, estudante que monte o aparato experimental e examine as características do mesmo, pode mexer com a totalidade de seus sentidos. Quando se ativa a afetividade através da dúvida e da curiosidade desperta a busca científica e integra o estudante ao conteúdo a ser aprendido.

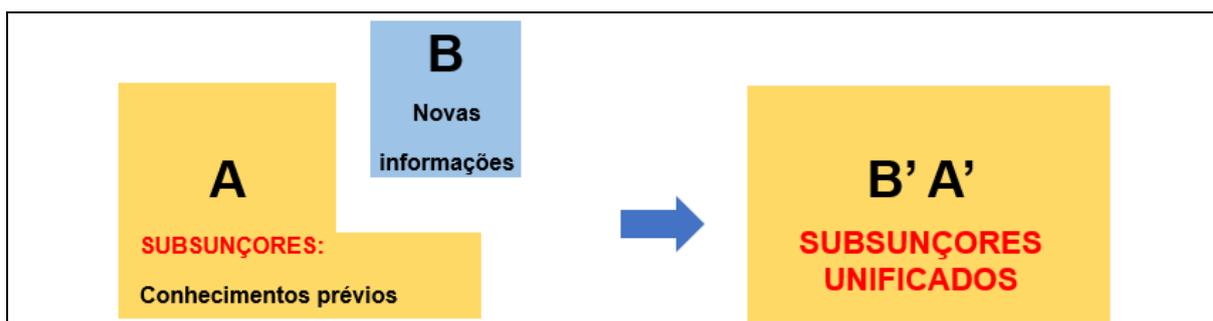
A teoria de Ausubel focaliza inicialmente a aprendizagem cognitiva, muito embora

possa acontecer outras dimensões da aprendizagem de forma significativa. Em sua concepção, o fator que mais domina a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Desse modo, o papel do docente é descobri-lo e criar uma forma de ensinar em consonância. É nesse contexto que novas descobertas e concepções são aprendidas, desde que os conceitos estejam claros e acessíveis na estrutura cognitiva, para que sirvam de âncora a tudo de novo e significativo que for agregado. Assim, o diálogo entre as bases já estruturadas cognitivamente e o novo material de estudo, pode trazer ampliação do conhecimento ao mesmo tempo que modifica-se com essa junção.

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especialmente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. (MOREIRA, 1999, p. 156)

O ensino de física pode-se tornar mecânico quando os alunos apenas recebem informações novas e precisam decorar equações para resolver problemas. Infelizmente esta é a forma mais predominante no ensino de física atual, o que torna sua vivência em sala de aula pouco motivadora e produz um aprendizado superficial e efêmero. Contrapondo-se a essa perspectiva tradicional, a aprendizagem significativa conta com um ponto de partida para que exista a ancoragem dos novos conhecimentos aos conhecimentos prévios.

Figura 1 - Diagrama mostra a assimilação das novas informações com os subsunçores.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimentos são ligados ( e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. Estrutura cognitiva significativa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que “são representação de experiências sensoriais do indivíduo.”(MOREIRA,1942, p. 156)

Diante dessa perspectiva, uma dúvida pode ser gerada: O que fazer quando não existem subsunçores?

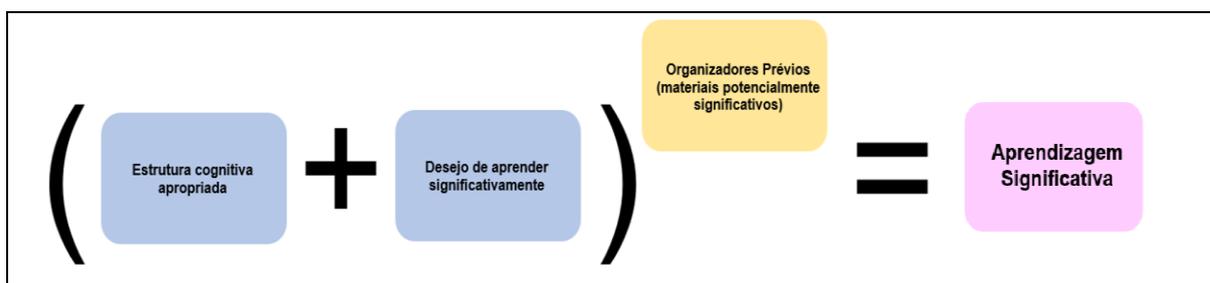
A aprendizagem mecânica pode servir para estabelecer base na construção de subsunçores. Ao passo que estruturas cognitivas vão sendo criadas, a chegada de novos conhecimentos pode modificar as bases anteriormente estabelecidas e melhorar (ou até mesmo corrigir) os conceitos existentes nos subsunçores (Figura 1).

Retirar na estrutura cognitiva do aluno conceitos que estão bastante enraizados é difícil, pois estão fortemente ligados, por isso que em poucas aulas não poderá corrigir informações antigas alternativas, mas um trabalho de maneira paulatina e gradativa. Pois é importante que o aluno aprenda significativamente, mas que os conceitos estejam cientificamente corretos.

Uma estratégia de grande importância é a implementação de organizadores prévios, pois servem de ponte entre o que aprendiz já conhece e aquilo que precisa aprender. Ausubel define os organizadores prévios como materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Contrariamente a sumários, que são, em geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. (MOREIRA,1999, p. 155)

A aprendizagem significativa ocorrerá por meio de duas condições principais: Um organizador prévio que possa realmente se relacionar com a estrutura cognitiva do aprendiz e possa de fato ser aprendido e a outra é a intenção do aprendiz, em desejar assimilar o conteúdo de forma significativa e não mecânica (ver Figura 2).

Figura 2 - Diagrama que relaciona os fatores necessários para a condução da aprendizagem significativa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os materiais utilizados para o ensino potencialmente significativo vão depender da intenção do mediador, tendo vista que não existem materiais prontos. Eles vão depender do contexto e da abordagem escolhida no processo de ensino aprendizagem.

(...) organizar um material de ensino potencialmente significativo requer que a relação entre a natureza desses dois conhecimentos – a estrutura lógica do conhecimento em si e a estrutura psicológica do conhecimento do aluno – seja considerada (LEMOS, 2011, p.54)

O aprendiz precisa absorver processos que visam organizar os significados na estrutura cognitiva. Isso leva a modificação dos subsunçores, o que Ausubel chama de “assimilação” (AUSUBEL, 2003).

A assimilação sucede quando um conceito (potencialmente significativo) é absorvido sob uma ideia mais inclusiva, que já pertence à estrutura cognitiva, havendo a interação entre ambos (informação e subsunçor) ocasionando uma modificação.

Por exemplo, o conceito de onda eletromagnética deve ser aprendido por um estudante que já conhece os conceitos específicos de ondas mecânicas, pois estas estão associadas ao som, ao movimento das águas do mar, etc. e que se propagam em um meio material. Porém quando ele aprende a respeito das ondas eletromagnéticas, percebe que as mesmas podem se propagar no vácuo e a energia envolvida não é mecânica. Isso trará significado para o estudante, mas o conceito geral de ondas será modificado e inclusivo (existem ondas que podem se mover sem a presença de matéria).

Sobre o processo de ancoragem, Ausubel afirma que os conceitos menos gerais e mais específicos decorrem dos conceitos mais gerais e inclusivos. Dessa forma, o estágio final contará com a ancoragem mais frequente de ideias relevantes à estrutura cognitiva do aprendiz. Isso nos mostra que a aprendizagem significativa possui uma organização hierárquica, pois um novo conhecimento pode servir como âncora para futuros aprendizados.

(...) uma vez que a própria estrutura cognitiva tem tendência a ser organizada em termos hierárquicos, no que toca ao nível de abstração, generalidade e inclusão de ideias, a emergência de novos significados proporcionais reflete, de um modo geral, uma relação “subordinada” do novo material a ideias mais subordinantes na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003, p.93).

## 2.1 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são sequências didáticas baseadas principalmente na teoria da aprendizagem significativa, que possui o objetivo de estimular o processo de ensino aprendizagem não mecânica.

O estudo de física em sala de aula se baseia em conteúdos que são depositados nos alunos e em seguida, os mesmos são obrigados a decorá-los, sem construir um aprendizado profundo e consistente, mas algo superficial e sem conexão com os saberes antigos. Com o passar do tempo, muitas dessas informações sairão de sua mente. Com tudo, Moreira cita:

(...) só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos (MOREIRA, 2011, p.2)

Sendo assim, a UEPS condiciona o aluno a aprender de forma significativa seguindo alguns passos onde o conhecimento será formado por meio de oito passos sequenciais, tal como proposto por Moreira (2011). A sequência didática seguirá oito passos, a saber:

1º passo: Definir o tópico a ser abordado, com a devida identificação dos aspectos declarativos e procedimentais;

2º passo: Criar/propor situações utilizando discussão, questionamento, mapas conceituais, mapas mentais, situação problemas e outros. O objetivo de passo é identificar o conhecimento prévio do estudante e contextualizá-lo dentro do assunto a ser trabalhado.

3º passo: Propor situação-problema, que podem funcionar como organizador prévio, pois sua abordagem deverá ser bem introdutória. O intuito é que se crie um ambiente propício para novos significados, ou seja, o discente deve entendê-las como problema e ter condições de modelá-las mentalmente. Simulações computacionais, vídeos, problemas cotidianos, e outros podem ser exemplos de destas situações-problemas.

4º passo: Apresentação do conhecimento a ser ensinado pelo docente começando de conteúdos mais gerais dando uma visão do todo e partindo para casos mais específicos com exemplos. Neste passo pode-se utilizar uma aula expositiva oral seguida por atividades colaborativas entre os discentes.

5º passo: Dar continuidade ao passo anterior da unidade de ensino com outra exposição oral, mas com nível mais alto de complexidade, situações problemas devem sempre acompanhar um sequencia de menor complexidade para maior complexidade. Os discentes devem ser impulsionados a realização de nova atividade colaborativa com a mediação docente.

6º passo: Continuar o processo de diferenciação progressiva. Uma nova exposição oral, ou leitura de texto, ou uso de um recurso computacional, ou uso de audiovisual, etc. o ideal é que após esta terceira apresentação, o nível de dificuldade dos problemas propostos seja mais elevado em relação aos anteriores. Devem ser resolvidas de forma colaborativa e apresentadas em grande grupo, com mediação do docente.

7º passo: Avaliação da eficácia da aplicação da UEPS como método de aprendizagem. Deve-se registrar tudo o que comprovar vestígios de aprendizagem significativa durante sua execução, onde haverá também uma avaliação somativa

individual que serve para validar a compreensão e captação de significados.

8º passo: Análise do êxito da UEPS, baseando-se no poder do discente em aplicar o conhecimento adquirido em resolver problemas e situações, não condicionados no resultado final, mas no processo gradativo, pois a aprendizagem significativa é progressiva.

No produto educacional materializou tais passos em atividades lúdicas e participativas, por meio das quais possibilitamos o desenvolvimento de uma sequência didática onde buscamos promover a autonomia e a aprendizagem significativa em 6 encontros que podem ser aplicados em 6 aulas de 50 minutos (ver Quadro 1).

Quadro 1 - Resumo das Unidade de Ensino Potencialmente Significativas

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
1	50	Apresentação da proposta didática e discussão sobre o tema: As aplicações da energia solar	<p>Apresentar a proposta didática;</p> <p>Listar aparelhos que funcionam baseados em energia solar;</p> <p>Explicar a necessidade de utilização do JWST frente ao telescópio Hubble;</p> <p>Reconhecer a diferença existente entre a radiação infravermelha e a luz visível.</p>	<p>Reunião para apresentação do projeto;</p> <p>Intervenção didática com apresentação de uma situação problema utilizando as ondas infravermelhas capturadas por um termômetro infravermelho;</p> <p>Vídeo sobre os telescópios Hubble e JWST;</p> <p>Questionário inicial propondo uma situação-problema.</p> <p>(ASSIMCRONO) Sala de aula invertida com o tema: Equação fundamental da Ondulatória.</p>
2	50	O espectro eletromagnético: Raios Infravermelhos e Ultravioletas	<p>Conhecer os efeitos da dilatação do espaço-tempo na propagação da luz</p> <p>Associar o deslocamento de cargas elétricas com a presença de uma radiação eletromagnética</p>	<p>Receber dos alunos as dúvidas da sala de aula invertida;</p> <p>Executar uma atividade experimental demonstrando a dilatação do comprimento de onda;</p> <p>Apresentar a vídeo aula sobre a ação da luz ultravioleta nos elétrons de um condutor e em seguida executar uma atividade experimental com a utilização de um eletroscópio e um questionário.</p> <p>(ASSINCRONO) Sala de aula invertida com o tema: A corrente elétrica.</p>
3	50	Produzindo corrente elétrica no espaço	<p>Associar luz à corrente elétrica.</p> <p>Relacionar a ideia do QUANTUN (Planck) com a ideia de EFEITO FOTOELÉTRICO (Einstein)</p>	<p>Receber dos alunos as dúvidas da sala de aula invertida;</p> <p>Aplicar a pergunta motivadora do produto: Como produzir corrente elétrica no espaço utilizando apenas ondas eletromagnéticas?</p>

