



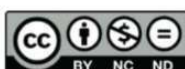
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



# **A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO A TÉCNICA SCALE-UP**

Larissa Veríssimo de Medeiros

José Jamilton Rodrigues dos Santos



É livre a reprodução exclusivamente para fins não comerciais, desde que a fonte seja citada.

**Produto Educacional**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**LARISSA VERISSIMO DE MEDEIROS**

**UTILIZANDO A TÉCNICA SCALE-UP PARA O ENSINO DE TÓPICOS DA FÍSICA DE  
PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**CAMPINA GRANDE**

**2022**

**LARISSA VERISSIMO DE MEDEIROS**

**UTILIZANDO A TÉCNICA SCALE-UP PARA O ENSINO DE TÓPICOS DA FÍSICA DE  
PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física – Polo 048 da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração:** Física no Ensino Médio.

**CAMPINA GRANDE**

**2022**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## SUMÁRIO

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Introdução .....            | 06 |
| Justificativa .....         | 06 |
| Percurso Metodológico ..... | 07 |
| Sequência de Ensino .....   | 08 |
| 1º Encontro .....           | 09 |
| 2º Encontro .....           | 21 |
| 3º Encontro .....           | 30 |
| 4º Encontro .....           | 47 |
| Referências .....           | 54 |
| Anexo A .....               | 56 |

---

## INTRODUÇÃO

---

A sequência de ensino a seguir trata de uma proposta de inserção do conteúdo de Física de Partículas no ensino médio utilizando a técnica SCALE-UP (*Student-Centered Active Learning Environment with Upside-down Pedagogies*). O SCALE-UP é baseado na sala de aula invertida e divide a aula em três momentos: as atividades tangíveis, que propõe a utilização de experimentos e/ou simulações computacionais em sala de aula, para que os alunos investiguem fenômenos, obtenham dados e discutam com os colegas possíveis explicações para o evento investigado; as atividades ponderáveis que são problemas teóricos em que os alunos devem buscar a solução em conjunto; e os momentos de discussão e integralização do conteúdo trabalhado em aula, onde o(a) professor(a) irá debater sobre o conteúdo aplicado no experimento ou simulação computacional, conectado ao conteúdo estudado em casa, pelos estudantes (BEICHNER *et al.*, 2007).

Fará parte da sequência de ensino experimentos simples e de baixo custo e a utilização de simuladores computacionais para a investigação do fenômeno. Nessa metodologia, a turma é dividida em grupos que ficarão dispostos em mesas circulares e o objetivo é interagirem e trabalharem juntos de forma a fomentar a discussão entre os discentes.

---

## JUSTIFICATIVA

---

A Física de Partículas é uma área em desenvolvimento com um vasto campo de pesquisa, com aplicações diversificadas e investigações de problemas ainda em abertos. Diante disto, é relevante a discussão sobre tópicos que ainda estão em desenvolvimento para que os alunos percebam a ciência como um conjunto não acabado, buscando refutar a associação da ciência como uma construção de verdades absolutas incontestáveis (CHAUÍ, 2004). Essa ponderação é reforçada especialmente para a física, quando os estudantes dubiamente a associam como uma área totalmente completa e que é possível explicar todos os fenômenos observáveis com os conhecimentos já estabelecidos.

Apresentar tópicos da Física de Partículas traz ao discente a possibilidade de investigar e se aprofundar em uma visão dinâmica da ciência, favorecendo a atividade e o engajamento do estudante, que devem ser estimulados a buscar explicações para seus próprios

questionamentos, apoiados na física, de modo a perceber que o conhecimento não é desenvolvido instantaneamente, mas que há uma construção, muitas vezes lenta e contínua por trás do desenvolvimento científico.

A construção de um produto educacional com uma proposta de inserção do conteúdo de Física de Partículas vem de um interesse em discutir a Física de Partículas e trazer as metodologias ativas na roupagem do SCALE-UP como uma ferramenta para alterar, baseado nos dados da literatura, a dinâmica da sala de aula, onde a atividade do aluno busca fazê-lo refletir de maneira mais crítica e participativa.

## PERCURSO METODOLÓGICO

O planejamento de cada encontro foi desenvolvido seguindo a sequência de aplicação do SCALE-UP (BEICHNER, 2008), e como suporte à nossa sequência de ensino, utilizaremos as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), exclusivamente empregando recursos de simulação computacional e apoiados à plataforma digital *moodle*. O SCALE-UP trata de redimensionar a sala de aula, pois a turma é dividida em equipes que precisam trabalhar juntos para promover o uso das técnicas de aprendizagem em que o aluno é o centro desse processo. A configuração da sala de aula propõe facilitar a comunicação entre os estudantes e o professor, e por isso, as carteiras individuais são substituídas por mesas circulares que acomodam os alunos. Além disso, o SCALE-UP possui uma sequência de aplicação que separa a sala de aula em três momentos:

1) Atividades tangíveis: os alunos realizarão uma atividade de simulação computacional ou atividade experimental simples para verificação do fenômeno. Exemplo: determinar a espessura de uma folha do caderno do aluno e utilizar o resultado para determinar o diâmetro de um ponto final ao final de uma frase no livro (BEICHNER *et al.*, 2007, p. 14).

2) Atividades ponderáveis: correspondem a problemas que os alunos deverão solucionar e discutir entre si. As soluções podem ser compartilhadas para toda a turma. Exemplo: Quão longe uma bola de boliche percorre a pista antes de parar de deslizar e apenas rolar? Quantos passos são necessários para cruzar o Brasil? (BEICHNER *et al.*, 2007, p.15). Os problemas envolvem os assuntos estudados em casa previamente e as atividades tangíveis já realizadas no primeiro momento da aula.

3) Discussões e momentos de fechamento: essa etapa da aula é o momento de formalização e integralização do conteúdo visto em sala, ocorrendo uma interligação dos experimentos e problemas.

## SEQUÊNCIA DE ENSINO

### TEMA:

UTILIZANDO A TÉCNICA SCALE-UP PARA O ENSINO DE TÓPICOS DA FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO.

**Número de aulas:** 4 encontros com 17 aulas de 50 minutos cada.

**Público-alvo:** Alunos da 2ª série do ensino médio.

### Objetivo geral:

- Discutir tópicos de física das partículas elementares utilizando a técnica SCALE-UP.

### Objetivos específicos:

- Iniciar uma discussão com os alunos para introduzir novas áreas da ciência.
- Conectar conceitos físicos às tecnologias atuais.
- Criar um ambiente de aprendizagem que estimule os estudantes a colaborarem com seu grupo, questionando e ensinando uns aos outros (BEICHNER, 2008).

Utilizaremos no texto um layout personalizado, que favorece a inclusão de grafismos próprios do trabalho de sala.



# 1º ENCONTRO



**Duração: 5 aulas de 50 minutos cada.**

**Objetivo:**

- Apresentar o conceito de onda eletromagnética como oscilação de **campos elétricos** e **magnéticos** e discutir os fenômenos ondulatórios de **interferência** e **difração**.

**Justificativa:**

- Compreender o conceito de onda eletromagnética como campos elétricos e magnéticos oscilantes é essencial para abordar temas como o funcionamento de antenas de emissão e recepção de ondas, que explica como os celulares enviam e recebem mensagens/ligações, explicar, também, o funcionamento de aparelhos tecnológicos, como: forno de micro-ondas, aparelhos de Raio-X, ressonância magnética, controle remoto etc.

**Desenvolvimento:**

- A proposta do SCALE-UP sugere separar a aula em três atividades (BEICHNER, 2008): As tangíveis, as ponderáveis e as de discussão. As tangíveis, o professor associa experimentos físicos ou simulações computacionais ao conteúdo estudado em casa, previamente; as ponderáveis, são problemas em que os alunos devem discutir entre si,

buscando a solução em conjunto; e as discussões, que são os momentos de fechamento e de formalização dos conteúdos trabalhados em aula.

- O(A) professor(a) irá postar na plataforma digital o material que os alunos deverão acessar previamente, de maneira a prepararem-se para a discussão em sala de aula. Seguindo o método SCALE-UP os alunos terão no primeiro momento de aula o contato com um simulador computacional para discutir entre si e descrever o fenômeno observado; no segundo momento, os alunos deverão realizar as rotações de ilhas, em que os grupos são unidos para discutir possíveis equívocos na investigação do simulador e responder problemas propostos; em seguida, no terceiro momento, dois experimentos relacionados ao conteúdo de difração e interferência de ondas serão realizados; e por fim, no quarto momento, o(a) professor(a) iniciará uma apresentação pelo *quizziz* para discutir sobre os fenômenos ondulatórios estudados previamente e associá-lo com as atividades realizadas em sala de aula.

#### **Material prévio apresentado na plataforma digital *moodle*:**

- **Vídeo 1: “Viagem à eletricidade - entre o mais e o menos”**, desenvolvido por Jacques Rouxel e produzido por *Animation Art-graphique Audiovisuel*, em 1981, duração 5:09. O vídeo apresenta de forma simples a noção básica do que é a eletricidade e como gerá-la a partir de uma diferença de potencial. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=WpIGGtN5BTA&list=PLYfrhgvQ39rW\\_WIYQgEK04nr5rSz1rgGP&index=2](https://www.youtube.com/watch?v=WpIGGtN5BTA&list=PLYfrhgvQ39rW_WIYQgEK04nr5rSz1rgGP&index=2). Acesso em: 10 de out. 2021.
- **Vídeo 2: “Viagem à eletricidade – corrente alternada”**, desenvolvido por Jacques Rouxel e produzido por *Animation Art-graphique Audiovisuel*, em 1981, duração 4:51. O vídeo inicia um diálogo sobre as baterias e seu funcionamento e, em seguida, explica como um ímã gera uma corrente elétrica alternada. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gUa4ub4RIHY>. Acesso em: 10 de out. 2021.
- **Vídeo 3: “Interferência e difração explicadas”**, desenvolvido por Pedro Loss, em *Ciência Todo Dia*, duração 9:23. O vídeo define o que é uma onda e apresenta suas características, em seguida, os fenômenos ondulatórios, em especial o experimento da fenda dupla de Young, que foi importante para corroborar com a teoria ondulatória da luz. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=edidweXxbqU&t=277s>. Acesso em: 10 de out. 2021.

- **Vídeo 4: “Is radiation dangerous?”**, desenvolvido por Matt Anticole e produzido por TED-Ed, com duração de 5:20. O vídeo apresenta a diferença entre radiação produzida por ondas eletromagnéticas e a radiação produzida pelo decaimento do núcleo atômico, em seguida, demonstra que nem toda radiação é perigosa, apenas as que são classificadas como ionizantes, pois são capazes de arrancar elétrons dos átomos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zI2vRwFKnHQ&t=157s>. Acesso em: 10 de out. 2021.
- **Texto 1: “Cor estrutural, a nanotecnologia da natureza que poderá substituir os corantes e tingimento têxtil”**. O texto apresenta a origem das cores de alguns animais a partir da interferência de onda da luz, e não da coloração natural dos pigmentos, e como essa descoberta pode mudar a indústria têxtil e ser uma alternativa ecológica para a substituição de pigmentos e corantes sintéticos pela cor estrutural. Disponível em: <https://www.stylourbano.com.br/cor-estrutural-a-nanotecnologia-da-natureza-que-podera-substituir-os-corantes-e-tingimento-texil/#:~:text=A%20cor%20estrutural%20%C3%A9%20um,sustent%C3%A1vel%20na%20ind%C3%BAstria%20da%20moda>. Acesso em: 10 de out. 2021.

**Recurso:**

- Computador; Questionário; Texto de divulgação científica; TV; Projetor Multimídia; Sala de Leitura e Discussão; Simulador PHET colorado; Materiais de baixo custo; Exercício; Questionário.

