

## **PRODUTO EDUCACIONAL**



# **A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO TECNOLOGIA DIGITAL PARA ORGANIZAÇÃO AVANÇADA E MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA DO EFEITO FOTOELÉTRICO**

Felipe Alves de Araujo Nascimento

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília, ao Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.  
Orientador: Prof. Dr. Marcello Ferreira.

Brasília/DF  
maio/2023

## **1 APRESENTAÇÃO**

Este produto educacional, independente — embora associado — do corpo da Dissertação, e busca constituir uma aplicação didática da simulação computacional, como tecnologia digital para a organização avançada e a mediação pedagógica do efeito fotoelétrico.

A respectiva sequência didática é fruto de pesquisa translacional na área de Ensino de Física (FERREIRA *et al.*, 2021) e foi construída à luz da teoria da aprendizagem significativa (TAS) de Ausubel (1968), apoiada por Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) e estruturada como uma Unidade Potencialmente Significativa (UEPS), como proposta por Moreira (2011). O modelo foi desenvolvido, aplicado e avaliado em contexto típico de ensino da Educação Básica, no ano de 2021, a partir de estudos e investigação realizados no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEF) da Universidade de Brasília (UnB). Embora seja parte autônoma da referida investigação, o seu desenvolvimento completo pode ser encontrado na Dissertação de Mestrado de que deriva, disponível, com o mesmo título, no endereço eletrônico: [www.mnpef.unb.br/dissertacoes](http://www.mnpef.unb.br/dissertacoes).

A seguir, são apresentadas, sinteticamente, contribuições teórico-metodológicas que sustentam o referido Produto Educacional, bem como os planos de aula que constituem a respectiva sequência didática.

## **2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)**

A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se relaciona com o subsunçor de determinada estrutura cognitiva. Para Ausubel (1968), o arranjo das informações nessa estrutura é organizado de acordo com uma hierarquia conceitual, de forma que conceitos específicos são ligados, ou assimilados, a análogos mais gerais e inclusivos. Uma aprendizagem de natureza significativa é caracterizada pela aplicabilidade ressignificada de conhecimentos, em problemáticas de contexto social e cultural, a partir da mobilização da arquitetura cognitiva prevista no modelo.

De maneira resumida e operacional, apresentamos, a seguir, formulações da TAS que serão úteis para a adequada compreensão e eventual reprodução recontextualizada da experiência realizada e descrita neste produto educacional.

### **2.1. Subsunção**

O subsunçor, de acordo com a teoria de aprendizagem significativa, é fundamental, pois é por meio dele que uma nova informação se ancora na estrutura cognitiva do indivíduo.

Portanto, pode-se defini-lo, abstratamente, como conceitos ou proposições relevantes, preexistentes em determinada estrutura cognitiva. “Subsunçores seriam, então, conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos” (MOREIRA, 2012, p. 10). Na estrutura cognitiva do indivíduo, pode existir subsunçores em diferentes níveis de diferenciação e é importante destacar que quando uma nova informação é ancorada no subsunçor, ele também se modifica e se tornando ainda mais estável, claro e diferenciado.

A aprendizagem mecânica tem seu papel. Quando não há, na estrutura cognitiva do indivíduo, subsunçores para a ancoragem de uma nova informação, em um primeiro momento, a aprendizagem deve ser mecânica e possibilitar a formação de um subsunçor. À medida que a nova informação interage com o recém-formado subsunçor, este se torna, gradativamente, mais bem elaborado e mais capaz de servir como subsunçor para outras informações.

## **2.2 Organizadores Avançados**

De acordo com Moreira (2008), quando um tópico de ensino (conceito) não é familiar à estrutura cognitiva que objetiva, pode-se introduzir, em um primeiro momento, material com maior nível de abstração, generalidade e inclusividade, que possibilitará conexões entre a estrutura cognitiva e a nova informação, na busca por viabilizar a aprendizagem significativa. Esses materiais são denominados organizadores avançados e podem ser divididos em dois tipos: explicativo e o comparativo. O organizador explicativo é usado quando o material de aprendizagem não é familiar ao sujeito cognoscente, na forma de conhecimento, como um ponto de partida. Já o comparativo é usado quando há familiaridade com o material de aprendizagem, isto é, “[...] para integrar e discriminar as novas informações e conceitos, ideias ou proposições, basicamente similares às já existentes na estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2008, p. 3).

Segundo Ferreira *et al.* (2020, p. 2-3):

No que podemos classificar como sua teoria de assimilação, Ausubel define como *advanced organizer* — literalmente, “organizador avançado” — o dispositivo que desempenha um papel estruturante de um processo cognitivo. Nas traduções para a língua portuguesa, autores como Moreira (2008) preferiram denominá-lo de “organizador prévio”. Isso se deu para prover melhor aceção, sem prejuízo à conotação original do termo.

### **2.3 Diferenciação Progressiva e Reconciliação integrativa**

Da perspectiva da instrução, a diferenciação progressiva ocorre quando se dispõem os tópicos de ensino, de maneira que os conceitos mais gerais e inclusivos são abordados e progressivamente diferenciados.

Para Ausubel, o ser humano consegue aprender mais facilmente, ao se partir de um todo e diferenciar os conceitos e ideias, em detrimento de um itinerário que flui das partes para o todo. A segunda hipótese usada por Ausubel (1968) é que a estrutura cognitiva humana é hierarquizada, de maneira que os conceitos e as ideias mais gerais e inclusivas estão no topo e, progressivamente, ancoram-se conceitos e ideias mais diferenciados e menos inclusivos. “Reconciliação integrativa do ponto de vista instrucional, é um princípio programático da matéria de ensino segundo o qual o ensino deve explorar relações entre ideias, conceitos, proposições e apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes” (MOREIRA, 2011, p. 51).

### **3 TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDIC)**

Um dos grandes desafios da educação do século XXI é o reconhecimento das características do estudante indissociável de uma sociedade marcada pela cibercultura, hiperconectividade e a inteligência coletiva que segundo Lévy (1999) constitui-se o principal motor da cibercultura. Lévy (1999, p. 26) prevê a velocidade dessas modificações socioculturais que a tecnologia provocou “Enquanto ainda questionamos, outras tecnologias emergem na fronteira nebulosa onde são inventadas as ideias, as coisas e as práticas”. O autor também destaca a forma como se estabelece a relação da tecnologia com a sociedade e a cultura, “[...] em vez de enfatizar o impacto das tecnologias, poderíamos igualmente pensar que as tecnologias são produtos de uma sociedade e de uma cultura” (LÉVY, 1999, p. 22). Também, o campo cognitivo e educacional sofre implicações do ciberespaço:

[...] o ciberespaço suporta tecnologias intelectuais que amplificam, exteriorizam e modificam numerosas funções cognitivas humanas: memória (bancos de dados, hiperdocumentos, arquivos digitais de todos os tipos), imaginação (simulações), percepção (sensores digitais, telepresença, realidades virtuais), raciocínios (inteligência artificial, modelização de fenômenos complexos) (LÉVY, 1999, p. 157).

De acordo com Lévy (1999), as tecnologias intelectuais corroboram para as novas formas de acesso à informação e novos estilos de raciocínio e conhecimento, como as simulações. Dessa forma, as tecnologias intelectuais devido ao fato de poderem ser

compartilhadas com um grande número de indivíduos, aumentam o potencial da inteligência coletiva.

A hiperconectividade foi, primeiramente, citada por dois sociólogos canadenses Anabel Quan-Haase e Barry Wellman, no artigo chamado *“How computer-mediated hyperconnectivity and local virtuality foster social networks of information and coordination in a community of practice”*. Ao utilizar o termo, os cientistas se referiam a indivíduos que estão constantemente conectados a múltiplos meios de comunicação, como e-mails, internet, redes sociais, reuniões remotas, telefones, entre outros (CIRILO, 2019). Adrian Cheok, da Universidade de Londres, e autor do livro *Hyperconnectivity and the future of internet communication* (UPPERTOOLS, 2016, n.p.), professor de computação, define que: “[...] a hiperconectividade não se refere apenas à tecnologia que permite a comunicação e interação, mas também ao impacto que os recursos tecnológicos em ambiente digital têm na vida das pessoas, nos negócios, no governo e, principalmente, no comportamento social”.

De acordo com Prensky (2001), a geração Z é composta por indivíduos que nasceram em um contexto em que a sociedade já tinha passado por uma transformação do mundo analógico para o digital, meados dos anos 1990 até o ano de 2005. Esses indivíduos são chamados nativos digitais, porque já nasceram na era digital. Essa “bolha” digital influenciou nas características da geração Z, na forma como eles consomem, comportam, trabalham e, principalmente, como aprendem. É possível afirmar que, atualmente, essa geração se tornou hiperconectada.

Na esfera da aprendizagem, as TDICs possuem significado para a geração Z, pois afeta, diretamente, uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa, que é o interesse do indivíduo em aprender o tópico de ensino, de maneira não literal e arbitrária. Essa geração não responde bem a relações unilaterais e, portanto, o mesmo ocorre com o ensino tradicional. De acordo com (PERRENOUD 2000, p. 139) “As novas tecnologias podem reforçar a contribuição dos trabalhos pedagógicos e didáticos contemporâneos, pois permitem que sejam criadas situações de aprendizagens ricas, complexas e diversificadas”. Segundo Rosa (1995), “[...] o tratamento de dados em tempo real, a simulação de fenômenos físicos, a aula remota são algumas das contribuições ao ensino de Física que o uso de computadores pode oferecer.”

É importante ressaltar que o uso, por si só, da tecnologia, de forma arbitrária, com os mesmos padrões metodológicos tradicionais, não leva a resultados diferentes. De acordo com Silva (2011), não há evolução no ensino e aprendizagem, ao se usar TDIC, mas com a lógica da memorização e reprodução de conteúdos. Para que a ferramenta exerça, de forma plena, o

seu papel, é necessária uma translação do papel do professor do ensino tradicional para um papel mediador, de forma a inserir o discente em um contexto de aprendizagem ativa.

