



**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
MPEC / UFOP**



# **ENSINO DE FÍSICA:**

An illustration of a blue triangular prism with a white light ray entering from the left. The ray is refracted and dispersed into a spectrum of colors (red, orange, yellow, green, blue, purple) as it exits the right side of the prism. The background is a soft, abstract gradient of colors.

## **ÓPTICA GEOMÉTRICA E FÍSICA MODERNA**

**ÉDER CONCEIÇÃO DA SILVA  
SILMAR ANTÔNIO TRAVAIN**

Caro (a) Professor (a),

Nós, da área das Ciências da Natureza, sempre nos deparamos com o desafio de demonstrar os fenômenos científicos para nossos estudantes de maneira que estimule sua participação e aprendizado. À princípio para eles, especialmente a disciplina de Física é pura matemática e impossível de ser aprendida. Além disso, o quantitativo de aulas semanais, a falta de espaços apropriados (laboratórios de Ciências) e até mesmo a falta de materiais de apoio pedagógico nos direcionam para o molde tradicional de ensino.

Sabendo disso, procurar outros métodos pedagógicos em substituição à prática tradicionalista de Ensino e a busca pela participação do discente em seu próprio desenvolvimento cognitivo, podem trazer mudanças comportamentais do alunado no aprendizado da disciplina de Física.

Com esse pensamento, visando contribuir com a didática do(a) educador(a), o presente material trata-se de uma sequência didática que envolve conceitos da Óptica Geométrica e da Física Moderna. As atividades elaboradas em cada uma das etapas da sequência didática articulam contextualização e experimentação, além de simulações computacionais, recursos esses que incrementarão o planejamento do professor na sala de aula. No decorrer de cada intervenção, você encontrará algumas sugestões de abordagem e questões que podem nortear sua didática em sala de aula. Quanto aos recursos, para a execução dos experimentos foram utilizados materiais de baixo custo e de fácil aquisição tanto pelo professor, quanto pelo aluno.

Esperamos que esse produto didático seja de grande auxílio. Sinta-se à vontade para utilizá-lo conforme a realidade de sua turma.

Um grande abraço!

Éder Conceição da Silva  
Silmar Antônio Travain

## SOBRE OS AUTORES....

Éder Conceição da Silva graduou-se em Licenciatura em Física no ano de 2018 no Instituto Federal de Minas Gerais - campus Ouro Preto. No mesmo ano iniciou sua carreira docente na rede estadual do estado de Minas Gerais. Em 2020 começou a cursar o Mestrado Profissional em Ensino de Ciências tendo como fruto do seu trabalho esta sequência didática.

Silmar Antônio Travain possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1996), mestrado em Ciências - Física Aplicada pelo Instituto de Física de São Carlos (2001) e doutorado em Ciências - Física Aplicada pelo Instituto de Física de São Carlos (2006). Atualmente atua como Professor Assistente Doutor no Departamento de Física e Química da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, além de ser membro do Programa de Pós-Graduação em Ciências - Física de Materiais e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto.

## SUMÁRIO

### TÓPICO: FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA

1ª Etapa: Experimento Disco de Newton - Formação da Luz Branca	5
2ª Etapa: Prisma de Newton - Decomposição da Luz Branca	5
3ª Etapa: Luz como onda eletromagnética	6
ATIVIDADES COMPLEMENTARES	7
ROTEIRO 1: EXPERIMENTO DO DISCO DE NEWTON	8

### TÓPICO: EFEITO FOTOELÉTRICO

1ª Etapa: Experimento Fluorescência	10
2ª Etapa: Simulação Efeito Fotoelétrico	12
ATIVIDADES COMPLEMENTARES	15
ROTEIRO 2: EXPERIMENTO DO EFEITO FOTOELÉTRICO	17

LEITURA COMPLEMENTAR	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

## ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

### TÓPICO: FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA

**Duração aproximada:** 3 a 4 aulas de 50 min cada

#### Introdução

A proposta dessa atividade é trazer para os estudantes uma compreensão inicial da formação e decomposição da luz branca, além de suas principais características de frequência e comprimento de onda. Neste estudo, vamos discutir uma introdução aos fenômenos relacionados a Física Moderna.