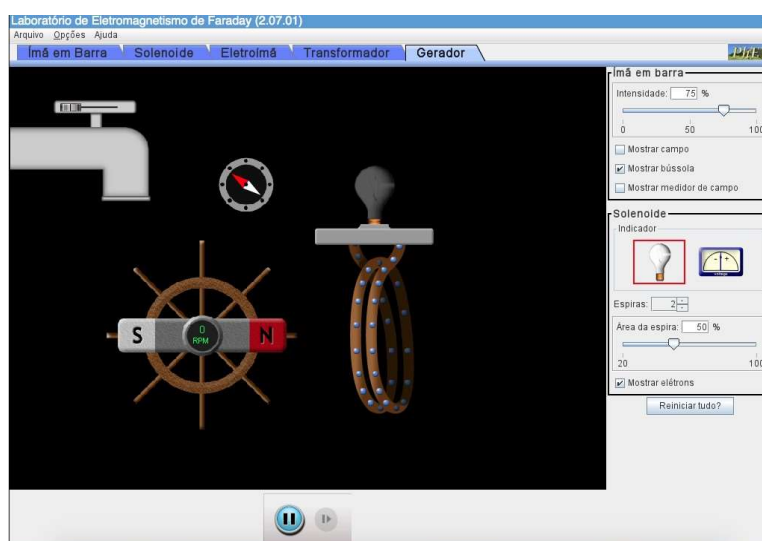
**1º MOMENTO****Atividade de simulação computacional****Tema:**

- A geração de ondas eletromagnéticas.

**Duração: 60 minutos.**

O primeiro momento será a investigação do fenômeno a partir do simulador computacional PhET colorado - Laboratório de Faraday, que será acessado por cada estudante através de computadores disponíveis nas mesas circulares, ou no próprio celular do aluno, uma vez que o PHET pode também ser utilizado pelo navegador do celular. Para essa etapa, os alunos terão 60 minutos e a partir da proposta do SCALE-UP, não será apresentada nenhuma instrução por parte do(a) professor(a). A figura 1 exibe as opções disponíveis na página do simulador.

**Figura 1 – Laboratório de Faraday**



Fonte: Captura da tela do simulador Laboratório de Faraday.

O objetivo do simulador é disponibilizar aos alunos uma ferramenta para que possam verificar como a variação do fluxo de campo magnético induz uma corrente elétrica na espira. A corrente é induzida quando há o movimento relativo do ímã com relação à espira e varia de sentido à medida que o polo norte ou o polo sul se aproxima ou se afasta da espira.



**2º MOMENTO**

**🌟 Rotações para discutir sobre a pesquisa 🌟**

**Tema:**

- **Laboratório de Faraday.**

**Duração: 20 minutos.**

Após o uso do simulador e apoiados aos textos e vídeos entregues na preparação da aula, o objetivo do segundo momento é apresentar problemas que irão guiar uma discussão qualitativa, sem uso de expressões matemáticas, uma vez que o conteúdo de eletromagnetismo é programado para a 3ª série e a aplicação dessa sequência de ensino é para a 2ª série. A proposta das rotações dos grupos é sugerida para que os estudantes possam se unir e apresentar suas conclusões sobre o simulador para outras equipes e, a partir disso, comparar conclusões em comum, corrigir eventuais erros e responder aos problemas propostos pelo(a) professor(a). Pode ser executada mais de uma rotação, a depender do tamanho da turma, de forma que na primeira, unifica-se dois grupos, e nas demais rotações, unificam-se os grupos restantes. Abaixo são apresentados os problemas propostos nesse momento:

**Problema 1:**

- **O que é o campo elétrico e o campo magnético?**

O objetivo é que o estudante faça uma reflexão do campo como uma influência no espaço gerado por alguma fonte. A fonte do campo elétrico estático é uma partícula carregada eletricamente e a fonte do campo magnético estático é um ímã.

Após a discussão entre os alunos, mediada pelo(a) professor(a), partimos para o segundo problema.

**Problema 2:**

- **Há outra forma de gerar campo elétrico e campo magnético?**

A carga elétrica gera campo elétrico e a corrente elétrica gera campo magnético, surpreende constatar que, um campo magnético pode gerar um campo elétrico capaz de produzir uma corrente elétrica.

**Problema 3:**

- **O que são as ondas eletromagnéticas e como são geradas?**

No terceiro questionamento, busca-se estimular os alunos a uma discussão sobre o movimento de um dipolo acelerado, que produz um campo elétrico variável que gera um campo magnético variável, que por sua vez gera outro campo elétrico variável e assim sucessivamente.

Os campos elétricos e magnéticos se “retroalimentam”, formando uma perturbação eletromagnética que se propaga no espaço de forma independente da fonte que a gerou, sem a necessidade de admitir qualquer meio material para sustentar essa onda eletromagnética.



**3º MOMENTO**

## Atividade experimental

**Tema:**

- **Interferência de onda.**
- **Difração da luz.**

**Duração: 100 minutos.**

No terceiro momento da aula, os alunos irão solucionar dois problemas sobre difração utilizando os conhecimentos adquiridos na discussão anterior, assim como nos textos lidos em casa. São propostos dois experimentos: medir a espessura de um fio de cabelo e medir as distâncias entre as ranhuras de um CD, DVD e/ou Blu-ray. O(A) professor(a) irá disponibilizar os aparatos necessário, apresentados abaixo.

**Lista de materiais para os dois experimentos:**

- LASER com comprimento de onda conhecido.
- Fio de cabelo.
- Régua.
- CD, DVD e Blu-ray sem o rótulo e as camadas refletoras.

A proposta experimental sugere que os alunos solucionem os problemas utilizando unicamente os materiais disponíveis, inicialmente sem instrução por parte do(a) professor(a). O objetivo é que busquem, em conjunto descobrir quais os propósitos dos materiais nesse problema e como determinar matematicamente o que se pede. Caso os alunos precisem de

instrução, o(a) professor(a) poderá auxiliar, mas é importante que, à luz da proposta SCALE-UP, eles demandem um intervalo de tempo mínimo para mobilizar formas possíveis para solucioná-lo, a critério do docente.

### **PROBLEMA I:**

Uma das formas mais precisas para calcular distâncias é usando a luz e o LASER em particular será a fonte de luz nesse experimento. Ao encontrar um pequeno obstáculo, ondas de luz espalham-se ao redor do obstáculo e interferem umas nas outras. Este efeito, chamado difração, é um exemplo da natureza ondulatória da luz. Diante disso, o aluno deverá coletar uma mecha grossa de cabelo e colocá-la em frente ao LASER, como apresentado na figura 2:

**Figura 2 – Experimento para medir a espessura do fio de cabelo**



Fonte: Autoria própria.

A figura 3 exibe o padrão de difração na parede, devido ao posicionamento do fio de cabelo em frente ao LASER.

**Figura 3 – Padrão de difração produzido pela interferência de onda**

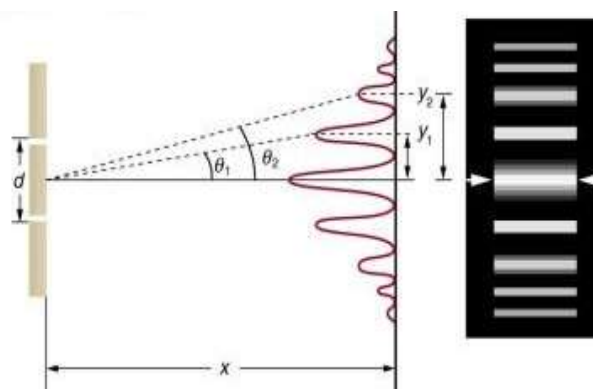


Fonte: Autoria própria.

O padrão de alternância de manchas claras e escuras que aparecem no anteparo, ocorre devido a interferências construtivas e destrutivas da luz; quando as ondas interagem de forma construtiva, a intensidade da luz aumenta. A interferência destrutiva ocorre quando as ondas estão fora de sincronia por um múltiplo ímpar de meio comprimento de onda, os picos e vales se sobrepõem perfeitamente, e efetivamente se cancelam.

Para determinar a espessura do fio de cabelo, os alunos deverão medir a distância entre o LASER, o anteparo e, também, será necessário medir a distância entre o máximo principal e o máximo secundário, como apresentado na figura 4:

**Figura 4 – Medidas no padrão de difração**



Fonte: Santa Rosa Junior College<sup>29</sup>.

Utilizando o triângulo retângulo que envolve o ângulo  $\theta_1$ , apresentado na figura 4, os alunos poderão encontrar a relação abaixo:

$$tg\theta_1 = \frac{y_1}{x} \quad (1),$$

assumindo que  $x \gg d$ , o ângulo  $\theta_1$  se torna muito pequeno, e para ângulos pequenos a aproximação:  $tg\theta_1 \simeq sen\theta_1 \simeq \theta_1$  é válida e, portanto:

$$\theta_1 = \frac{y_1}{x} \quad (2),$$

de (1) com a equação para franja de interferência:  $d sen\theta_1 = \lambda$  (HALLIDAY, 2009), para primeira franja de interferência construtiva, temos:

$$d \frac{y_1}{x} = \lambda \quad (3),$$

então:

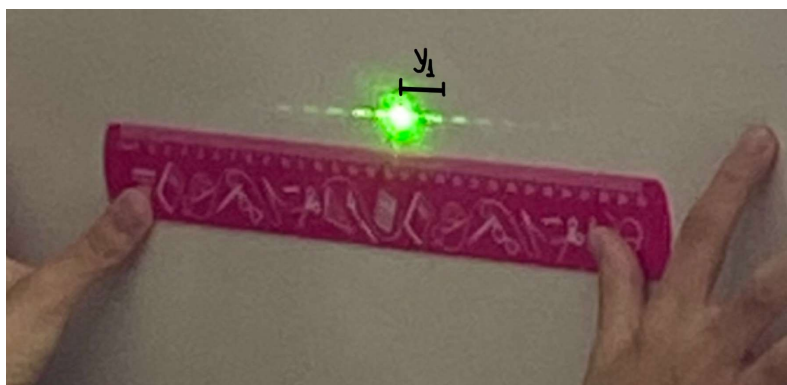
$$d = \lambda \frac{x}{y_1} \quad (4).$$

<sup>29</sup> <http://srjstaff.santarosa.edu/~lwillia2/3B/3Blab8.htm>



O comprimento de onda do LASER deve ser conhecido e indicado aos alunos e, determinando a distância entre o LASER e a parede  $x$ , encontra-se a distância entre os dois máximos  $y_1$ , como apresentado na figura 5. Dessa forma, pode-se determinar a espessura do fio de cabelo  $d$ .

**Figura 5 – Distância entre duas franjas claras consecutivas**



Fonte: Autoria própria.

Os alunos deverão discutir entre si até solucionar o problema utilizando os materiais propostos. Espera-se que os grupos obtenham diferentes resultados na medida da espessura do fio de cabelo, já que os fios têm origens diferentes, mas esses resultados devem estar na mesma ordem de grandeza.

### **PROBLEMA II:**

Medir a distância entre as ranhuras de um CD, DVD e/ou Blu-ray. Se o(a) professor(a) não têm disponibilidade dos três dispositivos para todas as equipes, pode-se realizar a atividade apenas com o CD, item mais acessível, sendo, porém, a repetição do procedimento para o DVD ou Blu-ray uma forma de comparação no tamanho das fendas, justificando as diferenças nos armazenamentos de cada dispositivo. É também possível disponibilizar CD's com diferentes armazenamentos.

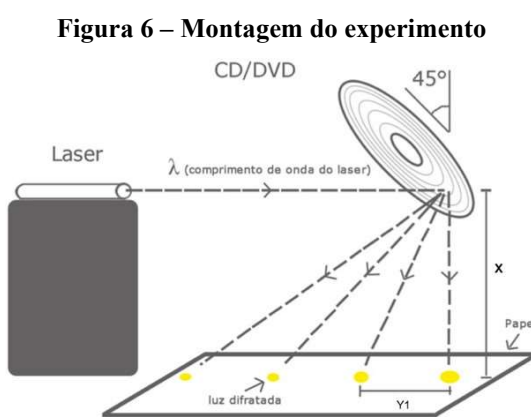
A montagem correta para o sistema não será inicialmente demonstrada aos alunos; eles deverão discutir sobre a melhor posição para que, apontando o LASER, o padrão de interferência seja exibido no anteparo. O objetivo da atividade experimental é que os alunos possam entender como os CD's armazenam dados e como essa tecnologia, mesmo que antiga, tem bastante relação com a física estudada no ensino médio.

O(A) professor(a) irá apresentar os seguintes questionamentos para os alunos responderem:

1. Determine as distâncias entre as ranhuras do CD, DVD e/ou Blu-ray.
2. Há diferença entre esses resultados? Se sim, busque explicar o porquê.

Com os questionamentos propostos, espera-se que os alunos descubram que o tamanho das ranhuras no CD é maior que no DVD que é maior que no Blu-ray, quanto menor as ranhuras, mais próximas estarão entre si e maior sua quantidade, por essa razão mais dados podem ser armazenados.