### **3.1 As Simulações Computacionais no Ensino de Física**

A simulação computacional é uma tecnologia educacional, baseada em TDIC, e cuja utilização tem forte identidade com o propósito de organização avançada, previsto na TAS. Ela possibilita uma alternativa ao experimento físico tradicional (roteirizado, analógico e de bancada), com muitas vantagens para o ensino. De acordo com Macêdo *et al.* (2012), as simulações computacionais permitem manipular o evento, modificar e conhecer as grandezas físicas envolvidas no fenômeno. Além disso, permite a observação de fenômenos que não estariam acessíveis diretamente e/ou com facilidade. Para Vasconcelos (2015) e Feitosa e Lavor (2020), as simulações computacionais possibilitam que o professor ministre — e, portanto, os discentes participem de — uma aula experimental que, na maioria dos casos, não seria possível sem tal recurso. Souza (2020) afirma que as simulações computacionais são uma alternativa ao problema que se pode ter com a estrutura física necessária para realizar outros tipos de experimentos. Tavares (2008) destaca que o uso das simulações computacionais dinamiza os sistemas físicos que, no ensino tradicional, são abordados de forma estática.

Considera-se que o ponto-chave de uma simulação computacional, em comparação a abordagens tradicionais, está na potencialização de maior engajamento dos estudantes, durante as aulas.

Yamamoto e Barbeta (2001, p. 222) relatam que:

Uma das observações mais claras que se faz quando se utiliza demonstrações baseadas em simulações em computador, é que os alunos, de maneira geral, se tornam mais participativos. A possibilidade de rapidamente mudar parâmetros, e verificar a consequência dos movimentos estudados, incita os estudantes a querer conhecer o comportamento dos sistemas físicos nas mais diversas situações. Este tipo de maneira, mais interativa, é um dos elementos que pode tornar o processo de ensino mais eficiente.

## **4 ABORDAGEM DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Com relação à importância de se abordar o efeito fotoelétrico no Ensino Médio, como tópico de Física Moderna, está evidenciada em documentos curriculares: os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), unidade temática 2, tema estruturador 5: Matéria e Radiação BRASIL (2006) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), competência específica 1 BRASIL (2018). A mecânica clássica, usualmente, ministrada nesse nível de ensino, é suficiente para o entendimento de uma gama de problemas cotidianos, que

acontecem em escala macroscópica e com velocidade muito menor que a da luz. Então, por que estudar a Física Moderna e (FM) no Ensino Médio? Segundo Ostermann e Moreira (2000), os tópicos de FM despertam a curiosidade nos estudantes e auxiliam a compreender a Física como uma construção humana. Restringir o ensino de Física ao domínio clássico corresponde a isolar esses estudantes dos campos sociocientíficos, tecnológicos e culturais contemporâneos. Para Valadares e Moreira (1998), para o entendimento de uma grande parte da tecnologia atual, é necessário que o professor faça uma ponte entre a FM estudada em sala de aula e as aplicações tecnológicas inseridas no cotidiano.

## **5 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)**

Uma UEPS é uma estrutura didática baseada em oito aspectos sequenciais, propostos por Moreira (2011), sob a influência de um conjunto de fundamentações teóricas e, em particular, da TAS. Em um primeiro momento, deve-se definir, de forma clara e precisa, os tópicos de ensino a serem desenvolvidos no decorrer da sequência didática. Cria-se uma situação-problema, que leve o estudante a externalizar os conhecimentos prévios relevantes à aprendizagem significativa do tópico anterior, etapa em que se identifica, qualitativa e quantitativamente, a presença de subsunçores. Silva Filho e Ferreira (2022) consideram o levantamento de subsunçores, para turmas que quase sempre são heterogêneas, por meio da TDIC, um caminho não ideal, porém mais adequado a uma geração hiperconectada. Com base nos subsunçores identificados, insere-se o organizador avançado, no próximo momento, por meio de uma situação-problema, em nível introdutório, dispositivo previsto pela TAS e descrito anteriormente. Insere-se o tópico de ensino que se objetiva alcançar a aprendizagem significativa, ao abordar aspectos gerais, amplos e inclusivos diferenciados progressivamente, ou seja, parte-se do todo para se alcançar as partes. Aumenta-se o nível de complexidade da situação-problema proposta aos indivíduos e, novamente, considera-se a diferenciação progressiva com vistas a uma síntese. Concluindo a UEPS, deve-se focar em atividades integrativas, nas quais a nova informação será integrada aos conhecimentos prévios, com o objetivo de reconciliação integrativa. As avaliações das UEPS ocorrerão, durante o processo de ensino e aprendizagem. Por fim, deve-se avaliar a sua eficácia, por meio de uma avaliação somativa com instrumentos e indicadores que permitam identificar indícios de aprendizagem significativa.

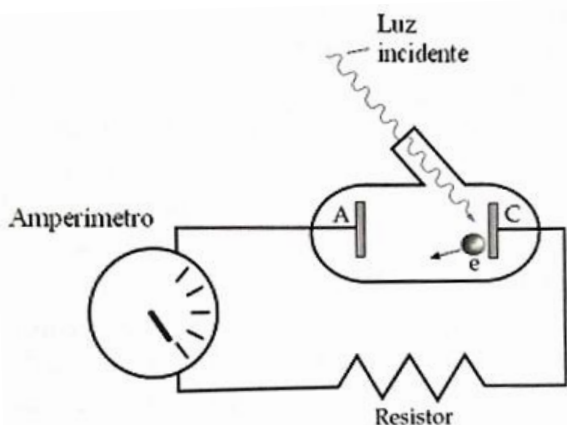
## 6 O EFEITO FOTOELÉTRICO

### 6.1 A Montagem Experimental para o Efeito Fotoelétrico

O efeito fotoelétrico foi descoberto no fim do século XIX, por Hertz, e explicado por Albert Einstein, no início do século XX, ao aderir às ideias de Max Planck, acerca da quantização da energia emitida pelos osciladores harmônicos do corpo negro, que casa o viés experimental com o teórico. Esse fenômeno evidenciou o caráter corpuscular da luz e ele está inserido nos primórdios da Física quântica, em que é necessária para a sua compreensão, para um entendimento da Física quântica, dentro de uma linha histórica da Física.

A Figura 1, a seguir, representa, esquematicamente, o experimento do efeito fotoelétrico. Nessa representação, há uma ampola de vidro que, no seu interior, há vácuo e dois eletrodos, A e C, conectados aos terminais positivo e negativo da bateria, respectivamente. No eletrodo C, há uma placa metálica que recebe a luz incidente, os elétrons são ejetados dela chamados de fotoelétrons, em direção ao eletrodo A, que formam uma corrente fotoelétrica identificável pelo amperímetro.

Figura 1 – Montagem experimental para o efeito fotoelétrico



Fonte: Peruzzo, Pottker e Prado (2014, p. 122)

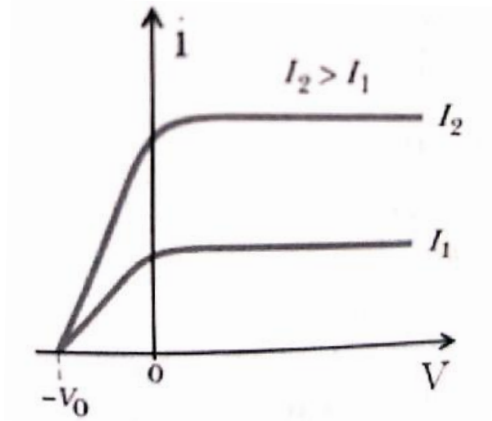
A Figura 2 é um gráfico que representa a corrente fotoelétrica, em função da diferença de potencial  $V$ , aplicada pela bateria entre os terminais A e C, para duas intensidades de luz monocromática. Conforme a diferença de potencial  $V$  aumenta, a corrente elétrica  $i$ , também aumenta até um valor limite. Se as polaridades de A e C forem invertidas, a corrente fotoelétrica começa a sofrer frenagem e apenas elétrons que possuem energia cinética  $K$  maior que  $eV$  vão alcançar o polo A. O potencial de frenagem (ou potencial frenador ou potencial de corte) que é capaz de frear, completamente, a corrente fotoelétrica e impedir que elétrons sejam ejetados de



C é denominado  $V_0$ . Para situações em que  $V \leq V_0$ , não ocorrerá o efeito fotoelétrico, portanto  $i = 0$ . Pode-se definir a energia cinética máxima dos fotoelétrons  $K_{\max}$  como:

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = eV_0 \quad (1)$$

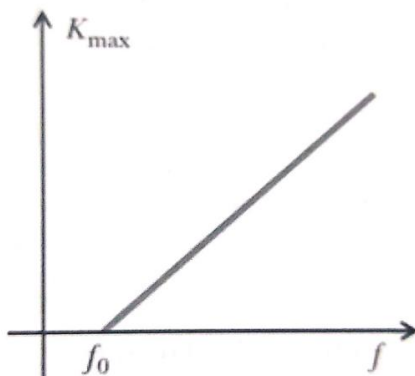
Figura 2 – Gráfico de  $i \times V$



Fonte: Peruzzo, Pottker e Prado (2014, p. 122)

De acordo com Peruzzo, Pottker e Prado (2014), os cientistas que estudaram esse fenômeno, chegaram às seguintes conclusões: a não dependência de  $V_0$  com a intensidade da luz incidente na placa metálica em C e a não dependência entre a intensidade da luz e a energia cinética dos fotoelétrons. Existia uma frequência ( $f_0$ ) da luz incidente chamada frequência de corte. A ejeção dos fotoelétrons apenas acontecia para luz com frequência  $f \geq f_0$ , Figura 3. A frequência de corte também varia em função do material da placa metálica. A intensidade da luz não influenciava a energia cinética dos fotoelétrons e sim a frequência da luz incidente como pode-se observar na Figura 3. A ejeção dos fotoelétrons após a incidência da luz de frequência acima da frequência de corte é praticamente instantânea.

Figura 3 - Gráfico de  $K_{\max} \times f$ .



Fonte: Adaptado Peruzzo. Pottker, Prado (2014, p. 123)

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), a existência de uma frequência de corte evidencia que o material, metal em que se incide luz, exerce resistência para emitir o elétron, isto é, o elétron está preso em um poço de potencial. Tal resistência é devida à atração elétrica a que o elétron é submetido na estrutura do átomo. A energia mínima necessária para liberar o elétron do átomo do metal é chamada função trabalho ( $\phi$ ) e ela varia em função do metal. Se  $h.f > \phi$ , o elétron será emitido do metal com energia cinética. Se  $h.f < \phi$ , então, o elétron continuará preso na estrutura do átomo e, por último, se  $h.f = \phi$ , então, o elétron será liberado do metal com energia cinética nula.

