

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO: RADIAÇÕES E MEDIDAS DE PROTEÇÃO

PRODUTO EDUCACIONAL

Armando Alves de Menezes

Morgana Lígia de Farias Freire

ARMANDO ALVES DE MENEZES

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO: RADIAÇÕES E MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO: RADIAÇÕES E MEDIDAS DE PROTEÇÃO, desenvolvido no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 48 – UEPB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dra. Morgana Lígia de Farias Freire

Campina Grande-PB

2025

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M543e Menezes, Armando Alves de.

O espectro eletromagnético: radiações e medidas de proteção [manuscrito] / Armando Alves de Menezes. - 2025.
40 f. : il. color.

Digitado.

Produto Educacional apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física/UEPB

"Orientação : Prof. Dra. Morgana Ligia de Farias Freire, Departamento de Física - CCT".

1. Espectro eletromagnético. 2. Três momentos pedagógicos. 3. Tipos de radiação. I. Título

21. ed. CDD 530.7

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO: RADIAÇÕES E MEDIDAS DE PROTEÇÃO



PRODUTO EDUCACIONAL

Armando Alves de Menezes

Morgana Lígia de Farias Freire

CAMPINA GRANDE

2025

ÍNDICE

- 1** APRESENTAÇÃO
- 2** A SEQUÊNCIA DE ENSINO
- 3** UM CRONOGRAMA
- 4** ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS
- 5** OS SIMULADORES PROPOSTOS
- 6** CONSIDERAÇÕES FINAIS
- REFERÊNCIAS

1. APRESENTAÇÃO

Caro professor,

Este material didático foi elaborado a partir da pesquisa realizada em uma dissertação, cujo tema central foi Ondas Eletromagnéticas e sua interação com a matéria, podendo ser abordado tanto no 2º quanto no 3º ano do Ensino Médio. O material didático constituído foi uma Sequência de Ensino, a qual tem como base os Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2007).

Diante das transformações sociais e tecnológicas que demandam abordagens pedagógicas, a metodologia ativa dos Três Momentos Pedagógicos emerge como inovadora. Centralizada no protagonismo do aluno como construtor ativo do conhecimento (Moreira, 2021) a partir de suas experiências.

A nossa **Sequência de Ensino** possui uma primeira atividade de verificação dos conhecimentos prévios que os estudantes possuem ou não sobre o tema. Para a Problematização Inicial, sugerimos um texto de apoio e um conjunto de simuladores do site PhET, onde podem ser levantadas hipóteses sobre o que está sendo apresentado. Posteriormente, temos uma sequência de aulas dialogadas e

expositivas em slides, que têm como objetivo a Organização do Conhecimento, neste segundo momento pedagógico, acompanhadas de questionários avaliativos e, por fim, uma discussão temática sobre o que se pode abordar nos simuladores e nas aulas, as relações entre o que foi apresentado e uma atividade avaliativa final.

A abordagem, pode estimular as habilidades exigidas do século XXI, contrapondo ao ensino passivo e mecanicista (Freire, 1996). Caracterizada por Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento (Delizoicov e Angotti, 1990), os Três Momentos Pedagógicos visam uma aprendizagem contextualizada, na qual o aluno é desafiado a expor suas concepções, estudar o conhecimento necessário e aplicá-lo para analisar as situações expostas (Giacomini e Muenchen, 2015; Albuquerque, Santos e Ferreira, 2015).

2. SEQUÊNCIA DE ENSINO

Este material educacional é composto por uma Sequência de Ensino para ser trabalhada pelo professor de Física do ensino médio.

Metodologia de Ensino: Três Momentos Pedagógicos.

Objeto do conhecimento: Definição de ondas eletromagnéticas, radiações e o espectro eletromagnético.

Duração: 16 aulas de 1 tempo cada (1 tempo = 50 min).

2. SEQUÊNCIA DE ENSINO

Para a Sequência de Ensino desenvolvida com relação ao tema “Explorando o Espectro Eletromagnético”, foi criada uma Componente Curricular Eletiva com o mesmo nome.

3. UM CRONOGRAMA

Apresentamos abaixo um Quadro A que resume a Sequência de Ensino em seus Três Momentos Pedagógicos.

Quadro A- Sugestão de cronograma da aplicação da sequência de ensino referente ao espectro eletromagnético usando a abordagem dos 3MP.

MOMENTOS	NÚMERO DE ENCONTROS	TEMPO EM AULAS	ATIVIDADES PROPOSTAS
PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	2	4	◆ Verificação dos conhecimentos prévios; ◆ Identificação dos fenômenos; ◆ Leitura de texto de apoio e apresentação dos simuladores.
ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	4	8	◆ Apresentação sistemática dos conceitos e definições; ◆ Fixação dos conceitos e definições; ◆ Assistir vídeos correlacionados (em sala ou casa)
APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO	2	4	◆ Aplicação dos conhecimentos na discriminação das ondas; ◆ Discussão sobre o tema.
TOTAL	8 ENCONTROS	16 AULAS	8 SEMANAS

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

1

PRIMEIRO MOMENTO: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

No primeiro momento, sugerimos que o professor peça aos alunos que leiam e respondam a um pequeno questionário, com duração prevista de 20 a 30 minutos. Esta atividade de leitura e resposta ao questionário, denominada Primeira Atividade de Verificação (Figura I), tem a finalidade de despertar no aluno a necessidade de adquirir outros conhecimentos que eles ainda não possuem em relação ao conteúdo abordado. Assim, o questionário desta atividade deve servir como ponto inicial para o professor ter ferramentas para o segundo encontro.

Sem dizer as respostas corretas aos alunos, o professor deve conduzir a turma para uma discussão, promovendo diálogos com o intuito de localizar os percalços no conhecimento dos estudantes e que os levem ao segundo momento da aula. Para tanto, o professor poderá lançar mão de questões sobre o que é e como se organiza o espectro eletromagnético, as aplicações contextualizadas das radiações, além das exposições cotidianas a vários tipos de radiação. Aqui, o papel do professor é estimular, mediar e orientar os alunos, que, por sua vez, elencarão as respostas e atribuirão exemplos possíveis para o questionamento oferecido. Essa atividade tem o intuito de verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a importância do espectro eletromagnético para a física. O professor pode sugerir um texto de apoio tal como “Radiações não ionizantes” do site do INCA ou “Exposição solar excessiva pode causar danos à saúde” do Interclínicas Curitiba – ICC, site G1.

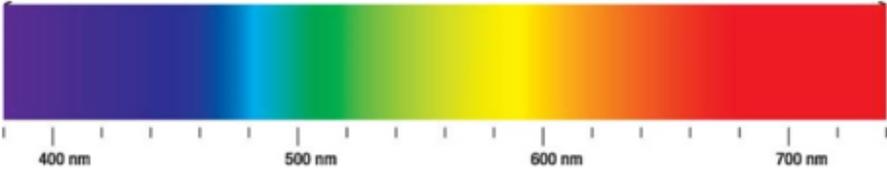
4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Figura I – Primeira atividade de verificação.

Atividade de sondagem

1 – Você já ouviu falar sobre espectro eletromagnético?
 Sim. Não.

2 – Você sabe o que representa essa imagem?



3 – Você sabe o significado de comprimento de onda?
 Sim. Não.

4 – Você sabe o significado de frequência?
 Sim. Não.