Na figura 6 é apresentada a montagem do experimento de difração do CD, DVD e/ou Blu-ray:



Fonte: IBTF (2009).

É necessário retirar, inicialmente, as camadas refletoras dos CD, DVD e Blu-ray e o CD deve ser inclinado a  $45^\circ$  para que o LASER possa atingi-lo e em seguida a folha de papel, os alunos irão medir a distância entre os dois máximos  $y_1$  (dois pontos de luz) e medir a distância  $x$  entre o LASER e o anteparo. Para determinar o espaçamento entre as ranhuras, basta utilizar a mesma fórmula apresentada no experimento anterior,

$$d = \lambda \frac{x}{y_1} \quad (5).$$



**4º MOMENTO**

**Momento de discussão**

**Tema:**

- **A luz é uma onda eletromagnética.**
- **Fenômenos ondulatórios.**

**Duração: 70 minutos.**

Após as discussões sobre campo elétrico, campo magnético e a geração de ondas eletromagnéticas, o(a) professor(a) iniciará uma apresentação pelo *quizziz*: <https://quizziz.com/admin/presentation/6182a59e6a3c26001d5c99dd/ondulatoria>, cujo objetivo é guiar a discussão sobre o tema. Os alunos, durante a apresentação, irão selecionando as alternativas corretas para os problemas propostos, e assim, o(a) professor(a) terá um *feedback* de quem se preparou ou não, previamente para a aula. Após a discussão inicial, o(a) professor(a) exibirá os seguintes vídeos, em sala, sobre a interferência da luz e sobre a cor azul das borboletas *morpho*. Os vídeos selecionados estão em inglês, mas possuem legenda automática em português.

**Vídeo 1: “*The Original Double Slit Experiment*”**, por *veritasium*, postado no Youtube em fev. 2013, duração 7:39, tradução: “O Experimento Original da Fenda Dupla”. Derek Muller, produtor do vídeo, constrói um experimento da fenda dupla e leva as ruas da sua cidade e pergunta as pessoas o que acontece quando a luz atinge as duas fendas. A maioria das pessoas abordadas responde o mesmo: a luz se propaga em linha reta e, por isso, aparecerá apenas dois pontos de luz que atravessam as fendas, enquanto no resto do anteparo a luz será absorvida e não transmitida. No vídeo ele explica a interferência de onda da luz e mostra aos entrevistados o padrão exibido no anteparo, diferente do que a maioria previu, e em seguida, explica fenômeno. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Iuv6hY6zsd0&t=3s>. Acesso em: 20 fev. 2021.

**Vídeo 2: “*Why Is Blue So Rare In Nature?*”** por *It's okay to be smart*, postado no Youtube em jan. 2018, duração: 8:37, tradução: “Por que o azul é tão raro na natureza?” O vídeo mostra que a cor azul de alguns animais, como a borboleta *morpho*, não é originada por pigmentos, e sim, a partir da interferência da luz. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3g246c6Bv58&t=14s>. Acesso em: 20 fev. 2021.

Após essa discussão sobre as cores serem causadas pelo fenômeno de interferência ondulatória, será discutido uma alternativa ecológica para os pigmentos e corantes sintéticos pela cor estrutural; texto 1, compartilhado previamente.

## SÍNTESE DO 1º ENCONTRO

|  |   |
|--|---|
|   | <p><b>1º momento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Atividade investigativa de simulação - PHET: Laboratório de Faraday.</li> </ul> <p>Duração: 60 minutos</p>   |
| <p><b>2º momento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rotações: as equipes irão apresentar sobre as conclusões adquiridas no simulador.</li> </ul> <p>Duração: 20 minutos</p>   |   |
| <p><b>4º momento:</b></p> <p>Atividade experimental investigativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar a espessura de um fio de cabelo.</li> <li>Determinar os tamanhos das ranhuras de um CD, DVD e Blu-ray e determinar a diferença entre eles.</li> </ul> <p>Duração: 100 minutos</p> |   |
|   | <p><b>3º momento:</b></p> <p>Discussão sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Geração de ondas eletromagnéticas.</li> <li>Tipos de ondas eletromagnéticas.</li> <li>Fenômenos ondulatórios: interferência, difração e polarização.</li> </ul> <p>Duração: 70 minutos</p> |

Fonte: Autoria própria.

## 2º ENCONTRO



**Duração: 3 aulas de 50 minutos.**

**Objetivo:**

- Reconstruir o conceito de onda eletromagnética inserindo o fóton como partícula mediadora.



**Justificativa:** A discussão sobre a interação eletromagnética com a matéria permite a introdução de conceitos de física moderna, especialmente da Física de Partículas, como o efeito fotoelétrico. Para esse momento, o objetivo é propiciar a compreensão da luz como partícula, introduzindo o fóton. Para isso, discutir sobre o efeito fotoelétrico permite introduzir a relação de Einstein para o “pacote de energia”, que associa propriedades ondulatórias às partículas, de modo que é possível explorar uma aplicação tecnológica do efeito fotoelétrico: as células fotovoltaicas.

**Material prévio apresentado na plataforma digital *moodle*:**

- **Vídeo 1: “A dualidade onda partícula”**, por Pedro Loss, produzido por Ciência Todo Dia, duração: 11:31. O vídeo descreve a diferença entre onda e partícula, apresentando o experimento de Young, que foi fundamental para corroborar a teoria ondulatória da luz; em seguida, relata o problema do efeito fotoelétrico e a solução de Einstein, que entra em conflito com as ideias da física clássica, em que a luz é considerada uma onda.

Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=CgY\\_zBuK2Cw&t=98s](https://www.youtube.com/watch?v=CgY_zBuK2Cw&t=98s). Acesso em: 25 fev. 2021.

- **Vídeo 2: “O Modelo Padrão Explicado: A Melhor Teoria da Física”**, por Pedro Loss, produzido por Ciência Todo Dia, postado no Youtube em 4 de fev. 2021. Duração: 12:57. Pedro inicia o vídeo apresentando a definição de campo e de força; o modelo padrão: férmions e bósons; as partículas que transmitem as interações fundamentais; força eletromagnética, fraca e forte. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Kn4pAoucyMg>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- **Vídeo 3: “What’s the smallest thing in the universe?”** por Jonathan Butterworth TED-Ed, tradução: “qual é a menor coisa no universo?”, postado no Youtube em nov. 2018. Duração: 5:20. O vídeo faz uma breve explicação sobre o que é elementar, quais são as partículas elementares no modelo padrão e quais são as interações fundamentais. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=ehHoOYqAT\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=ehHoOYqAT_U) na língua inglesa com legenda em português. Acesso em: 26 fev. 2021.
- **Vídeo 4: “Strong interaction – The four fundamental forces of physics”**, por SciShow, postado no Youtube em mai. 2012. Duração: 3:36. O vídeo introduz a interação forte, responsável por manter os quarks unidos para formar prótons, nêutrons e outras partículas de hádrons. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Yv3EMq2Dgq8> na língua inglesa com legenda em português. Acesso em: 27 fev. 2021.

#### Recurso:

- Computador; Texto de divulgação científica; TV; Simulador PHET colorado; Exercício; Questionário.

#### Desenvolvimento do 2º encontro:



1º MOMENTO

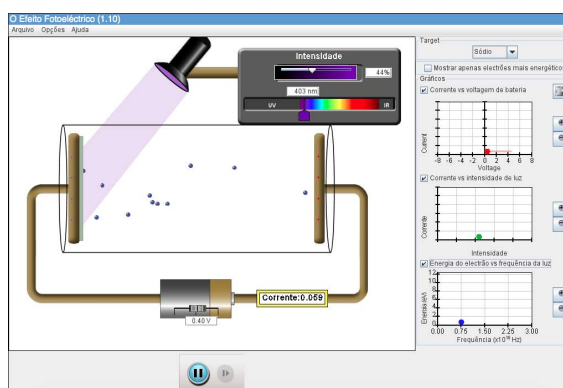
☀ **Atividade de simulação computacional** ☀

**Tema: Efeito fotoelétrico.**

**Duração: 60 minutos.**

A aula se inicia com o simulador sobre o efeito fotoelétrico e os alunos serão encorajados a acessá-lo e investigá-lo sem nenhum tutorial, cada mesa irá fazer suas análises, o(a) professor(a) pedirá para que os alunos anotem todos os dados coletados em um papel e discutam entre si durante 60 minutos, após esse tempo os resultados serão compartilhados com a turma através das rotações entre as mesas. À luz da técnica de ensino que estamos utilizando, o SCALE-UP, os alunos terão mais engajamento se não forem apresentados a nenhum modelo a seguir, isso poderá influenciar o caminho investigativo a ser seguido. Portanto, é necessário que fiquem livres para explorarem o simulador de forma independente; o(a) professor(a) ficará à disposição caso surja qualquer dúvida. A figura 7 apresenta as opções disponíveis no simulador.

**Figura 7 – Simulador sobre o efeito fotoelétrico**



Fonte: Captura da tela do simulador do PHET<sup>30</sup>.

### **Objetivo:**

- A disposição do simulador visa que os alunos modifiquem as condições iniciais e investiguem o fenômeno. Pode-se modificar o tipo de elemento das chapas através dos cinco tipos disponíveis, além disso, pode-se alterar a diferença de potencial da bateria, bem como a intensidade da luz e o comprimento de onda dessa luz. A finalidade dessa atividade é que o aluno seja capaz de explicar como funciona o experimento do efeito fotoelétrico e por que um modelo de fóton de luz é necessário para explicar os resultados.

<sup>30</sup> <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt>.

### O que se espera do aluno:

Espera-se que os alunos possam concluir que átomos diferentes têm elétrons que estão a distâncias diferentes do núcleo e dependendo dessa distância, eles podem ter diferentes níveis de energia. Isso explica o porquê quando as placas de cobre e de platina são escolhidas no simulador, os elétrons não são ejetados, pois a função trabalho desses metais é maior que a energia de um fóton ultravioleta. A luz é uma forma de energia que podemos usar para mover os elétrons, a cor da luz tem relação com a quantidade de energia que o elétron adquire. Quando os fótons incidem sobre as placas, se eles têm energia suficiente, podem ejetar elétrons dos átomos do material.

Durante a investigação dos alunos, se o(a) professor(a) observar que algumas mesas não estão se organizando a ponto de construir algum rascunho sobre suas investigações, poderá guiar os estudantes para investigar por um caminho mais adequado. Pode-se instruí-los para que comecem a investigar com a luz a uma frequência baixa (comprimento de onda longo) e depois mover lentamente o controle deslizante até ver os elétrons se moverem. Pode-se também fazer uso de um quadro, como apresentado abaixo:

**Quadro 1 – Comprimento de onda e frequência dos materiais**

| Metal   | Comprimento de onda (nm) | Frequência (Hz) |
|---------|--------------------------|-----------------|
| Sódio   |                          |                 |
| Zinco   |                          |                 |
| Cobre   |                          |                 |
| Platina |                          |                 |
| Cálcio  |                          |                 |

Fonte: Autoria própria.

O(A) professor(a) pode fazer o seguinte questionamento:

- Comparando os comprimentos de onda e frequências no quadro acima, busque uma hipótese do porquê metais diferentes emitem elétrons a velocidades diferentes. O objetivo não é instruir os estudantes no que investigar, mas, caso o(a) professor(a) considere necessário, poderá auxiliar as mesas realizando orientações de manuseio do simulador.





**2º MOMENTO**

## ☀️ Rotações para discutir sobre a pesquisa ☀️

**Tema:**

- **Efeito fotoelétrico.**

**Duração: 20 minutos.**

Após o momento da investigação, cada mesa deverá apresentar para outra equipe quais foram suas conclusões sobre o fenômeno investigado. A seguir são apresentados alguns questionamentos que o(a) professor(a) pode fazer enquanto os alunos estão discutindo entre si. O objetivo é que reflitam entre si e busquem uma resposta, respaldados na sua pesquisa do simulador.

- 1) O que acontece com:
  - a) A superfície do metal quando a luz o atinge?
  - b) A intensidade da luz é alterada?
- 2) Você acha que todas as intensidades de luz irão liberar elétrons?
- 3) Você acha que todos os comprimentos de onda da luz liberam elétrons?
- 4) Ajustando o comprimento de onda e a intensidade da luz. O que acontece?
- 5) O que determina se os elétrons são liberados da superfície?
- 6) A energia cinética dos elétrons extraídos da superfície depende da intensidade? Se não, de qual grandeza ela depende?
- 7) Foram investigadas as condições necessárias para que os elétrons sejam liberados de diferentes superfícies metálicas?
- 8) A frequência limite é a frequência mínima de um fóton que pode ejetar um elétron da superfície?
- 9) Como podemos mudar o número de elétrons liberados da superfície? O que você acha que afeta a quantidade de elétrons ejetados?