## **6.2 Os Limites da Física Clássica para Descrição do Efeito Fotoelétrico.**

Como aponta Peruzzo, Pottker e Prado (2014), em 1887, Hertz, ao tentar gerar e captar ondas eletromagnéticas, percebeu que, ao incidir luz sobre alguns metais, estes ejetavam elétrons da estrutura. Para Tipler (2001), Philipp Lenard submeteu essas partículas a um campo magnético e descobriu que a razão  $q/m$  era muito próxima do resultado obtido por J.J. Thomson, o que levou à conclusão de que as partículas emitidas eram elétrons. Segundo Peruzzo, Pottker e Prado (2014), ele demonstrou que o número de elétrons ejetados do material dependia da intensidade da luz, evento pelo qual só acontecia a partir de determinado comprimento de onda da luz. Para a Física clássica, a luz é uma onda eletromagnética, que faria o elétron oscilar, na mesma frequência da onda. Se a amplitude de oscilação do elétron ultrapassar um valor-limite, então, a carga negativa seria lançada do metal. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016), a Física Clássica, ao aumentar a intensidade da luz, os elétrons ejetados deveriam adquirir maior energia e não um maior número de elétrons ejetados. Percebe-se, claramente, a limitação da Física Clássica, em explicar os resultados experimentais de Lenard.

## **6.3 A Ideia do Quanta**

Segundo Polito (2016), a solução para o problema do corpo negro apareceu, ainda no início do século XX, durante os estudos acerca do corpo negro. À altura, Max Planck assumiu que as paredes da cavidade se comportavam como osciladores harmônicos carregados, amortecidos com dipolos oscilantes, que absorvem e emitem radiação eletromagnética. Por fim, considerou que a forma com que os osciladores e a radiação eletromagnética trocavam energia era quantizada, em quantidades discretas proporcionais à frequência  $f$  de oscilação da onda

eletromagnética, equação 2, em que  $h$  é a constante de Planck-  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s, que se tornou, mais tarde, uma das constantes fundamentais da natureza.

$$E = h \cdot f \quad (2)$$

#### 6.4 A Solução de Einstein para o Efeito Fotoelétrico

Em 1905, Einstein publicou um artigo em que ele aplica as ideias de quantização da energia de Planck, para a solução da incompatibilidade do fenômeno do efeito fotoelétrico com a Física Clássica. De acordo com Tipler (2001, p. 89):

Einstein propôs que a quantização da energia usada por Planck no problema do corpo negro fosse uma característica universal da luz. Em vez de estar distribuída uniformemente no espaço no qual se propaga, a luz é constituída por quanta isolados de energia  $hf$ . Quando um desses quanta, denominados fótons, chega à superfície do catodo toda sua energia é transferida para um elétron.

De acordo com Eisberg, Resnick (1979), é de vital importância entender que os fótons evidenciam o caráter corpuscular da luz, assim como no efeito Compton e na produção de pares. Já no experimento da dupla fenda de Huygens, que evidenciou o caráter ondulatório da luz, que sofre difração e interferência: “Einstein não concentrou sua atenção na forma ondulatória familiar com que a luz se propaga, mas sim na maneira corpuscular com que ela é emitida ou absorvida” (EISBERG, RESNICK, 1979, p. 55).

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), Einstein definiu que um quantum de luz também pode ser definido pela equação 2, de maneira que a menor energia de fóton é  $h \cdot f$ . Se uma onda possuir energia maior que  $h \cdot f$ , então, ela será um múltiplo inteiro do quantum:  $n \cdot h \cdot f$ , em que  $n$  é um número inteiro. Dessa forma, ele definiu a lei de conservação de energia para o elétron, da seguinte maneira:

$$h \cdot f = K_{\max} + \phi \quad (3)$$

As noções acerca do entendimento clássico do efeito fotoelétrico, a quantização da energia proposta por Max Planck e a solução apresentada por Einstein para o efeito fotoelétrico, são tópicos de caráter historiográfico, que facilitam a localização da Física quântica dentro da história da Física, e reforça a importância de que sejam aprendidos, significativamente, pelos estudantes. Assim, também são importantes tópicos de ensino envolvidos diretamente com o efeito fotoelétrico: corrente fotoelétrica, relação entre energia dos elétrons e frequência da luz e frequência de corte, relação entre a intensidade da luz e quantidade de elétrons ejetados da placa metálica, função trabalho, potencial de frenagem e a equação de Einstein. Essas

discussões estão compreendidas no conjunto de aulas que integram a sequência didática, descrita a seguir.

## PLANO DE AULA — PRIMEIRO ENCONTRO

### 1 IDENTIFICAÇÃO

**Nível de Ensino:** Ensino Médio

**Instituição:** Instituição privada

**Natureza:** Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (teórico-prática)

**Modalidade:** Híbrida

**Docente responsável:** Prof. Felipe Alves de Araujo Nascimento

**Área do conhecimento:** Física

**Tema da aula:** Física quântica

**Título (tópico) da aula:** Aplicação de instrumento de avaliação dos conhecimentos prévios e introdução ao fenômeno do efeito fotoelétrico

**Duração prevista:** 1h40 (2 h/a de 50min cada)

### 2 PROBLEMA

- Como pode ser caracterizado o efeito fotoelétrico?

### 3 OBJETIVOS

- Identificar a presença de subsunçores para a compreensão do fenômeno do efeito fotoelétrico.
- Aplicar organizadores avançados para facilitar a compreensão do fenômeno do efeito fotoelétrico.

### 4 CONHECIMENTOS INTRODUTÓRIOS RELEVANTES

- Conhecimentos acerca da estrutura da matéria: modelo atômico de Bohr, e a ligação Coulombiana entre o elétron e o próton.
- Conhecimentos acerca da teoria ondulatória: conceito de onda, classificação das ondas quanto à natureza e elementos de uma onda (frequência, comprimento de onda e amplitude).
- Conhecimentos acerca da conservação da energia mecânica: conceito de energia potencial, energia cinética e a conservação da energia mecânica.

- Momento linear clássico.
- Conhecimentos acerca da eletrostática: carga elétrica, corpo carregado, potencial elétrico, diferença de potencial elétrico e energia potencial elétrica.
- Conhecimentos acerca da eletrodinâmica: corrente elétrica, amperímetro, voltímetro, geradores.

## 5 METODOLOGIA

No primeiro encontro, o tempo de aula será dividido em três momentos. No primeiro momento, os estudantes serão expostos a uma situação-problema, em nível introdutório, que os leve a externalizar seus conhecimentos prévios. O segundo e o terceiro momento são complementares, no sentido de que funcionarão como organizadores avançados para o ensino do efeito fotoelétrico. O quadro 1, a seguir, sintetiza a metodologia do primeiro encontro, da presente sequência didática.

Quadro 1 — Quadro-resumo do primeiro encontro.

Seções	Subsuncão e Organização Avançada
5.1.1	<b>Primeiro momento A:</b> inicia-se o levantamento de subsunçores, por meio do site/aplicativo: Mentimeter. Momento individual. <b>Duração: em torno de 15 minutos.</b>
5.1.2	<b>Primeiro momento B:</b> compartilhamento da nuvem de palavras com a turma e explicação acerca do funcionamento do Mentimeter. <b>Duração: em torno de 5 minutos.</b>
5.1.3	<b>Primeiro momento C:</b> discussão e conceituação de palavras em grupos, registro no Classroom e apresentação breve dos conceitos. Momento coletivo. levantamento de subsunçores. <b>Duração: em torno de 30 minutos.</b>
5.2.1	<b>Segundo momento A:</b> projeção por recurso multimídia e compartilhamento de tela, por meio do Microsoft Teams e compartilhamento do vídeo: Dualidade onda-partícula. Momento individual. Aplicação do organizador avançado. <b>Duração: em torno de 12 minutos.</b>
5.2.2	<b>Segundo momento B:</b> momento de discussão entre os estudantes e entre eles e o professor, em relação ao vídeo. Em seguida, ocorre a aplicação do questionário-problematizador. Momento coletivo e individual. <b>Duração: em torno de 3 minutos.</b>
5.3	<b>Terceiro momento:</b> momento em que é aplicado o segundo organizador avançado, o simulador da plataforma PhET Efeito Fotoelétrico. Explicam-se as funcionalidades do simulador para o efeito fotoelétrico. Na sequência, ocorre a condução dos estudantes para a utilização do simulador PhET para o efeito fotoelétrico, por meio do questionário-orientador. Momento individual. Utilização do simulador como organizador prévio. <b>Duração: em torno de 35 minutos.</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)







## 5.2 Procedimentos Didáticos

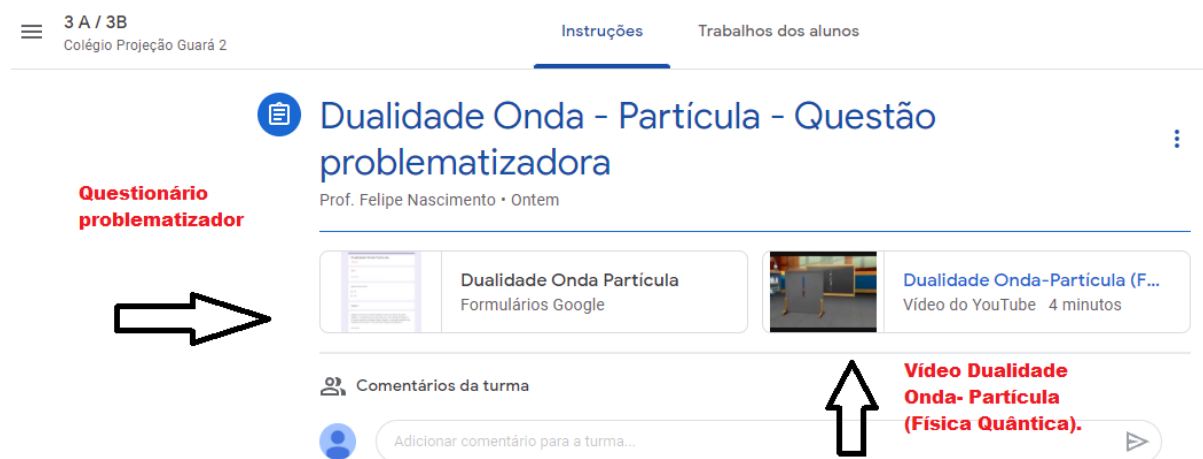
### 5.2.1. Segundo Momento A

Durante os 12 minutos iniciais da aula, projetar para os estudantes, por meio de recurso de multimídia, o vídeo Dualidade Onda-Partícula (Física Quântica), De acordo com Moran (1995, p. 4), os vídeos podem facilitar a compreensão de situações não familiares aos estudantes. O recurso tecnológico utiliza o experimento da dupla fenda para introduzir o princípio da dualidade onda-partícula através de um personagem chamado Dr. Quantum do filme “quem somos nós?”. Espera-se que a linguagem gráfica do vídeo e o personagem fomente o interesse dos estudantes e facilite o processo de aprendizagem, funcionando com um organizador avançado para a aprendizagem do princípio da dualidade onda-partícula.