				Apresentar uma vídeo aula sobre a Equação de Einstein para o Efeito fotoelétrico; Executar uma atividade computacional com auxílio de um aplicativo do site PhetColorado (O efeito Fotoelétrico) orientado por um questionário.
4	50	O efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico	Diferenciar o efeito fotoelétrico do fotovoltaico;  Reconhecer a Equação de Einstein para o Efeito fotoelétrico identificando seus elementos;  Relacionar a luz recebida pelos painéis solares com a produção de corrente elétrica.	Iniciar a aula com a apresentação de uma vídeo aula sobre os efeitos fotoelétrico e fotovoltaico;  Apresentar a segunda vídeo aula sobre a dopagem em semicondutores e o efeito fotovoltaico.  Durante a execução dos vídeos o professor deve fazer interferências explicando os detalhes dos efeitos apresentados nos vídeos.
5	50	Aula experimental: Produzindo corrente elétrica através de LEDs expostos a luz solar.	Demonstrar o efeito fotoelétrico/fotovoltaico em Leds de 15000 lúmens;  Produzir corrente elétrica capaz de acionar um relógio digital;  Relacionar o experimento com a produção de energia elétrica nos painéis dos telescópios Hubble e JW.	A aula terá seu início com uma vídeo aula demonstrando como obter corrente elétrica através de LEDs expostos a luz solar; Em seguida os alunos receberão as explicações dos componentes eletrônicos do circuito e montarão seus experimentos; Ao final da aula os alunos responderão a um questionário investigativo.
6	50	A verificação do aprendizado significativo.	Investigar o potencial ganho conceitual do conteúdo abordado nas aulas anteriores;  Estabelecer condições para que o aluno perceba o choque conceitual que a física quântica trouxe por meio da quantização da energia.	No primeiro momento o docente promove uma discussão sobre temas já abordados para a verificação teórica de conceitos; O segundo momento o docente aplica um questionário onde visitará novamente os conceitos de radiação infravermelha e ultravioleta com abordagem especial sobre a pergunta motivadora (aula 3); O terceiro momento é reservado para a discussão das diferenças de abordagem entre a Física Clássica e a Física Moderna.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As unidades de aprendizagem estão listadas no Quadro 1 para organizar os objetivos de cada etapa da UEPS. Vale ressaltar que o professor deve criar um ambiente de pesquisa onde os alunos possam discutir livremente e formular hipóteses sem medo de errar. Essas unidades de ensino podem ser implementadas em qualquer ambiente escolar desde que adaptadas à realidade do professor.



faixa de temperatura e o termômetro consegue medir as temperaturas das regiões corporais por causa da emissão direta de radiação infravermelha dos corpos.

Uma nova situação problema (atividade investigativa) deverá ser sugerida: E se o termômetro não “enxergasse” diretamente o corpo? Ainda assim ele conseguiria ler a temperatura do corpo?

O professor deverá demonstrar a resposta para o questionamento colocando um saco preto (saco simples de lixo) cobrindo a mão de um aluno, como demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Termômetro infravermelho indicando a temperatura de uma mão bloqueada por uma sacola plástica.



Fonte: Acervo do autor (2023)

Agora o professor deve explicar a diferença existente entre a luz visível e a radiação infravermelha onde uma representa a energia luminosa refletida por uma superfície enquanto a outra representa a energia térmica emitida por todos os corpos que estão acima de 0 K.

Retomando o raciocínio sobre a energia solar, o prof. deverá citar alguns equipamentos bem especiais, que funcionam através da disponibilidade de energia solar: os satélites, a estação espacial e os telescópios Hubble e JW, explicando a necessidade de utilizarmos o telescópio JW frente ao telescópio Hubble através de um vídeo aula acessada em setembro/2022:

<https://www.youtube.com/watch?v=Mm75NwsYXYs>

Durante a apresentação do vídeo, o professor deverá fazer intervenções explicando as capacidades do telescópio James Webb frente aos seus predecessores de espaço, o telescópio Hubble e o Spitzer, principalmente por causa de sua capacidade de “enxergar mais distante” e de como a radiação infravermelha nos permite trazer informações do passado de nosso universo e de como ele evoluiu até chegar aqui.

Dando sequência à aula, o professor entregará um questionário para cada aluno servindo como questionário inicial onde será averiguada a existência de subsunçores necessários para a aprendizagem significativa. O questionário deve ser aplicado em folha impressa a cada aluno participante da sequência investigativa.

<b>NOME DA UNIDADE ESCOLAR</b>	
Professor: _____	
Turma: _____	Data: ___/___/_____
Nome: _____	
<b>OS TELESCÓPIOS ESPACIAIS</b>	
<b>Caro aluno, responda os questionamentos abaixo sobre os telescópios espaciais:</b>	
<b>Pergunta nº 1:</b> Será que a tecnologia que está por trás dos JW está presente em nosso dia a dia? Cite exemplos desses equipamentos que utilizam tecnologias similares.	
<b>Pergunta nº 2:</b> Por que o Telescópio JW enxerga mais longe?	
<b>Pergunta nº 3:</b> Quais são as radiações que limitam o espectro de luz visível?	

--

Ao final da aula 1 entregaremos um material para a **1ª sala de aula invertida**: A *equação fundamental da ondulatória*. Nesta proposta de ensino, os estudantes são expostos ao conteúdo de aprendizagem antes da aula, geralmente através de vídeos, podcasts, recursos online e, no nosso caso, uma leitura de um material especialmente preparado para eles, dessa forma os alunos utilizarão o tempo em sala de aula para trabalhar em exercícios práticos e outras atividades que ajudem a consolidar e aplicar o conhecimento que eles já adquiriram.

<b>NOME DA UNIDADE ESCOLAR</b>	
Professor: _____	
Turma: _____	Data: ___/___/___
Nome: _____	
<b>SALA DE AULA INVERTIDA</b> <b>A EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA ONDULATÓRIA</b>	
<p><b>1) CONCEITO DE ONDA</b></p> <p>Quando uma pessoa sacode bruscamente uma corda para cima e, em seguida, para baixo, como vemos na figura 1, o movimento origina uma sinuosidade, uma perturbação que se propaga ao longo da corda.</p> <p>No exemplo, a perturbação denomina-se <b>pulso</b> e o movimento do pulso constitui uma <b>onda</b>.</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; text-align: center; margin: 10px 0;"> <p><b>Denomina-se onda uma perturbação que se propaga em um meio.</b></p> </div> <p><b>2) ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS.</b></p> <p>Independentemente do tipo de onda, tanto as ondas mecânicas quanto as eletromagnéticas são capazes de transferir energia de um ponto a outro de um meio, sendo que apenas as <u>ondas eletromagnéticas conseguem se propagar no vácuo</u>.</p> <p>Um bom exemplo de onda mecânica é o SOM enquanto um bom exemplo de onda eletromagnética é a LUZ.</p> <p>Para o SOM, quanto mais denso for o meio, maior será sua velocidade de propagação, enquanto para a LUZ, quanto menos denso for o meio, maior será sua velocidade de propagação. Por esta razão teremos no vácuo, a maior velocidade de propagação de uma onda eletromagnética:</p> $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 10px;"> <p><b>A velocidade de propagação de uma onda depende de seu meio de propagação!</b></p> </div>	 <p><b>Figura 1:</b></p> <p><a href="https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2016781711-corda-naval-crossfit-10m-34-mm-funcional-_JM">https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2016781711-corda-naval-crossfit-10m-34-mm-funcional-_JM</a></p>

### 3) GRANDEZAS FÍSICAS ASSOCIADAS AS ONDAS

O estudo dos fenômenos ondulatórios ficará melhor compreendido se for analisado qualitativamente e quantitativamente. Dessa forma apresentaremos algumas grandezas físicas associadas as ondas.

As principais grandezas são: amplitude (A), período (T), frequência (f) e comprimento de onda ( $\lambda$ ). Utilizando um sistema que nos permita ver as ondas, podemos observar o significado de cada grandeza.

Considere um pulso gerado numa corda, disposta horizontalmente, executado verticalmente na extremidade livre como mostra a figura 2 abaixo:

O pulso dado na corda gerou uma elevação no ponto P que chamamos de AMPLITUDE (A). Essa elevação se propaga continuamente pela corda pois não há dissipação de energia.

Note que de  $t_0$  até  $t_4$  o ponto P completa uma oscilação, um ciclo. O tempo necessário para a onda completar um ciclo é chamado de PERÍODO (T).

O número de ciclos completados pela onda em uma unidade de tempo é denominado FREQUÊNCIA (f):

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ ciclos}}{\Delta t} \quad \text{Eq. (1)}$$

Como o número de ciclos está diretamente ligado ao período (1 ciclo ~ 1 período; 2 ciclos ~ 2 períodos; 3 ciclos ~ 3 períodos) a Eq. (1) poderá ser apresentada em outro formato, indicando que o período T de uma onda é inversamente proporcional a sua frequência f:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{Eq. (2)}$$

A unidade do período no SI é o “segundo” (s) enquanto a unidade de frequência será o “Hertz” (Hz).

Em um meio homogêneo a velocidade de propagação de uma onda é constante e, enquanto ela percorre uma distância equivalente a um comprimento de onda ( $\Delta S = \lambda$ ), o tempo gasto para cumprir tal percurso é o próprio período da onda ( $\Delta t = T$ ). Dessa forma, podemos assumir que:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{Eq. (3)}$$

Lembrando que o período é inversamente proporcional a frequência (Eq. 2), então:

$$v = \lambda \cdot f \quad \text{Eq. (4)}$$

As unidades no S. I. são:

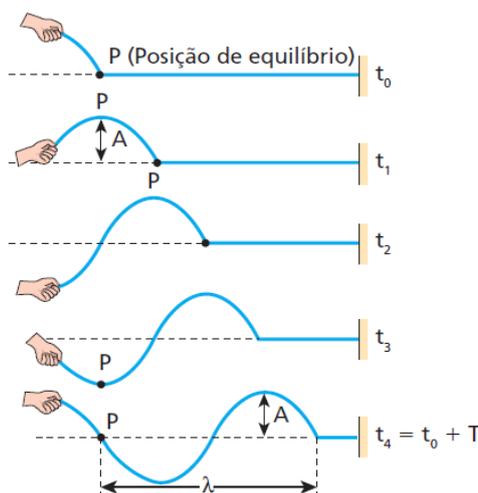
$$\left\{ \begin{array}{l} A \rightarrow m \\ \lambda \rightarrow m \\ T \rightarrow s \\ f \rightarrow \text{Hz} \\ v \rightarrow m/s \end{array} \right.$$


Figura 2: Tópicos da Física 2012 – Volume 2 –  
pág.: 208 – Newton, Helou e Gualter

#### 4) EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

1. (Famerp 2022) A lavadora ultrassônica, ou cuba ultrassônica, como a da imagem, é um dos equipamentos utilizados em consultórios e hospitais para a pré-limpeza de equipamentos cirúrgicos e odontológicos. Essa lavadora produz ondas mecânicas, com frequência na faixa do ultrassom, que são transmitidas para uma solução em seu interior. Isso faz com que as moléculas da solução se agitem e, por meio de um processo chamado cavitação, acabem por dissociar as impurezas nas superfícies dos materiais submersos na cuba.

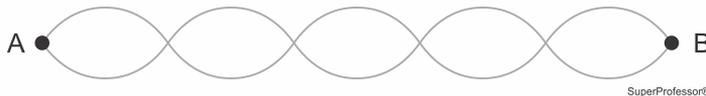
Sabendo que um valor típico para a frequência de operação dessas cubas é de 40 kHz e que as ondas produzidas se propagam na solução com uma velocidade de 1.480 m/s, o comprimento de onda associado a essas ondas é de

- a)  $2,7 \times 10^1$  m.
- b)  $3,7 \times 10^{-2}$  m.
- c)  $2,7 \times 10^{-3}$  m.
- d)  $3,7 \times 10^2$  m.



(www.blog.suryadental.com.br. Adaptado.)

2. (Pucrj 2021) Em uma corda esticada, observa-se um padrão de ondas estacionárias como mostrado na Figura.