5 – Você já ouviu falar sobre radiação?
 Sim. Não.

6 – Você sabe a diferença entre radiação ionizante e não ionizante?
 Sim. Não.

7 – Todas as radiações causam o mesmo efeito ao entrar em contato com o ser humano?
 Sim. Não.

8 – Em poucas palavras, descreva onde é aplicada algum tipo de radiação.

9 – Descreva alguma forma de proteção contra radiação. E se possível, quais danos causados por essa radiação.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

1

PRIMEIRO MOMENTO: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Para o segundo encontro, ainda dentro do primeiro momento pedagógico, e tendo como base Moreira (2014), que propõe ambientes online para guiar os alunos em experimentos virtuais apropriados aos seus conhecimentos prévios e estágios de desenvolvimento cognitivo, sugerimos ao professor que organize a sala em grupos de alunos com a intenção de realizarem as atividades de simulação na plataforma PhET (Physics Education Technology), da Universidade do Colorado em Boulder. Esta plataforma cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências, incluindo física, e foi fundada em 2002 pelo ganhador do Prêmio Nobel Carl Wieman. O link para acesso é https://phet.colorado.edu/pt_BR/ (Figuras II, III, IV, V e VI).

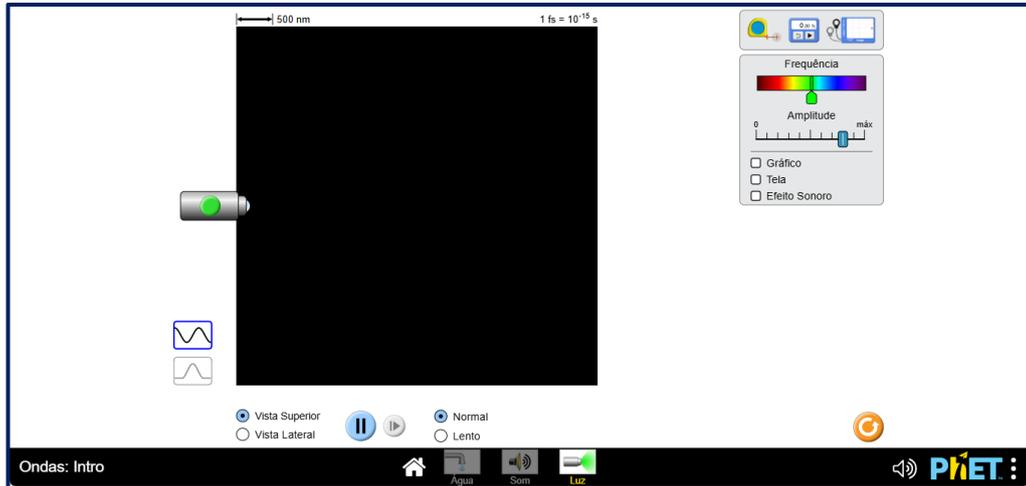
Figura II – Apresentação da simulação da plataforma PhET referente ao núcleo.



Fonte: <https://phet.colorado.edu>.

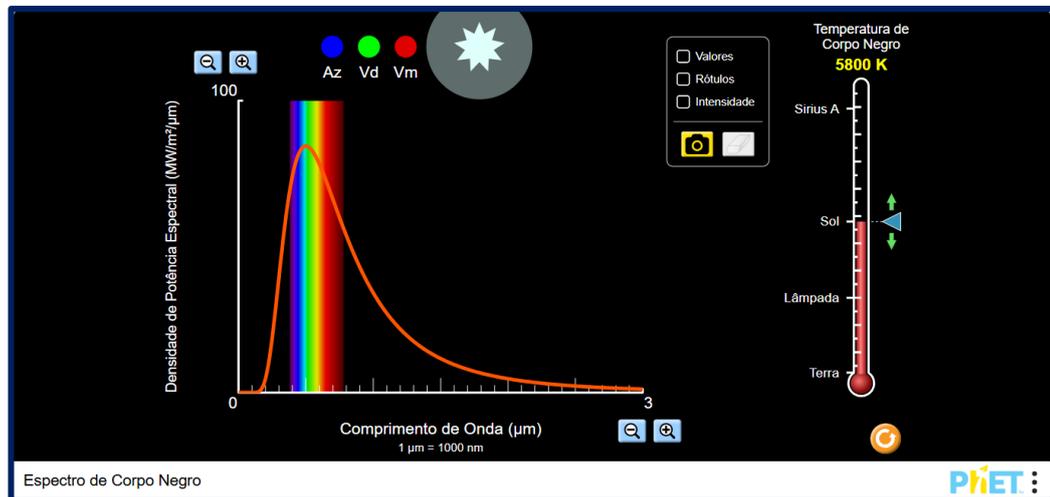
4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Figura III – Apresentação da simulação da plataforma PheT referente a ondas.



Fonte: <https://phet.colorado.edu>.

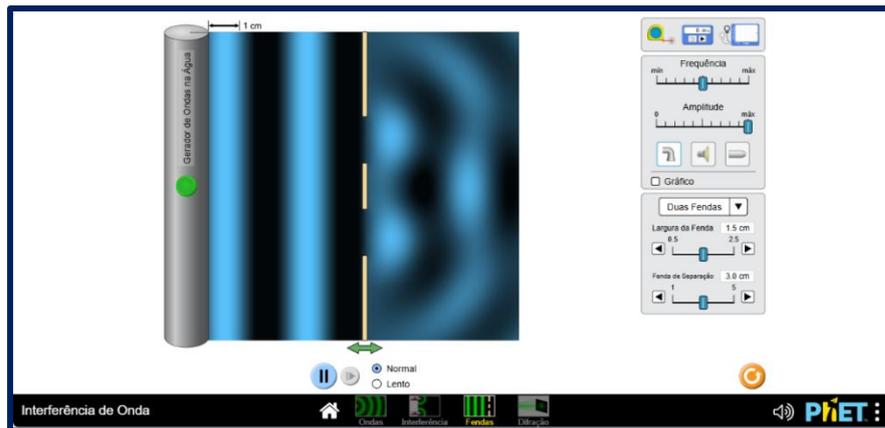
Figura IV – Apresentação da simulação da plataforma PheT referente ao espectro de radiação de um corpo negro.



Fonte: <https://phet.colorado.edu>.

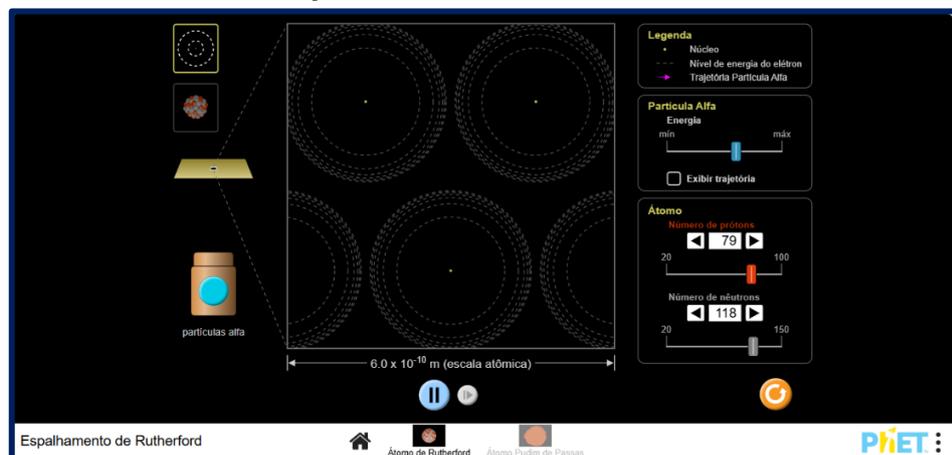
4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Figura V – Apresentação da simulação de interferência de ondas na plataforma Phet.