#### ROTEIRO PARA A APLICAÇÃO DA ATIVIDADE

##### ● 1ª Etapa: Experimento Disco de Newton - Formação da Luz Branca

- Inicialmente, será fornecido para os estudantes um pequeno roteiro para a montagem do experimento Disco de Newton, bem como os materiais necessários para a realização da prática (ROTEIRO 1).

Questões norteadoras para o professor explorar o experimento:

- 1) O que você observou quando o disco começou a girar?
- 2) Em relação ainda à questão anterior o que se pode concluir a respeito da combinação das cores presentes no disco?
- 3) Você consegue associar o que pôde ser visto no experimento com algum fenômeno que ocorre no seu cotidiano? Se sim, qual?

##### ● 2ª Etapa: Prisma de Newton - Decomposição da Luz Branca

- Espera-se que com a última questão do roteiro os estudantes possam relatar a menção do arco-íris como um dos principais fenômenos do aparecimento das cores. Neste sentido, a segunda etapa será usada para explicar os conceitos de refração e dispersão da luz;

#### Refração da Luz

- Reproduzir o experimento do lápis no copo com água, de forma a discutir com os estudantes o fenômeno da refração da luz mediante ao observado (fazer um esboço no quadro negro da propagação dos feixes de luz quando chegam ao copo). Se

necessário, utilizar mais exemplos no cotidiano do estudante em que a refração se faz presente.

### **Dispersão da Luz**

- Utilizar a simulação: Desvio da Luz: Prisma ([https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html))

para abordar o conceito de dispersão, usando o feixe de luz branca e o prisma triangular.

- Fazer uma analogia do prisma com uma gota de água, e assim explicando a formação do arco-íris. (Verificar com os estudantes que a ordem das cores presentes no disco é a mesma do arco-íris).

### **● 3ª Etapa: Luz como onda eletromagnética**

- Definir as ondas mecânica e eletromagnética

Questões norteadoras para o professor explorar a definição de ondas:

1) Onde no seu cotidiano você consegue associar a palavra onda?

Caso o estudante informe exemplos diferentes de ondas, questione:

2) Você seria capaz de dizer qual a diferença de uma onda com outra? Se sim, qual ou quais seriam essas diferenças?

3) Você consegue pensar em exemplos da utilização de um determinado tipo de onda no seu dia-a-dia?

- Explicar frequência e comprimento de onda. (Utilizar as duas últimas questões anteriores para discutir os diferentes tipos de ondas eletromagnéticas existentes, e sua aplicabilidade em vários momentos da vida do estudante, tais como: exames com o uso de raio-x e o uso do infravermelho em câmeras de visão noturna, por exemplo).

- Demonstrar o espectro da luz visível e a subdivisão de cada uma das cores. (Com o auxílio da Figura 1, pode ser discutido com os estudantes que dentro do espectro eletromagnético da luz, cada cor terá uma faixa específica para seu comprimento de onda).

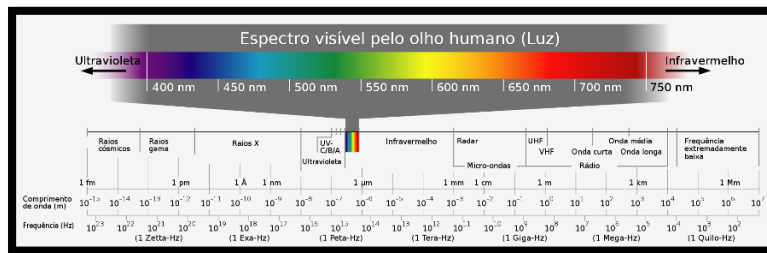


Figura 1: espectro visível da luz.

Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_vis%C3%ADvel#/media/Ficheiro:Electromagnetic\\_spectrum\\_-pt.svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_vis%C3%ADvel#/media/Ficheiro:Electromagnetic_spectrum_-pt.svg) Acesso: 07 de fev de 2022

### ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Este tópico se destina a questões que os estudantes podem trabalhar fora da escola, com o propósito de aprofundar o que foi visto em sala de aula, além de conter conteúdos de Física que serão melhores trabalhados posteriormente.

1) Analise a seguinte frase:

“Graças à luz do sol, todos os seres vivos enxergam as cores e tamanhos dos objetos da mesma forma”.

- a) Como você acha que a luz interage com os objetos de maneira que possamos distinguir principalmente as cores?
  - b) Você concorda com a afirmação acima? Por quê?
  - c) Se a fonte luminosa for trocada, conseguimos ver as coisas da mesma maneira? Explique.
- 2) Apesar do sol ser uma estrela de extrema importância para a vida da Terra, temos de ter certos cuidados, principalmente quanto ao período de exposição a luz solar. Uma das principais razões para isso é a liberação dos raios UVB. Qual a consequência da exposição deles para o ser humano? O que isso pode estar relacionado com a frequência desse tipo de onda eletromagnética?

## ROTEIRO 1

### EXPERIMENTO DO DISCO DE NEWTON

#### Materiais utilizados:

- Barbante
- Um CD usado
- Lápis
- Lápis de cor
- Tesoura
- Cola
- Folha de molde

#### Procedimentos para a realização do experimento:

- 1- Utilizando o modelo com auxílio do lápis de cor, faça como a Figura 2:

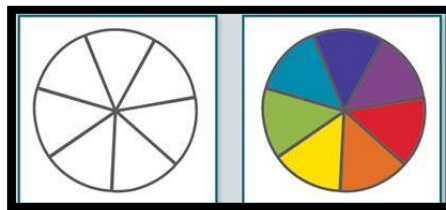
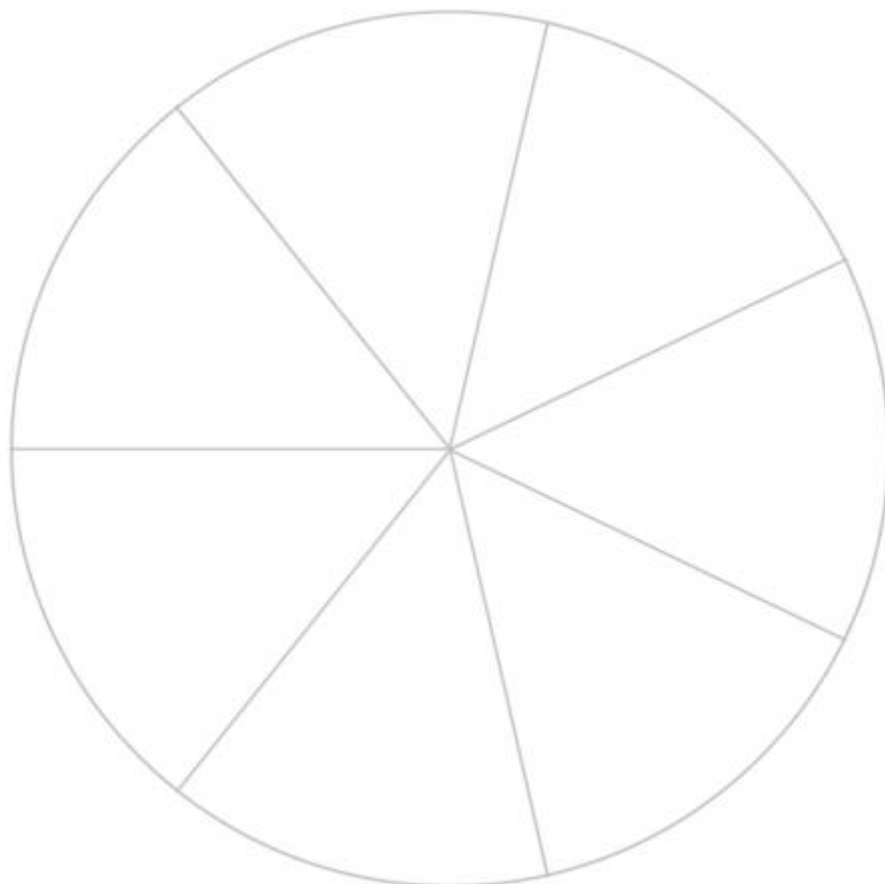