SuperProfessor®

Sabendo que a distância entre os pontos A e B é de 1,5 m e que a frequência de vibração é de 20 Hz, pode-se afirmar que o comprimento de onda e a velocidade de propagação da onda nessa corda são, respectivamente,

- a) 0,60 m e 12 m/s
- b) 0,60 m e 30 m/s
- c) 0,75 m e 12 m/s
- d) 0,75 m e 30 m/s

3. (Uea 2021) Uma pessoa, parada na praia, verificou que, entre as chegadas de duas ondas consecutivas do mar à praia, havia um intervalo de 30 s. Logo em seguida, ela observa um surfista à sua frente, deslocando-se com sua prancha sobre uma onda, em sua direção. Supondo-se que as ondas possuam periodicidade e velocidade constantes nesse trecho do mar, e considerando que o surfista se aproxima da pessoa com velocidade constante de 7,2 km/h, permanecendo parado em relação à onda em que surfa, a distância entre duas ondas consecutivas é

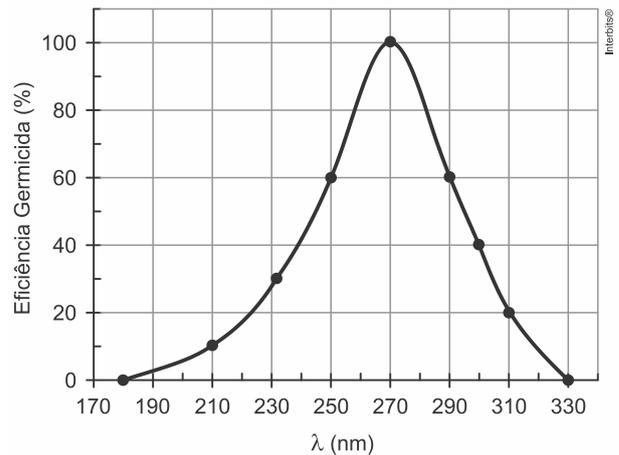
- a) 40 m.
- b) 60 m.
- c) 50 m.
- d) 20 m.

4. (Unicamp 2021) A ação germicida da luz UV varia conforme o comprimento de onda ( $\lambda$ ) da radiação. O gráfico a seguir mostra a eficiência germicida da luz UV em função de  $\lambda$ , em sua atuação durante certo tempo sobre um agente patogênico.

Pode-se afirmar que a frequência da luz UV que gera eficiência germicida máxima neste caso é

Dado: Velocidade da luz:  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s.

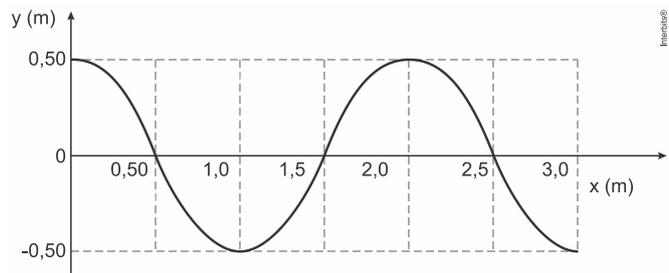
- a)  $0,9 \times 10^6$  Hz.
- b)  $8,1 \times 10^{10}$  Hz.
- c)  $5,4 \times 10^{12}$  Hz.
- d)  $1,1 \times 10^{15}$  Hz.



5. (Ifsul 2020) Uma onda senoidal propaga-se, da esquerda para a direita, em uma corda e o formato da corda em um determinado instante de tempo é ilustrado no gráfico abaixo.

Sabendo-se que a onda se propaga com velocidade de 4 m/s, o comprimento de onda, o período e a frequência do movimento são respectivamente iguais a

- a) 2 m, 2 Hz e 0,5 s.
- b) 2 m, 1,33 Hz e 0,75 s.
- c) 8 m, 0,75 Hz e 1,33 s.
- d) 8 m, 0,5 Hz e 2 s.



**GABARITO:**

- 1) B    2) A    3) B    4) D    5) A

### 2.3 UEPS 02: AS RADIAÇÕES INFRAVERMELHA (IV) E ULTRAVIOLETA (UV)

No encontro anterior os alunos participantes deste projeto receberam artigo sobre o tema Equação fundamental da ondulatória cujo objetivo principal era de recordar os conceitos referentes ao tópico, por este motivo escolhemos a “sala de aula invertida”.

A metodologia “sala de aula invertida” é uma abordagem pedagógica que envolve a inversão da tradicional dinâmica de ensino, em que o professor ministra a aula expositiva em sala de aula e os alunos realizam as atividades de fixação em casa. Na sala de aula invertida, o aluno é responsável por se preparar para a aula assistindo a

vídeos, lendo textos e realizando atividades prévias em casa, enquanto que na sala de aula, o professor atua como um facilitador, ajudando os alunos a aplicar o conhecimento que eles já adquiriram. Em resumo, a sala de aula invertida tem se mostrado uma abordagem pedagógica eficaz, que melhora o aprendizado, o engajamento e a relação entre alunos e professores.

Para uma melhor orientação, seguem os objetivos específicos desta 2ª aula:

- Conhecer os efeitos da dilatação do espaço-tempo na propagação da luz
- Associar o deslocamento de cargas elétricas com a presença de uma radiação eletromagnética

Para cumprir os objetivos listados acima o professor deverá solicitar de seus alunos um feedback sobre os textos da sala de aula invertida de forma a consolidar o seu aprendizado e encorajá-los a continuar se envolvendo no processo de aprendizagem. Como estratégia para encerrar uma sala de aula invertida, uma discussão em grupo deverá ser organizada e, dessa forma os alunos compartilharão suas opiniões e experiências sobre a aula, debatendo as ideias e tirando suas dúvidas.

Independentemente da estratégia escolhida, é importante que o encerramento da sala de aula invertida proporcione uma sensação de conclusão e de realização para os alunos, e que incentive a continuidade do processo de aprendizagem.

Retomando a aula, faremos um simples experimento para demonstrar como as ondas se comportam na expansão do universo e a necessidade de utilizarmos um telescópio capaz de capturar essas informações que são trazidas pela radiação infravermelha, solidificando a diferença entre comprimento de onda e frequência. Verificaremos esta necessidade com o Experimento da BEXIGA que consiste em fazer um traço no formato de onda senoidal com o pincel de quadro branco na bexiga ainda vazia (ver Figura 5) e em seguida soprar a bexiga enchendo-a, como mostrado na Figura 6.

Figura 5 - Senoidal grafada na bexiga ainda vazia



Fonte: Acervo do autor (2023).

Através deste experimento o aluno pode ver claramente que o traço aumenta de tamanho representando de forma lúdica, a dilatação do espaço-tempo.

Figura 6 - Senoidal deformada pela dilatação da bexiga



Fonte: Acervo do autor (2023).

Após a demonstração o professor deverá explicar que a dilatação do espaço-tempo é um conceito da teoria da relatividade de Albert Einstein que descreve como o tempo e o espaço são afetados pela presença de massa e energia. Em resumo, quanto maior a massa ou energia de um objeto, maior será a curvatura do espaço-tempo ao seu redor, o que pode afetar a maneira como o tempo é medido e percebido em diferentes partes do espaço.

Por sua vez, a radiação infravermelha é um tipo de radiação eletromagnética com comprimentos de onda mais longos do que a luz visível, que é emitida por objetos que têm temperatura, como o Sol, as estrelas e os seres humanos. Quando um objeto aquece, sua temperatura aumenta, e isso causa uma maior emissão de radiação infravermelha.

Embora esses dois conceitos possam parecer desconectados à primeira vista, eles estão relacionados por meio da teoria da relatividade. De fato, de acordo com a teoria

da relatividade, a dilatação do tempo pode afetar a maneira como a radiação infravermelha é medida e percebida em diferentes partes do espaço. Isso ocorre porque, em regiões onde a gravidade é mais intensa, o tempo passa mais devagar do que em regiões onde a gravidade é mais fraca. Isso significa que, em uma região de maior gravidade, a radiação infravermelha pode ser medida como tendo um comprimento de onda um pouco mais longo do que em uma região de menor gravidade. Em resumo, embora a relação entre a dilatação do espaço-tempo e a radiação infravermelha possa parecer um pouco abstrata, ela está fundamentada na teoria da relatividade de Einstein, que é um dos pilares da física moderna.

O professor deverá recordar aos alunos que a luz viaja pelo Universo em todas as direções. O que significa que estamos sempre vendo o passado dos objetos e, quanto mais distante, mais no passado enxergamos. Objetos muito distantes sofrem um deslocamento da sua luz para o vermelho. **Como o tecido do espaço-tempo está esticando, a luz que viaja nele por tempo suficiente também vai esticar, ficando mais vermelha.** Isso significa que, mesmo que uma fonte luminosa de uma galáxia distante emita em comprimentos de onda azuis, até que essa luz chegue aos nossos telescópios, ela vai ser deslocada para o vermelho. Desta forma, o professor deverá destacar que essa é outra vantagem de observar o universo no infravermelho, pois conseguimos estudar objetos muito distantes, esta é a grande vantagem do JWST sobre o Hubble.

Para consolidar esta fala, o professor deverá mostrar aos alunos a diferença de nitidez e a riqueza nos detalhes (Figura 7) apurados pelo JWST(lado direito) frente ao Hubble (lado esquerdo):

Figura 7 – Comparação das imagens do telescópio Hubble e do JWST



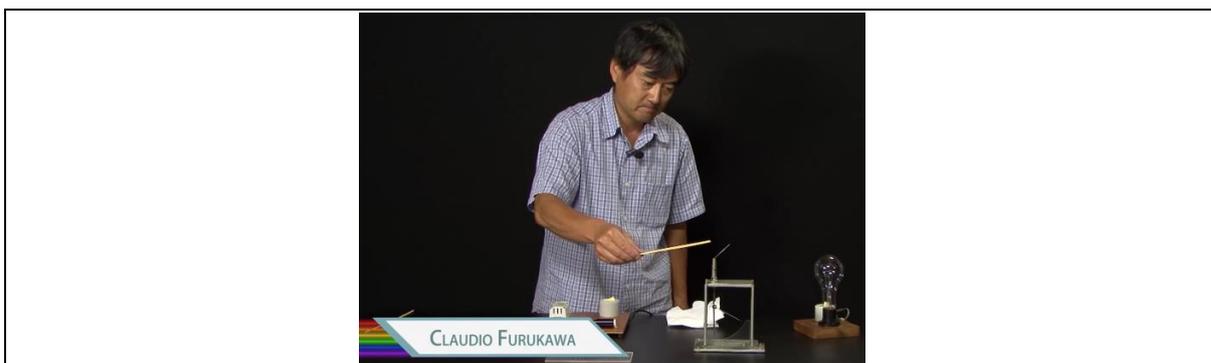
Fonte: ESA – Agência Espacial Europeia (2022)

Dando continuidade a aula, o professor fará uma nova exposição oral, mas com nível mais alto de complexidade (situações problemas devem sempre acompanhar uma sequência de menor complexidade para maior complexidade) trazendo uma outra característica das radiações infravermelha e ultravioleta que é a transmissão de uma forma de energia que permite o deslocamento de cargas em superfícies de materiais condutores ou semicondutores de eletricidade.

Para identificar este deslocamento o professor deverá passar uma vídeo aula sobre um experimento que demonstra a interação da radiação luminosa com a matéria e o efeito fotoelétrico, que pode ser visto na vídeo aula pertencente ao site [www.youtube.com](http://www.youtube.com), postada pelo canal FÍSICA UNIVERSITÁRIA em 2017 inscrita como: Tema 01 - Luz | Experimentos - Efeito fotoelétrico com um tempo total de 2:54 minutos

<https://www.youtube.com/watch?v=VVka6Mp5vyA>

Figura 8 – Vídeo demonstrando o efeito fotoelétrico



Fonte: Física Universitária (2016).

Após assistir o experimento o professor deverá abrir um painel de discussão sobre a vídeo aula e, caso não surjam perguntas relevantes, fará cinco questionamentos:

- a) Que tipo de energia moveu os elétrons do plástico do canudinho?
- b) Como as cargas elétricas foram transferidas do canudinho para o metal?
- c) Qualquer luz pode provocar o descarregamento do metal?
- d) Se a luz retirou elétrons do metal, para onde eles foram?
- e) Qual é o nome dado a este efeito físico que a luz UV produz nos metais?

Através destas questões, os alunos discutiram e averiguaram se suas respostas estavam conceitualmente corretas. O professor mediu o momento e ao final de cada pergunta conduziu os educandos aos conceitos corretos de forma a sistematizar os conhecimentos.

Após estes questionamentos o professor distribuirá um questionário investigativo sobre tudo o que foi visto nesta aula, com atenção especial a Vídeo aula do Prof. Claudio Furokawa (Figura 8).

<b>NOME DA UNIDADE ESCOLAR</b>	
Professor: _____	
Turma: _____	Data: ___/___/_____
Nome: _____	
<b>QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO</b>	
Após observar o experimento realizado na vídeo aula, responda as perguntas abaixo:	
<b>Pergunta nº 1:</b> O que o atrito do papel com o canudinho provocou nas superfícies destes dois corpos?	
<b>Pergunta nº 2:</b> Qual foi o tipo de radiação que a lâmpada incandescente transferiu para o eletroscópio? O que ela causou no eletroscópio?	
<b>Pergunta nº 3:</b> Qual foi o tipo de radiação que a lâmpada UV (vapor de mercúrio) transferiu para o eletroscópio? O que ela causou no eletroscópio?	
<b>Pergunta nº 4:</b> Por que a lâmpada UV obteve êxito na movimentação de cargas do eletroscópio?	

Nesta UEPS ficou evidenciado o movimento organizado de cargas elétricas e, portanto, um conceito ainda não estudado pelos discentes da 1ª série do EM (corrente elétrica) deverá ser apresentado precocemente, com o objetivo de produzir subsunçores necessários para o entendimento dos tópicos que surgirão na próxima UEPS. Desta forma, o professor deverá entregar aos alunos a 2ª sala de aula invertida, com o título de ESTUDO ELEMENTAR SOBRE A CORRENTE ELÉTRICA EM CONDUTORES SÓLIDOS.