A teoria ondulatória não conseguia explicar o efeito fotoelétrico, pois o aumento da intensidade da luz sobre o metal deveria provocar um aumento da energia cinética dos elétrons

extraídos. Por isso, os alunos poderão verificar, a partir do experimento, que a energia cinética dos elétrons não depende da intensidade luminosa e sim da frequência da luz. Esse resultado não poderia ser explicado utilizando a teoria ondulatória da luz, e por isso, em 1905, Einstein desenvolveu uma teoria em que toda emissão ou absorção da radiação eletromagnética é realizada por meio de corpúsculos, pequenas partículas que carregam uma certa quantidade de energia definida, os fótons.



## Momento de discussão

### Tema:

- Efeito fotoelétrico.
- Efeito Compton.
- Natureza da luz: dualidade onda partícula.

**Duração: 35 minutos.**

Na primeira aula foram discutidos os campos elétricos e magnéticos para explicar a origem das ondas eletromagnéticas. Esse conteúdo será debatido novamente, mas com a justificativa de responder a seguinte pergunta: como elétrons se “comunicam” à distância? - conceito de ação à distância originado pelo fato de o eletromagnetismo ser uma interação de longo alcance.

A partir desse questionamento, o(a) professor(a), utilizando o *quizziz*: <https://quizizz.com/admin/presentation/61882d70c6c64e001dc4988c/a-dualidade-onda-particula>, desenvolverá um debate sobre a natureza da luz, o efeito fotoelétrico, já investigado pelos alunos em sala utilizando o simulador PHET; introduzindo o fóton como partícula e apresentando o antagonismo entre os modelos defendidos por Newton e Huygens, em que Newton sugeria a luz como corpúsculos e Huygens como uma onda. Tempos após a identificação da luz como uma onda eletromagnética, Einstein, retoma o conceito corpuscular, com a ideia de fótons. Entretanto, diferente da proposição de Newton, fótons não obedecem às

mesmas leis que corpúsculos no mundo clássico. O(A) professor(a) pode discutir sobre o efeito Compton, que corrobora com a teoria de Einstein, e por fim, sobre a dualidade onda partícula, desenvolvida por Luis de Broglie, considerando que todas as partículas possuem comportamentos duais; também poderá ser discutida a aplicação tecnológica mais evidente do efeito fotoelétrico, as células fotovoltaicas, que permitem geração de eletricidade a partir da luz.



**4° MOMENTO**

## **Momento de discussão**

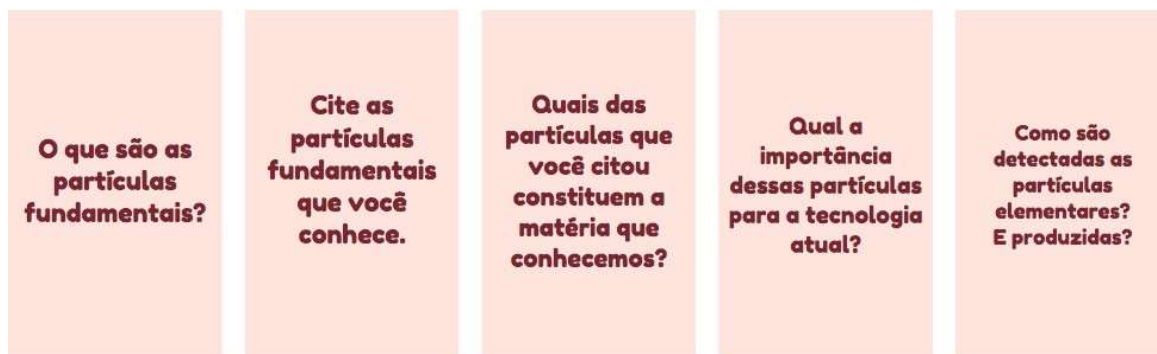
**Tema:**

- **O Modelo Padrão das partículas elementares.**
- **Interação eletromagnética e forte.**

**Duração: 35 minutos.**

A discussão sobre as partículas elementares e as interações eletromagnética e forte, tem como objetivo relacionar os tópicos já estudados previamente, a partir dos vídeos disponibilizados na plataforma digital *moodle*, com o simulador realizado em sala de aula.

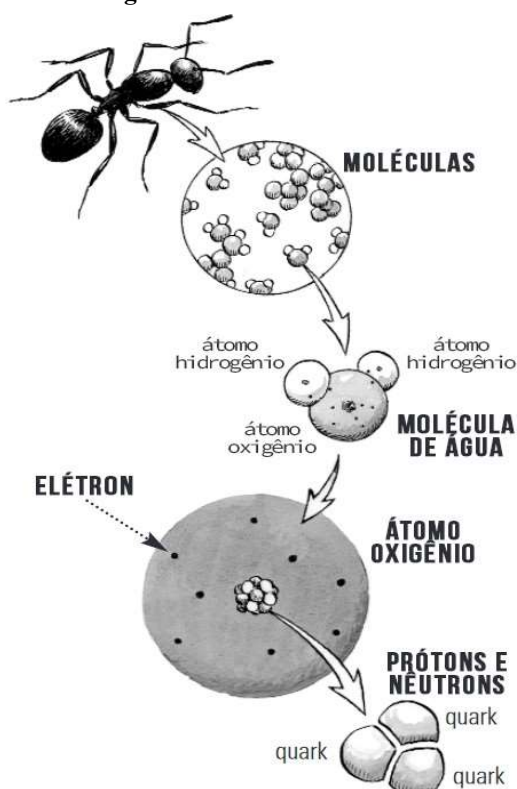
Pode-se utilizar a apresentação <https://quizizz.com/admin/presentation/618974f25a7e1d001d6e52ce/zoologico-das-particulas> sobre o zoológico das partículas, com questionamentos que os estudantes podem responder em seus smartphones. O(a) professor(a) também pode fazer os seguintes questionamentos para guiar a discussão em sala:



**Nota ao professor:** chame por nome alguns alunos para responder as perguntas, e com a resposta deles, perguntem aos outros alunos se concordam ou não.

O(A) professor(a) poderá fazer um recorte histórico comparativo entre a proposta dos elementos fundamentais de Demócrito, cerca de 400 a.C, com a Física de Partículas atual, buscando evidenciar a evolução do pensamento científico, que pode não ser definitiva e ainda sofrer mudanças. Sugerimos que o(a) professor(a) mencione as escalas de tamanhos, incluindo as partículas fundamentais, para mostrar o que é elementar e o que não é, como apresentado na figura 8:


Figura 8 – Escalas de tamanhos





Fonte: SAMMONS 2003, tradução nossa.


As moléculas são a menor unidade de qualquer substância nas fases gasosa, líquida e sólida, enquanto o átomo é a menor unidade de qualquer elemento da tabela periódica, porém o átomo é estruturado, em elétrons, prótons e nêutrons. Embora os prótons e os nêutrons já tenham sido considerados as menores quantidades da matéria, os físicos descobriram que estes também são estruturados, compostos por quarks. A discussão seguirá com os alunos citando as partículas que eles conhecem e quais dessas partículas constituem a matéria. A partir desse contexto, o(a) professor(a) poderá apresentar o modelo padrão de forma cronológica por descoberta, informando suas características como massa, carga e spin. Após apresentado o zoológico das partículas, o questionamento será sobre as aplicações tecnológicas dessas partículas atualmente, como elas são detectadas e criadas nos aceleradores de partículas. A importância dessas partículas vai muito além da física, a aplicação das partículas na atualidade passa pelo Raio-X, bomba atômica, energia nuclear, radioterapia, PET scan, protonterapia, etc., o objetivo da pergunta "Qual a importância dessas partículas para a tecnologia atual" é gerar curiosidade aos alunos, para estimular um ambiente em que eles possam se sentir motivados a pesquisar sobre o assunto. O tema serve para introduzi-los ao assunto da física das partículas que, no 3º encontro, será discutido suas aplicações tecnológicas.

## SÍNTESE DO 2º ENCONTRO

|   |  |
|---|--|
|  | <p><b>1º momento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Atividade investigativa de simulação - PHET: investigar sobre o efeito fotoelétrico.</li> </ul> <p><b>Duração: 50 minutos</b></p> |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>2º momento:</b></p> <p>Rotação entre ilhas: as equipes irão apresentar as conclusões adquiridas no simulador.</p> <p><b>Duração: 20 minutos</b></p> |  |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
|  | <p><b>3º momento:</b></p> <p>Discussão sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Efeito fotoelétrico.</li> <li>Efeito Compton.</li> <li>A dualidade onda partícula.</li> </ul> <p><b>Duração: 35 minutos</b></p> |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>4º momento:</b></p> <p>Discussão sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Partículas elementares: o zoológico das partículas.</li> </ul> <p><b>Duração: 35 minutos</b></p> |  |
|---|--|

Fonte: Autoria própria.

## 3º ENCONTRO



**Duração: 5 aulas de 50 minutos.**

**Objetivo:**

- Introduzir a interação fraca que rege o decaimento radioativo, discutir sobre a fissão nuclear e a radiação ionizante e não ionizante.
- Explorar as aplicações das antipartículas na medicina.
- Determinar como a antimatéria é utilizada no PET SCAN?
- Entender como antimatéria gera energia.



**Justificativa:** A Antimatéria é famosa na ficção científica; um exemplo aparece no livro e no filme “anjos e demônios” onde o personagem “professor Langdon” tenta salvar a Cidade do Vaticano de uma bomba de antimatéria. Outra série que aborda o tema: o Star Trek, mostra a nave estelar Enterprise que usa propulsão de aniquilação de matéria-antimatéria para viagens mais rápidas do que a luz, muitas vezes, como nesse caso, sem qualquer compromisso com princípios físicos largamente aceitos pela comunidade acadêmica. Além disso, pode se verificar o potencial energético da antimatéria, que pode se tornar uma grande fonte de energia limpa no futuro. Além dos exemplos citados, a antimatéria também possui aplicações na área da medicina. Diante disto, a discussão sobre esse tema em sala de aula é importante para que os alunos possam entender as dificuldades na criação da antimatéria e sua aplicação na tecnologia atual e para o futuro.

**Material prévio apresentado na plataforma digital moodle:**

O(A) professor(a) irá postar os seguintes materiais na plataforma digital para que os alunos se preparem previamente para a discussão que será realizada em sala de aula:

- **Vídeo 1: “A interação fraca”**, produzido por SciShow, publicado em jun. 2012. Duração: 3:59. O vídeo apresenta as quatro interações fundamentais, detalhando a interação fraca e o decaimento radioativo, que opera em escalas infinitesimalmente pequenas e como a interação entre as partículas do modelo padrão são regidas por essa força. Disponível em:  
[https://www.youtube.com/watch?v=cnL\\_nwmCLpY](https://www.youtube.com/watch?v=cnL_nwmCLpY). Acesso em 20 mar. 2021.
- **Vídeo 2: “O enigma da antimatéria”**, produzido por Pedro Loss em Ciência Todo Dia. Duração: 11:32. O vídeo trata sobre a antimatéria, suas características e o problema em aberto da assimetria matéria-antimatéria. Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=LJML4ffF4i0&t=595s>. Acesso em 20 mar. 2021.
- **Texto 1: “A antimatéria: o material mais caro do mundo”** por Eduardo Akio Sato, publicado em jun. 2018, o texto explica o que é a antimatéria e como ela é detectada; a banana emite naturalmente antipartícula; e porque a antimatéria é o material mais caro do mundo. Disponível em:  
<https://www.blogs.unicamp.br/tortaprimordial/2018/06/21/antimateria-o-material-mais-carro-do-mundo/>. Acesso em 20 mar. 2021.
- **Texto 2: “Antimatéria e o Universo”**, Ciência Hoje, publicado em março de 2010. O artigo começa citando o filme “anjos e demônios” em que a antimatéria foi roubada do CERN para ser usada como bomba e destruir o vaticano; explora o que é a antimatéria e o problema da assimetria matéria e antimatéria e o que acontece quando matéria colide com antimatéria; qual a relação da antimatéria com a evolução do universo. Disponível em:  
<https://lhcb-public.web.cern.ch/en/lhcb-outreach/documentation/ArtigoAntimateria.pdf>. Acesso em 20 mar. 2021.
- **Texto 3: “PET Scan e assimetria matéria-antimatéria”** por Eduardo Akio Sato, publicado em jul. 2018. O texto explica como funciona a tomografia por emissão de pósitron - PET Scan, do inglês, *Positron Emission Tomography*, uma aplicação da Física de Partículas para o diagnóstico por imagens. Disponível em:  
<https://www.blogs.unicamp.br/tortaprimordial/2018/07/26/antimateria-parte-2/>. Acesso em 20 mar. 2021.