### 5.2.2 Segundo Momento B

Na sequência abrir um momento de discussão breve, de em torno de três minutos, sobre a dualidade onda-partícula, e no fim, peça que pensem e respondam o questionário-problematizador (situação-problema), na plataforma Google Sala de Aula. Durante a aplicação desse produto, essa plataforma foi usada por ser de acesso livre e possibilitar a criação de turmas e atividades, receber e enviar arquivos, portanto, com essa ferramenta, foi possível centralizar as atividades em um único local, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Plataforma Google Classroom



Fonte: Captura de tela do Google Sala de Aula

Figura 7 – Questionário-problematizador

Com base no vídeo sobre a dualidade onda partícula e nos momentos de discussão, responda a questão-problema abaixo:

Descrição (opcional)

Imagine um feixe de luz de alta frequência que incide sobre uma placa metálica. Foi observado \* que a placa após um curto intervalo de tempo se torna positivamente carregada. Nessa situação, a onda eletromagnética se comporta como onda ou como partícula? Explique sua resposta.

Texto de resposta longa

Fonte: Captura de tela do Google Sala de Aula

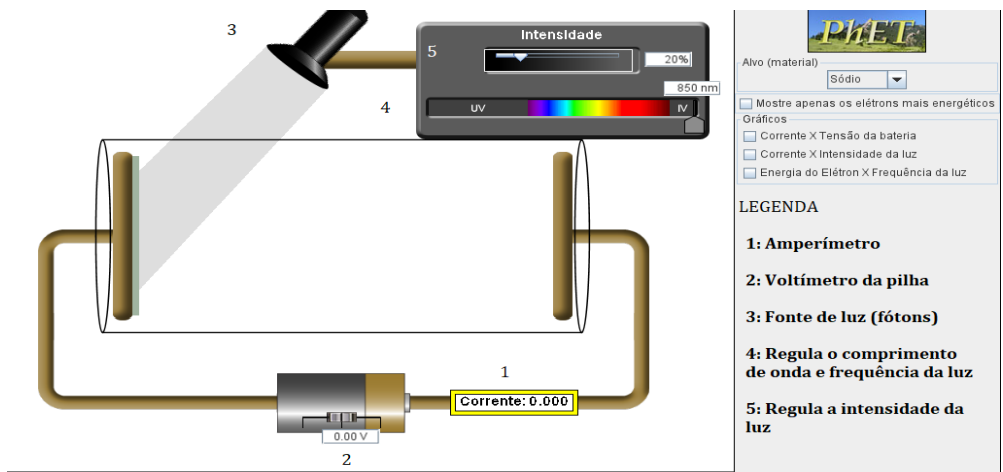
## 5.3 Procedimentos Didáticos

### 5.3.1 Terceiro Momento

No terceiro momento, envolvem-se os estudantes em uma situação-problema, aplica-se um segundo organizador avançado, e é realizada a manipulação do simulador da plataforma PhET para o efeito fotoelétrico (Figura 8), projeto de recursos educacionais da universidade do Colorado Boulder sem fins lucrativos.

Para os próximos 35 minutos de aula, deve-se conduzir os estudantes para um laboratório de informática, projetar, por meio de recurso multimídia, e espelhar a tela do computador do professor, por meio do Microsoft Teams, conforme Figura 8. Fazer uma breve discussão acerca das funcionalidades do simulador. É importante deixar claro, ao estudante, que a simulação computacional utiliza representações virtuais da montagem experimental para o fenômeno do efeito fotoelétrico.

Figura 8 – Legenda do Simulador



Fonte: Captura de tela da plataforma PhET

Em seguida, disponibilizar o questionário, Figuras 9 e 10, no modo “atividade com teste”, em que se abre um formulário do Google Sala de Aula. Concomitantemente, disponibilizar o link da simulação computacional, para que a turma possa manipular, conforme a Figura 11. É importante que o professor mantenha a postura de mediador durante a aula.

Figura 9 – Questionário problematizador acerca do simulador

**QUESTÃO 1**

Abra o simulador computacional. Vá na barra de ferramentas e abra a aba de "opções". Em seguida selecione: " mostre os fótons". Por que o simulador permite essa visualização? O que são fótons? \*

Sua resposta

---

**QUESTÃO 2**

Existe uma energia mínima para que ocorra o efeito fotoelétrico? Explique com base nas observações feitas por você. Caso seja necessário trace o gráfico ENERGIA x FREQUÊNCIA. \*

Sua resposta

Fonte: Captura de tela da plataforma Google Sala de Aula

Figura 10 – Questionário-problematizador acerca do simulador

**Questão 3**

Fixe o valor da intensidade da luz para um valor diferente de zero. Existe um valor máximo para o comprimento de onda para que ocorra o efeito fotoelétrico? \*

Sua resposta

---

**Questão 4**

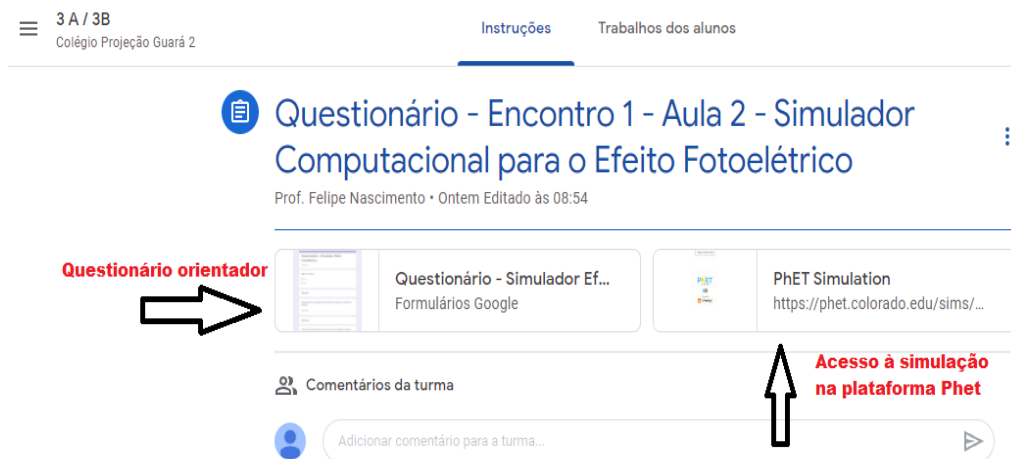
Os fótons são partículas de luz que possuem energia e momento linear. Ao se chocarem contra o metal eles transferem essa energia para quem? observe o fenômeno ocorrer no simulador.

Sua resposta

---

Fonte: Captura de tela da plataforma Google Sala de Aula

Figura 11 – Plataforma Google Classroom



Fonte: Captura de tela da plataforma Google Sala de Aula

## 6 RECURSOS FÍSICOS NECESSÁRIOS

- Projetor multimídia.
- Recurso sonoro que possua intensidade para que toda turma consiga ouvir.
- Laboratório de informática com disponibilidade de uma a duas máquinas por indivíduo.
- Computador com acesso à internet.

## **7 RECURSOS DIGITAIS NECESSÁRIOS**

- Conta no Gmail.

## **8 RECURSOS DE SISTEMA**

- Disponível no apêndice A.

## **9 PROPOSTA DE AVALIAÇÃO**

A proposta de avaliação está associada à TAS, portanto, é avaliada durante o processo. Para a primeira aula, é importante que o professor avalie a presença de subsunçores, durante a abordagem das subseções 5.1.1 e 5.1.3, ou seja, analisar se a nuvem de palavras e a discussão em grupos para a conceituação das palavras levaram os estudantes a externalizar os subsunçores, para que os organizadores avançados façam uma “ponte” com a nova informação, e se os organizadores avançados, abordados nas seções 5.2 e 5.3, facilitam a aprendizagem significativa.

Busca-se, por meio dos itens 5.1.1 e 5.1.3, investigar a presença dos seguinte subsunçores: (I) energia e sua conservação; (II) reconhecimento de uma onda; (III) características de uma onda; (IV) classificação de uma onda quanto à sua natureza; (V) conceitos relacionados à estrutura da matéria.

Elementos que identificam a presença do subsunçor na nuvem de palavras (subseção 5.1.1) e na apresentação oral dos estudantes à turma e ao professor (subseção 5.1.3):

- I. expressão oral ou escrita, de tópicos envolvidos com: energia mecânica, energia cinética, energia potencial e a conservação de energia. O subsunçor é necessário para que o estudante compreenda a linguagem matemática da equação de Einstein para o efeito fotoelétrico e a conservação de energia existente no fenômeno;
- II. expressão oral ou escrita, que esteja envolvida com a emissão de ondas por uma fonte de radiação e sua incidência no material metálico. Esse subsunçor é importante para que o estudante compreenda a dinâmica do efeito fotoelétrico no simulador e, posteriormente, que a onda, no fenômeno do efeito fotoelétrico, se comporta como partícula e não como onda;
- III. expressão oral ou escrita, que caracterize a onda, por meio das grandezas físicas: comprimento de onda, frequência, período, velocidade (equação fundamental da ondulatória) e amplitude ou intensidade. Tais conceitos são cruciais, para que o

estudante compreenda a relação entre energia dos fótons e frequência da luz incidente e a relação entre a intensidade da luz e a corrente fotoelétrica;

- IV. expressão oral ou escrita, que expresse o entendimento da luz, como onda eletromagnética. Para que o estudante entenda o comportamento dual da luz, primeiramente, é preciso reconhecer a luz como onda eletromagnética;
- V. expressão oral ou escrita, acerca das características da estrutura da matéria: identificação da placa da Figura 1, como um metal que possui átomos, em sua estrutura, que por sua vez, possui elétrons livres ou elétrons fracamente ligados ao núcleo; a ciência das partículas subatômicas, como os próton e elétrons; a consciência do modelo atômico de Bohr. Esse subsunçor é importante para que o estudante compreenda a interação entre o fóton e o elétron na estrutura do metal.