**NOME DA UNIDADE ESCOLAR**

Professor: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

**ESTUDO ELEMENTAR SOBRE A CORRENTE ELÉTRICA  
EM CONDUTORES SÓLIDOS.**

**1) Ligação metálica**

Os átomos dos materiais sólidos metálicos estão ligados por uma ligação bem particular, conhecida como LIGAÇÃO METÁLICA. Neste tipo de ligação ocorre a liberação parcial dos elétrons mais externos, com a conseqüente formação de cátions (ions positivos) imersos em uma “nuvem” de elétrons que se movimentam de maneira desordenada (não caracterizando corrente elétrica) como mostra a figura 1.

A “nuvem” eletrônica formada possui características especiais:

- Os elétrons ficam confinados por meio de atração eletrostática com os cátions;
- Os elétrons são distribuídos uniformemente;
- Os elétrons possuem grande mobilidade pois suas ligações não são direcionais;

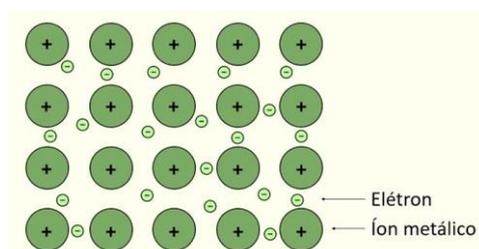


Figura 1: Estrutura atômica simplificada de um metal  
Fonte: <https://www.todamateria.com.br/ligacoes-quimicas/> consulta em 14/10/2022

**2) Organizando dos elétrons livres**

Para explicar como é possível organizar a movimentação dos elétrons de um condutor metálico faremos uma analogia com o movimento de um corpo hipotético de massa “m”.

- Considere um corpo sobre uma plataforma nivelada ( $h_A = h_B$ ) como mostra a figura 2. Neste caso não perceberemos uma movimentação espontânea do corpo;
- Na figura 3, percebemos uma diferença de altura ( $h_C > h_D$ ) que, evidentemente provoca uma movimentação espontânea no corpo.

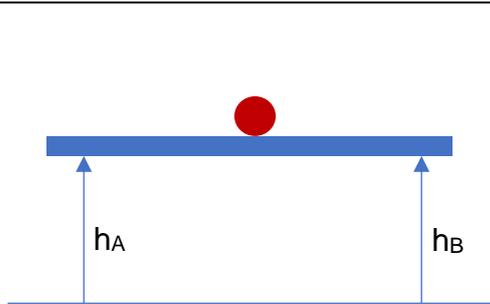


Figura 2: Plataforma nivelada

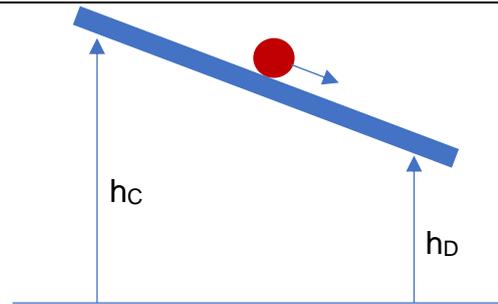


Figura 3: Plataforma desnivelada

Fonte: Próprio autor

- Observa-se que ao criarmos uma diferença de potencial gravitacional ( $\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta h$ ), o corpo de massa “m” entra em movimento organizado e, semelhante a isso, quando criamos uma diferença de potencial elétrico (d. d. p.) entre dois pontos de um condutor, os elétrons livres também produzirão um movimento organizado, chamado de CORRENTE ELÉTRICA (i).

### 3) A corrente elétrica (i)

Considere um pedaço qualquer de um condutor metálico no espaço, como mostra a figura 4. Nela observamos que os elétrons livres se movem desordenadamente e, a medida desta agitação molecular é proporcional a temperatura do condutor;

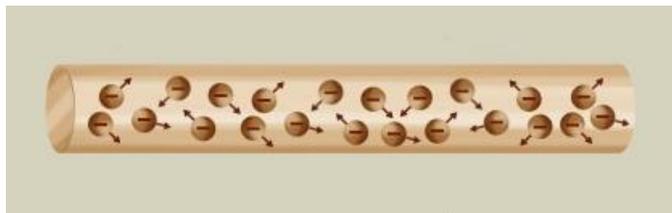


Figura 4: Movimento desordenado de elétrons livres

Fonte: <https://ipemsp.wordpress.com/2019/10/14/medindo-corrente-eletrica-o-ampere/> consultada em 14/10/2022

Ao estabelecermos uma d. d. p. conectando o mesmo pedaço de condutor aos polos de uma pilha comum (figura 5), organizaremos o movimento dos elétrons livres, criando então uma corrente elétrica representada pela letra “i”;

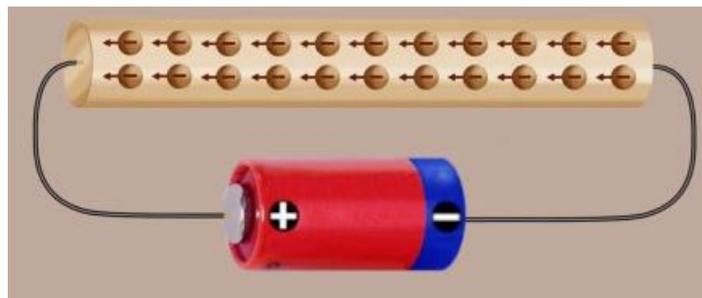


Figura 5: Movimento ordenado de elétrons livres

Fonte: <https://ipemsp.wordpress.com/2019/10/14/medindo-corrente-eletrica-o-ampere/> consultada em 14/10/2022

A expressão matemática que quantifica o valor da corrente elétrica em um condutor metálico é escrita baseada no fluxo total de portadores de carga elétrica em movimento ordenado que atravessam uma seção reta do condutor em um determinado intervalo de tempo ( $\Delta t$ ).

$$i = \frac{Q}{\Delta t}$$

Eq. (1)

Onde  $Q$ , é chamado de carga elétrica ( $Q = N \cdot e$ );  $N$  é o número total de portadores de carga elétrica e  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$  é conhecida como “carga elétrica elementar”, que é a menor porção (indivisível) de carga elétrica.

#### 4) Exercícios propostos:

4.1) Através do filamento de uma lâmpada passam  $2 \cdot 10^{17}$  elétrons por segundo. Considerando o módulo da carga dos elétrons igual a  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ , determine o valor da corrente elétrica.

**R:  $i = 0,032A$  ou  $32mA$**

4.2) Um condutor é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade  $800mA$ . Conhecida a carga elétrica elementar  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ , determine o número de elétrons, por segundo, que atravessa uma seção normal desse condutor.

**R:  $N = 5 \cdot 10^{18}$  elétrons.**

## 2.4 UEPS 03: PRODUZINDO CORRENTE ELÉTRICA

Nosso terceiro encontro se inicia com a retomada do conhecimento oferecido pela 2ª sala de aula invertida, onde os estudantes tiveram a oportunidade de conhecer os conceitos sobre a corrente elétrica em condutores metálicos resolvendo duas questões orientadas para este fim. O professor deverá aproveitar o momento da solução para desenvolver estratégias de resolução de problemas. Explorando diferentes abordagens, pois erros comuns e discussões sobre as etapas de resolução podem enriquecer a experiência de aprendizado.

Se o professor envolver os alunos durante a explicação da solução, fazendo perguntas e incentivando a discussão, isso pode promover o aprendizado ativo. Os alunos têm a oportunidade de pensar criticamente, aplicar os conceitos aprendidos e melhorar suas habilidades de resolução de problemas.

Voltando nossa atenção para a 3ª UEPS, estabelecemos os objetivos específicos deste 3º encontro:

- Associar luz à corrente elétrica
- Relacionar a ideia do Quantum (Planck) com a ideia de Efeito Fotoelétrico (Einstein)

Em coerência com o primeiro objetivo específico da aula o professor deverá iniciar sua exposição oral recordando sobre um dos pontos de nossa primeira UEPS: O funcionamento dos telescópios Hubble e JWST.

Este procedimento faz parte do 3º passo da sequência proposta por Moreira (2011) que é iniciar a aula com uma situação problema, que pode funcionar como organizador prévio, pois sua abordagem é de carácter bem introdutório. O intuito é que se crie um ambiente propício para novos significados, ou seja, o discente deve entendê-las como problema e ter condições de modelá-las mentalmente.

Em sua exposição oral o professor fará a conexão da segunda sala de aula invertida (tema corrente elétrica) com o funcionamento dos telescópios que dependem de uma corrente elétrica para funcionarem e na sequência, o professor fará uma pergunta motivadora, que é a chave deste produto:

***Como produzir a corrente elétrica no espaço possuindo apenas ondas eletromagnéticas?***

Durante a discussão, o docente poderá perceber a presença de alguns “subsunçores” sobre os itens corrente elétrica, radiação UV e painel solar mas, completamente desconectados. A pergunta motivadora buscava romper a fragmentação do conhecimento em áreas especializadas e criar uma abordagem mais abrangente e contextualizada.

A interdisciplinaridade é muito importante em áreas como a pesquisa científica, em que problemas complexos muitas vezes exigem uma abordagem multidisciplinar para serem resolvidos. Além disso, a interdisciplinaridade promove uma aprendizagem mais rica e significativa ao integrar diferentes disciplinas e habilidades.

Com o objetivo de resgatar esta interdisciplinaridade, o docente poderá comentar um pouco mais sobre os dados que a Agência Espacial Americana (NASA) disponibiliza em sites específicos sobre os telescópios como os que estão indicados abaixo:

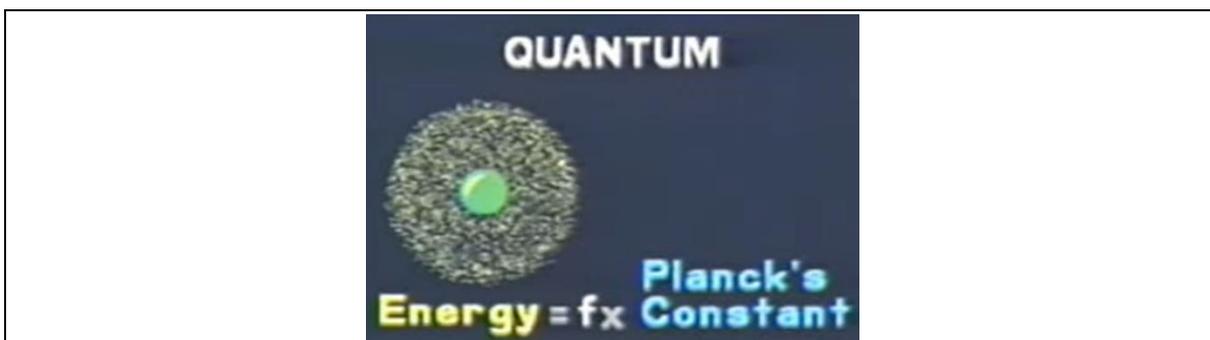
- [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/main/index.html) (HUBBLE)
- <https://www.jwst.nasa.gov/science.html> (JWST)

É importante o professor destacar que assim como o Telescópio Espacial Hubble, o Telescópio Espacial James Webb também é alimentado por energia elétrica gerada por seus painéis solares. No entanto, a energia solar não é suficiente para alimentar todas as operações do James Webb, uma vez que este será posicionado em uma região do espaço onde a luz solar é muito fraca. Por isso, o James Webb é equipado com um gerador termoelétrico de radioisótopos (RTG), que utiliza o calor gerado pelo decaimento radioativo de materiais radioativos, como o plutônio-238, para gerar eletricidade. Esse gerador é protegido por um escudo térmico para garantir que não haja vazamento de radiação prejudicial para a saúde humana e ambiental no momento de sua construção e manipulação aqui na terra.

Retornando ao contexto da pergunta motivadora (como produzir corrente elétrica no espaço possuindo apenas ondas eletromagnéticas?) o professor fará uma exposição do conteúdo de “quantum” e “efeito fotoelétrico” através de duas ações: a primeira será uma vídeo aula (Figura 9) traduzida de uma série educacional da TV americana que faz uma introdução sobre os temas citados:

<https://www.youtube.com/watch?v=CEuMmMxD-vI>

Figura 9 - Imagem da vídeo aula sobre Quantum



Fonte: Recorte do vídeo hospedado no canal Samasks, Youtube,(2022).