Fonte: <https://phet.colorado.edu>.

Figura VI – Apresentação da simulação do espalhamento de Rutherford na plataforma PhET.



Fonte: <https://phet.colorado.edu>.

[Monte um Núcleo - Física Nuclear](#) | [Decaimento Nuclear](#) | [Isótopo](#) - [Simulações Interativas PhET \(colorado.edu\)](#)

[Ondas: Intro](#) - [Frequência](#) | [Amplitude](#) | [Velocidade de Onda](#) - [Simulações Interativas PhET \(colorado.edu\)](#)

[Espectro de Corpo Negro](#) - [Corpo Negro](#) | [Lei de Planck](#) | [Lei de Wien](#) - [Simulações Interativas PhET \(colorado.edu\)](#)

[Interferência de Onda](#) - [Interferência](#) | [Fenda Dupla](#) | [Difração](#) - [Simulações Interativas PhET \(colorado.edu\)](#)

[Espalhamento de Rutherford](#) - [Núcleos Atômicos](#) | [Estrutura Atômica](#) | [Mecânica Quântica](#) - [Simulações Interativas PhET \(colorado.edu\)](#)

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

2

SEGUNDO MOMENTO: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Estas atividades dos simuladores estão ordenadas em uma sequência tal que o objetivo seja destacar algumas das características das radiações, de forma a aproximar cada vez mais o estudante com o tema. No entanto, o professor pode retirar ou acrescentar ou ainda modificar a sequência de acordo com as suas necessidades em sala de aula. A duração prevista para essa atividade é de 4 horas aulas do primeiro momento pedagógico, sendo em média 160 a 170 minutos (Quadro A).

No segundo momento pedagógico, Organização do Conhecimento, devem ser trabalhados os tópicos de Física necessários para a compreensão dos temas e das questões introduzidas na problematização inicial. São introduzidas definições, conceitos, relações, leis, enfim, tudo o que é necessário para o entendimento do conteúdo, de forma dialogada e participativa por parte dos alunos, como descrito anteriormente.

Durante a apresentação dos conteúdos, o professor pode apresentar os slides com as aulas, correlacionando com o que os estudantes viram nos simuladores de tal forma que eles possam responder as atividades propostas com perguntas do tipo: O que é espectro eletromagnético? Como o espectro eletromagnético está organizado? Por que o espectro eletromagnético é importante? Quem descobriu o espectro eletromagnético? Por que o espectro eletromagnético é útil? (Quadros B e C). Assim, como também, propor exercícios de forma a aprofundar as abordagens além de questões com múltiplas escolhas, tipo vestibular, e, a avaliação do conhecimento deve ser de forma contínua, em que o professor observa a participação, a interação, a desenvoltura e a cognição dos estudantes em enfrentar cada fase da sequência.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Quadro B – Alguns temas sugeridos para os slides para correlacionar com os simuladores “Ondas” e o “Espectro do corpo negro” do Phet de acordo com a aula 1 do segundo momento.

TEMA DA AULA	NÚM. DOS SLIDES E TEMAS	CONTEÚDOS DOS SLIDES
Radiação e Espectro Eletromagnético	1: Introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Título: O que é radiação? • Breve introdução ao conceito de radiação e sua importância nos estudos científicos e na tecnologia moderna.
	2: Definição de Radiação	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de radiação: o processo pelo qual a energia é transmitida através do espaço em forma de ondas ou partículas. • Explicação de que a radiação pode ser eletromagnética ou de partículas.
	3: Tipos de Radiação	<ul style="list-style-type: none"> • Classificação dos tipos de radiação: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Radiação eletromagnética (ondas eletromagnéticas) ▸ Radiação corpuscular (partículas subatômicas)
	4: Radiação Eletromagnética	<ul style="list-style-type: none"> • Detalhamento da radiação eletromagnética: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Composição: campo elétrico e campo magnético oscilantes perpendicularmente entre si. ▸ Características: não necessita de meio material para se propagar; velocidade no vácuo é de aproximadamente 3×10^8 m/s (velocidade da luz).
	5: O Espectro Eletromagnético	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do espectro eletromagnético: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Definição: gama completa de todas as possíveis frequências de radiação eletromagnética. ▸ Bandas do espectro: rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama
	6: Frequência e Velocidade de Propagação	<ul style="list-style-type: none"> • Relação entre frequência e comprimento de onda: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Fórmula: $c = \lambda \cdot f$, onde c é a velocidade da luz, λ é o comprimento de onda e f é a frequência. ▸ Inversamente proporcionais: frequências maiores correspondem a comprimentos de onda menores e vice-versa.
	7: Relação Frequência e Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Explicação da relação entre frequência e energia das ondas eletromagnéticas: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Maior frequência implica maior energia dos fótons. ▸ Energia é diretamente proporcional à frequência: $E = h \cdot f$, onde E é a energia, h é a constante de Planck e f é a frequência.
	8: Exemplos de Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicações das diferentes faixas do espectro eletromagnético: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Rádio: comunicações sem fio. ▸ Infravermelho: câmeras termográficas. ▸ Raios X: diagnósticos médicos. ▸ Outros exemplos conforme a faixa do espectro.
	9: Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Recapitulação dos principais pontos abordados na aula: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Definição de radiação e tipos. ▸ Espectro eletromagnético e suas faixas. ▸ Relação entre frequência, comprimento de onda e energia.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Quadro C – Alguns temas sugeridos para os slides para correlacionar com os simuladores “Espectro do corpo negro”, o “Espalhamento de Rutherford” de acordo com a aula 2 do segundo momento.

TEMA DA AULA	NÚM. DOS SLIDES E TEMAS	CONTEÚDOS DOS SLIDES
O Espectro de Radiação Eletromagnética e suas Aplicações	1: Introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Título: O Espectro de Radiação Eletromagnética • Breve introdução sobre a radiação eletromagnética e sua importância em diversas áreas da ciência e tecnologia.
	2: Definição de Espectro Eletromagnético	<ul style="list-style-type: none"> • Definição: O espectro eletromagnético é a gama completa de todas as possíveis frequências de radiação eletromagnética. • Explicação das diferentes faixas de frequência e suas características principais.
	3: Composição do Espectro Eletromagnético	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação das principais faixas do espectro eletromagnético: <ul style="list-style-type: none"> - Rádio - Micro-ondas - Infravermelho - Luz visível (espectro colorido) - Ultravioleta - Raios X - Raios gama
	4: Faixa de Rádio e Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição das ondas de rádio: <ul style="list-style-type: none"> - Características: baixa energia, longo comprimento de onda. - Aplicações: comunicações de rádio AM/FM, telecomunicações, radar.
	5: Micro-ondas e suas Utilizações	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição das micro-ondas: <ul style="list-style-type: none"> - Características: média energia, médio comprimento de onda. - Aplicações: fornos de micro-ondas, comunicações via satélite, radar meteorológico.
	6: Infravermelho e Tecnologias de Imagem Térmica	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição do infravermelho: <ul style="list-style-type: none"> - Características: média energia, curto comprimento de onda. - Aplicações: câmeras termográficas, controle remoto, sensores de movimento.
	7: Luz Visível e suas Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição da luz visível: <ul style="list-style-type: none"> - Características: alta energia, curto comprimento de onda. - Aplicações: iluminação, tecnologias de exibição (telas LCD, OLED), fotossíntese em plantas.
	8: Ultravioleta e seus Efeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição do ultravioleta: <ul style="list-style-type: none"> - Características: alta energia, muito curto comprimento de onda. - Aplicações: esterilização, bronzeamento artificial, detecção de falsificações
	9: Raios X e Aplicações em Medicina	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição dos raios X: <ul style="list-style-type: none"> - Características: muito alta energia, muito curto comprimento de onda. - Aplicações: diagnóstico médico por imagem, radioterapia, inspeção de bagagens
	10: Raios Gama e Utilizações Industriais.	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição dos raios gama: <ul style="list-style-type: none"> - Características: altíssima energia, muito curto comprimento de onda. - Aplicações: esterilização de equipamentos médicos, inspeção de soldas, tratamento de alimentos
	11: Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Recapitulação dos principais pontos abordados na aula: <ul style="list-style-type: none"> - Composição do espectro eletromagnético. - Características e aplicações de cada faixa do espectro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