Figura 2: disposição das cores no Disco de Newton.

- 2- Como medida de segurança, antes dos estudantes colarem o molde em cima do CD, o professor deverá fazer os furos próximos ao centro, cada dos furos na lateral do círculo do CD.
- 3- Recorte e cole o disco colorido no CD e passe o barbante pelos dois furos próximos ao centro.
- 4- Amarre as duas pontas de modo que fique em cada lado do disco a mesma distância de barbante.
- 5- Faça movimentos circulares para enrolar o barbante, depois, estique-o e observe.



## MOLDE PARA O EXPERIMENTO DO DISCO DE NEWTON



Fonte: [https://www.fisica.ufmg.br/biblioteca/wp-content/uploads/sites/5/2020/05/newton\\_20200505b.pdf](https://www.fisica.ufmg.br/biblioteca/wp-content/uploads/sites/5/2020/05/newton_20200505b.pdf) Acesso: 26 de mar de 2023.

## TÓPICO: EFEITO FOTOELÉTRICO

**Duração aproximada:** 2 a 3 aulas (50 min cada)

### Introdução

Certos dispositivos tecnológicos funcionam mediante a presença ou pela ausência de luz. Nesse sentido, essa atividade busca analisar como a luz interage com esses aparatos e quais os efeitos observados dessa interação, tomando como base alguns conceitos que envolvem o campo da Física Moderna, mais especificamente, o efeito fotoelétrico.

### ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DA ATIVIDADE

#### ► 1ª Etapa: Experimento Fluorescência

1 - Para dar início a essa etapa será pedido para que os alunos realizem o experimento Fluorescência (ROTEIRO 2). Em seguida, após a execução da prática pedir para que eles forneçam explicações para o observado.

Questões para nortear o professor a construir os argumentos dados pelos estudantes:

- 1) Qual o efeito observado nas palavras escritas?
- 2) Por que somente com o *flash* da câmera (sem adaptá-lo conforme descrito na execução do experimento) e iluminando a palavra escrita não se observa o mesmo efeito?
- 3) Você já viu esse mesmo efeito em algum momento de sua vida? Se sim, em qual(is)?

2 - Com a primeira pergunta, espera-se que os estudantes percebam que as palavras escritas ficaram mais perceptíveis devido a maior luminosidade que ganharam quando iluminadas pelo *flash* modificado de acordo com o experimento.

3 - Com a segunda pergunta, espera-se que comparando o *flash* normal da câmera do celular com o *flash* modificado, os alunos levantem hipóteses a respeito da modificação do *flash* e seu efeito sobre as palavras escritas.

4 - Já na terceira questão, vários podem ser os exemplos fornecidos por eles, tais como: as faixas das roupas de motoboys, garis ou de trabalhadores encontrados durante a noite na beira de rodovias e até mesmo as placas de trânsito quando iluminadas pelos faróis do carro durante a noite.