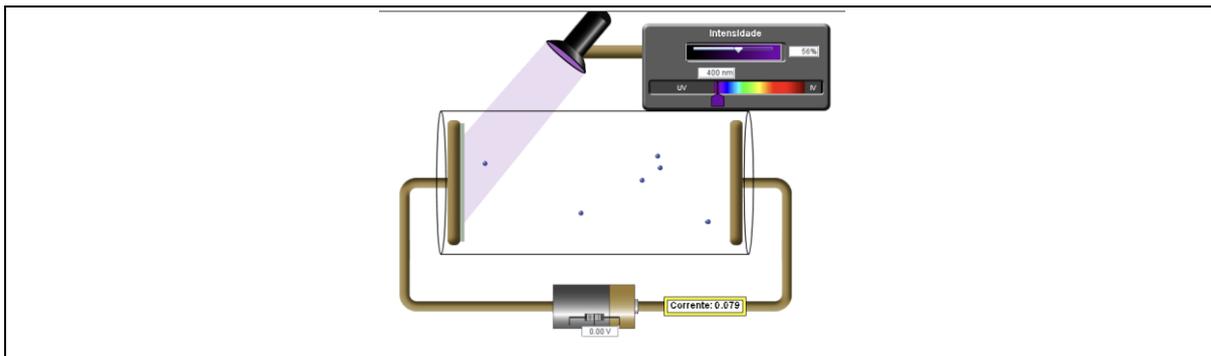
Nesta primeira ação, há um esforço para introduzir os mais importantes conceitos da física moderna: a ideia do “quantum”; as relações de quantificação de energia e a equação do efeito fotoelétrico produzida por Einstein.

A explicação quântica do efeito fotoelétrico é capaz de explicar todos os aspectos observados experimentalmente, e é agora considerada uma das primeiras evidências experimentais da natureza quântica da luz. Além disso, a teoria quântica do efeito fotoelétrico é fundamental para a compreensão de muitos outros fenômenos quânticos, como a emissão espontânea de luz pelos átomos.

A segunda ação da aula será feita através de um experimento utilizando um aplicativo do site PHETCOLORADO (Figura 10) onde os discentes serão divididos em grupos e receberão instruções para sua formação no programa, testando frequências e materiais diferentes para a geração de corrente elétrica através do link:

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric)

Figura 10 - Aplicativo para estudos do Efeito Fotoelétrico



Fonte: PhetColorado, recorte do aplicativo Efeito Fotoelétrico (2022)

O professor deverá reservar alguns instantes para sua formação, e em seguida os discentes iniciarão suas pesquisas no aplicativo seguindo as instruções de um roteiro cuidadosamente preparado para esta finalidade.

_____	
<b>NOME DA UNIDADE ESCOLAR</b>	
Professor: _____	
Turma: _____	Data: ____/____/____
Nome: _____	
<b>O EFEITO FOTOELÉTRICO</b>	

**Instruções para trabalhar com o PHETCOLORADO:**

- Abra o aplicativo em seu dispositivo utilizando o link:  
[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric)
- Observe todos os controles e indicadores do aplicativo;
- Siga os procedimentos abaixo, relatando suas observações às perguntas/sugestões feitas em cada passo:



1º) Mova o cursor da intensidade para 50% e registre o valor da corrente apresentada: \_\_\_\_\_

2º) Aumente o cursor para 80% e registre o valor da corrente apresentada: \_\_\_\_\_

3º) Qual é a relação entre a intensidade da iluminação e o valor da corrente?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4º) Sabendo que a menor parte da luz é composta por fótons, o aumento da corrente se deve à elevação da quantidade de fótons, à diminuição de fótons ou não há relação com a quantidade de fótons?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5º) Mantenha a intensidade em 80% e altere o cursor do comprimento de onda (indicador da cor da luz) para próximo de 450nm.

Qual é o valor da corrente? \_\_\_\_\_.

Qual é a cor da luz? \_\_\_\_\_

6º) Mantenha a intensidade em 80% e altere o cursor do comprimento de onda (indicador da cor da luz) para próximo de 600nm.

Qual é o valor da corrente? \_\_\_\_\_.

Qual é a cor da luz? \_\_\_\_\_

Eleve a intensidade da luz para 100%.

O que ocorre com a corrente? \_\_\_\_\_

7º) Mova o cursor do comprimento de onda para 100nm (UV).

Qual é o valor da corrente? \_\_\_\_\_

8º) Mova o cursor do comprimento de onda para 850nm (IV).

Qual é o valor da corrente? \_\_\_\_\_

O que ocorreu com a quantidade de elétrons? \_\_\_\_\_

9º) Quando alteramos de UV (ultravioleta) para IV (infravermelho) o que ocorre com a corrente?

---

---

10º) Recorra novamente ao simulador para responder se a corrente elétrica é direta ou inversamente proporcional a frequência ou se não há relação entre frequência e corrente.

---

---

O agente utilizador deste produto educacional deverá perceber que a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no processo de aprendizagem, ou TDIC (Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação), é extremamente importante no sistema educacional atual. A TDIC permite que os alunos acessem uma quantidade vasta e diversificada de informações. Através da internet, eles podem pesquisar e obter recursos educacionais, artigos acadêmicos, vídeos, assim como as simulações do Phetcolorado, ampliando suas oportunidades de aprendizado e promovendo a autonomia na busca do conhecimento.

A TDIC pode tornar o processo de aprendizagem mais envolvente e motivador pois os alunos podem se sentir mais entusiasmados e engajados com o conteúdo. Isso estimula a curiosidade, a criatividade e o interesse pela aprendizagem.

É importante destacar que a TDIC não substitui o papel do professor, mas sim se torna uma ferramenta complementar ao ensino. O professor desempenha um papel fundamental na orientação dos alunos, na seleção e no uso adequado das Tecnologias de Informação e Comunicação.

Por fim, como na etapa anterior, os grupos apresentam as respostas de suas perguntas e hipóteses para toda a turma discutir e verificar se as respostas estão conceitualmente corretas. Todo o processo deve ser conduzido pelo professor, orientando a aula em linguagem científica, para que os conceitos de Efeito Fotoelétrico formem subsunçores seguros para o aprendizado de Física Moderna.

## 2.5 UEPS 04: O EFEITO FOTOELÉTRICO E O FOTOVOLTÁICO

A quarta Unidade de Ensino Potencialmente Significativo (UEPS) entregará ao aluno a oportunidade de conhecer o trabalho de grandes nomes da ciência em torno do tema central: **O efeito Fotoelétrico**.

O professor deverá reservar um tempo da aula propondo uma discussão sobre a natureza da luz questionando os alunos da seguinte forma:

### **Mas afinal: onda ou partícula?**

É impossível explicar ao aluno essa singularidade da luz sem tocar em alguns conceitos da física quântica! Antes do desenvolvimento da teoria quântica da luz, a luz era considerada uma onda eletromagnética que se propagava no espaço. No entanto, os experimentos mostraram que a luz também exibia comportamentos de partículas, como o efeito fotoelétrico, onde a luz incidente em uma superfície pode ejetar elétrons.

A teoria quântica da luz descreve a natureza dual da luz, isto é, tanto como uma onda quanto como uma partícula. De acordo com a teoria, a luz é composta de fótons, que são partículas sem massa e que viajam na velocidade da luz. Os fótons possuem energia e momento, que são relacionados à sua frequência e comprimento de onda.

Além disso, a teoria quântica da luz prevê que a luz pode interagir com a matéria de maneiras que dependem da energia dos fótons. Isso explica a observação do efeito fotoelétrico, onde a luz pode ejetar elétrons de uma superfície, assim como explica a absorção e emissão de luz pelos átomos, que são importantes para entender a espectroscopia.

Apesar do conhecimento descrito anteriormente ser necessário para a compreensão total dos assuntos que abordaremos, nossa 4ª UEPS apresenta três objetivos bem específicos:

- Diferenciar o efeito fotoelétrico do fotovoltaico.
- Reconhecer a Equação de Einstein para o Efeito fotoelétrico identificando seus elementos
- Relacionar a luz recebida pelos painéis solares com a produção de corrente elétrica;

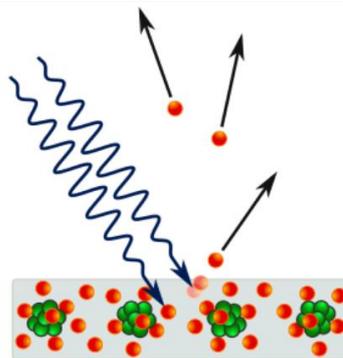
Em nosso terceiro encontro tivemos uma pergunta motivadora onde buscávamos uma conexão entre o efeito fotoelétrico/fotovoltaico e a geração de corrente elétrica no espaço. Retomando esta discussão, o docente fará uma breve explicação oral sobre os painéis solares, responsáveis pela conversão da energia luminosa em elétrica destacando que um painel solar é um dispositivo que converte a energia luminosa do sol em energia elétrica. O processo de conversão de energia luminosa em energia elétrica em um painel solar é possível graças ao efeito fotovoltaico, que é o fenômeno que ocorre quando a luz atinge um material semicondutor e gera elétrons livres. Em resumo, um painel solar converte a energia luminosa em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico, que ocorre quando a luz do sol excita elétrons em um material semicondutor, criando uma diferença de potencial elétrico que pode ser coletada e transformada em corrente elétrica.

Para corroborar com esta explanação oral, o docente entregará aos alunos um material preparado sobre o tema EFEITO FOTOELÉTRICO (equação de Einstein), que ocorre nos painéis solares dos telescópios Hubble e James Webb (Apêndice C).

_____	
<b>NOME DA UNIDADE ESCOLAR</b>	
Professor: _____	
Turma: _____	Data: __/__/____
Nome: _____	
<b>O QUE É EFEITO FOTOELÉTRICO?</b>	

O efeito fotoelétrico é um processo de emissão de elétrons por alguns materiais quando iluminados por frequências específicas de ondas eletromagnéticas.

O efeito fotoelétrico é um fenômeno de origem quântica que consiste na emissão de elétrons por algum material que é iluminado por radiações eletromagnéticas de frequências específicas. Os elétrons emitidos por esses materiais são chamados de fotoelétrons.



Fonte: Wikimedia Commons: Ponor em 23/09/2021

### **QUEM DESCOBRIU O EFEITO FOTOELÉTRICO?**

O efeito fotoelétrico foi descoberto em 1886 pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894). Na ocasião, Hertz percebeu que a incidência da luz ultravioleta em chapas metálicas auxiliava a produção de faíscas. A explicação teórica para o efeito fotoelétrico, entretanto, só foi apresentada pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955), em 1905.

A dúvida que existia na época estava relacionada com a energia cinética dos elétrons que eram ejetados do metal: essa grandeza não dependia da intensidade da luz incidente. Einstein percebeu que o agente responsável pela ejeção de cada elétron era um único fóton, uma partícula de luz que transferia aos elétrons uma parte de sua energia, ejetando-o do material, desde que sua frequência fosse grande o suficiente para tal. Para tanto, Einstein munuiu-se das ideias do físico alemão Max Planck (1858-1947).

Planck afirmava que a luz irradiada por um corpo negro era quantizada, isto é, apresentava um valor mínimo de energia, como em pequenos pacotes. Einstein ampliou a ideia para todas as ondas eletromagnéticas e conseguiu resolver o problema do efeito fotoelétrico. Einstein e Planck receberam mais tarde o prêmio Nobel de Física por suas descobertas relacionadas à quantização da luz.

### **O QUE SÃO “FÓTONS”?**

De maneira simplificada, os fótons são as partículas que compõem as radiações eletromagnéticas.

Segundo Isaac Newton (1643-1727), a luz era composta por partículas corpusculares, pequenas esferas que colidiam com as superfícies e sofriam reflexão e refração. Anos mais tarde com os estudos do eletromagnetismo e as contribuições de James Maxwell (1831-1879), a luz foi definida como uma onda eletromagnética, isto é, uma combinação de campos elétricos e magnéticos variáveis que se propagam no espaço.

Quando uma grandeza é encontrada apenas em múltiplos inteiros de uma quantidade elementar (denominada de quantum), diz-se que ela é quantizada. No século XX, Albert Einstein (1879-1955) propôs que a radiação eletromagnética deveria ser quantizada e a quantidade elementar que definia a luz era o fóton.

### **MAS AFINAL...ONDA OU PARTÍCULA?**

Enfim, a luz é um tipo de onda ou um emaranhado de partículas que se propagam no espaço? A resposta a essa pergunta é intrigante. A luz é tanto onda quanto partícula. A dualidade onda-partícula da luz mostra-nos esse seu comportamento duplo.

A luz sofre fenômenos como refração, dispersão e polarização, característicos das ondas. No entanto, para se compreender o efeito fotoelétrico, por exemplo, deve-se considerar que ela é composta pelas partículas denominadas de fótons.

Os fótons são as partículas que compõem a luz e podem ser definidos como pequenos “pacotes” que transportam a energia contida nas radiações eletromagnéticas. Segundo Einstein, um fóton deve possuir uma quantidade fixa de energia, definida pela seguinte equação:

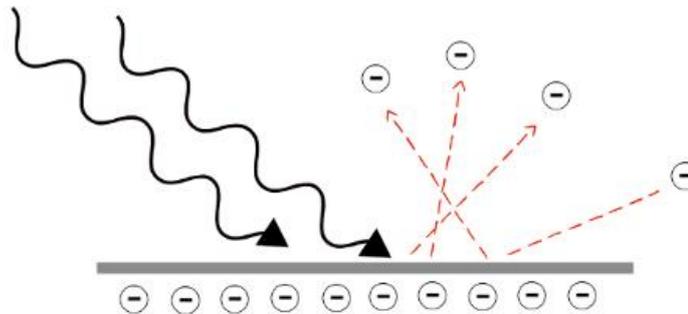
$$E = h \cdot f$$

Nessa equação, E é a energia pertencente ao fóton, f é a frequência da radiação eletromagnética (Hz) e h é a constante de Planck, que possui valor de  $6,63 \times 10^{-34}$  J.s ou  $4,14 \times 10^{-15}$  eV.s.