No Quadro D, apresentamos modelos dos slides, referentes a essa primeira organização do conhecimento, ou seja, 3º encontro do segundo momento, como forma de referência para o professor que queira desenvolver os seus próprios slides, lembrando que essa sequência de ensino é apenas um suporte a mais para o professor e que a partir daí, ele possa desenvolver toda sua criatividade e preparar sua própria sequência.

Em termos de conceitos básicos sobre radiação eletromagnética, os estudantes devem entender que a radiação eletromagnética é uma forma de energia que se propaga através do espaço na forma de ondas eletromagnéticas. É composta por campos elétricos e magnéticos oscilantes que se propagam perpendicularmente um ao outro e à direção de propagação.

São na realidade ondas que não requerem um meio material para se propagarem, o que significa que podem se mover através do vácuo. A velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vácuo é constante e é denominada velocidade da luz, aproximadamente 299.792.458 metros por segundo (m/s) no vácuo.

Quanto à estrutura e propriedades do espectro eletromagnético, o espectro eletromagnético é a gama completa de todas as frequências possíveis de radiação eletromagnética. É dividido em diferentes regiões com base nas frequências ou comprimentos de onda, incluindo ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios-X e raios gama. Assim, dada região do espectro eletromagnético tem características distintas de interação com a matéria e aplicações específicas.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Para as aplicações práticas das diferentes faixas do espectro temos: (1) Ondas de Rádio: Usadas em comunicações sem fio, como rádio AM/FM, televisão, comunicações via satélite e telecomunicações móveis; (2) Micro-ondas: Aplicadas em comunicações de curto alcance, fornos de micro-ondas, tecnologia de radar, comunicações por satélite e transmissão de dados; (3) Infravermelho: Utilizado em sistemas de visão noturna, controle remoto, termografia, comunicação sem fio de curto alcance e detecção de movimento; (4) Luz Visível: Permite a visão humana e é essencial para diversas aplicações, como iluminação artificial, fotografia, tecnologia de tela e lasers; (5) Ultravioleta: Usado em esterilização, fluorescência, fototerapia médica, detecção de falsificação e cura de materiais; (6) Raios-X: Amplamente utilizado em medicina para imagens médicas, inspeção de bagagens em aeroportos, radiografia industrial e pesquisa científica; e, (7) Raios Gama: Aplicados em esterilização de alimentos e equipamentos médicos, terapia de câncer, inspeção de soldas e detecção de materiais radioativos. Dentre outras inúmeras aplicações que estão presentes no cotidiano dos estudantes e muitas das vezes eles não conseguem correlacionar com o conteúdo abordado em sala de aula. Esse segundo momento tem uma duração de 400 minutos, onde a cada 100 minutos o professor apresenta uma etapa através dos slides e aplica um questionário referente a aula.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Quadro D – Modelos de slides para organização do conteúdo dos tipos de radiações correlacionados com os simuladores “Monte um núcleo” e o “Espalhamento de Rutherford”, ou seja, aula 3 do segundo momento.

TEMA DA AULA	NÚM. DOS SLIDES E TEMAS	CONTEÚDOS DOS SLIDES
Radiação Corpuscular, Tipos de Radiação Nuclear e Barreiras de Proteção	1: Introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Título: Radiação Corpuscular e Tipos de Radiação Nuclear • Breve introdução sobre o conceito de radiação corpuscular e sua relação com a radiação nuclear.
	2: Radiação Corpuscular	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de radiação corpuscular: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Radiação composta por partículas subatômicas (nêutrons, prótons, elétrons, partículas alfa etc.). ▸ Diferença entre radiação corpuscular e radiação eletromagnética.
	3: Tipos de Radiação Nuclear	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos principais tipos de radiação nuclear: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Radiação alfa (α) ▸ Radiação beta (β) ▸ Radiação gama (γ) ▸ Nêutrons (nêutrons)
	4: Radiação Alfa (α)	<ul style="list-style-type: none"> • Características da radiação alfa: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Composição: núcleo de hélio (2 prótons e 2 nêutrons). ▸ Penetração: baixa, pode ser bloqueada por uma folha de papel ou pela pele humana. ▸ Fontes naturais e artificiais.
	5: Radiação Beta (β)	<ul style="list-style-type: none"> • Características da radiação beta: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Composição: elétrons (β^-) ou pósitrons (β^+). ▸ Penetração: maior que a radiação alfa, bloqueada por materiais como alumínio ou vidro. ▸ Fontes naturais e artificiais.
	6: Radiação Gama (γ)	<ul style="list-style-type: none"> • Características da radiação gama: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Composição: ondas eletromagnéticas de alta energia. ▸ Penetração: muito alta, requer barreiras densas como chumbo ou concreto para bloqueio. ▸ Fontes naturais e artificiais.
	7: Nêutrons	<ul style="list-style-type: none"> • Características dos nêutrons: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Composição: partículas sem carga elétrica. ▸ Penetração: alta, requer materiais específicos como parafina ou água para atenuação. ▸ Fontes naturais e artificiais.
	8: Efeitos Biológicos das Radiações	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão sobre os efeitos das radiações ionizantes no corpo humano: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Dano celular e riscos à saúde. ▸ Importância da dosimetria e da proteção radiológica.
	9: Barreiras de Proteção	<ul style="list-style-type: none"> • Explicação das medidas de proteção contra radiações ionizantes: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Barreiras estruturais: espessuras de materiais como chumbo, concreto ou água. ▸ Equipamentos de proteção individual (EPIs): aventais de chumbo, luvas, óculos de proteção
	10: Normas de Segurança e Legislação	<ul style="list-style-type: none"> • Visão geral das normas de segurança radiológica: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Regulamentações nacionais e internacionais. ▸ Responsabilidades dos profissionais e das instituições.
	11: Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Recapitulação dos principais pontos abordados na aula: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Radiação corpuscular e tipos de radiação nuclear. ▸ Efeitos biológicos e barreiras de proteção.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

3

TERCEIRO MOMENTO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

No terceiro momento pedagógico, avaliação, é sugerido ao professor que o mesmo conduza os estudantes a resolver os exercícios, de forma clara e objetiva, em que essas respostas devem condizer com o que foi apresentado e discutido nas aulas.