## PLANO DE AULA — SEGUNDO ENCONTRO

### 1 IDENTIFICAÇÃO

**Nível de Ensino:** Ensino Médio

**Instituição:** Instituição privada

**Natureza:** Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

**Modalidade:** Híbrida

**Docente responsável:** Prof. Felipe Alves de Araujo Nascimento

**Área do conhecimento:** Física

**Tema da aula:** Física quântica

**Título (tópico) da aula:** O efeito fotoelétrico.

**Duração prevista:** 1h40 (2 h/a de 50 min cada)

### 2 PROBLEMA

- Como compreender o efeito fotoelétrico aplicado em diversas áreas do conhecimento?

### 3 OBJETIVOS

- Compreender, historicamente, o efeito fotoelétrico e o entendimento clássico para o efeito fotoelétrico.
- Compreender a quantização da energia de emissão do corpo negro.
- Compreender a solução de Einstein para o efeito fotoelétrico.
- Compreensão conceitual da corrente fotoelétrica e sua identificação no simulador.
- Compreensão da relação entre energia dos fotoelétrons e a frequência da luz incidente no metal e da frequência de corte.
- Compreender a relação entre intensidade da onda luminosa e o número de elétrons ejetados do material.
- Compreender o conceito da função trabalho.
- Compreensão do potencial de frenagem.
- Compreensão Física e matemática da equação de Einstein para o efeito fotoelétrico.

### 4 CONHECIMENTOS INTRODUTÓRIOS RELEVANTES

- Conhecimentos acerca da estrutura da matéria: modelo atômico de Bohr, e a ligação Coulombiana entre o elétron e o próton.
- Conhecimentos a respeito da teoria ondulatória: conceito de onda, classificação das ondas, quanto à natureza e elementos de uma onda (frequência, comprimento de onda e amplitude).
- Conhecimentos acerca da conservação da energia mecânica: conceito de energia potencial, energia cinética e a conservação da energia mecânica.
- Momento linear clássico.
- Conhecimentos a respeito da eletrostática: carga elétrica, corpo carregado, potencial elétrico, diferença de potencial elétrico e energia potencial elétrica.
- Conhecimentos acerca de eletrodinâmica: corrente elétrica, amperímetro, voltímetro, geradores.

## **5 METODOLOGIA**

O segundo encontro possui três momentos distintos de aulas. No primeiro momento, é proposta uma abordagem do contexto histórico, em que o efeito fotoelétrico estava inserido em sua descoberta. O segundo momento consistirá em uma demonstração, que utiliza o simulador computacional para o efeito fotoelétrico, da plataforma PhET, que abordam tópicos envolvidos com o fenômeno, de acordo com a diferenciação progressiva, ou seja, parte-se das ideias mais gerais, amplas e inclusivas, em direção às informações mais específicas. O último momento é a etapa da reconciliação integrativa e avaliação da UEPS. O Quadro 2 resume a aplicação do produto no segundo encontro.



Quadro 2 – Quadro resumo segundo encontro

Seções	Introdução ao Tópico de Ensino	Seções	Reconciliação Integrativa e Avaliação da UEPS
5.1	Abordagem histórica, acerca do efeito fotoelétrico  <b>Duração: em torno de 15 minutos</b>	5.3	Gravação e edição de vídeos explicativos acerca das aplicações do efeito fotoelétrico e montagem de um mural colaborativo, com o uso do vídeo produzido pelo grupo. Após a postagem, cada grupo deve comentar a postagem dos outros grupos. <b>Atividade remota</b>
5.2	Utilização do simulador da plataforma PhET “Efeito Fotoelétrico”, para abordagem do aparato experimental do efeito fotoelétrico  <b>Duração: em torno de 50 minutos.</b>	5.3	Avalia-se a eficácia da UEPS, ao identificar evidências de aprendizagem, ao longo do mural colaborativo, montado e comentado pelos grupos no Padlet.  <b>Atividade remota</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

## 5.1 Procedimentos Didáticos

### 5.1.1 Abordagem Histórica do Efeito Fotoelétrico

Para os próximos 15 minutos, como proposta metodológica para o entendimento clássico do efeito fotoelétrico, sugere-se que seja inserido, como pano de fundo, as histórias em quadrinhos da Revista do Professor de Física, disponível em <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/download/34905/29319/100633>.

São tratadas as questões descritas, a seguir.

- O efeito fotoelétrico como um dos problemas não solucionados pela Física clássica.
- A quantização da energia proposta por Max Planck em 1900.
- Como Einstein solucionou o problema do efeito fotoelétrico?

Propõe-se que o professor conduza uma discussão com os estudantes, acerca do contexto histórico, concomitantemente com a leitura da história em quadrinhos.

## 5.2 Procedimentos Didáticos

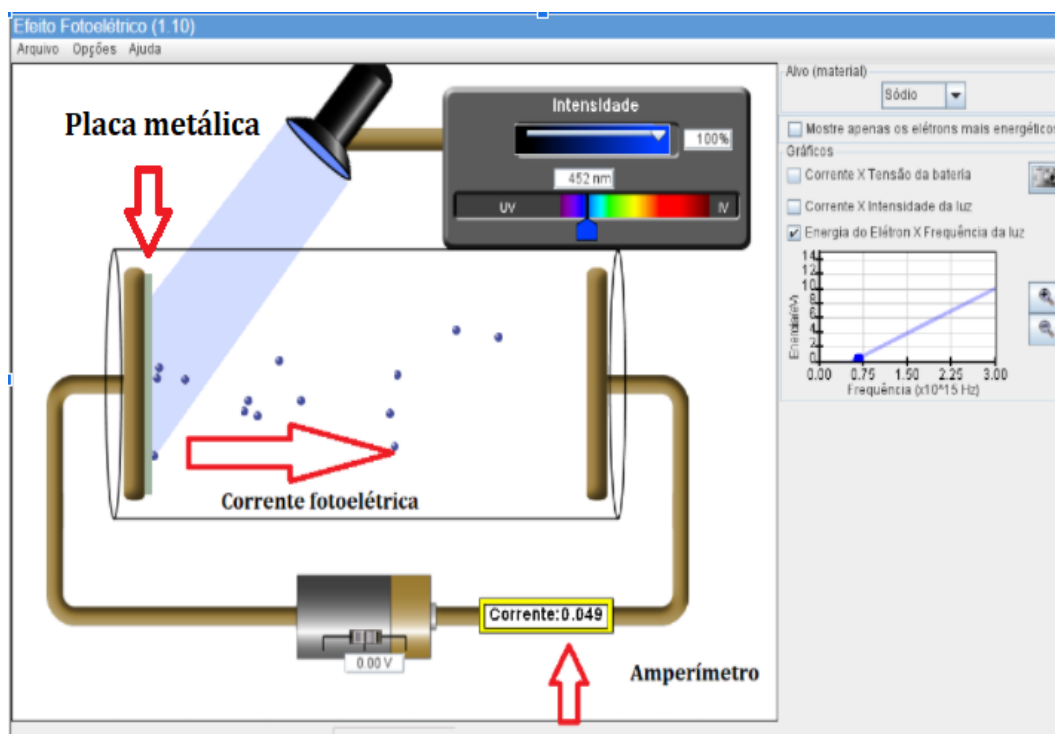
### A Simulação Computacional PhET como Mediação Pedagógica

Para os próximos 50 minutos de aula, é preciso acessar a simulação para o efeito fotoelétrico, disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR), por meio de recurso multimídia e espelhamento de tela do Microsoft Teams, que apresente o simulador. Nesse novo cenário, a ferramenta tem a função de apoiar, tecnologicamente, uma mediação pedagógica, com o objetivo de contemplar a corrente fotoelétrica, a relação entre energia dos elétrons e frequência da luz e frequência de corte; relação entre a intensidade da luz e quantidade de elétrons ejetados da placa metálica, a função trabalho, o potencial de frenagem, interpretação Física e matemática da equação de Einstein para o efeito fotoelétrico.

#### 5.2.1 Abordagem da Corrente Fotoelétrica

Para visualização da corrente fotoelétrica, é importante ajustar a frequência da luz incidente a valores que provocará o fenômeno do efeito fotoelétrico, por exemplo, como ocorre na Figura 12. Peça para que todos os estudantes observem as relações de causa e efeito, durante as etapas de manipulação do simulador.

Figura 12 – Corrente fotoelétrica no simulador PhET



Fonte: Captura de tela da plataforma PhET

Enfatizar os valores de corrente elétrica, indicados pelo amperímetro: em seguida, realizar as seguintes perguntas: 1) “Qual o nome desse fenômeno?”; 2) “Se o gerador elétrico (pilha) não está aplicando uma diferença de potencial no circuito (veja o voltímetro), o que causou esse fluxo de cargas elétricas?”. Caso não consigam realizar conexões com as aulas anteriores, fazer a pergunta 3) “Vimos, nas aulas anteriores, que a luz se comporta como partícula (primeiro encontro). Nesse fenômeno, portanto, ela transfere energia e momento linear para as partículas subatômicas do metal. Qual partícula subatômica recebe essa energia?”. Após esse questionamento, retomar as perguntas anteriores. Definir, na lousa ou oralmente, o conceito de corrente fotoelétrica.

### 5.2.2 Abordagem da Relação entre Energia dos Elétrons e Frequência da Luz e Frequência de Corte

Para a abordagem da relação entre energia dos elétrons e frequência da luz, no simulador manter o sódio como alvo, fixar o valor de intensidade da luz em um valor próximo de 50% e alterar o comprimento de onda dos maiores em direção aos menores valores, paulatinamente, até que o fenômeno ocorra. Posteriormente, continuar diminuindo o comprimento de onda até que atinja o seu menor valor.

Em seguida, para que os estudantes observem que a intensidade da luz não causa o fenômeno, fixar o comprimento de onda para valores em que não ocorra o efeito fotoelétrico, por exemplo, na faixa do vermelho (em torno de 750 nm) e aumentar a intensidade da luz até seu valor máximo. Peça à turma para observar o comportamento geral do simulador, em especial, no amperímetro (Figura 9), durante os dois procedimentos citados. Questionar a turma, com a pergunta 4) "O fenômeno ocorre para qualquer valor de comprimento de onda e frequência?". Se necessário, retome os procedimentos. Pergunta 5) “Com base na observação, qual a relação de proporcionalidade entre a frequência da luz incidente e a energia cinética dos elétrons emitidos da placa metálica?”. Definir, conceitualmente, com os estudantes, a relação de proporcionalidade entre a frequência da radiação eletromagnética e a energia dos fotoelétrons, e a definição de frequência de corte.