Segundo essa definição, a quantidade mínima de energia que uma onda eletromagnética deve possuir corresponde ao produto h.f, e qualquer valor de energia para uma radiação eletromagnética deve ser um múltiplo inteiro desse produto.

### COMO FUNCIONA O EFEITO FOTOELÉTRICO?

O efeito fotoelétrico consiste na ejeção de elétrons de um material exposto a uma determinada frequência de radiação eletromagnética. Os pacotes de luz, chamados de fótons, transferem energia para os elétrons. Se essa quantidade de energia for maior do que a energia mínima necessária para se arrancar os elétrons, estes serão arrancados da superfície do material, formando uma corrente de fotoelétrons.



<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-fotons.htm> em 23/09/2021

A energia de cada fóton depende de sua frequência (f), portanto, existe uma frequência mínima necessária para arrancar os elétrons do material. A energia mínima que cada fóton deve ter para promover o efeito fotoelétrico é chamada de função trabalho. A equação a seguir permite calcular a energia de um único fóton de frequência f:

$$E = h \cdot f$$

Na equação acima, h é uma constante física chamada constante de Planck, de valor igual a  $4,0 \cdot 10^{-15}$  eV.s. A energia cinética que o elétron adquire após ser atingido por um fóton é determinada pela diferença da energia do fóton com a função trabalho ( $\Phi$ ):

$$E_e = h \cdot f - \phi$$

A função trabalho é uma característica de cada material e depende do quão ligados estão os elétrons no material. Confira uma tabela com valores de função trabalho, em unidades de eV (elétrons-volts - cada eV equivale a  $1,6 \cdot 10^{-19}$  J), para alguns metais:

Material	Valor da função trabalho (eV)
Sódio	2,28
Cobalto	3,90
Alumínio	4,08
Cobre	4,70

<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-fotons.htm> em 23/09/2021

#### REFERENCIAS:

<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-fotons.htm> com texto do professor Joab Silas, graduado em FÍSICA. Acesso em setembro/2022.

<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-efeito-fotoeletrico.htm#> com texto do professor Rafael Helerbrock, graduado em FÍSICA. Acesso em setembro/2022.

Colaborando com o material anterior, o docente entregará um segundo material que explicita a diferença entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico pois, para os alunos da 1ª série do EM a diferença entre ejeção de elétrons (fotoelétrico) da condução de elétrons (fotovoltaico) pode não ser tão simples.

#### NOME DA UNIDADE ESCOLAR

Professor:

Turma: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Nome:

### ESTUDO ELEMENTAR SOBRE AS DIFERENÇAS ENTRE EFEITO FOTOELÉTRICO E FOTOVOLTAICO

Embora sejam similares, o **Efeito Fotoelétrico** não é igual ao **Efeito Fotovoltaico** utilizado pelos sistemas solares para geração de energia elétrica em equipamentos elétricos.

Quando falamos em energia solar para geração de energia elétrica, algumas vezes é possível perceber uma confusão com termos que, embora relacionados, não fazem parte do processo, como efeito foto térmico e efeito fotoelétrico. Neste sentido, este artigo tem como objetivo esclarecer algumas dessas confusões.

**O efeito fotoelétrico** foi observado pela primeira vez por Heinrich Hertz, físico alemão, em 1887, embora muitos creditem esta primeira observação a Alexandre Edmond Becquerel, em 1839, quando este primeiro observou o efeito fotovoltaico. ao utilizar duas placas metálicas para seu estudo, Hertz percebeu faíscas sendo emitidas delas ao contato com a luz, mas sem conseguir explicar o porquê que tal fenômeno ocorria. o efeito intrigou a mente humana e foi pesquisado por

vários cientistas, porém, somente em 1905, 18 anos depois de Hertz, é que Albert Einstein conseguiu explicar suas causas, ganhando pela sua equação o prêmio Nobel em física, em 1921.

De maneira simples, o efeito fotoelétrico é a emissão de muitos elétrons de um material, geralmente metálico, quando exposto a radiação da luz (figura 1).

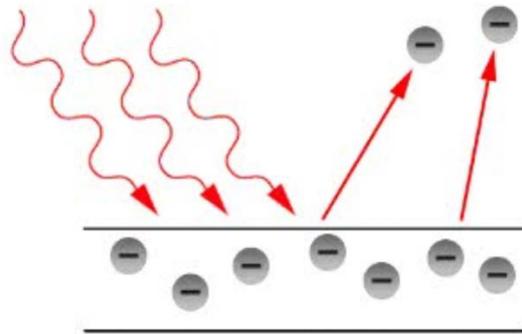


Figura 1: Esquema do efeito fotoelétrico

Fonte: <https://bloq.bluesol.com.br/efeito-fotoelétrico-fotovoltaico> consulta em 20/10/2022

Para explicar o fenômeno, Einstein elaborou um novo modelo para explicar a luz com base nos estudos do físico alemão Max Planck (1900) sobre a quantização das ondas eletromagnéticas. Einstein, então, propôs que a luz não se propaga como uma única onda pelo espaço (visão da física clássica), mas como partículas de energia eletromagnética, conhecidas hoje como *fótons*. O efeito fotoelétrico, então, é a absorção de um fóton de luz por um elétron do material, que usa parte dessa energia na sua liberação e o restante resulta em energia cinética de ejeção desse elétron do material.

Os elétrons são desalojados apenas pelo impacto dos fótons quando estes atingem ou excedem uma frequência mínima, também chamada de *frequência de corte*. Além disso, a energia cinética dos fotoelétrons é proporcional à frequência de emissão de fótons da luz, quanto maior a frequência, maior a energia cinética dos elétrons. Esse processo também é frequentemente referido como *foto emissão*, e os elétrons que são ejetados do metal são chamados de *fotoelétrons*.

**O efeito fotovoltaico** foi descoberto por Becquerel em 1939 na oficina de seu pai, quando ainda era muito jovem, utilizando o primeiro componente eletrônico da história e, devido à similaridade, foi confundido com o efeito fotoelétrico. De maneira simples, o efeito fotovoltaico consiste no surgimento de uma tensão elétrica em um material semiconductor, quando este é exposto à luz visível.

Para entender perfeitamente o efeito fotovoltaico temos que ter noção básica de teoria de banda de energia, admitindo que um material possui três bandas de energia denominadas **banda de valência**, **banda de condução** e **banda proibida** ou “**gap**”. **Veja esta divisão na figura 2.**

Diferente dos metais, semicondutores têm a “**banda de valência**” completamente cheia e a “**banda de condução**” vazia, com um “**gap**” de **1 eV** (um elétron-volt). O surgimento da tensão elétrica ocorre quando o elétron da banda de valência recebe energia suficiente do fóton para saltar a banda proibida e passar para a banda de condução. Para isso, a energia recebida do fóton de luz deve ser maior ou igual a energia do gap, que é a diferença entre a energia mínima da banda de condução e máxima da banda de valência, ou seja, o elétron precisa de energia para vencer a banda proibida, caso o fóton incidente tenha energia maior que o “gap”, o excedente se transforma em calor, aquecendo o material (efeito chamado de termalização). É comum representar o efeito fotovoltaico através de uma imagem que simbolize uma célula fotovoltaica, como esta abaixo:

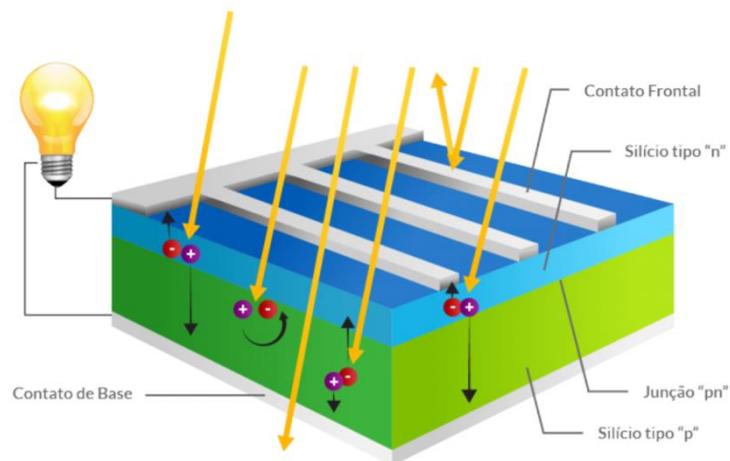


Figura 2: Esquema do efeito fotovoltaico

Fonte: <https://blog.bluesol.com.br/efeito-fotoeletrico-fotovoltaico/> consulta em 20/10/2022

Percebe-se então que **a diferença entre o Efeito Fotoelétrico o Efeito Fotovoltaico** não são o mesmo processo mesmo que estejam relacionados com a emissão de elétrons por meio da absorção dos fótons de luz.

No efeito fotoelétrico, os elétrons são ejetados da superfície de um material após exposição à radiação com energia suficiente sem nenhuma direção para serem coletados. No efeito fotovoltaico é diferente porque os elétrons ejetados se direcionam da banda de valência para serem coletados na banda de condução, resultando no surgimento da tensão elétrica.

Observa-se, ainda, que o Efeito fotovoltaico é um fenômeno totalmente interno ao material semiconductor, diferentemente do Efeito Fotoelétrico descrito por Albert Einstein em 1905. Podemos dizer que a existência de uma frequência mínima no Efeito Fotoelétrico, abaixo da qual não ocorre o referido efeito, reside em uma de suas principais características.

Segundo grande parte da literatura, para ser caracterizado, esse fato de frequência mínima define o efeito fotoelétrico como um fenômeno externo e de arrancamento de elétrons do material. Já o efeito fotovoltaico ocorre com a radiação na faixa da luz visível, o que o torna viável para gerar energia elétrica em painéis solares a partir da luz do Sol.

Na maioria das aplicações fotovoltaicas a radiação é a luz solar e por esta razão as células fotovoltaicas usadas são chamadas de células solares. Esse efeito que acontece nos semicondutores, entretanto, por si só não permite o funcionamento do material com célula fotovoltaica, pois a maioria dos elétrons emitidos voltam a se recombinar.

#### REFERENCIAS:

<https://blog.bluesol.com.br/efeito-fotoeletrico-fotovoltaico/> observado em 20/10/2022

Para garantir um aprendizado potencialmente significativo sobre o tema será o professor deverá conciliar o material entregue aos alunos com duas vídeo aulas. A primeira delas foi produzida pelo professor Davi Calazans (Figura 11) com o tema: Como a energia solar se transforma em eletricidade? Veja a aula no link abaixo:

<<https://www.youtube.com/watch?v=TCQhdAHOSIk>> (acesso em 10/2022)

Figura 11 - Vídeo sobre o efeito Fotovoltaico



Fonte: Ponto em Comum (2022)

Durante a exibição do vídeo, mais precisamente no instante 3'02", o professor comete um equívoco, substituindo o termo "efeito fotovoltaico" pelo "efeito fotoelétrico". Com o objetivo de testar a compreensão dos alunos sobre o tema estudado, o docente deverá retornar ao ponto indicado e questionar a turma sobre a fala do professor:

***Pessoal, o que vocês acharam da fala do prof. Davi Calazans? O termo utilizado por ele foi o correto?***

Em uma nova pergunta, com um nível mais alto de questionamento:

***Qual é a principal diferença que vocês perceberam entre um efeito e outro?***

Caberá ao docente especificar os termos que poderão ser utilizados pelos alunos: O termo "arrancado" traz consigo o significado de "emitido" enquanto o termo "movido" o significado deve estar associado ao de fluxo, corrente elétrica, pois diferentemente do efeito fotoelétrico, o efeito fotovoltaico não envolve a emissão de elétrons do material, mas sim a geração de uma corrente elétrica contínua.

Para colaborar com nosso segundo objetivo que é o de relacionar a luz recebida pelos painéis solares com a produção de corrente elétrica o docente apresentará aos alunos o segundo vídeo, que é uma produção visual da "cceed puc-rio" e, a partir do instante 5'10" indica como são produzidos os Processos de Dopagem nos semicondutores (Diodos e Transistores) e as consequências da aplicação da luz solar sobre eles (Figura 12).

<<https://www.youtube.com/watch?v=CMqaFgGwHjE>> (acesso em 10/2022)

Figura 12 - Processos de dopagem nos semicondutores



Fonte: ccead puc-rio” (2012)

Após a vídeo aula o docente deverá colocar o tema em discussão em sala de aula, garantindo o conhecimento de que a dopagem de um semicondutor é um processo no qual são introduzidas intencionalmente impurezas em um material semicondutor para alterar suas propriedades elétricas. Essas impurezas, também chamadas de dopantes, são átomos diferentes dos átomos do material semicondutor e podem ser adicionadas durante a fase de fabricação do semicondutor.