**Recurso:**

- Simulação computacional PhET colorado: fissão nuclear e decaimento beta; textos base; vídeos base; quadro branco; computador; questionário.

Para introduzir a interação fraca que rege os decaimentos radioativos, o(a) professor(a) utilizará como escopo o decaimento radioativo; a bomba atômica: fissão nuclear; e para resgatar o conteúdo programático de ondas da 2ª série, o(a) professor(a) abordará sobre as ondas emitidas nessas explosões, quais são as radiações ionizantes e quais as aplicações tecnológicas das partículas do modelo padrão.

### Desenvolvimento do 3º encontro:



1º MOMENTO

## Atividade de simulação computacional

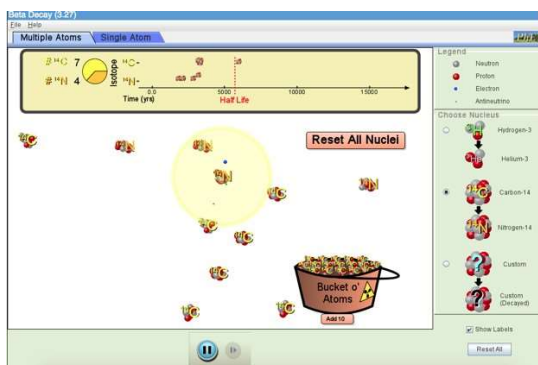
**Tema:**

- **A bomba atômica: fissão nuclear.**
- **Dcaimento beta.**

**Duração: 60 minutos.**

O momento será iniciado com a utilização do simulador do PhET colorado: decaimento beta, apresentado na figura 9. Os alunos irão, em equipes, fazer uma investigação no simulador, buscando descrever o fenômeno físico observado.

**Figura 9 – Simulador de decaimento beta**



Fonte: Captura da tela do simulador do PHET.





2º MOMENTO

## 🌟 Rotações para discutir sobre a pesquisa 🌟

**Tema:**

- **Decaimento nuclear.**

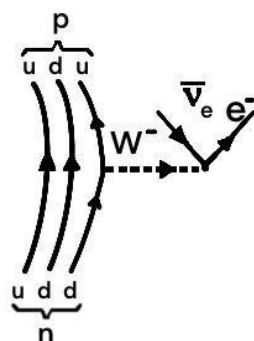
**Duração: 20 minutos.**

Após a investigação do simulador, (a) professor(a) apresenta os seguintes questionamentos para nortear as discussões entre as equipes:

1. **Explique o fenômeno da fissão nuclear.**
2. **O que significa o termo instável quando usado para descrever o átomo de urânio?**
3. **O que é o decaimento radioativo na sua forma mais fundamental?**

O objetivo da discussão é compreender que o decaimento radioativo é o processo de quebra de um átomo instável em outros núcleos menores. A palavra “instável” significa que o núcleo tem muitos nêutrons para se manter unido e, por isso, se transforma em dois núcleos menores. Os elementos radioativos são aqueles que possuem núcleos instáveis - o excesso de partículas ou de carga elétrica, e esses núcleos são altamente energéticos e se estabilizam emitindo espontaneamente partículas e energia, essa emissão de partículas, é conhecida como decaimento radioativo ou transmutação nuclear. O decaimento beta ocorre com a transmutação do nêutron em um próton com a emissão de um elétron e de um anti-neutrino, isso ocorre graças à interação fraca, mediada por três bósons  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ , como mostrado na figura abaixo:

Figura 10 – Transformação do nêutron em próton



Fonte: Griffiths (2008).

O nêutron e o próton são partículas com propriedades similares, exceto por sua carga elétrica e massa, o nêutron possui dois quarks *down* e um quark *up*, enquanto o próton possui dois quarks *up* e um quark *down*. Quando o quark *down* do nêutron se transforma em um quark *up*, emitindo a partícula mediadora da interação fraca  $W^-$ , o nêutron se transforma em um próton e o  $W^-$  emitido decai em um elétron e um anti-neutrino do elétron. Essa transformação libera uma quantidade enorme de energia na forma de partículas gama. A radiação gama, que faz parte do espectro eletromagnético, é ionizante, ou seja, sua energia é suficiente para retirar elétrons dos átomos, e por isso, pode causar danos à saúde humana por alterar a configuração da eletrosfera atômica sobre os tecidos orgânicos, não necessariamente superficiais, podendo inclusive modificar a função desses tecidos, uma vez que a ionização pode provocar uma ligação atômica não típica para a região afetada<sup>31</sup>. A partir dessa discussão pode-se evocar o conteúdo de ondas eletromagnéticas desenvolvidos nos encontros anteriores, e discutir quais radiações do espectro eletromagnético pode provocar danos à saúde, ou seja, quais são as radiações ionizantes? E quais são não ionizantes?

<sup>31</sup> ANJOS, Dalton Alexandre dos. FÍSICA MÉDICA APLICADA À RADIOTERAPIA. In: SANTOS, Marcos; CORRÊA, Tatiana Strava; FARIA, Luiza Dib Batista Bugiato; REIS, Paula Elaine Diniz dos; PINHEIRO, Rodrigo Nascimento. **Diretrizes oncológicas**. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2018. Cap. 36. p. 573-589. Disponível em: [https://diretrizesoncológicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2\\_Parte37.pdf](https://diretrizesoncológicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2_Parte37.pdf). Acesso em: 08 ago. 2021.



3º MOMENTO

## Momento de discussão

### Tema:

- **A bomba atômica: fissão nuclear e a radiação ionizante.**
- **Interação fraca e seus mediadores.**
- **A antimatéria.**

**Duração: 70 minutos.**

Após a discussão sobre o decaimento radioativo, a radiação ionizante e não ionizante, o(a) professor(a) fará uma apresentação no *quizziz*: <https://quizziz.com/admin/presentation/618c37ca022ca7001e441360/a-antimateria>, sobre a antipartícula. O debate, também, pode ser iniciado com os seguintes questionamentos:

- 1) O que são as antipartículas?
- 2) Como detectar antipartículas? e qual foi a primeira a ser detectada?
- 3) No decaimento beta vimos a produção do antineutrino? Como é possível sua existência se o neutrino não possui carga elétrica?
- 4) O que acontece quando uma partícula encontra sua antipartícula?
- 5) O que é a assimetria matéria e antimatéria?
- 6) É possível armazenar antimatéria?
- 7) A antimatéria segue as mesmas regras da matéria?
- 8) Onde é possível criar antimatéria?
- 9) Quais são as aplicações da antimatéria na tecnologia?
- 10) Por que utilizar um desacelerador de antipartículas ao invés de usar um acelerador?

Em 1928, o físico Paul Dirac propôs que cada partícula de matéria deveria ter uma contraparte de antimatéria, que seria exatamente igual à matéria, exceto alguns números quânticos opostos, exemplo a carga elétrica. Quando a matéria e a antimatéria se encontram, elas se aniquilam, resultando em energia. Carl Anderson (1905-1991) descobriu o pósitron em 1932, quando detectava partículas de raios cósmicos, utilizando a câmara de Wilson.

Pequenas quantidades de antimatéria atravessam constantemente a Terra na forma de raios cósmicos, partículas energéticas do espaço. Essas antipartículas atingem nossa atmosfera a uma taxa que varia de menos de uma a 100 por metro quadrado (FAROU; VICENTINI, 2011), mas outras fontes de antimatéria estão ainda mais em nosso cotidiano, por exemplo, as bananas, que produzem o pósitron a cada 75 minutos. Isso ocorre porque as bananas contêm uma pequena quantidade de potássio-40, um isótopo de potássio que decai naturalmente. Conforme o potássio-40 se decompõe, ele ocasionalmente emite um pósitron no processo (FAROU; VICENTINI, 2011). Nosso corpo também contém potássio-40, o que significa que os pósitrons estão sendo emitidos pelos seres humanos espontaneamente.

A antimatéria se aniquila imediatamente ao entrar em contato com a matéria, portanto, essas partículas têm vida muito curta. A Aniquilação de matéria e antimatéria têm o potencial de liberar uma grande quantidade de energia, de forma que, um grama de antimatéria pode produzir energia equivalente ao de uma bomba nuclear (FAROU; VICENTINI, 2011). No entanto, os humanos produziram apenas uma quantidade minúscula de antimatéria e todos os antiprótons criados no acelerador de partículas *Tevatron* do *Fermilab* somam apenas 15 nanogramas, enquanto os produzidos no CERN somam cerca de 1 nanograma, no DESY na Alemanha, aproximadamente 2 nanogramas de pósitrons foram produzidos até o momento. Se toda a antimatéria já feita por humanos fosse aniquilada de uma vez, a energia produzida não seria suficiente para ferver uma xícara de chá (SATO, E. A., 2018).

O problema da criação de antimatéria está na eficiência e no custo da produção e armazenamento. Produzir 1 grama de antimatéria exigiria aproximadamente 25 milhões de bilhões de quilowatts-hora de energia e custaria mais de um milhão de bilhões de dólares (SATO, E. A., 2018).



4° MOMENTO



Momento de pesquisa



**Tema:**

- **Aplicações da Física de Partículas na medicina.**

**Duração: 100 minutos.**

**Objetivo:**

O objetivo da pesquisa é iniciar um estudo sobre as aplicações das partículas e antipartículas na tecnologia, especialmente na física médica. A autora decidiu fazer o momento de pesquisa com a justificativa de que esse conteúdo seria muito extenso para os alunos estudarem em casa, pois, além do material compartilhado para o momento anterior, os alunos teriam que ler e assistir a mais conteúdos sobre física médica.

Por esse motivo, para que não haja conteúdo acumulado a ser estudado previamente, a autora reservou 100 minutos para o momento de pesquisa e discussão entre os alunos da mesma equipe. Após a pesquisa, eles irão desenvolver um vídeo que será divulgado na rede social *instagram* no perfil, já existente, da turma da 2ª série. Assim, o conteúdo fica dividido entre grupos, amenizando o tempo de leitura, e todos os tópicos podem ser contemplados.

Cada equipe ficará responsável por um dos tópicos abaixo e realizará uma pesquisa sobre este tema com objetivo de gravar o vídeo instrucional. Os temas a seguir podem ser escolhidos aleatoriamente pelas equipes, ou o(a) professor(a) pode escolher qual equipe ficará com qual tema, observado que os integrantes das equipes já foram estabelecidos por eles desde o primeiro encontro. É importante que eles se sintam à vontade com seu grupo, a fim de facilitar a interação e discussão, de forma que possam dividir funções e textos a serem lidos.

Abaixo é apresentado alguns questionamentos que serão compartilhados com os estudantes antes da pesquisa, com objetivo de guiá-los, já que esse tópico não fora abordado em sala de aula e pode gerar confusão, caso não haja direcionamento.

A pesquisa é flexível e, provavelmente, teremos grupos que irão atingir outros objetivos e não necessariamente os propostos pela autora. O importante é que se sintam à vontade na pesquisa, com os materiais sugeridos pelo(a) professor(a) ou outros materiais encontrados por eles na internet e se sintam livres para o desenvolvimento e criação do vídeo. Temas:

- Aparelho de Raio-X.
- Tomografia por emissão de pósitron PET Scan.
- Radioterapia.
- Protonterapia.

O(A) professor(a) pode disponibilizar material de referência para os alunos consultarem durante sua pesquisa.

### 1) Aparelho de Raio x:

O(A) professor(a) espera que o grupo aborde os seguintes tópicos durante a apresentação, os pontos abaixo servem para guiar o grupo nas suas pesquisas:

- O que é o Raio-X?
- A história do Raio-X.
- A física por trás dos tipos de radiação: alfa, beta e gama.
- Radiação ionizante: por que faz mal à saúde? Qual das radiações citadas acima são ionizantes? Existe emissão espontânea de radiação?
- Como funciona o aparelho Raio-X?
- Os princípios da radioproteção: dose absorvida, dose equivalente e dose efetiva.
- Efeitos biológicos da radiação nos seres humanos e animais.
- O maior acidente radioativo do mundo fora de usinas nucleares; acidente césio 137 em Goiânia.