Para o terceiro momento pedagógico, avaliação, pensamos em uma discussão à cerca do que foi trabalhado nos dois primeiros momentos e também elaboramos uma série de exercícios de fixação dos temas discutidos em cada uma das aulas apresentadas anteriormente, e que devem ser avaliados e analisados pelo professor, com o intuito de ter uma referência no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Onde poderemos organizar as conclusões afim de enriquecer o conhecimento de todos os envolvidos, debater as considerações, tornando-os mais críticos à cerca do tema. Este questionário avaliativo visará retificar se os novos entendimentos estarão melhor elaborados quando comparados aos anteriores. Esses exercícios, seguem um grau aumentativo de dificuldade, processo já aplicado em diversos vestibulares, inclusive o Enem, o mesmo deve auxiliar na análise feita pelo professor. Vale salientar que este trabalho não é um produto acabado, e que pode e deve ser modificado, dependendo das necessidades e especificidades de cada processo, tais como: turma, local, disponibilidade de materiais etc.

Esses exercícios podem ser aplicados ao final de cada aula (Figuras VII, VIII e IX), fazendo com que os dois últimos encontros sejam incorporados na contagem, sem distinção de 2° e 3° dos 3MP, por parte dos estudantes, como também, pode ser aplicado apenas no 3° MP, já que o processo avaliativo é dinâmico, a depender de como o professor vai fazer a sua conclusão.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Figura VII – Exercício ser aplicado no terceiro momento dos 3MP.

ATIVIDADE DE CONCLUSÃO

1 - Quais são as relações entre a frequência, o comprimento de onda e a energia de uma onda eletromagnética e como essas propriedades determinam a ordem dos diferentes tipos de radiação no espectro eletromagnético?

2 - Considere três tipos de onda eletromagnética: ondas de rádio, raios X e infravermelho. Indique qual dessas três ondas apresenta a maior e a menor frequência, justificando sua resposta com base na posição delas no espectro e na relação entre frequência e energia.

3 - Uma onda eletromagnética cujo comprimento é de 550 nm é uma onda visível? Se sim, indique a possível cor e explique como essa onda se relaciona com outras ondas no espectro visível em termos de comprimento de onda e energia.

4 - Relacione os seguintes tipos de radiação com as medidas de proteção adequadas e explique brevemente o princípio por trás de cada medida: (a) Radiação Ultravioleta, (b) Raios X, (c) Raios Gama.

5 - Classifique as seguintes ondas eletromagnéticas como ionizantes ou não ionizantes e explique a principal diferença entre esses dois tipos de radiação em termos de seus efeitos nos átomos e moléculas: ondas de rádio, raios X, luz visível, raios gama, ultravioleta.

6 - Imagine que você está trabalhando em um laboratório que utiliza fontes de radiação gama para esterilização de equipamentos. Quais riscos você enfrentaria e quais medidas de proteção individual e coletiva seriam necessárias?

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Figura VIII - Exercício denotado 2 para ser aplicado no terceiro momento pedagógico dos 3MP.

EXERCÍCIO 2

1- Quais são as principais aplicações das micro-ondas em comunicações e em aplicações domésticas?

2- Como os diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético são utilizados em telescópios para estudar o universo? Dê exemplos de observações em diferentes faixas do espectro.

3- Compare as radiações infravermelha e visível em termos de comprimento de onda, energia e aplicações práticas. Cite exemplos de dispositivos que utilizam cada uma dessas radiações.

4- Descreva como os raios X são emitidos e como são utilizados em diagnósticos médicos. Quais são as vantagens dos raios X em comparação com outras formas de imagem médica?

5- Como a radiação gama é utilizada para melhorar a segurança alimentar? Explique o processo de irradiação de alimentos e quais são os benefícios dessa técnica.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Figura IX - Exercício denotado 3 para ser aplicado no terceiro momento pedagógico dos 3MP.

EXERCÍCIO 3

1- (Enem – 2022) O elemento iodo (I) tem função biológica e é acumulado na tireoide. Nos acidentes nucleares de Chernobyl e Fukushima, ocorreu a liberação para a atmosfera do radioisótopo ^{131}I , responsável por enfermidades nas pessoas que foram expostas a ele. O decaimento de uma massa de 12 microgramas do isótopo ^{131}I foi monitorado por 14 dias, conforme o quadro.

Tempo (dia)	Massa residual de ^{131}I (μg)
0	12,0
2	10,1
4	8,5
5	7,8
6	7,2
8	6,0
14	3,6

Após o período de 40 dias, a massa residual desse isótopo é mais próxima de
A 24 μg . B 1,5 μg . C 0,8 μg . D 0,4 μg . E 0,2 μg .

2- (Enem – 2018) O elemento radioativo tório (Th) pode substituir os combustíveis fósseis e baterias. Pequenas quantidades desse elemento seriam suficientes para gerar grande quantidade de energia. A partícula liberada em seu decaimento poderia ser bloqueada utilizando-se uma caixa de aço inoxidável. A equação nuclear para o decaimento do $^{230}_{90}\text{Th}$ é:

$$^{230}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{226}_{88}\text{Ra} + \text{partícula} + \text{energia}$$

Considerando a equação de decaimento nuclear, a partícula que fica bloqueada na caixa de aço inoxidável é o(a)
A alfa. B beta. C próton. D nêutron. E pósitron.

3- Discuta os efeitos da radiação ultravioleta na pele humana e como os filtros solares protegem contra esses efeitos. Explique a diferença entre os tipos de radiação UV (UV-A, UV-B e UV-C) em termos de penetração na atmosfera e impacto biológico.

4- Compare a tomografia computadorizada com raios X com outros métodos de imagem médica, como a radiografia simples e a ressonância magnética. Quais são as vantagens específicas da tomografia computadorizada em diferentes situações clínicas?

5- Compare a tomografia computadorizada com raios X com outros métodos de imagem médica, como a radiografia simples e a ressonância magnética. Quais são as vantagens específicas da tomografia computadorizada em diferentes situações clínicas?

6- Explique os processos físicos e químicos envolvidos na irradiação de alimentos com radiação gama para conservação. Quais são os benefícios e as preocupações associadas ao uso dessa técnica?

4. ESTRUTURA DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Como sugestão de uma leitura complementar, pode se pedir aos estudantes para fazer um “tour” na plataforma da NASA - Espectro Eletromagnético, Universo Invisível: O Espectro Eletromagnético de Ondas de Rádio a Raios Gama e Luz: O Espectro Visível e Além, link: [O que é Espectro Eletromagnético?](#) - [Gaia Ciência | Divulgação Científica \(gaiaciencia.com.br\)](#).

5. OS SIMULADORES PROPOSTOS

SIMULADOR "ONDAS INTRO"

O simulador "**Ondas Intro**" do **PhET** é uma ferramenta para explorar conceitos fundamentais sobre **ondas mecânicas** e **ondas sonoras**, que pode facilitar a compreensão de propriedades como **frequência**, **amplitude**, **comprimento de onda** e **velocidade de propagação**. A seguir está uma sequência de passos para orientar os estudantes no uso do simulador, além de uma lista de conceitos físicos que podem ser discutidos durante a atividade.