A dopagem P e N é um processo essencial na fabricação de dispositivos eletrônicos, especialmente semicondutores como o silício. Através desse processo, é possível criar regiões com diferentes propriedades elétricas, permitindo a construção de dispositivos como diodos, transistores e circuitos integrados. A dopagem P e N do silício desempenha um papel fundamental na eletrônica moderna, impulsionando o desenvolvimento de tecnologias avançadas e facilitando a criação de produtos eletrônicos cada vez mais poderosos e eficientes.

Para uma avaliação concisa da nossa 4ª UEPS devemos nos lembrar que a subcognição é um processo interno e individual que não pode ser diretamente observado. No entanto, existem algumas estratégias que podem ajudar a avaliar a eficácia de uma aula em promover a compreensão e o aprendizado dos alunos como por exemplo as discussões que tivemos durante a implementação da aula, a participação ativa e os sinais claros de engajamento com perguntas e respostas demonstrando a aplicação dos conceitos abordados.

## 2.6 UEPS 05: EXPERIMENTANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO E O EFEITO FOTOVOLTAICO

A produção de corrente elétrica por meio da luz solar, conhecida como energia solar fotovoltaica, tem se destacado como uma solução promissora e sustentável além de promover grande interesse por parte dos discentes. A conversão direta da luz solar em eletricidade através de células solares fotovoltaicas apresenta inúmeras vantagens, como a disponibilidade abundante de energia solar, a ausência de poluição durante a geração e o potencial para redução dos custos energéticos.

As células solares fotovoltaicas, geralmente compostas de silício dopado, são capazes de converter diretamente a energia luminosa em eletricidade por meio do chamado "efeito fotovoltaico". Quando os fótons da luz solar atingem a célula solar, eles fornecem energia suficiente para que elétrons se movam dentro do material semicondutor, gerando uma corrente elétrica contínua.

Nesta quinta UEPS exploraremos mais profundamente os princípios da conversão de luz solar em eletricidade utilizando uma tecnologia fotovoltaica barata e disponível: O LED.

Um LED (Light Emitting Diode) é um dispositivo semicondutor que emite luz quando uma corrente elétrica passa por ele. Sua operação é baseada em um fenômeno chamado de emissão eletroluminescente. Ele é composto por materiais semicondutores dopados, geralmente compostos de elementos como o gálio (Ga), o arsênio (As) e o fósforo (P). Esses materiais são dispostos em camadas dentro do LED.

Quando uma corrente elétrica é aplicada ao LED, os elétrons da região tipo N são impulsionados para a região tipo P. Nesse processo, os elétrons preenchem as lacunas na região tipo P, liberando energia na forma de fótons. Essa energia é emitida como luz visível ou infravermelha, dependendo dos materiais utilizados na construção do LED.

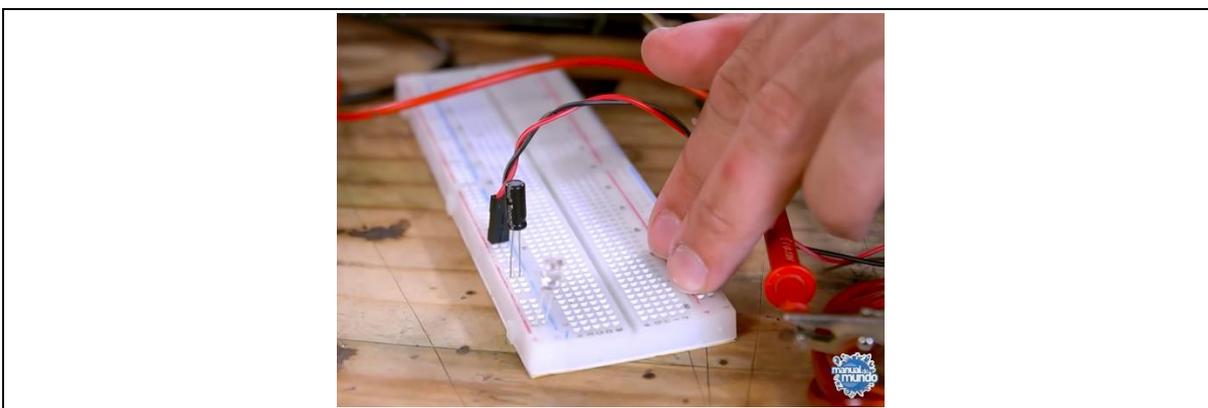
Mas em nosso caso faremos o contrário: nosso LED receberá luz solar e a partir dela produzirá corrente elétrica! É importante ressaltar que os LEDs são mais eficientes na conversão de energia elétrica em luz do que na conversão de energia luminosa em energia elétrica. Portanto, quando expostos à luz solar, os LEDs geralmente não geram uma quantidade significativa de corrente elétrica.

Os objetivos diretos de nossa quinta UEPS são os seguintes:

- Demonstrar o efeito fotoelétrico/fotovoltaico em Leds de 15000 lumens;
- Produzir corrente elétrica capaz de acionar um relógio digital;
- Relacionar o experimento com a produção de energia elétrica nos painéis dos telescópios Hubble e JW.

Inicialmente o professor deverá apresentar o experimento aos alunos através de uma vídeo aula do canal “Manual do Mundo” de propriedade do jornalista e youtuber Iberê Francisco Thenório. Nele o apresentador indica como produzir corrente através de um dispositivo simples baseado na luz solar aplicada sobre LEDs. O vídeo mostra claramente como devem ser feitas as conexões e indica as propriedades de cada elemento.

Figura 13 - Vídeo orientador da aula experimental



Fonte: Manual do Mundo (2021)

<<https://www.youtube.com/watch?v=bAtRZfjdb3s&t=124s>> Início: 1:47 -- final 5:40

Após assistir ao vídeo, o professor dividirá os alunos em grupos de 5 componentes e distribuirá as peças participantes do experimento. O quadro abaixo descreve os elementos e o site onde o professor/escola poderá adquirir o equipamento.

## Quadro 2 - Equipamentos do Experimento com LEDs

Descrição do equipamento	Imagem do equipamento	Link do equipamento
Um relógio digital sem bateria com as conexões previamente preparadas;		< <a href="https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1529404142-mini-relogio-digital-mesa-portatil-painel-de-carro- JM">https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1529404142-mini-relogio-digital-mesa-portatil-painel-de-carro- JM</a> >
Um capacitor de 10 $\mu$ F		< <a href="https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1536891539-capacitor-eletrolitico-10uf-x-50v-105-5x11-kit-50-pecas- JM">https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1536891539-capacitor-eletrolitico-10uf-x-50v-105-5x11-kit-50-pecas- JM</a> >
Uma placa protoboard com os terminais para as conexões		< <a href="https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1013581826-kit-protoboard-400-pontos-jumper-mxm-mxf-brinde-leds- JM">https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1013581826-kit-protoboard-400-pontos-jumper-mxm-mxf-brinde-leds- JM</a> >
Leds de 15.000 mcd para a produção da corrente elétrica		< <a href="https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1169737610-kit-50-led-10mm-branco-alto-brilho-15000-milicandelas- JM">https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1169737610-kit-50-led-10mm-branco-alto-brilho-15000-milicandelas- JM</a> >

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Após o vídeo o docente deverá estar seguro de que todos compreenderam como deverá ser feita a montagem para imediatamente após explicar a função de cada elemento no experimento.

**O mini relógio:** mini relógios digitais de baixa potência requerem correntes muito baixas, da ordem de microampères ( $\mu$ A) ou miliampères (mA). O nosso mini relógio digital trouxe em seu manual a informação que ele utiliza uma única bateria de célula de botão, tipo LR44, que fornece uma corrente na faixa de 10 a 20 mA.

**Capacitores de 10 $\mu$ F:** é um componente eletrônico usado para armazenar e liberar carga elétrica em seus dois terminais. Quando uma diferença de potencial é aplicada através do capacitor, os elétrons são atraídos para uma placa carregada positivamente e são removidos da outra placa carregada negativamente, acumulando assim carga elétrica. Embora a capacidade de armazenamento de um capacitor de 10

$\mu\text{F}$  seja relativamente pequena, eles podem ser usados para armazenar energia em circuitos eletrônicos, principalmente se forem associados em paralelo, como é o nosso caso.

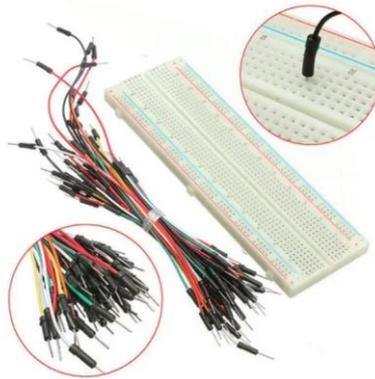
**Placa Protoboard:** A placa protoboard fornece uma plataforma conveniente para a montagem de circuitos eletrônicos sem a necessidade de soldagem. Os componentes eletrônicos, como resistores, capacitores, transistores e fios, podem ser inseridos nos orifícios da placa e conectados entre si por meio de trilhas condutoras pré-instaladas. Além disso, os componentes podem ser reposicionados e as conexões podem ser alteradas rapidamente, permitindo a reconfiguração do circuito sem a necessidade de alterações permanentes. Junta-se a isto o fato de que as placas protoboard são relativamente baratas e amplamente disponíveis, tornando-as acessíveis a estudantes, hobistas e profissionais da área. Elas fornecem uma solução econômica para a montagem temporária de circuitos e permitem a realização de experimentos e testes sem a necessidade de investimentos em equipamentos mais caros.

**Led branco (alto brilho) com 15.000 mcd:** Os LEDs brancos de alto brilho são geralmente compostos por uma combinação de diferentes materiais semicondutores, como fósforo e semicondutores de nitreto de gálio. O núcleo do LED é feito de um material semicondutor de nitreto de gálio (GaN) dopado com impurezas específicas para criar as camadas p e n. A camada p (positiva) é dopada com um material que tem menos elétrons disponíveis, enquanto a camada n (negativa) é dopada com um material que tem mais elétrons disponíveis.

Finalmente, o docente deverá explicar o efeito da luz solar sobre o LED: Quando a luz solar, composta por uma ampla faixa de comprimentos de onda visíveis e não visíveis, incide no LED branco seus fótons são absorvidos pelos materiais semicondutores (do LED branco) e podem interagir com os elétrons desses materiais. Dependendo da energia dos fótons incidentes, alguns elétrons podem ser excitados e saltar para níveis de energia mais altos surgindo então o efeito fotoelétrico que esperamos comprovar. Essa emissão pode ocorrer em materiais semicondutores ou em fósforos presentes no encapsulamento do LED branco.

A partir deste momento os grupos estão liberados para a montagem de seus experimentos, seguidos de um questionário de avaliação

<b>NOME DA UNIDADE ESCOLAR</b>	
Professor: _____	
Turma: _____	Data: ___/___/_____
Nome: _____	
<b>CONVERTENDO ENERGIA SOLAR EM ELÉTRICA</b>	
<b>Objetivos específicos da aula:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Demonstrar o efeito fotoelétrico/fotovoltaico ocorrendo em Leds de 15000 lumens.</li><li>• Produzir corrente elétrica capaz de acionar um relógio digital</li><li>• Relacionar o experimento com a produção de energia elétrica nos painéis dos telescópios Hubble e JW.</li></ul>	
<b>Proposta da aula experimental:</b>	
Testar o que aprendemos até aqui com um experimento: Produção de energia elétrica através de LEDs para ligar um pequeno relógio digital:	
<b>Roteiro do experimento:</b>	
1º Inicialmente, os alunos assistirão um vídeo sobre a construção do experimento: Início: 1:47min - Final 5:40min	
<a href="https://www.youtube.com/watch?v=bAtRZfjdb3s&amp;t=124s">https://www.youtube.com/watch?v=bAtRZfjdb3s&amp;t=124s</a>	
2º Os alunos serão divididos em grupos de até 5 pessoas para a realização do experimento.	
Cada grupo receberá:	
2.1) Um relógio digital sem bateria com as conexões previamente preparadas;	
	
2.2) Um capacitor de 10µF	
	
2.3) Uma placa protoboard com os terminais para as conexões	



2.4) Leds de 15.000 mcd para a produção da corrente elétrica:



3º Após a montagem os alunos serão encaminhados para uma área com forte insolação para testar o experimento e responder ao questionário:

3.1) O relógio digital funcionou? \_\_\_\_\_. Se não, cite as razões:

3.2) Qual é a função do LED no experimento?

3.3) Qual é a função do capacitor no experimento?

3.4) Qual é a relação deste experimento com os painéis solares do Hubble e do JW?

**3.5) Como produzir a corrente elétrica no espaço possuindo apenas ondas eletromagnéticas?**

O quinto item deste questionário repete a pergunta motivadora feita na 3ª UEPS cujo resultado deverá ser confrontado com o resultado atual. Será neste momento que o professor perceberá se houve aprendizado significativo em suas UEPS.