### Material de apoio:

- **Vídeo 1: “Como os raios-X enxergam através da pele”** por Ge Wang, publicado em jun. 2015 pelo TED-Ed, duração: 4:42. Wang explica as ondas de raio x utilizando o contexto histórico da descoberta, por acidente, e mostra detalhes do funcionamento do aparelho de Raio-X. O vídeo é disponibilizado na língua inglesa com legenda automática em português. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gsV7SJDDCY4&t=24s>. Acesso em: 25 set. 2021.
- **Vídeo 2: “Césio 137: maior acidente radioativo do Brasil completa 32 anos”** por tvbrasil, publicado em set. 2019, duração: 3:48. Os repórteres apresentam a história do maior acidente radioativo do mundo fora de usinas nucleares, na cidade de Goiânia. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=12x0zNkBwEc>. Acesso em: 25 set. 2021.
- **Texto: “Princípios de Física em Radiodiagnóstico”** por Júlio César de A. C. R. Soares, Colégio Brasileiro de Radiologia, 2008. A apostila inicia introduzindo a história por trás da descoberta dos raios x, o capítulo 1 aborda os aspectos físicos da radiologia, os tipos de radiação que existem: alfa, beta e gama; explica a emissão natural de radiação por átomos e o que significa meia vida; discute sobre a interação da radiação com a matéria, excitação e ionização; blindagem das radiações. O capítulo 2 aborda sobre os princípios da radioproteção; limitação de dose; dose absorvida; dose equivalente; dose efetiva; contaminação radioativa; efeitos biológicos da radiação.

- **OBS: O(A) professor(a) deve sugerir que sejam lidos apenas os capítulos 1 e 2, pg. 6-37, as partes podem ser divididas entre os integrantes do grupo, porém os vídeos 1 e 2 devem ser analisados por todos do grupo.**

## 2) Tomografia por emissão de pósitron PET Scan:

Um texto sobre o PET scan foi compartilhado como material de apoio prévio a aula e lido em casa, pois esse tópico já foi discutido durante o momento anterior, porém, o texto e a discussão foram apenas introdutórios, e, portanto, superficiais. O objetivo da pesquisa é que esse tópico seja desenvolvido de forma mais aprofundada pelos integrantes do grupo, e por isso, adquiram mais autoridade no assunto e sejam capazes de gravar um vídeo sobre o tema.

O(A) professor(a) espera que o grupo apresente sobre esse tópico:

- O que é o PET scan?
- Breve história sobre o PET scan.
- Para que serve o PET scan?
- Como o PET scan funciona? Qual seu sistema básico de imagem?
- O que é o pósitron?
- Quais as direções que os fótons são detectados?
- Qual procedimento para produzir as moléculas radioativas? O que é o ciclotron e qual sua função na produção dessas moléculas? O ciclotron é seguro? Quais são os isótopos mais comuns produzidos por ele e quais seus tempos de vida?
- O que é um radiofármaco e qual sua função?
- O que é tempo de vida de uma partícula? e por que é importante levar em consideração esse tempo de vida no PET scan?
- O que é o método de diagnóstico por imagem metabólico.
- Quando o PET scan não deve ser solicitado?

### Material de apoio:

**Vídeo 1: “How does a PET scan work?”** em português “Como funciona o PET scan” por Engineering and Physical Science Research Council - EPSRC, publicado pelo Imperial College London, em jan. 2016, duração 4:24. O vídeo aborda o funcionamento do PET scan, que é um procedimento utilizado para obter imagens em 3D utilizando moléculas radioativas projetadas especialmente para cada pessoa. O vídeo é disponibilizado na língua inglesa com legenda automática em português. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yrTy03O0gWw>. Acesso em: 25 set. 2021.

**Texto 1: “Usando a antimatéria na medicina moderna”** por MACHADO, A.C.B.; PLEITEZ, V.; TIJERO, M.C., p. 1-10, mar. 2007. O texto aborda a Física de Partículas no PET; conceitos fundamentais do PET e técnicas de diagnóstico; a importância desse método na medicina; o texto possui algumas poucas equações de difícil compreensão por parte dos alunos e o(a) professor(a) deve deixar claro que eles podem ignorá-las sem perdas pedagógicas para o que se pretende alcançar nas apresentações. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4qhQ7sfrp9dVBt5gLyxPKVt/?lang=pt>. Acesso em: 25 set. 2021.

**Texto 2: “PET/CT EM ONCOLOGIA”** capítulo 36 do livro Diretrizes oncológicas, por ANJOS, Dalton Alexandre, 2018. O texto introduz o PET scan; explica como é feito seu diagnóstico; explica o método de diagnóstico por imagem metabólico e quando o PET scan pode ou não ser solicitado. Disponível em: [https://diretrizesoncológicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2\\_Parte36.pdf](https://diretrizesoncológicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2_Parte36.pdf). Acesso em: 25 set. 2021.

**Página da internet: “PET Cyclotron and Radiopharmacy Facility”** em português “PET ciclotron e os benefícios da radiofarmácia” publicado por *BC Cancer - Vancouver*. O texto está em inglês, mas é compartilhado apenas para consulta da tabela dos principais isótopos produzidos pelo *BC Cancer Production Cyclotron* e seus respectivos tempos de vida. Disponível em: <http://www.bccancer.bc.ca/our-services/services/pet-functional-imaging/pet-cyclotron-and-radiopharmacy-facility>. Acesso em: 25 set. 2021.

### 3) Radioterapia:

O(A) professor(a) espera que o grupo aborde os seguintes tópicos durante a apresentação:

- Explicar sobre a estrutura da matéria e sua interação com a radiação.
- O que é a radioterapia?
- Breve histórico sobre a radioterapia.
- Como a radioterapia funciona; modalidades da radioterapia: teleterapia e braquiterapia, vantagens e desvantagens.
- O que é um acelerador linear? Qual sua função na radioterapia?
- Há formas de proteger os tecidos sadios da radiação?
- O que é o histograma de dose-volume?
- Como determinar que tipo de radiação a ser usada no tratamento? fótons ou elétrons?
- Explique a Radioterapia de intensidade modulada.
- O que auxilia a apontar o feixe de radiação de forma eficaz?



- Explique os procedimentos necessários para a radioproteção.
- A amplitude de espalhamento dos fótons é grande ou pequena com relação ao espalhamento dos elétrons? Qual a importância dessa amplitude para a saúde humana?
- Efeitos biológicos da radiação nos seres humanos?

### Material de apoio:

**Texto 1: “Física médica aplicada à radioterapia”,** capítulo 37 do livro Diretrizes Oncológicas, por SILVA, Luis Felipe Oliveira e; SANTOS, Leonardo Bicudo, 2018. O texto aborda a estrutura da matéria e a sua interação com a radiação; efeito fotoelétrico; efeito Compton; produção de pares; as modalidades básicas da radioterapia; como funcionam os aceleradores lineares e suas funções na radioterapia e radioproteção. Disponível em:

[https://diretrizesoncologicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2\\_Parte37.pdf](https://diretrizesoncologicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2_Parte37.pdf). Acesso em 30 set. 2021.

**Vídeo 1: “radiotherapy explained”** por GenesisCare UK, tradução: radioterapia explicado, publicado em dez. 2017, duração: 6:35. O vídeo explica o funcionamento da radioterapia; as modalidades que existem; as consequências no corpo humano; efeitos colaterais; o auxílio dado pela radioterapia guiada por imagem. O vídeo é disponibilizado na língua inglesa com legenda automática em português. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=cEoQTBemyDY>. Acesso em 30 set. 2021.

### 4) Protonterapia:

O(A) professor(a) espera que o grupo aborde os seguintes tópicos durante a apresentação:

- O que é a protonterapia?
- Breve história da protonterapia.
- Por que utilizar a protonterapia? Quais suas principais vantagens?
- Qual a diferença entre a radioterapia, quimioterapia e protonterapia?
- Por que não utilizar nêutrons no lugar de prótons?
- A profundidade com que uma partícula pesada como o próton consegue alcançar depende de que fator(es)? O que é o pico de Bragg?
- Os prótons podem se espalhar com uma amplitude maior ou menor, em comparação aos fótons e elétrons?
- O que é o Síncrotron? Qual sua função na terapia com prótons?
- Quais as desvantagens da protonterapia?

**Material de apoio:**

**Texto 1: “A física de altas energias e a terapia de câncer com prótons: motivações e perspectivas”** por F. Caruso, B.H.V. Carvalho & A.F.S. Santoro, 2000. O texto aborda as vantagens de se utilizar a terapia com prótons para o tratamento contra o câncer, no lugar da terapia com fótons e elétrons, além de explicar a história dos tratamentos contra o câncer já desenvolvidos. Disponível em:

<http://www.cbpf.br/~caruso/fcn/publicacoes/pdfs/cancer.pdf>. Acesso em 30 set. 2021.

**Página da web: “Prótons e íons na medida certa”** por Marcos Pivetta em set. 2014. O texto faz um comparativo entre os tratamentos de câncer que existem e por que o tratamento utilizando prótons é tão caro? Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/protons-e-ions-na-medida-certa/>. Acesso em 30 set. 2021.

**Página da web: “Como a terapia de prótons está mudando a maneira como tratamos o câncer”** por Instituto Paul Scherrer, em nov. 2018. O texto explica o funcionamento da terapia de prótons e ilustra como a radiação é absorvida em comparação com a terapia com fótons. Disponível em: <https://museuweg.net/blog/como-a-terapia-de-protons-esta-mudando-a-maneira-como-tratamos-o-cancer/>. Acesso em 30 set. 2021.

Para a criação do vídeo, os alunos poderão utilizar modelos disponíveis no site do *canva* e cada equipe terá até 5 minutos para desenvolver o tema no vídeo. Espera-se que os questionamentos, exibidos anteriormente, sejam apresentados no vídeo, mas há liberdade no desenvolvimento de outros tópicos do interesse dos alunos, substituindo ou complementando os propostos pelo(a) professor(a).

O quadro abaixo resume os questionamentos em formato de mapa para facilitar o entendimento:

Figura 11 – Resumo das perguntas sobre o aparelho de Raio-X.

|  <h1 style="display: inline; margin: 0 20px;">Aparelho de Raio x:</h1>  |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <p><b>Os alunos terão 15 minutos para abordar todos os tópicos:</b></p>    | <b>O que é o raio X?</b>   | Radiação ionizante: por que faz mal à saúde? qual das radiações citadas são ionizantes. | Os princípios da radioproteção: dose absorvida, dose equivalente e dose efetiva.                     |
|   | <b>Breve história sobre o raio X.</b>                              | <b>Existe emissão espontânea de radiação?</b>   | <b>Efeitos biológicos da radiação nos seres humanos e animais.</b>                                   |
|   | <b>A física por trás dos tipos de radiação: alfa, beta e gama.</b> | <b>Como funciona o aparelho raio X?</b>   | <b>O maior acidente radioativo do mundo fora de usinas nucleares, acidente césio 137 em Goiânia.</b> |

Fonte: Autoria própria.



Figura 12 – Resumo das perguntas sobre o PET Scan

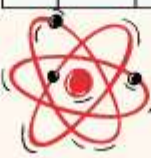
| <h2 style="margin: 0;">Tomografia por emissão de pósitron PET Scan:</h2>  |   |
|---|---|
|  <p><b>O que é o PET scan.</b></p> | <p>Qual procedimento para produzir as moléculas radioativas? O que é o ciclotron e qual sua função na produção dessas moléculas? O ciclotron é seguro? Quais são os isótopos mais comuns produzidos por ele, e quais seus tempos de vida?</p> |
| <p><b>Breve história sobre o PET scan.</b></p>  | <p><b>O que é um radiofármaco e qual sua função?</b></p>  |
| <p><b>Para que serve o PET scan?</b></p>  | <p>O que é tempo de vida de uma partícula? e por que é importante levar em consideração esse tempo de vida no PET scan?</p>   |
| <p><b>Como o PET scan funciona? Qual seu sistema básico de imagem?</b></p>  | <p><b>O que é o método de diagnóstico por imagem metabólico?</b></p>  |
| <p><b>Quais as direções que os fótons são detectados?</b></p>   | <p><b>Quando o PET scan não deve ser solicitado?</b></p>  |


Fonte: Autoria própria.