Objetivo da Atividade:

Fazer com que os alunos compreendam as propriedades das ondas e como variáveis como frequência, amplitude e meio afetam sua propagação.

A SEQUÊNCIA DE PASSOS PARA O SIMULADOR "ONDAS INTRO"

Passo 1: Introdução ao Conceito de Ondas

Conceito discutido: O que é uma onda?

Inicie a atividade discutindo o conceito de **ondas**, explicando que são perturbações que se propagam em um meio, transportando energia sem transportar matéria.

Use o simulador para mostrar uma onda gerada numa corda, focando em sua forma e propagação.

Pergunta inicial para os alunos: O que você entende por uma "onda"? Onde você observa ondas no dia a dia (por exemplo, em água, som, luz)?

Passo 2: Exploração da Amplitude da Onda

Conceito discutido: Amplitude.

Peça aos alunos para ajustarem a **amplitude** da onda no simulador, observando como a altura da onda (distância máxima em relação ao ponto de equilíbrio) muda.

Explique que a **amplitude** está relacionada à quantidade de energia que a onda transporta, sendo maior em ondas mais "altas".

Exemplo prático: Ajustar a amplitude para diferentes valores e observar o impacto no visual da onda.

Pergunta orientadora: O que acontece com a onda quando aumentamos a amplitude? Como isso afeta a energia que a onda transporta?

Passo 3: Investigação da Frequência da Onda

Conceito discutido: Frequência.

Utilize o simulador para ajustar a **frequência** da onda, que é o número de oscilações por segundo. Discuta como a frequência está relacionada à **velocidade de oscilação** da onda.

Aponte que a frequência afeta sons no caso de ondas sonoras, com frequências mais altas gerando sons mais agudos.

Exemplo prático: Ajustar a frequência da onda no simulador e observar como a "rapidez" das oscilações muda.

Pergunta orientadora: O que acontece quando aumentamos a frequência da onda? Como isso afeta o som ou a repetição da onda?

Passo 4: Relação entre Comprimento de Onda e Frequência

Conceito discutido: Comprimento de onda e relação com a frequência.

Mostre como, ao aumentar a frequência, o **comprimento de onda** (a distância entre dois picos consecutivos da onda) diminui.

Discuta a relação inversa entre frequência e comprimento de onda, enfatizando que ondas de alta frequência têm comprimentos de onda menores.

Exemplo prático: Ajuste a frequência e observe a mudança no comprimento de onda.

Pergunta orientadora: Quando aumentamos a frequência, o que acontece com o comprimento de onda? Como podemos descrever a relação entre essas duas propriedades?

Passo 5: Exploração da Velocidade da Onda

Conceito discutido: Velocidade de propagação da onda.

No simulador, explore como a **velocidade da onda** depende do meio em que ela se propaga. Mostre que a velocidade não é alterada diretamente pela amplitude ou frequência, mas sim pelo meio de propagação.

Explique a fórmula da velocidade da onda: $v = \lambda \cdot f$ onde v é a velocidade, λ é o comprimento de onda, e f é a frequência.

Exemplo prático: Ajuste o simulador para ondas em diferentes meios e observe a velocidade da propagação.

Pergunta orientadora: O que determina a velocidade da onda? Como a velocidade da onda se relaciona com o comprimento de onda e a frequência?

Passo 6: Reflexão e Interferência de Ondas

Conceito discutido: Reflexão e interferência.

Mostre no simulador como as ondas podem **se refletir** quando encontram barreiras, e introduza o conceito de **interferência** de ondas quando duas ondas se encontram.

Explique que a **interferência construtiva** ocorre quando duas ondas se somam, formando uma onda maior, enquanto a

interferência destrutiva ocorre quando uma onda cancela a outra.

Exemplo prático: Use o simulador para criar interferências entre duas ondas.

Pergunta orientadora: O que acontece quando duas ondas se encontram? Como você descreveria os fenômenos de interferência construtiva e destrutiva?

Passo 7: Ondas Sonoras

Conceito discutido: Som como onda longitudinal.

Mude o simulador para **ondas sonoras** e mostre como essas ondas são diferentes das ondas em uma corda, já que o som se propaga por compressões e rarefações do ar.

Discuta como a frequência das ondas sonoras determina o **tom** (agudo ou grave) e a amplitude está relacionada ao **volume** (mais alto ou mais baixo).

Exemplo prático: Ajustar a frequência e a amplitude de uma onda sonora no simulador para observar como afeta o som.

Pergunta orientadora: Como o som que ouvimos está relacionado à frequência e à amplitude das ondas? Como isso explica sons graves e agudos, ou sons altos e baixos?

CONCEITOS FÍSICOS QUE PODEM SER DISCUTIDOS COM O SIMULADOR "ONDAS INTRO"

1. **Amplitude:**

A altura da onda e sua relação com a energia transportada pela onda.

2. **Frequência:**

O número de oscilações por segundo e sua relação com o som (no caso das ondas sonoras) ou a repetição da onda em uma corda.

3. **Comprimento de Onda:**

A distância entre dois picos consecutivos e sua relação inversa com a frequência.

4. **Velocidade de Propagação:**

A rapidez com que a onda se move através de um meio, que depende da natureza do meio e da relação $v = \lambda \cdot f$

5. **Reflexão e Interferência de Ondas:**

O comportamento das ondas ao encontrar barreiras ou ao se encontrarem, levando a fenômenos de interferência construtiva e destrutiva.

6. **Ondas Sonoras:**

Ondas longitudinais que se propagam por compressão e rarefação, com a frequência determinando o tom e a amplitude o volume.

7. **Ondas em Diferentes Meios:**

Como a natureza do meio afeta a velocidade e a forma de propagação das ondas.

Essa sequência de passos é projetada para envolver os alunos de forma ativa, permitindo-lhes **explorar interativamente** os conceitos de **ondas** enquanto visualizam diretamente os efeitos das variáveis no comportamento ondulatório. Com essa abordagem investigativa, eles poderão construir uma compreensão mais sólida e conectada das propriedades e comportamentos das ondas.

SIMULADOR "INTERFERÊNCIA DE ONDA"

O simulador "**Interferência de Onda**" do PhET é uma ferramenta excelente para visualizar e explorar os fenômenos de **interferência** e **difração** de ondas, tanto **mecânicas** (como as ondas em água) quanto **eletromagnéticas** (como ondas de luz). Ele permite que os estudantes compreendam conceitos fundamentais como **interferência construtiva** e **destrutiva**, a natureza das **ondas senoidais** e o impacto de **fatores geométricos** e de **frequência** na propagação de ondas. Abaixo está uma sequência de passos para guiar os estudantes na utilização do simulador, juntamente com os conceitos físicos que podem ser discutidos

Objetivo da Atividade:

Permitir que os alunos explorem o comportamento de ondas em diferentes cenários, observando como a interferência e a difração ocorrem em ondas de água, som e luz, e relacionar essas observações com as leis da física ondulatória.

A SEQUÊNCIA DE PASSOS O SIMULADOR "INTERFERÊNCIA DE ONDA"

Passo 1: Introdução ao Conceito de Ondas e Interferência

Conceito discutido: O que são ondas e interferência?

Comece explicando que ondas são perturbações que se propagam em um meio, transportando energia sem transporte de matéria.

Introduza o conceito de **interferência**: quando duas ou mais ondas se encontram, elas podem se somar ou se anular, resultando em **interferência construtiva** ou **destrutiva**.