### **Ações do professor para se trabalhar o fenômeno observado no experimento:**

- Voltar com os estudantes na questão número 1 da seção “ATIVIDADES EXTRACLASSE” fornecidas para eles na 1ª atividade “FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA”. Momento esse para verificar as respostas dadas pelos alunos na questão (especificamente nas letras A e B da questão) e iniciar a discussão do seguinte modo:

1 - Quando se questiona a forma como a luz interage com os objetos de maneira a se enxergar as cores, possibilita o professor mencionar que no intervalo do espectro visível, a radiação emitida possui certas partículas que são sensíveis aos olhos humanos, e podem transitar da faixa da cor vermelho até a cor violeta. Essas partículas são chamadas de FÓTONS que seriam pequenos “pacotes” de energia vindos da fonte que emite radiação.

2 - Quando se analisa a afirmação: “Graças à luz do sol, todos os seres vivos enxergam as cores e tamanhos dos objetos da mesma forma”. É importante frisar com os estudantes que os fótons podem interagir com os animais de forma diferente, fazendo com que alguns enxerguem na faixa do infravermelho (como as cobras) e outros enxerguem na faixa do ultravioleta (como as abelhas), faixas essas invisíveis aos olhos humanos. E que alguns seres humanos, por questões biológicas não são capazes de distinguir todas as cores, como o caso dos daltônicos.

3 - Para explicar o que ocorre no experimento da Fluorescência é importante lembrar as características da eletrosfera (zona onde os elétrons se encontram em movimento orbital em torno de um núcleo) dos elementos, destacando que para elementos diferentes, os átomos desses elementos quando expostos a uma determinada radiação se comportam de maneira diferente. Em seguida, explicando que ao incidir uma fonte luminosa sobre um material, os fótons presentes na fonte vão interagir com os átomos desse material, fazendo assim com que os elétrons desses átomos absorvam a radiação desse fóton, e ganhando energia suficiente para mudar de camada eletrônica. Em poucos segundos, quando o elétron perde a energia ganha, decai retornando para a sua camada de origem, e por consequência disso, enxergamos alguma cor na faixa do espectro visível. (associe a explicação em conjunto da execução do experimento).

Obs: Para facilitar o entendimento do estudante, pode-se fazer no quadro uma

esquematisação da mudança de camadas de um elétron e o efeito de seu decaimento aos nossos olhos.

4 - Voltar na terceira questão feita nessa etapa e explorar melhor os possíveis exemplos dados pelos estudantes, uma vez que eles já estão mais envolvidos no conceito de fóton e a interação desses com os materiais.

### ► 2ª Etapa: Simulação Efeito Fotoelétrico

- Iniciar essa etapa com os estudantes fazendo a seguinte pergunta:

“Como você acha que funcionam as portas automáticas presentes em hospitais e shoppings, por exemplo? O que explica o fato delas se abrirem quando alguém se aproxima?”

Obs: O intuito da questão acima é contextualizar o cotidiano do estudante com o conteúdo a ser apresentado nessa etapa, fazendo assim com que ele apresente explicações que poderão ser melhoradas conforme o andamento da atividade.

Dica: Pedir para os próprios estudantes registrarem sua resposta no caderno ou anotar no quadro algumas das opiniões dadas, para que somente no final da atividade sejam analisadas.

### Ações do professor para se trabalhar o fenômeno observado na simulação:

É importante salientar que o passo a passo a seguir é apenas uma sugestão para o professor, uma vez que a simulação fornece uma variedade de opções que possibilita a abordagem do fenômeno do efeito fotoelétrico de diversas maneiras.

- Use o endereço eletrônico abaixo para ter acesso a simulação do EFEITO FOTOELÉTRICO:

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

1 - Inicialmente apresente aos estudantes os componentes presentes na simulação: a placa metálica na qual a fonte luminosa incidirá sobre a mesma, a tabela para a modificação de intensidade e comprimento de onda, o circuito montado pelas duas placas metálicas, o material do qual é feita a placa metálica e o mostrador de detecção de corrente elétrica.