Figura 13 – Resumo das perguntas sobre Radioterapia

# RADIOTERAPIA:





**EXPLICAR SOBRE A ESTRUTURA DA MATÉRIA E SUA INTERAÇÃO COM A RADIAÇÃO.**

**O que é a radioterapia?**

Breve histórico sobre a radioterapia.

**O que é um acelerador linear, qual sua função na radioterapia?**

**COMO A RADIOTERAPIA FUNCIONA; MODALIDADES DA RADIOTERAPIA: TELETERAPIA E BRAQUITERAPIA, VANTAGENS E DESVANTAGENS.**

**Há formas de proteger os tecidos saudáveis da radiação?**

**O que é o histograma de dose-volume?**

**Como determinar que tipo de radiação a ser usada no tratamento? fótons ou elétrons?**


**Explique a Radioterapia de intensidade modulada.**

- O que auxilia a apontar o feixe de radiação de forma eficaz?
- Explique os procedimentos necessários para a radioproteção.
- A amplitude de espalhamento dos fótons e elétrons é grande ou baixa?
- Qual a importância dessa amplitude para a saúde humana?
- Efeitos biológicos da radiação nos seres humanos?

Fonte: Autoria própria.

Figura 14 – Resumo das perguntas sobre a Protonterapia

# TERAPIA DE PRÓTONS




**O que é a protonterapia?**

---

**A profundidade com que uma partícula pesada como o próton consegue alcançar depende de que fator(es)?**

---




**Breve história da protonterapia.**

---

**O que é o pico de Bragg?**

---

**Por que utilizar a protonterapia? Quais suas principais vantagens?** 

---

**Os prótons podem se espalhar com uma amplitude maior ou menor, em comparação aos fótons e elétrons?**

---

**Qual a diferença entre a radioterapia, quimioterapia e protonterapia?**


---

**O que é o Síncrotron? Qual sua função na terapia com prótons?**

---





**Por que não utilizar nêutrons no lugar de prótons?**


**Quais as desvantagens da protonterapia?** 

Fonte: Autoria própria.

## SÍNTESE DO 3º ENCONTRO

|   |   |
|---|---|
|  | <p><b>1º momento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade investigativa de simulação - PHET: investigar sobre a fissão nuclear e o decaimento radioativo.</li> </ul> <p><b>Duração: 60 minutos</b></p> |
|---|---|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>2º momento:</b></p> <p>Rotação entre ilhas: as equipes irão apresentar as conclusões adquiridas no simulador.</p> <p><b>Duração: 20 minutos</b></p> |  |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
|  | <p><b>3º momento:</b></p> <p>Discussão sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A bomba nuclear:</li> <li>• A interação fraca.</li> <li>• A antimatéria.</li> </ul> <p><b>Duração: 70 minutos</b></p> |
|--|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>4º momento:</b></p> <p>Momento de pesquisa - aplicações das partículas na medicina:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparelho de raio X.</li> <li>• Tomografia por emissão de pósitron PET Scan.</li> <li>• Radioterapia.</li> <li>• Protonterapia.</li> </ul> <p><b>Duração: 100 minutos</b></p> |  |
|---|--|

Fonte: Autoria própria.

## 4° ENCONTRO



**Duração: 4 aulas de 50 minutos.**

**Objetivo:**

- Construção de uma câmara de nuvens para detectar os traços das partículas vindas dos raios cósmicos.



**Justificativa:**

- Propomos a discussão dos raios cósmicos como um tema relacionado a compreensão do espaço que nos envolve, uma vez que essa radiação nos atinge diariamente. Não sentimos, mas somos expostos aos seus efeitos todos os dias. É possível fazer datação usando carbono 14 e 12 graças aos raios cósmicos; essa radiação tem influência, também, na mutação do DNA; assim como em dispositivos eletrônicos, que sofrem interferência desta radiação, influenciando sua confiabilidade. Os raios cósmicos afetam desde a forma como a vida evolui, até o desenvolvimento de aplicações tecnológicas. Desta forma, espera-se desenvolver o interesse, em sala de aula, para o entendimento do que compõe os raios cósmicos e a sua origem no espaço.

**Material:**

- **Texto:** “Astronomia de Raios Cósmicos” por MELLO NETO, J. T., ciência hoje, V.41, n.245, jan/fev 2008. O artigo apresenta os raios cósmicos, sua origem e onde são detectados no observatório Pierre Auger; destaca as contribuições brasileiras na detecção de raios cósmicos. Disponível em:  
<https://www.if.ufrj.br/~jtmn/extensao/ArtigoRaiosCosmicos.pdf>.

- **Vídeo 1:** “Como os raios cósmicos nos ajudam a entender o universo” por Veronica Bindi, publicado pelo TED-Ed em set. 2014. Duração 4:39. O vídeo aborda a história por trás da descoberta dos raios cósmicos; como os raios cósmicos são gerados? como são acelerados por campos magnéticos; explica o que acontece quando os raios cósmicos atingem a atmosfera e como essas partículas ajudam a entender o universo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=91801Y1lsCg>. Acesso em 20 set. 2021.
- **Vídeo 2:** “O universo é hostil para os computadores?”, produzido por Derek Muller em Veritasium. Duração 23:01. O vídeo apresenta acidentes causados por pequenas partículas de galáxias distantes, os raios cósmicos, e como podem causar interferência nos computadores. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=AaZ\\_RSt0KP8&t=315s](https://www.youtube.com/watch?v=AaZ_RSt0KP8&t=315s). Acesso em 20 set. 2021.

**Recurso:**

- Material para a câmara de nuvens: gelo seco, copo de acrílico, papel vinílico, papel alumínio, esponja e álcool isopropílico; computador; caderno; quadro branco; questionário.

**Desenvolvimento do 4º encontro:****1º MOMENTO****Momento de discussão****Tema:**

- Raios cósmicos.

**Duração: 50 minutos.**



Discussão sobre os raios cósmicos utilizando a apresentação do *quizizz*: [https://quizizz.com/admin/presentation/6192ab411e39f1001f0c5061?source=quiz\\_page](https://quizizz.com/admin/presentation/6192ab411e39f1001f0c5061?source=quiz_page) e a influência que esses raios têm na vida dos animais, especialmente sobre os seres humanos, em seguida, debater sobre as partículas que atingem a superfície da Terra.



**2º MOMENTO**

## Momento de pesquisa

**Tema:**

- Raios cósmicos.

**Duração: 30 minutos.**

Esse momento será de pesquisa acerca da detecção das partículas de raios cósmicos, discutidas no momento anterior. Cada mesa irá receber os materiais necessários para a montagem da câmara de nuvens, em seguida, guiados pela pesquisa, deverão planejar a montagem para detectar as partículas. Os materiais que serão utilizados nessa atividade são: copo de acrílico, papel vinílico preto, massa de modelar, esponja, pote para colocar o gelo seco e papel alumínio.



**3º MOMENTO**

## Confecção da câmara de nuvens

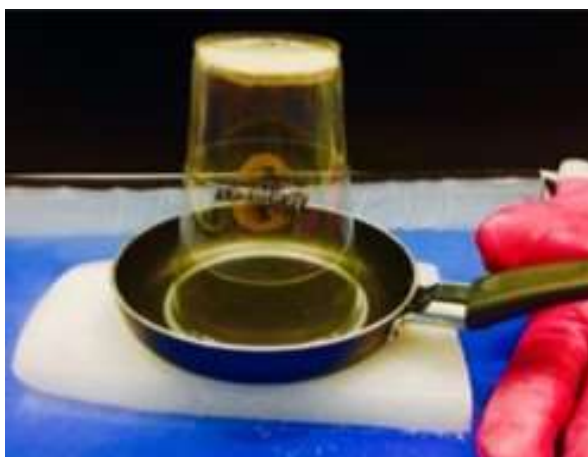
**Tema:**

- **Câmara de Wilson.**

**Duração: 90 minutos.**

A atividade será voltada para a construção de um tipo de detector de raios cósmicos conhecido como câmara de nuvens ou câmara de Wilson. De forma que, no momento anterior já fora discutido o conceito de raios cósmicos, por isso, o objetivo dessa etapa é dedicado apenas para a montagem do experimento, como exemplo apresentado na figura 15:

**Figura 15 – Câmara de nuvens**



Fonte: Woithe (2016).

A câmara de nuvens é um detector de partículas usado para visualizar a passagem de radiação ionizante e foi um dos primeiros detectores de partículas a ser construído e, por isso, levou à descoberta de muitas partículas, o que classifica a importância deste experimento na história da física.

A câmara de nuvens foi desenvolvida por Charles T. R. Wilson (1869-1959) e seu funcionamento utiliza o vapor supersaturado do álcool isopropílico, de forma que, partículas carregadas e com grandes energias, como as dos raios cósmicos, quando interagem com o vapor supersaturado, arranca os elétrons das moléculas do gás, isso deixa essas moléculas com carga elétrica positiva, e, em seguida, ocorre o processo de condensação, em que pequenas gotas de álcool se formam ao longo do caminho da partícula que atravessa a câmara. O resultado dessa condensação são os traços que observamos na câmara, que podem ter origem de diferentes partículas de raios cósmicos.

Os materiais necessários para construção da câmara escura são:

- Dióxido de carbono ou gás carbônico na forma sólida (gelo seco) a  $-78^{\circ}\text{C}$ .

- Copo de acrílico.
- Papel alumínio.
- Feltro ou esponja.
- Papel vinílico.
- Álcool isopropílico.
- Fonte de luz: lanterna.

O gelo seco é usado para manter a temperatura da câmara baixa e a chapa metálica será posicionada em cima do gelo seco, a esponja ou feltro deve colocada dentro do copo para armazenar o álcool isopropílico, já o recipiente com a esponja, ou feltro dentro, deverá estar posicionado em cima da chapa, como ilustra a figura abaixo:

**Figura 16 – Montagem experimental da câmara de nuvens**



Fonte: Autoria própria.

Cada equipe confeccionará seu próprio detector e fará os registros escritos da observação, juntamente aos registros fotográficos de cada partícula, que deixará o rastro na câmara.

## **Detecção das partículas**





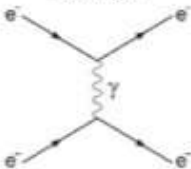

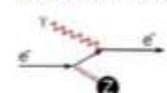
**Tema:**

- **Detecção das partículas dos raios cósmicos.**

**Duração: 30 minutos.**

No quarto momento, os alunos irão discutir sobre os dados coletados na atividade anterior e compará-los com os dados obtidos na câmara de nuvens, verificando quais partículas foram detectadas, com auxílio da figura 17.

Figura 17 – Traços das partículas detectadas

| Fotos   | Partícula   | Explicação  |
|---|---|---|
|    | <b>múon ou anti-múon</b>  | Traços retos e finos<br>- Partículas rápidas com alta energia cinética;<br>- Ionizam as moléculas sem espalhá-las;<br>- Múons de alta energia, elétrons ou suas anti-partículas.<br>Fonte: raios cósmicos.  |
|    | <b>elétron ou pósitron</b>  |   |
|   | <b>sistema de partículas <math>\alpha</math></b>  | Traços retos e grossos (aprox. 5 cm):<br>- Partículas alfa ( $2p2n$ );<br>- Partículas massivas com alta “densidade de ionização” (para alfa: 1 MeV/cm).<br>Fonte: gás Radon-222, radiação natural.   |
|  | <b>electron</b><br>      | Traços curvos:<br>- Espalhamento de elétrons via interação eletromagnética, quanto menor o <i>momentum</i> da partícula mais fácil é o seu espalhamento;<br>- Fotoelétrons são elétrons de baixa energia liberados por alta fótons de energia (via efeito fotoelétrico);<br>Fonte: Efeito fotoelétrico. |
|  | <b>photoelectron</b><br> |   |

Fonte: Woithe, J. (2016), tradução nossa.

O(A) professor(a) poderá questioná-los sobre a dificuldade na detecção do pósitron e se seria possível armazená-lo em um recipiente para utilizá-lo na medicina (tópico já desenvolvido anteriormente no PET scan, que utiliza os pósitrons na detecção de tumores cancerígenos no corpo humano). O objetivo da discussão é conectar o experimento realizado em sala com os conteúdos desenvolvidos anteriormente; a técnica SCALE-UP, Beichner *et al.* (2007) classifica esse momento, como momento de integralização das discussões que relacionam os experimentos e/ou simuladores com os temas desenvolvidos em sala, resgatando conceitos vistos anteriormente.