Após os últimos procedimentos, apresentar a pergunta 6) “Qual a equação que determina a relação de proporcionalidade entre a frequência da onda incidente e a energia dos fotoelétrons?”. Após a discussão, definir, matematicamente, a equação. Após a turma

responder, abrir o gráfico energia do elétron x frequência da luz e demonstrar a relação entre a energia cinética do fotoelétron e a frequência da onda incidente.

### 5.2.3 Abordagem da Relação entre a Intensidade da Luz e a Quantidade de Elétrons Ejetados na Placa Metálica

Para abordar a relação entre a intensidade da luz e a quantidade de elétrons ejetados na placa metálica, manter o sódio como alvo, reajustar o simulador com os parâmetros que fizeram ocorrer o efeito fotoelétrico. Em seguida, peça que todos observem o fenômeno e o amperímetro. Fixar o comprimento de onda e aumentar, paulatinamente, a intensidade da luz. Pedir, aos estudantes, que observem a intensidade da corrente elétrica no amperímetro e os fotoelétrons emitidos do metal. Pergunta 7) “Qual a relação de proporcionalidade entre a intensidade da luz incidente e o número de elétrons ejetados da placa metálica?”. Se necessário, retomar algum procedimento. Após a discussão a respeito da pergunta, abrir o gráfico energia da corrente x intensidade da luz e definir, com a turma, a relação de proporcionalidade entre a corrente fotoelétrica e a intensidade da onda incidente.

### 5.2.4 Abordagem da Função Trabalho

Para a abordagem da função trabalho e a frequência de corte, selecionar o gráfico energia do elétron x frequência da luz. Para definição da função trabalho e da frequência de corte primeiramente causar no simulador o efeito fotoelétrico para cada metal (sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio). Levar os estudantes a perceberem que existe um valor de comprimento de onda, conseqüentemente, é preciso uma energia própria para que ocorra o fenômeno do efeito fotoelétrico. Em seguida, definir, conceitual e matematicamente, a relação entre a função trabalho e a frequência de corte.

### 5.2.5 Abordagem do Potencial de Frenagem

Para a abordagem do potencial de frenagem, reajustar o simulador com os parâmetros que fizeram ocorrer o efeito fotoelétrico para um valor de frequência próxima do valor da frequência de corte e acima desse valor. Em seguida, gerar uma diferença de potencial elétrico negativo, no gerador elétrico, de tal maneira que a d.d.p (Figura 9) freie a corrente fotoelétrica, e pergunte, à turma: 8) “Observando o comportamento do amperímetro, durante os procedimentos, qual a função do potencial elétrico gerado na placa metálica?”. Posteriormente, aumente a frequência da onda incidente, mantenha o potencial de frenagem, e permaneça até que todos observem, claramente, a consequência do aumento da frequência da onda incidente.

Em seguida, ajuste, novamente, o potencial de frenagem e questione: 9) “O que vocês podem concluir, após toda essa observação em relação ao potencial de frenagem e a frequência da onda incidente na placa metálica?”. Após um momento de discussão, abrir o gráfico da corrente x tensão na bateria e demonstrar o potencial de frenagem.

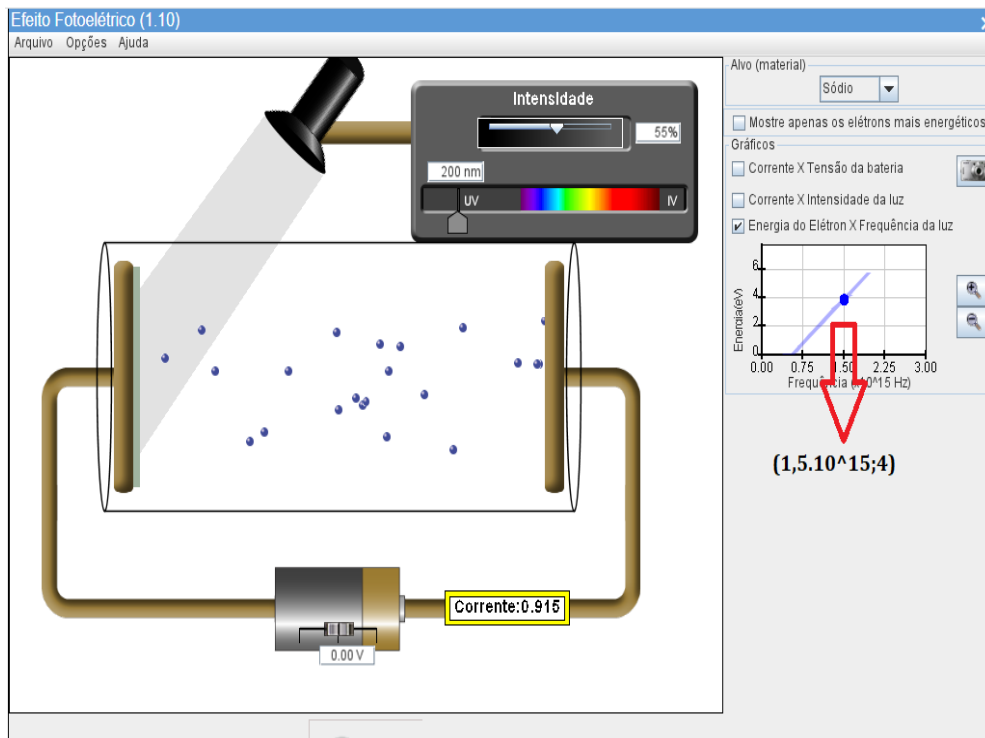
#### 5.2.6 Abordagem da Interpretação Física e Matemática da Equação de Einstein para o Efeito Fotoelétrico

Para abordar a interpretação Física e matemática da equação de Einstein para o efeito fotoelétrico, iniciar essa etapa, com a pergunta 10) “Se uma onda incidente fornecer mais energia que a função trabalho de um material, o que acontecerá com os elétrons?” e a pergunta 11) “Qual tipo de energia eles adquirem?”. Após um momento de discussão, demonstrar a corrente fotoelétrica no simulador, novamente. Apresente a pergunta 12) “Como vocês podem estabelecer uma relação matemática de conservação de energia entre a energia adquirida pelo elétron, a energia fornecida pelos fótons e a função trabalho do metal?”. Após algum tempo, estabeleça a equação de Einstein para o efeito fotoelétrico, equação 4.

#### 5.2.7 Abordagem do Cálculo da função Trabalho do Sódio

Em seguida, projetar, por meio do recurso multimídia, a Figura 13. Utilizar as coordenadas do gráfico (energia x frequência), destacadas para o cálculo da função trabalho do sódio, na lousa. A escolha do sódio para o cálculo da função trabalho foi arbitrária, pois, poderia ser feito o mesmo procedimento para os metais disponíveis no simulador, como: sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio. Porém, os únicos metais em que o gráfico (energia x frequência) gerado pelo simulador consegue fornecer um par ordenado para o procedimento é o sódio ou zinco. Lembrando que a constante de Planck, que deve ser usada na equação 4, é  $h = 4,13 \cdot 10^{-15} \text{ eV.s}$ .

Figura 13 – Coordenadas do gráfico energia x frequência no simulador



Fonte: Captura de tela da plataforma PhET

### 5.3 Reconciliação Integrativa e Avaliação da UEPS

A proposta é que nesse momento de avaliação, seja usada a metodologia de sala de aula invertida e assíncrona. Por meio da plataforma Google Sala de Aula (Figura 14), os estudantes podem ser orientados e divididos em grupos. O professor poderá propor os seguintes temas:

- a) O efeito fotoelétrico em controles remoto e óculos de visão noturna;
- b) CCD (Charge-Coupled Device ou dispositivo de carga acoplada): o efeito fotoelétrico e os pixels;
- c) O efeito fotoelétrico e a radiação ionizante;
- d) O efeito fotoelétrico em máquinas industriais;
- e) O efeito fotoelétrico e o cinema falado.

Figura 14 – Aula sobre aplicações tecnológicas para o efeito fotoelétrico.

## O Efeito Fotoelétrico e sua aplicações tecnoló... ⋮

---

Prof. Felipe Nascimento postou uma nova atividade: Aplicações ...Data de entrega: 27 de out. 23:59⋮

Item postado em 11:25 Editado às 11:34

Bom dia a todos,  
A sequência de aula sobre o efeito fotoelétrico acontecerá no modelo de sala de aula invertida. Essa é uma oportunidade para vocês conhecerem algumas tecnologias que estão direta ou indiretamente relacionadas ao nosso dia a dia. Portanto, a proposta é que vocês se dividam em cinco grupos de tamanho aproximadamente iguais e por grau de afinidade se apropriem de um dos temas abaixo:

- a) O efeito fotoelétrico em controles remoto e óculos de visão noturna;
- b) CCD (Charge-Coupled Device ou dispositivo de carga acoplada): O efeito fotoelétrico e os pixels;
- c) O efeito fotoelétrico e a radiação ionizante;
- d) O efeito fotoelétrico em máquinas industriais;
- e) O efeito fotoelétrico e o cinema falado.

Em seguida, proponho que vocês gravem um vídeo apresentando esses temas de forma a fazerem conexões com o conteúdo estudado. O vídeo deve ser postado na plataforma "You Tube", no modo não listado, e enviado o link por essa atividade postada para vocês.