É consenso dizer que o aprendizado significativo e o interesse nas aulas estão intrinsecamente ligados! O aprendizado significativo ocorre quando os alunos são capazes de relacionar novas informações e conceitos com seu conhecimento prévio e experiências pessoais. Quando os alunos percebem a relevância do que estão aprendendo e conseguem fazer conexões com o mundo real, seu interesse é despertado. Isso ocorre porque eles veem como o conteúdo se aplica às suas vidas e como pode ser útil no futuro.

O aprendizado significativo envolve a construção de uma compreensão profunda e significativa do conteúdo. Quando os alunos estão genuinamente interessados nas aulas, eles tendem a dedicar mais tempo e esforço para entender os conceitos em um nível mais profundo. Isso leva a uma aprendizagem mais duradoura, em vez de apenas memorizar informações temporariamente para um teste. O interesse nas aulas impulsiona o desejo de explorar e compreender mais completamente os tópicos abordados.

## 2.7 UEPS 06: A VERIFICAÇÃO DO APRENDIZADO

Uma avaliação no final da unidade de ensino permite verificar se os alunos realmente compreenderam os conceitos e adquiriram as habilidades pretendidas. Ela oferece a oportunidade de avaliar o nível de aprendizado alcançado e identificar lacunas no conhecimento dos alunos. Isso é essencial para garantir que os objetivos de aprendizagem tenham sido atingidos.

Esta avaliação serve como uma etapa final para consolidar o conhecimento adquirido ao longo da unidade de ensino. Os alunos são incentivados a revisar e aplicar os conceitos aprendidos durante a avaliação, o que ajuda a fortalecer sua compreensão e retenção do conteúdo. Ao enfrentar desafios e responder às perguntas da avaliação, eles têm a oportunidade de reforçar suas habilidades e integrar o conhecimento de forma mais profunda, reforçando o processo de aprendizagem significativa, atribuindo sentido e relevância ao conteúdo, onde estabelecem conexões com seu conhecimento prévio e aplicam ativamente os conceitos em situações reais. A avaliação oferece a oportunidade de demonstrar e aplicar esse aprendizado de forma tangível, solidificando a aprendizagem significativa.

O feedback é valioso tanto para os alunos quanto para os professores. Para os alunos, ela ajuda a identificar suas áreas fortes e aquelas que precisam ser melhoradas e permite que eles compreendam seus pontos fortes e fraquezas, reflitam sobre seu desempenho e identifiquem áreas para desenvolvimento futuro. Para os professores, a avaliação informa sobre a eficácia de suas estratégias de ensino, a compreensão dos alunos e os pontos que precisam ser abordados novamente ou aprimorados.

Para verificar a eficácia das estratégias de ensino abordadas, temos 2 objetivos específicos para esta aula:

- Investigar o potencial ganho conceitual do conteúdo abordado nas aulas anteriores;
- Estabelecer condições para que o aluno perceba o choque conceitual que a física quântica trouxe por meio da quantização da energia.

Como parte da estratégia de avaliação, orientamos ao professor promover a discussão sobre alguns temas relacionados às aulas anteriores. São eles:

1. *A relação entre a energia e a amplitude (mecânica clássica) e entre a energia e a frequência (física moderna);*
2. *A lei que deu a Albert Einstein o Nobel de Física sobre o efeito fotoelétrico;*
3. *Por que o JW utiliza a radiação infravermelha?*
4. *Como converter energia luminosa em energia elétrica.*

Após esta discussão prévia, o professor entregará um questionário para cada aluno:

**NOME DA UNIDADE ESCOLAR**

Professor: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

**QUESTIONÁRIO AVALIATIVO**

1ª) Qual foi a visão de PLANCK sobre as emissões de energias dos átomos?

2ª) Se determinada superfície semicondutora recebe iluminação na faixa do vermelho, verificaremos a emissão de elétrons? \_\_\_\_\_. E se aumentarmos a intensidade desta iluminação, o que ocorre com a emissão de elétrons, aumenta, diminui ou nada ocorre? \_\_\_\_\_

3ª) Se determinada superfície semicondutora recebe iluminação da faixa do violeta, verificaremos a emissão de elétrons? \_\_\_\_\_. E se aumentarmos a intensidade desta iluminação, o que ocorre com a emissão de elétrons, aumenta, diminui ou nada ocorre? \_\_\_\_\_

4ª) Como Einstein interpretou o dilema das questões 2ª e 3ª (acima)?

5ª) O modelo ondulatório da luz nos permite fazer várias explicações sobre o seu comportamento quando ela é refletida ou refratada, por exemplo. Mas, se o átomo de Planck emite energia em “pacotes” discretos (quantum) e o átomo de Einstein recebe esta energia também em “pacotes” discretos (fótons) o modelo ondulatório seria o mais adequado para explicar a emissão ou o recebimento de energia através da luz?

6ª) Não podemos afirmar que o JW substituirá o Hubble, mas certamente podemos citar algumas razões de ele “enxergar” mais distante, são elas:

7ª) Durante esta sequência destas aulas percebemos que o SOL é uma fonte abundante de energia e, saber aproveitá-la pode contribuir decisivamente para a manutenção da qualidade de vida dos habitantes da Terra. De que forma o homem moderno pode usufruir desta enorme fonte de energia? Cite exemplos de sua aplicação.

8ª) Uma criança de massa M estava sentada em repouso num balanço de comprimento fixo L. Ela recebe 3 empurrões e a cada vez que isso acontece a amplitude do movimento aumenta. Sobre isso, responda:

a) Como foi o comportamento da energia total do sistema enquanto os empurrões aumentavam a amplitude de seu movimento?

- A energia total aumentou
- A energia total manteve-se constante
- A energia total diminuiu

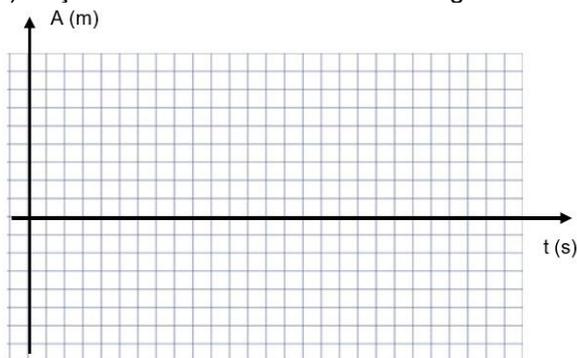
b) No movimento periódico qual das grandezas abaixo está relacionada com a energia total do sistema?

- período;
- frequência;
- amplitude.

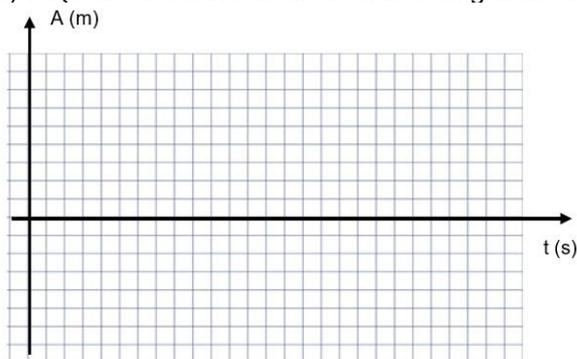
c) Essa grandeza que está relacionada à energia num balanço é a mesma em qualquer movimento periódico. Uma onda gigante torna-se cada vez mais perigosa se aumentarmos seu (sua):

- período;
- frequência;
- amplitude.

d) Faça um desenho de uma onda de grande frequência e amplitude pequena



e) Faça um desenho de uma onda com grande amplitude e pequena frequência.



f) Se diminuirmos lentamente o comprimento do balanço sem alterar a sua amplitude o que

aconteceria com a energia total do sistema sabendo que:  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$  e  $E = \frac{1}{2} mg(L \cdot \theta_0^2)$

- aumentaria
- reduziria
- permaneceria constante

g) Se diminuirmos lentamente o comprimento do balanço, até que ele atinja escalas atômicas, o que aconteceria com a energia total do sistema sabendo que:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \quad \text{e} \quad E = h \cdot f$$

- aumentaria
- reduziria
- permaneceria constante

h) Quando praticamos uma atividade no PhetLab sobre a luz ultravioleta percebemos que aumentando a frequência da luz, a energia do fóton:

- aumentava
- reduzia
- permanecia constante

i) Mas, quando aumentávamos intensidade (sua amplitude) da luz Ultravioleta percebíamos que o número de elétrons ejetados:

- aumentava, mas mantinham a mesma quantidade de energia.
- aumentava e sua energia aumentava.
- diminuía e sua energia aumentava

j) Relacione as colunas:

(a) Amplitude      (b) Frequência

- Grandeza que deve ser considerada para o cálculo da energia de uma onda no modelo Clássico;
- Grandeza que deve ser considerada para o cálculo da energia de uma onda no modelo Quântico.

Ao final da aula o professor deverá abrir um debate sobre a diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna atribuindo grande importância aos aspectos relacionados à frequência e à amplitude pois nessas duas grandezas estão ancorados os paradigmas científicos entre a física clássica e a física moderna. A física clássica, com suas leis determinísticas, é altamente descritiva e aplicável a sistemas macroscópicos do mundo visível. A amplitude desempenha um papel fundamental na descrição desses sistemas e em como percebemos e interagimos com fenômenos físicos cotidianos. A física moderna explora a natureza fundamental da matéria e da energia em escalas microscópicas, onde os efeitos quânticos são significativos. Nesse contexto, a frequência se torna uma grandeza crucial, pois está ligada às propriedades quânticas dos sistemas e determina a energia associada aos estados quânticos.

Em suma, a relação entre frequência e física moderna e a relação entre amplitude e física clássica refletem a mudança de paradigma da ciência. A física moderna, com sua abordagem quântica e relativística, introduziu novos conceitos e princípios que transcendem a descrição clássica do mundo físico. A compreensão dessas relações nos permite explorar e desvendar as propriedades fundamentais da matéria e da energia em diferentes escalas e contextos.

### **3 ORIENTAÇÕES FINAIS**

Ao implementar a UEPS, recomendamos que o professor crie um ambiente em que os alunos não tenham medo de errar e possam discutir e apresentar livremente suas próprias hipóteses durante a resolução de problemas. É preciso ressaltar que o professor tem um papel importante para o sucesso da atividade de pesquisa e deve estar sempre atento ao grau de liberdade intelectual e aos problemas que surgem no planejamento das aulas.

É importante que o professor utilize estas UEPS para desmistificar a Física Moderna, levando em conta que ela não deve substituir os fundamentos da Física Clássica, que continuam sendo extremamente relevantes e importantes, pois a física clássica e a física moderna são duas vertentes da física que abordam o estudo do mundo natural, mas com abordagens e princípios diferentes: a física clássica concentra-se no estudo dos objetos e fenômenos macroscópicos, como o movimento dos planetas, o comportamento dos fluidos e a dinâmica dos corpos sólidos; já a física moderna lida com fenômenos em escalas microscópicas, como o comportamento dos elétrons, partículas subatômicas e a estrutura do espaço-tempo.

Ainda, orientamos que o professor aplique todas as atividades propostas nas UEPS na íntegra e na sequência planejada. Porém, caso escolha por aplicar apenas uma ou algumas dessas atividades, deve ficar atento para que as adaptações mantenham o caráter do ensino potencialmente significativo dessas atividades.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.

Canal Física Universitária. **Tema 1: Luz & experimentos: O efeito Fotoelétrico**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VVka6Mp5vyA>. Acesso em: 15/06/2021.

CCEAD PUC-Rio. **Tudo se Transforma, História da Química, Condutores Elétricos**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CMqaFgGwHjE> Acesso em 17/05/2022.

RAPHAEL, Ellen; SILVA, Mariana Nascimento; SZOSTAK, Rodrigo; SCHIAVON, Marco Antônio; NOGUEIRA, Ana Flávia. *Células solares de perovskitas: uma nova tecnologia emergente*. PubliSBQ, março de 2023. Disponível em: [https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=6678](https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6678). Acesso em 07/05/2023.

**ESA, Agência Espacial Europeia**. Os pilares da criação. Disponível em: [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2022/10/Hubble\\_and\\_Webb\\_showcase\\_the\\_Pillars\\_of\\_Creation\\_side\\_by\\_side](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/10/Hubble_and_Webb_showcase_the_Pillars_of_Creation_side_by_side). Acesso em: out/22.

HALLIDAY, D. ;RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**, vol 4. 8. ed. Rio de Janeiro, LTC,2009.

**Inovação Tecnológica**. Galáxias que não deveriam existir questionam modelo do Big Bang. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=galaxias-nao-deveriam-existir-questionam-modelo-big-bang&id=010130230223#.ZE77EuzMKWA> Acesso em: outubro/22

LEMOS, E. D. S. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, n. 1, p. 25-35, 2011.

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

MOREIRA, Marco Antonio. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo, 1999.

**PhET. Physics Education Technology**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric). Acesso em: 18 de abril de 2022.

**Ponto em Comum**. Como Energia Solar é Convertida em Eletricidade? | Ep. 29 - julho de 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TCQhdAHOSIk>

TERRAZZAN, E. A. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 9, n. 3, 1992.