2 - Antes de dar início a simulação, selecione **mostrar fótons** no menu **opções** para mostrar o feixe de luz composto por fótons individuais;

- 3 - Selecione o comprimento de onda na faixa do vermelho do espectro visível, intensidade 30% e a placa metálica feita de sódio. Peça para que os estudantes observem se acontece algo, principalmente no mostrador de corrente elétrica.
- 4 - Aumente gradativamente a intensidade, sem modificar o comprimento de onda e o material da placa e peça para que eles descrevam se acontece alguma coisa.
- 5 - Questione os estudantes a respeito da energia que os fótons forneceram para a placa. (Espera-se que eles percebam que a energia absorvida pelos elétrons não foi suficiente para fazer com que eles mudem de camada eletrônica, e que por isso ainda não foi possível observar nada de diferente na simulação).
- 6 - Aumente gradativamente a intensidade e ao mesmo tempo diminuindo aos poucos o comprimento de onda, ainda na faixa do espectro visível. Durante a modificação peça para os alunos que tomem notas se houve ou não alguma alteração. (Em certo momento, quando a intensidade estiver alta e o comprimento de onda estiver próximo da faixa da cor verde e indo em direção a cor violeta, sendo emitidos da placa emissora (cátodo) indo para a placa coletora (ânodo); e à medida em que o comprimento de onda estiver diminuindo os elétrons que chegam na outra extremidade serão capazes de produzir corrente elétrica).
- 7 - Após registrar tais observações é o momento de relembrar os estudantes a relação do comprimento de onda com a frequência, mencionando que quanto maior o comprimento de onda, menor é a frequência e vice-versa.
- 8 - Relacione com os estudantes a frequência com o aparecimento dos elétrons. Destaque que para os procedimentos realizados acima, somente a partir da faixa do verde e em sentido para a esquerda que pôde-se perceber o surgimento dos elétrons. Portanto, quanto mais alta for a frequência, maiores as chances de os elétrons serem “arrancados” da placa emissora podendo ter energia suficiente para gerar corrente elétrica no circuito. Portanto, para alguns casos, o aparecimento dos elétrons não significa produção de corrente elétrica, já que os mesmos não atingiram a frequência de corte (isto é, a frequência mínima para garantir os elétrons a energia necessária para a produção de corrente elétrica).
- 9 - Quanto a questão da intensidade da luz, mencione que quando maior é a intensidade, mais fótons atingiram a placa coletora, tendo assim maior possibilidade de interagir com os elétrons da placa os “arrancando” da mesma.
- 10 - Por fim, conclua com os estudantes o conceito de Efeito Fotoelétrico (quando

uma radiação de alta frequência é incidida sobre uma placa metálica, os fótons presentes no feixe interagem com os elétrons de maneira a fornecer energia suficiente para arrancá-los da placa emissora para a placa coletora e produzindo assim corrente elétrica no circuito).

- Voltar com os estudantes na questão número 1 (letra C) e na questão de número 2 da seção “ATIVIDADES COMPLEMENTARES” fornecidas para eles na 1ª atividade “FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA”. Momento esse para verificar as respostas dadas pelos alunos nas questões e iniciar a discussão do seguinte modo:

1 - Quando se questiona os estudantes a respeito da mudança da fonte luminosa, é importante esclarecer que quando se trata de uma fonte de luz branca, por exemplo, os fótons que incidem sobre o objeto nos entregam uma visão de cores dentro da faixa do espectro visível, já que foi visto na 1ª atividade, que a luz branca é formada por mais de uma cor. (Dica: escolha um objeto colorido e o utilize como exemplo do porquê o enxergamos com várias cores mediante a luz branca). Agora se a fonte luminosa for de cor única, por exemplo da cor vermelha, conseguiríamos enxergar apenas objetos da cor da fonte, já que estão na mesma faixa de frequência da fonte e que no lugar das demais cores não veríamos nada.