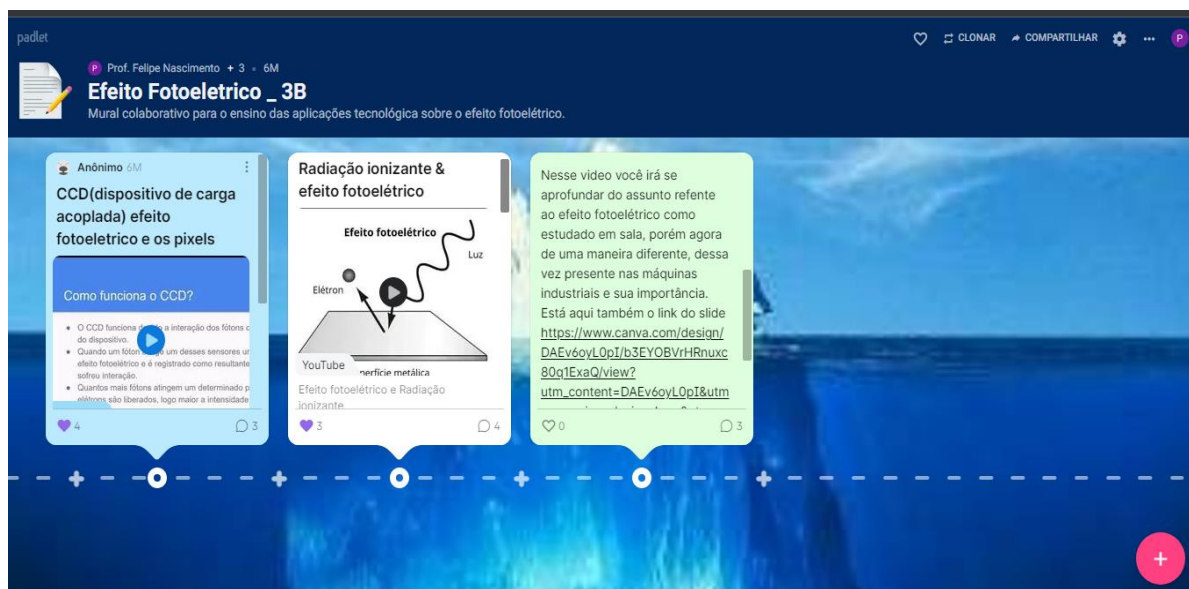
0  
Entregue

40  
Trabalhos atribuídos

Fonte: Captura de tela do Google Sala de Aula

Em seguida, solicitar que os grupos gravem um vídeo de, aproximadamente 3 minutos de duração, que relacione o tema proposto, com as características do efeito fotoelétrico (tópico 5.2); publiquem na plataforma Youtube (<https://www.youtube.com/>), no modo “não listado”, pois dessa maneira não ficará disponível ao público, em geral; gerem os links e em seguida montem um mural colaborativo no Padlet (<https://padlet.com>), com os vídeos e um texto descritivo acerca do próprio vídeo, conforme a Figura 15.

Figura 15 — Mural Colaborativo no Padlet



Fonte: Captura de tela da plataforma Padlet

Após fazerem as postagens, os grupos deverão assistir os vídeos, mutuamente, e cada grupo deve fazer um comentário pertinente ao assunto da postagem.

## 6 RECURSOS FÍSICOS NECESSÁRIOS

- Data show.
- Recurso sonoro que possua intensidade para que toda turma consiga ouvir.
- Laboratório de informática, com disponibilidade de uma a duas máquinas, por indivíduo.
- Computador com acesso à internet.

## 7 RECURSOS DIGITAIS NECESSÁRIOS

- Conta no Gmail.

## 8 RECURSOS DE SISTEMA

- Disponível no apêndice A do produto educacional.

## 9 PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

### 9.1 Abordagem Histórica do Efeito Fotoelétrico

Espera-se que os estudantes consigam compreender, historicamente, o efeito fotoelétrico: a incapacidade da Física clássica em explicar o fenômeno e a solução dada por



Einstein. As evidências de aprendizagem podem ser colhidas, por intermédio de perguntas-chaves para a turma, e depois, no fim da aula, a respeito do fenômeno, como:

- Qual o entendimento da Física clássica para o efeito fotoelétrico?
- Por que a Física clássica não conseguiu resolver/entender o efeito fotoelétrico?
- Qual foi a proposta dada por Max Planck, para resolver o problema da catástrofe do ultravioleta?
- Como Einstein conseguiu explicar o fenômeno do efeito fotoelétrico?

Pela qualidade das respostas e pelo envolvimento dos estudantes durante a aula, o professor pode avaliar se os pontos principais do contexto histórico ganharam relevância na estrutura cognitiva dos discentes. Se o professor julgar necessário, sugere-se propor que os estudantes escrevam um texto descritivo, que responda os questionamentos citados, para que o docente possa avaliar, com maior clareza, as individualidades.

## **9.2 A Simulação Computacional PhET como Mediação Pedagógica**

Pergunta 1: busca evidências de aprendizagem acerca do reconhecimento do fenômeno do efeito fotoelétrico.

Expressão oral esperada: relacionada ao fenômeno do efeito fotoelétrico, corrente fotoelétrica, fluxo de elétrons, fluxo de cargas elétricas, movimento de cargas elétricas.

Pergunta 2: busca evidências de aprendizagem a respeito da relação de causa e efeito, entre uma luz incidente na placa de sódio, de frequência acima da frequência de corte e a emissão de fotoelétrons.

Expressão oral esperada: relacionada aos fótons, às partículas de luz, à incidência de luz sobre a placa de sódio, à conservação de energia entre os fótons e aos elétrons na placa de sódio.

Pergunta 3: busca evidências de aprendizagem acerca da conservação de energia entre o fóton e o elétron, que se encontra na placa de sódio.

Expressão oral esperada: relacionada aos elétrons e portadores de carga elétrica.

Perguntas 4 e 5: a pergunta 4 busca evidências de aprendizagem, por intermédio da observação dos estudantes, acerca da relação de proporcionalidade entre a frequência da onda incidente e a energia cinética dos elétrons emitidos na placa de sódio. Além disso, eles têm que ser capazes de observar que existe uma frequência mínima da onda incidente, para que o fenômeno ocorra, e entendam que mesmo que varie a intensidade da luz até seu valor máximo, isso não ocasionará a ejeção de elétrons, se a frequência mínima for selecionada no simulador.

Expressão oral esperada: relacionada à frequência da luz incidente ser proporcional à energia dos elétrons ejetados e qualquer expressão que remeta à frequência de corte.

Pergunta 6: busca evidências de aprendizagem a respeito de possíveis conexões feitas pelos estudantes entre a aula 5.1 “A quantização da energia proposta por Max Planck em 1900 (equação 2)”; e a relação de proporcionalidade entre a energia dos fotoelétrons e a onda incidente.

Expressão oral esperada: relacionada à equação (2).

Pergunta 7: busca evidências de aprendizagem acerca da relação de proporcionalidade entre a intensidade da luz e a corrente fotoelétrica.

Expressão oral esperada: relacionada à intensidade da luz incidente ser proporcional ao número de elétrons ejetados na placa de sódio.

Pergunta 8: busca evidências de aprendizagem a respeito do potencial de frenagem, ou seja, aquele potencial capaz de frear a corrente fotoelétrica e zerar a indicação no amperímetro.

Expressão oral esperada: relacionada à frenagem da corrente fotoelétrica, e à anulação da leitura do amperímetro.

Pergunta 9: busca evidências de aprendizagem acerca do aumento do potencial na placa de sódio, ocasionado pelo aumento da energia dos fótons incidentes. Dessa maneira, o potencial de frenagem também deverá se deslocar para outro valor.

Expressão oral esperada: relacionada ao fato de que o potencial de frenagem varia, de acordo com que a intensidade da luz incidente aumenta.

Pergunta 10: busca evidências de aprendizagem acerca do que ocorre com os elétrons quando  $h \cdot f > w$ .

Expressão oral esperada: relacionada à translação do elétron.

Pergunta 11: busca evidências de aprendizagem relacionada ao subsunçor (I) energia e sua conservação (primeiro encontro), aplicado no contexto do efeito fotoelétrico.

Expressão oral esperada: relacionada à conservação de energia, energia cinética, energia de movimento, energia translacional.

Pergunta 12: busca evidências de aprendizagem a respeito da habilidade de equacionar diferentes tipos de energia, no contexto do efeito fotoelétrico, e está diretamente ligada ao subsunçor I (primeiro encontro).

Expressão oral esperada: relacionada à equação de Einstein para o efeito fotoelétrico, equação 3.

### **9.3 Avaliação da UEPS e Reconciliação Integrativa**

Para essa aula, a proposta é que seja feita uma reconciliação integrativa, de forma a percorrer o caminho oposto ao da diferenciação progressiva. Dessa forma, propõem-se temas, em que os estudantes retomarão ao fenômeno para aplicá-lo, identificá-lo e explicá-lo em outro contexto que não foi tratado na UEPS. Pode-se reconhecer que os discentes aprenderam significativamente quando, por meio do mural colaborativo montado no Padlet, for possível identificar evidências, e não em comportamentos finais, de aprendizagem, como:

- compreensão das características do efeito fotoelétrico;
- identificação de conceitos;
- capacidade de explicar o fenômeno;
- aplicar o fenômeno para resolver problemas.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BACICH, L. MORAN, J. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora** — uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BRASIL. **Orientações Curriculares Para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. Disponível em [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em 23 fev. 2023.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em Acesso [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofi](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofi). Acesso em: 23 fev. 2023.
- CAMARGOS, F. DAROS, T. **A Sala de Aula Inovadora** — Estratégias Inovadoras para Fomentar o Aprendizado Ativo. Porto Alegre: Penso, 2018.
- CIRILO, R. S. **Hiperconectados: Perfil e Comportamento dos Nativos Digitais**. 2019. 133f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Comunicação Social) — Universidade Metodista de São Paulo, São Bernardo do Campo, São Paulo.
- CORRÊA, A. R.; ARTHURY, L. H. M. Afinal o que é física quântica? Uma história em quadrinhos para uso no ensino médio. **Revista do Professor de Física**, v. 5, n. 1, p. 70-96, Brasília, 2021. Instituto de Física — Universidade de Brasília.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. a. ed. [S.l.]: Editora Campus, 1979.
- FEITOSA, M. C.; LAVOR, O. P. Ensino de Circuitos Elétricos com Auxílio de um Simulador do PhET. **Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - REAMEC**, Cuiabá, Mato Grosso, v. 8, n. 1, p. 125-138, jan./abr. 2020.
- FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L.; MOREIRA, M. A.; FRANZ, G. B.; PORTUGAL, K. O.; NOGUEIRA, D. X. P. Unidades de Ensino Potencialmente Significativa sobre Óptica Geométrica apoiada por Vídeos, Aplicativos e Jogos para Smartphones. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 42, 2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0057>.
- FERREIRA, M.; COUTO, R. V. L.; SILVA FILHO, O. L.; PAULUCCI, L.; MONTEIRO, F. F. Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. 1-13, 2021b. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0157>.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J; BIASI, R. S. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. v. 4, 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- LÉVY, P. **Cibercultura**. Trad. Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999.