Pergunta inicial para os alunos: O que você imagina que acontece quando duas ondas colidem? Elas se somam, se anulam, ou algo mais?

Passo 2: Exploração da Interferência em Ondas de Água

Conceito discutido: Interferência construtiva e destrutiva.

Use o simulador para gerar **ondas em água** com duas fontes e observe o padrão resultante quando as ondas se encontram.

Discuta a **interferência construtiva**, que ocorre quando as cristas de duas ondas se encontram, resultando em uma onda maior, e a **interferência destrutiva**, quando uma crista encontra um vale, resultando em uma anulação.

Exemplo prático: Ajuste as fontes de ondas no simulador para observar padrões de interferência, como as regiões de cristas reforçadas e as zonas de anulação.

Pergunta orientadora: Onde você observa áreas de reforço e áreas de anulação no padrão de interferência das ondas? O que causa essas regiões?

Passo 3: Introdução ao Princípio de Superposição

Conceito discutido: Princípio da superposição.

Explique o **princípio da superposição**, que afirma que quando duas ou mais ondas se encontram, o deslocamento resultante em qualquer ponto é a soma dos deslocamentos individuais das ondas naquele ponto.

Exemplo prático: Use o simulador para gerar ondas com diferentes amplitudes e fases, mostrando como a soma das ondas resulta em padrões complexos.

Pergunta orientadora: Como o padrão de ondas resultante muda quando alteramos a amplitude ou a fase das ondas? O que isso nos diz sobre como as ondas interagem?

Passo 4: Investigação da Difração de Ondas

Conceito discutido: Difração de ondas.

No simulador, ajuste as **aberturas** ou **barreiras** no caminho das ondas para explorar a **difração**, que é o fenômeno em que uma onda se espalha ao passar por uma abertura ou contornar um obstáculo.

Explique que a difração é mais pronunciada quando o comprimento de onda é comparável ao tamanho da abertura.

Exemplo prático: Insira barreiras com uma ou duas aberturas e observe como as ondas se espalham ao passar pelas aberturas.

Pergunta orientadora: O que você observa quando as ondas passam por uma abertura estreita? E quando a abertura é mais larga? Como a difração depende do comprimento de onda?

Passo 5: Exploração da Interferência em Ondas de Luz

Conceito discutido: Interferência em ondas de luz (experimento de fenda dupla).

Mude o simulador para **ondas de luz** e configure duas fontes, criando um cenário similar ao **experimento da fenda dupla** de Young. Explique que, assim como as ondas em água, a luz também sofre **interferência construtiva** e **destrutiva**, formando padrões de **máximos** (luz brilhante) e **mínimos** (escuridão).

Discuta como a interferência de luz é a base de muitos fenômenos ópticos, como o padrão de interferência em filmes finos ou em redes de difração.

Exemplo prático: Ajustar a distância entre as fendas no simulador para ver como o padrão de interferência muda.

Pergunta orientadora: O que acontece quando a luz passa por duas fendas? Como o padrão de interferência muda quando ajustamos a distância entre as fendas?

Passo 6: Relação entre Comprimento de Onda, Frequência e Interferência

Conceito discutido: Comprimento de onda e interferência.

Discuta como o **comprimento de onda** da radiação afeta o padrão de interferência. Ondas de diferentes comprimentos de onda produzem diferentes espaçamentos entre os máximos de interferência.

Use o simulador para ajustar a **frequência** (ou comprimento de onda) das ondas e observe como o padrão de interferência se altera.

Exemplo prático: Mudar a frequência das ondas e observar o impacto no espaçamento entre os máximos e mínimos de interferência.

Pergunta orientadora: Como o padrão de interferência muda quando aumentamos ou diminuímos o comprimento de onda das ondas? O que isso nos diz sobre a relação entre comprimento de onda e interferência?

Passo 7: Interferência e Som

Conceito discutido: Interferência em ondas sonoras.

Explore como a **interferência de ondas sonoras** resulta em **batimentos** ou **zonas de silêncio**, quando ondas com frequências próximas ou iguais interferem entre si. Discuta aplicações práticas, como cancelamento de ruído e acústica de ambientes.

Exemplo prático: Use o simulador para gerar duas fontes de som e observe o padrão de interferência resultante.

Pergunta orientadora: Como o padrão de interferência se manifesta em ondas sonoras? Como podemos usar esse princípio para controlar o som em nosso ambiente?

Passo 8: Interferência em Redes de Difração

Conceito discutido: Redes de difração.

Introduza o conceito de **redes de difração**, que contêm múltiplas fendas e podem ser usadas para separar diferentes comprimentos de onda de luz, criando padrões detalhados de interferência.

Exemplo prático: Ajuste o simulador para gerar um padrão de interferência com múltiplas fendas e observe como o padrão se torna mais complexo.

Pergunta orientadora: O que acontece quando passamos a luz por várias fendas? Como isso afeta o padrão de interferência?

CONCEITOS FÍSICOS QUE PODEM SER DISCUTIDOS COM O SIMULADOR "INTERFERÊNCIA DE ONDA"

1. **Interferência Construtiva e Destrutiva:**

Interação entre ondas, resultando em reforço ou anulação dependendo da fase.

2. **Princípio de Superposição:**

A onda resultante é a soma das ondas individuais em cada ponto do espaço.

3. **Difração de Ondas:**

O espalhamento de ondas ao passar por uma abertura ou contornar obstáculos, mais evidente quando o comprimento de onda é comparável ao tamanho da abertura.

4. **Interferência em Ondas de Luz (Experimento de Fenda Dupla):**

O fenômeno de interferência com ondas de luz, levando a padrões de franjas de máximos e mínimos.

5. **Comprimento de Onda e Frequência:**

A relação entre o comprimento de onda e a interferência, com ondas de diferentes comprimentos de onda gerando diferentes padrões de interferência.

6. **Interferência de Ondas Sonoras:**

O fenômeno de interferência aplicado ao som, resultando em batimentos ou zonas de silêncio.

7. **Redes de Difração:**

Múltiplas fendas criando padrões de interferência mais complexos, usadas para separar diferentes comprimentos de onda de luz.

Essa sequência de passos permite aos alunos explorar de forma ativa e visual os conceitos de **interferência e difração** de ondas em diferentes contextos, ajudando a construir uma compreensão profunda de como esses fenômenos se aplicam tanto às ondas mecânicas quanto às ondas eletromagnéticas.

SIMULADOR "MONTE UM NÚCLEO"

O simulador "**Monte um Núcleo**" do **PhET** é uma ferramenta útil para explorar conceitos de **física nuclear**, especialmente no que diz respeito à estrutura atômica e às interações nucleares. Para aproveitar este recurso, podemos seguir uma sequência de passos que facilita o processo de aprendizado dos alunos enquanto eles utilizam o simulador.

A seguir, está uma proposta de sequência de aplicação e os conceitos físicos que podem ser discutidos com base no simulador, juntamente com os conceitos físicos que podem ser discutidos durante a atividade.

Objetivo da Atividade:

Levar os alunos a compreender a estrutura dos átomos, a composição dos núcleos, a diferença entre isótopos e elementos, além de introduzir conceitos de estabilidade nuclear e forças fundamentais no núcleo.

A SEQUÊNCIA DE PASSOS PARA O SIMULADOR "MONTE UM NÚCLEO"

Passo 1: Introdução Conceitual

Conceito discutido: Estrutura do átomo.