2 - No caso da questão 2, se for preciso volte a simulação e evidencie para os estudantes que a frequência na faixa do ultravioleta além de ser alta, fornece também fótons altamente energéticos que ao entrarem em contato com as células do corpo humano instantaneamente absorvem essa energia. **E com** o passar do tempo que sentimos o efeito da absorção de toda essa energia tais como o envelhecimento precoce, aparecimento de manchas na pele, e em casos mais avançados doenças como o câncer. O uso de protetor solar cria uma barreira de proteção para a pele dificultando a absorção dos raios UVB.

- Voltar na problematização fornecida logo no início da aula a respeito do funcionamento das portas automáticas. Retornar aos argumentos fornecidos pelos estudantes e verifique o que pode ser aproveitado e o que deve ser melhorado articulando essas duas ações com a explicação do professor. Informar aos estudantes que esse tipo de porta possui sensores de presença, e basta apenas a aproximação de uma pessoa para que o mecanismo acione o circuito elétrico

interno para a abertura das portas ou o fechamento delas quando a pessoa se afasta.

## ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Questões para os estudantes realizarem em casa:

1) Interaja com a simulação computacional entrando no link:

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

Adote os seguintes passos:

- Antes de dar início a simulação, selecione **mostrar fótons** no menu **opções** para mostrar o feixe de luz composto por fótons individuais;
- Selecione a placa de **zinco** como material da placa metálica;
- Comece na faixa do infravermelho e com baixa intensidade, aumentando a intensidade gradativamente e deslocando a faixa do comprimento de onda para esquerda até a região do ultravioleta.

Registre:

- a partir de qual ponto (comprimento de onda) os elétrons foram arrancados da placa?
- em que momento a corrente elétrica começou a ser produzida?
- qual a porcentagem da intensidade em que começou a ocorrer mudanças?
- o momento em que os elétrons foram arrancados da placa, foi o mesmo momento do aparecimento da corrente elétrica no circuito?

- Selecione a placa de **cálcio** como material da placa metálica;
- Comece na faixa do infravermelho e com baixa intensidade, aumentando a intensidade gradativamente e deslocando a faixa do comprimento de onda para esquerda até a região do ultravioleta.

Registre:

- a partir de qual ponto (comprimento de onda) os elétrons foram arrancados da placa?
- em que momento a corrente elétrica começou a ser produzida?
- qual a porcentagem da intensidade em que começou a ocorrer mudanças?

- o momento em que os elétrons foram arrancados da placa, foi o mesmo momento do aparecimento da corrente elétrica no circuito?

Se comparar os dados colhidos quando se usou as duas placas (**zinco e cálcio**) com os dados obtidos quando se usou a placa de sódio em sala de aula, o que pode ser observado?

- 2) Em vista do que foi aprendido sobre os fótons, relacione esse conteúdo com a seguinte questão: como funciona a iluminação pública das cidades? E se estiver nublado, tem alguma interferência de funcionamento? (Consulte fontes de pesquisa para auxiliar na explicação).
- 3) Informe outros dispositivos do seu cotidiano que utilizem o princípio do efeito fotoelétrico ou da fluorescência para funcionar. Explique como cada um deles funciona.



## ROTEIRO 2

### EXPERIMENTO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

#### **Materiais utilizados**

- 1 Telefone celular com flash;
- Fita adesiva transparente;
- Marcador permanente azul;
- Marcador de texto;
- Papel A4.

#### **Procedimentos para a realização do experimento:**

- 1- Cole um pedaço de fita adesiva sobre o flash do celular e pinte de azul utilizando o marcatexto permanente (sobre o flash), repita o processo por mais cinco vezes (até conter 6 camadas);
- 2- Utilizando o marcador de texto, escreva algo na folha de papel A4;
- 3- Apague a luz e acenda o *flash* do celular e ilumine a folha de papel A4;
- 4- Observe o que acontece.

## LEITURA COMPLEMENTAR

HEWITT, P. G. Física Conceitual. 12ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Disponível: <https://www.youtube.com/watch?v=bpxKCdo9yPs> Acesso em: 22 de jan de 2022

PhET - Physics Education Technology. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 05 Mai 2021