- MACÊDO, A. J.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 562 -613, 2012.  
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p562>.
- MORAN, J. M. O vídeo na Sala de Aula. **Comunicação & Educação**, n. 2, p. 27-35, 1995.  
<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9125.v0i2p27-35>.
- MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, n. 2, p.23-30, 2008.
- MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas à UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.
- MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Curriculum, La Laguna**, v. 25, p. 29-56, 2012.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica sobre a Área de Pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.
- PERRENOUD, P. **Dez Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- PERUZZO, J. POTTKER, W. E.; PRADO, T. G. **Física Moderna e Contemporânea das Teorias Quânticas e Relativísticas às Fronteiras da Física**. v. 1. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- POLITO, A. M. M. **A Construção da Estrutura Conceitual da Física Clássica**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants. In: PRENSKY, M. **On the Horizon**. NCB University Press, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.
- ROSA, P. R. S. O uso de computadores no ensino de física. Parte I: potencialidades e uso real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 17, n. 2, p. 182-195, 1995.
- SILVA, A. M. **Uso do computador no processo de ensino e aprendizagem: Norteadores teóricos - metodológicos da prática de professores dos anos iniciais da rede municipal de São José do Rio Preto**. 2011. 175f. Dissertação de Mestrado (Educação) — Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, São Paulo.
- SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M. Teorias da Aprendizagem e da Educação como Referenciais em Práticas de Ensino: Ausubel e Lipman. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 2, p. 104-125, 2018.
- SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M.; POLITO, A. M. M.; COELHO, A. L. M. de B. Normatividade e descritividade em referenciais teóricos na área de ensino de física. **Pesquisa e Debate em Educação**, v. 11, n. 1, p. 1-33, 2021.

SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M. Modelo teórico para levantamento e organização de subsunçores no âmbito da Aprendizagem Significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. 1-13, 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0339>.

SOUZA, F. O.; NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, A. G.; JAUDY, R. R.; ZANGESKI, D. S. O. Simulações PhET: a teoria aliada à prática experimental nas aulas de química. **Revista Zeiki**, v. 1, n. 1, p. 19-35, 2020.

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

TEORIA da Aprendizagem Significativa: Ausubel. **IF/UFRGS**. [S.l.:s.d.]. Disponível em: <http://penta2.ufrgs.br/edu/objetivo/ausubel.html>. Acesso em: 10 fev. 2023.

TIPLER, P.A.; LIEWELLYN, R. A. **Física Moderna**, v. 4., 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

UPPERTOOLS. **Hiperconectividade**: como ela ainda vai transformar os negócios. 2016. Disponível em: <https://www.uppertools.com.br/blog/hiperconectividade-como-ela-ainda-vai-transformar-os-negocios/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

VALADARES, E. C., MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

VASCONCELOS, F. C. G. C. Levantamento e análise das simulações do PhET para o ensino e aprendizagem de Química. *In*: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 10., Anais [...]. Águas de Lindoia: X Enpec, 2015. p. 1-8.

YAMAMOTO, I., BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 215-225. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172001000200013>.

## APÊNDICE A

Os Requisitos de Sistema estão disponíveis em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/help-center/running-sims#q66-header](https://phet.colorado.edu/pt_BR/help-center/running-sims#q66-header). As simulações em HTML5 funcionam em iPads e Chromebooks, tão bem quanto em navegadores atualizados de computadores com Windows, Mac ou Linux.

**iPad:** iOS 13+ Safari

**Android:** oficialmente, não é suportado. Para usar Sims em HTML5, no Android, recomendamos a versão mais atual do Google Chrome.

**Chromebook:** Versão atual do Google Chrome. As Sims PhET em HTML5 e Flash funcionam em todos os Chromebooks. Para ver Sims compatíveis com Chromebook, acesse em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/filter?sort=alpha&view=grid](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?sort=alpha&view=grid).

**Sistemas Windows:** Microsoft Edge e a versão atual do Firefox ou Google Chrome.

**Sistemas Macintosh:** macOS 10.13 ou superior, Safari 13+, versão atual do Google Chrome.

**Sistemas Linux:** não suportados, oficialmente. Por favor, contatar [phethelp@colorado.edu](mailto:phethelp@colorado.edu) para informar o problema.

# APÊNDICE B — AVALIAÇÃO DA UEPS

19/03/2023, 19:47

Efeito Fotoeletrico \_ 3B

padlet

padlet.com/felipefisica2008/efeito-fotoeletrico-3b-56mjd19fd86x6x5

## Efeito Fotoeletrico \_ 3B

Mural colaborativo para o ensino das aplicações tecnológica sobre o efeito fotoelétrico.

PROF. FELIPE NASCIMENTO 24/10/21, 22:05 HS UTC

ANÔNIMO 15/11/21, 00:47 HS UTC

### CCD(dispositivo de carga acoplada) efeito fotoeletrico e os pixels

<https://youtu.be/rfx3KX6GLtE>

explicações das aplicações do efeito fotoeletrico nos dispositivos de carga acoplada

Clauber marques e Guilherme antonio cavalcante fulgencio

#### Como funciona o CCD?

- O CCD funciona devido a interação dos fótons com os sensores do dispositivo.
- Quando um fóton atinge um desses sensores um elétron sofre o efeito fotoelétrico e é registrado como resultante do pixel que sofreu interação.
- Quanto mais fótons atingem um determinado pixel, mais elétrons são liberados, logo maior a intensidade.

#### aplicações efeito fotoeletrico CCD por clauber

YOUTUBE

Quero parabeniza los. Muito bem. Vocês participaram de toda a sequência de aulas e fizeram uma excelente finalização.

— PROF. FELIPE NASCIMENTO

De acordo com o efeito fotoelétrico, algumas substâncias possuem a propriedade de absorver fótons e liberar elétrons. O que pode ser claramente exemplificado na funcionalidade do sensor CCD, por ser um painel composto de múltiplas fotocélulas, produtoras de elétrons, que formarão uma corrente elétrica e posteriormente serão descarregadas uma a uma, de modo que permaneçam acopladas na saída do painel, dando sentido a seu nome "dispositivo de cargas acopladas" (Ana Beatriz Lopes de Almeida) — ANÔNIMO

Esse processo fotoelétrico responsável pela geração de imagens digitais, tem seu início, quando o feixe luminoso interage com a superfície do CCD, e ocorre a liberação de elétrons por meio do efeito fotoelétrico. A quantidade de elétrons liberados é proporcional à intensidade do feixe. Para a captura de uma imagem colorida, é necessária a utilização de filtros para luz verde, vermelha e azul sobre a superfície do CCD. Um sofisticado sistema eletrônico transforma a carga elétrica liberada pelo efeito fotoelétrico em sinal digital. (Luiza) — ANÔNIMO

ANÔNIMO 15/11/21, 02:01 HS UTC

### Radiação ionizante & efeito fotoelétrico

Nesse vídeo, abordamos sobre o efeito fotoelétrico e a radiação ionizante. Toda radiação que possui energia o bastante para tirar os elétrons dos átomos é ionizante. Pode ser natural ou artificial, assim como pode ter natureza eletromagnética ou corpuscular, sendo formada por elétrons, núcleos atômicos, entre outros. Mesmo sendo perigosa para as pessoas, há inúmeras funcionalidades tecnológicas.

O efeito fotoelétrico é um dos principais que geram a interação da matéria com as radiações X e gama.

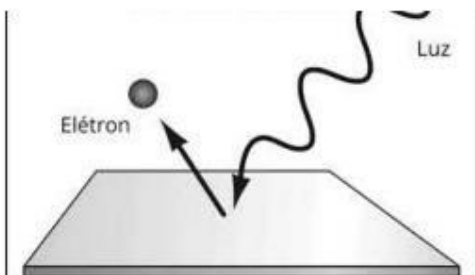
Ele ocorre quando um desses raios incide sobre um elétron, arrancando-o do átomo e ganhando energia cinética.

Quando essa interação acontece, os elétrons das camadas externas vêm para as camadas internas, produzindo raios X verdadeiros.

Contudo, existem desvantagens para o corpo, já que a radiação permanece nos tecidos.

A diferença de contraste nas imagens é dada pelas probabilidades distintas de absorções fotoelétricas, que por sua vez têm materiais com números atômicos diferentes. Integrantes do grupo:

- Aísa
- Ana Beatriz
- Ana Laura
- Cleyre
- Mariana Alves
- Mariana Galdino



#### Efeito fotoelétrico e Radiação ionizante

por Mariana Alves

YOUTUBE

<https://padlet.com/padlets/56mjd19fd86x6x5/exports/print.html?print=1>

1/2



19/03/2023, 19:47

Radiações ionizantes possuem a capacidade de remover elétrons orbitais do átomo que elas interagem (cláuber)  
— ANÔNIMO

Vale acrescentar que essa energia mínima para ocorrer o efeito fotoelétrico varia de material para material. É extremamente interessante saber que que essa energia está correlacionada a frequência da onda! (Guilherme Antônio)  
— ANÔNIMO

É curioso saber a forma em que os processos fotoelétrico e Compton são responsáveis pela formação de imagens, radiografia, e como a composição de cada uma delas age em contraste com o objeto, sendo a energia fotoelétrica dependente do número atômico do objeto. (Luiza)  
— ANÔNIMO

Parabéns meninas, muito pertinente falar sobre radiação ionizante e a interação dessas ondas eletromagnéticas com a matéria pois ao decorrer de nossas vidas somos expostos a elas. — PROF. FELIPE NASCIMENTO

ANÔNIMO 17/11/21, 23:02 HS UTC

## O efeito fotoelétrico nas máquinas industriais.

<https://youtu.be/tluqXlqY9q0>

Nesse vídeo você irá se aprofundar do assunto referente ao efeito fotoelétrico como estudado em sala, porém agora de uma maneira diferente, dessa vez presente nas máquinas industriais e sua importância.

Está aqui também o link do slide

<https://www.canva.com/design/DAEv6oyL0pl/b3EYOBVrHRnuxc80q1ExaQ/view?>

Efeito Fotoelétrico \_ 3B

[utm\\_content=DAEv6oyL0pl&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAEv6oyL0pl/b3EYOBVrHRnuxc80q1ExaQ/view?utm_content=DAEv6oyL0pl&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=sharebutton)

Grupo: Talys, Matheus, Ana Clara, Eliza e Luiza.



Parabéns ao grupo! Vídeo completo, muito bem.  
— PROF. FELIPE NASCIMENTO

Vale ressaltar que a utilização dos sensores possibilitaram várias automações na indústria, utilizando o princípio que foi abordado em vídeo o sensor fotoelétrico pode ser tanto um transdutor, quanto um sensor. (Guilherme Antônio)  
— ANÔNIMO

É interessante analisar que, assim como foi dito no vídeo, as ações do efeito fotoelétrico estão muito presentes no nosso dia a dia e diversas vezes nós nem percebemos isso. Os uso da televisão e do painel solar exemplificam muito bem esse fator.  
(Ana Laura) — ANÔNIMO

XXXXXXXXXX