Espera-se, com a discussão, que os alunos percebam que não é possível armazenar a antimatéria em um recipiente, pois quando o pósitron atinge o elétron eles sofrem aniquilação gerando radiação eletromagnética. Com isso, o(a) professor(a) discute sobre o processo de criação do pósitron justificando o porquê é o material mais caro do mundo (já discutido também no 3º encontro).

Concluindo assim, a relação entre o tema de ondulatória à Física de Partículas e suas aplicações nas tecnologias atuais.

### SÍNTESE DO 4º ENCONTRO

|   |   |
|---|---|
|    | <p><b>1º momento:</b></p> <p>Discussão sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Raios cósmicos.</li> </ul> <p>Duração: 50 minutos</p>  |
| <p><b>2º momento:</b></p> <p>Momento de pesquisa - como detectar partículas de raios cósmicos?</p> <p>Duração: 30 minutos</p>   |   |
|    | <p><b>3º momento:</b></p> <p>Atividade experimental:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagem de uma câmara de Wilson: detector de partículas.</li> <li>• Detecção das partículas.</li> </ul> <p>Duração: 90 minutos</p> |
| <p><b>4º momento:</b></p> <p>Discutir os dados coletados na atividade anterior e identificá-las.</p> <p>Duração: 30 minutos</p> |    |

Fonte: Autoria própria.

## REFERÊNCIAS:

ABDALLA, M. C. D. Sobre o discreto charme das partículas elementares.

ANJOS, Dalton Alexandre dos. FÍSICA MÉDICA APLICADA À RADIOTERAPIA. In: SANTOS, Marcos; CORRÊA, Tatiana Strava; FARIA, Luiza Dib Batista Bugiato; REIS, Paula Elaine Diniz dos; PINHEIRO, Rodrigo Nascimento. **Diretrizes oncológicas**. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2018. Cap. 36. p. 573-589. Disponível em: [https://diretrizesoncológicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2\\_Parte37.pdf](https://diretrizesoncológicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2_Parte37.pdf). Acesso em: 08 ago. 2021.

BEDIAGA, I. A. Antimatéria e o Universo. *Ciência Hoje*, v. 45, n. 268, 2010. Disponível: <http://lhcb-public.web.cern.ch/lhcb-public/en/lhcboutreach/documentation/ArtigoAntimateria.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2021.

BEICHNER, R. J.; SAUL, J. M.; ABBOUTT, D. S.; MORSE, J. J.; DEARDORFF, D. L.; ALLAIN, R.J.; BONHAM, S. W.; DANCY, M. H.; RISLEY, J. S. Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs (SCALE-UP) project. In: REDISH, E. F.;

BEICHNER, Robert J et al. The Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs (SCALE-UP) Project. Raleigh, NC: North Carolina State University, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/228640855\\_Student-centered\\_activities\\_for\\_large\\_enrollment\\_undergraduate\\_programs\\_SCALE-UP](https://www.researchgate.net/publication/228640855_Student-centered_activities_for_large_enrollment_undergraduate_programs_SCALE-UP). Acesso em: 16 fev. 2021. Acesso em: 16 fev. 2021.

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. Flip your classroom: reach every student in every class every day. Flipped Learning Series – Ebook. Washington, DC: International Society for Technology in Education, 2012.

CARUSO F., CARVALHO B.H.V., SANTORO A.F.S. A física de altas energias e a terapia de câncer com prótons: motivações e perspectiva. G. Alves, F. Caruso, H. Motta & A. Santoro (Eds.), *O Mundo das Partículas de Hoje e de Ontem*, op. cit, (2000) p. 117-130.

CHAUÍ, Marilena. *Convite à Filosofia – São Paulo – SP: Editora Ática, 2004.*

CIÊNCIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, v. 4, n. 7, 2018b. Disponível em: Escola. 2005, 6, 38-44.

COONEY, E. F. (eds) *ResearchBased Reform of University Physics*. American Association of Physics Teachers, 2007.

MACHADO, A. C. B; Pleitez, V; Tijero, M. C. Usando a antimatéria na medicina moderna. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 2006, 28.

MACHADO, A.C.B.; PLEITEZ, V.; TIJERO, M.C.. Usando a antimatéria na medicina moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l], v. 28, n. 4, p. 1-10, mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4qhQ7sfrp9dVBt5gLyxPKVt/?lang=pt>. Acesso em: 07 ago. 2021.

MELLO NETO, J. T. Astronomia de Raios C3smicos. **Ci3ncia Hoje**. V. 41, n.245, jan/fev. 2008. Dispon3vel em: <https://www.if.ufrj.br/~jtmn/extensao/ArtigoRaiosCosmicos.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2021.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Um p3ster para ensinar F3sica de Part3culas Nuclear. *Revista F3sica na escola*, v. 2, n. 1, 2001. Dispon3vel em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xLKklWcassIJ:https://lume.ufrgs.br/handle/10183/116427+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b-d>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SAMMONS, Jim. The elegant universe: teacher's guide. **Wgbh Educational Foundation**. Boston, p. 1-32. jan. 2003. Dispon3vel em: [https://www.pbs.org/wgbh/nova/teachers/activities/pdf/3012\\_elegant.pdf](https://www.pbs.org/wgbh/nova/teachers/activities/pdf/3012_elegant.pdf). Acesso em: 07 jul. 2021.

SATO, Eduardo Akio. Antimat3ria (parte 2): PET Scan e assimetria mat3ria-antimat3ria Sato. *Estadual de Campinas*, v. 4, n. 7, 2018a. Dispon3vel em: <https://www.blogs.unicamp.br/tortaprimordial/antimateria-parte-2/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SEED-PR. Secretaria de Estado da Educa33o do Paran3. **F3SICA ENSINO M3DIO**. 2. ed. Curitiba: SEED-PR, 2006. 232 p. Dispon3vel em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/livro\\_didatico/fisica.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/livro_didatico/fisica.pdf). Acesso em: 08 jul. 2021.

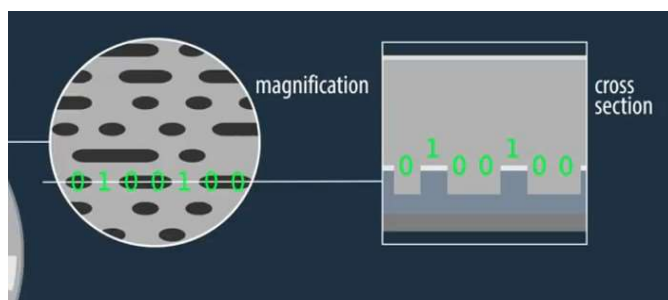
SILVA, Luis Felipe Oliveira e; SANTOS, Leonardo Bicudo dos. F3SICA M3DICA APLICADA 3 RADIOTERAPIA. In: SANTOS, Marcos; CORR3A, Tatiana Strava; FARIA, Luiza Dib Batista Bugiato; REIS, Paula Elaine Diniz dos; PINHEIRO, Rodrigo Nascimento. **Diretrizes oncol3gicas**. 2. ed. S3o Paulo: Elsevier, 2018. Cap. 37. p. 591-606. Dispon3vel em: [https://diretrizesoncológicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2\\_Parte37.pdf](https://diretrizesoncológicas.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Diretrizes-oncol%C3%B3gicas-2_Parte37.pdf). Acesso em: 08 ago. 2021.

SOARES, J3lio C3sar de A.C.R. *Princ3pios b3sicos de f3sica em radiodiagn3stico* / J3lio de A.C.R. Soares. – 2. ed. rev. – S3o Paulo: Col3gio Brasileiro de Radiologia, 2008.

## ANEXO A

As ranhuras são uma rede de difração que consiste em muitas fendas paralelas. Quando a luz incide em uma grade, a luz de cada fenda difrata e interfere com a luz das outras fendas. Quando as condições para interferência construtiva para um determinado comprimento de onda são satisfeitas, essa cor é realçada e, portanto, observada. Os CDs são capazes de armazenar dados nos sulcos, que são as ranhuras em espiral que por sua vez são lidos pelo LASER do aparelho de CD. Discos ópticos possuem camadas, onde os poços e as áreas planas contêm os dados do disco em linguagem binária. Os poços (ranhuras) representam zero e as áreas planas representam 1, como mostrado na figura abaixo:

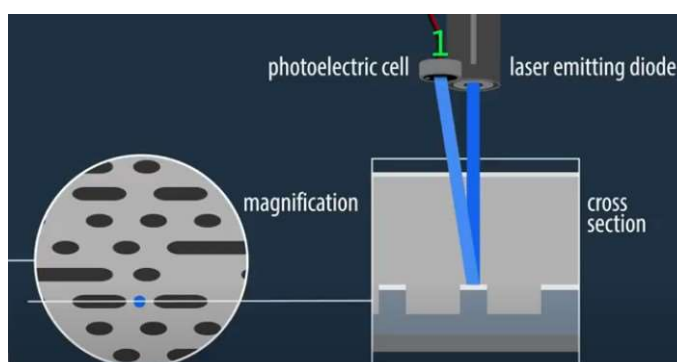
**Figura 1 – Armazenamento de dados pelo CD**



Fonte: Captura de tela do vídeo How does a Blu-ray work? LaserDisc, CD, DVD, Blu-ray explained.<sup>32</sup>

O aparelho leitor do CD aponta o LASER ao disco que conforme roda vai refletindo a luz do LASER, quando o LASER atinge a superfície plana, essa luz é refletida para uma célula fotoelétrica e a informação interpretada é o número binário 1, como mostrado na figura abaixo:

**Figura 2 – Número binário 1 armazenado como superfície plana**

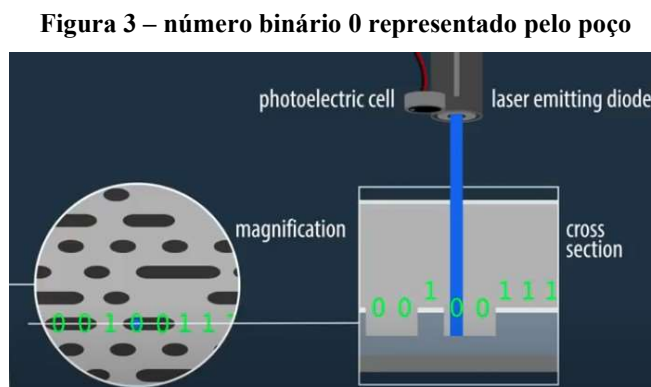


Fonte: Captura de tela do vídeo How does a Blu-ray work? LaserDisc, CD, DVD, Blu-ray explained.

<sup>32</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=H-jxTzFrnpg&t=36s>



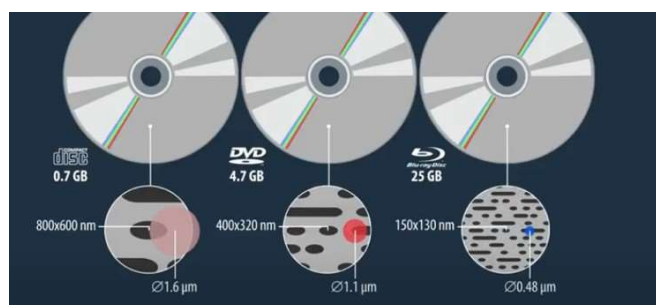
Quando o LASER atinge o poço, não reflete sua luz, e essa falta de informação é representada como o número binário 0. Esses números binários são processados pelo aparelho, como mostrado na figura abaixo:



Fonte: Captura de tela do vídeo How does a Blu-ray work? LaserDisc, CD, DVD, Blu-ray explained.

Pode-se irão medir os tamanhos das ranhuras para o CD, DVD e Blu-ray (se disponíveis) e concluir que os tamanhos variam, o CD tem ranhuras maiores do que o DVD, que possui ranhuras maiores que o Blu-ray, quanto menor o tamanho da ranhura mais informações será possível armazenar. A figura abaixo mostra as diferenças entre as ranhuras do CD, DVD e Blu-ray associando esses tamanhos à capacidade de armazenamento de cada.

**Figura 4 – Armazenamento de dados pelo CD, DVD e Blu-ray**



Fonte: Captura de tela do vídeo How does a Blu-ray work? LaserDisc, CD, DVD, Blu-ray explained.