O professor pode introduzir a **estrutura do átomo**, explicando que ele é composto por um núcleo central formado por prótons e nêutrons, e que os elétrons orbitam em torno desse núcleo.

Pergunta inicial para os alunos: O que você já sabe sobre o que constitui o núcleo de um átomo? Que partículas existem no núcleo?

Passo 2: Montagem de Núcleos Simples

Conceito discutido: Prótons, nêutrons e número atômico

Solicite aos alunos que utilizem o simulador para **construir o núcleo de átomos simples**, como o hidrogênio e o hélio, e observem as partículas que compõem esses núcleos: prótons e nêutrons.

Destaque a relação entre o **número de prótons** e o **número atômico** (que define o elemento químico).

Pergunta orientadora: Qual a diferença entre um átomo de hidrogênio e de hélio? Como os números de prótons e nêutrons influenciam essa diferença?

Passo 3: Exploração de Isótopos

Conceito discutido: Isótopos.

Após montar átomos como o hidrogênio e o hélio, oriente os alunos a adicionar ou remover nêutrons para gerar **isótopos**.

Explique que isótopos são átomos de um mesmo elemento que possuem o mesmo número de prótons, mas **diferente número de nêutrons**.

Exemplo prático: Peça aos alunos que construam o isótopo **Hidrogênio-2 (Deutério)** e comparem com o **Hidrogênio-1 (Prótio)**.

Pergunta orientadora: Como a adição de nêutrons altera a identidade do átomo? O que muda entre o Hidrogênio-1 e o Hidrogênio-2?

Passo 4: Investigação da Estabilidade Nuclear

Conceito discutido: Estabilidade nuclear.

Use o simulador para mostrar que alguns núcleos são estáveis enquanto outros são instáveis, dependendo da relação entre o número de prótons e nêutrons.

Explique o conceito de **força nuclear forte**, que mantém o núcleo unido, e a **força eletromagnética**, que tende a repelir os prótons.

Exemplo prático: Peça aos alunos para montar átomos com diferentes números de nêutrons e identificar quais são estáveis e quais não são.

Pergunta orientadora: O que acontece se colocarmos muitos nêutrons ou poucos nêutrons no núcleo? Como isso afeta a estabilidade do átomo?

Passo 5: Decaimento Radioativo

Conceito discutido: Decaimento radioativo.

Utilize o simulador para explorar núcleos que são **radioativos** e que podem sofrer **decaimento**, transformando-se em outros elementos.

Explique que o decaimento ocorre para alcançar uma configuração mais estável e que existem diferentes tipos de decaimento, como **alfa**, **beta** e **gama**.

Exemplo prático: Monte um núcleo instável (como Carbono-14) e discuta o que acontece durante o decaimento.

Pergunta orientadora: Por que alguns átomos se transformam em outros ao longo do tempo? Qual o papel da radioatividade nesse processo?

Passo 6: Relação Entre Massa e Energia

Conceito discutido: Equivalência massa-energia ($E = m.c^2$).

Introduza o conceito de que a **massa nuclear** não é simplesmente a soma das massas dos prótons e nêutrons, pois uma parte da massa é convertida em **energia de ligação nuclear**.

Explique a relação entre **massa e energia** utilizando a fórmula de Einstein ($E = m.c^2$).

Exemplo prático: Use o simulador para montar um núcleo e comparar a massa total com a soma das massas das partículas constituintes.

Pergunta orientadora: Por que a massa do núcleo é um pouco menor que a soma das massas dos prótons e nêutrons individuais?

CONCEITOS FÍSICOS QUE PODEM SER DISCUTIDOS COM O SIMULADOR "MONTE UM NÚCLEO"

1. Estrutura do Átomo:

Prótons, nêutrons e o conceito de número atômico e número de massa.

2. Isótopos:

Diferença entre átomos de um mesmo elemento que têm números de nêutrons diferentes.

3. Força Nuclear Forte:

A força que mantém os prótons e nêutrons unidos dentro do núcleo.

4. Força Eletromagnética:

A força de repulsão entre prótons no núcleo e seu papel na estabilidade nuclear.

5. Estabilidade Nuclear:

Relação entre o número de prótons e nêutrons, explicando por que alguns núcleos são estáveis e outros são radioativos.

6. Decaimento Radioativo:

Processos pelos quais núcleos instáveis se transformam em núcleos mais estáveis, liberando energia.

7. Equivalência Massa-Energia ($E = m.c^2$):

A energia de ligação nuclear e como ela se relaciona com a massa do núcleo.

Essa sequência de passos permite aos alunos explorar ativamente os **conceitos de física nuclear**, fazendo conexões entre o que eles observam no simulador e os princípios teóricos apresentados em sala. Além disso, promove um ambiente investigativo, em que os alunos podem formular hipóteses, testar suas ideias e refletir sobre os resultados que obtêm.

SIMULADOR "ESPECTRO DO CORPO NEGRO"

O simulador "Espectro do Corpo Negro" do PhET permite que os alunos explorem o conceito de **radiação de corpo negro** e a relação entre **temperatura**, **energia emitida** e o **espectro eletromagnético**. Ele é uma excelente ferramenta para introduzir conceitos de **física moderna**, como a **quantização da radiação** e as ideias centrais da **mecânica quântica** relacionadas à emissão e absorção de energia.

A seguir, está uma sequência de passos para guiar os estudantes na utilização do simulador, juntamente com os conceitos físicos que podem ser discutidos durante a atividade.

Objetivo da Atividade:

Explorar a radiação de corpo negro, compreender como a temperatura afeta o espectro de emissão e introduzir a quantização da radiação, que levou ao desenvolvimento da mecânica quântica.

SEQUÊNCIA DE PASSOS PARA UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR "ESPECTRO DO CORPO NEGRO"

Passo 1: Introdução à Radiação de Corpo Negro

Conceito discutido: O que é radiação de corpo negro?

Comece explicando o conceito de um **corpo negro**, um objeto ideal que absorve toda a radiação incidente e emite radiação de acordo com sua temperatura.

No simulador, mostre a curva de radiação para diferentes temperaturas e introduza o conceito de emissão térmica.

Pergunta inicial para os alunos: O que você acha que influencia a cor ou o tipo de luz emitida por um objeto quente, como o Sol ou um pedaço de metal aquecido?

Passo 2: Exploração da Relação entre Temperatura e Cor da Radiação

Conceito discutido: Lei de Wien e mudança de cor com a temperatura.

Utilize o simulador para ajustar a temperatura do corpo negro e observar a mudança no **espectro de emissão**. Mostre que, à medida que a temperatura aumenta, o **comprimento de onda de pico** da radiação emitida se desloca para valores menores (mais azul no espectro visível). Introduza a **Lei de Deslocamento de Wien**, que relaciona a temperatura ao comprimento de onda de máxima emissão: $\lambda_{\text{máx}} = T \cdot b$ onde b é a constante de Wien e T é a temperatura em Kelvin.

Exemplo prático: Aumente gradualmente a temperatura e observe a mudança na cor emitida pelo corpo negro no simulador.

Pergunta orientadora: O que acontece com a cor da radiação emitida à medida que a temperatura aumenta? Como a temperatura afeta o comprimento de onda de pico?

Passo 3: Investigação do Espectro Eletromagnético

Conceito discutido: Espectro eletromagnético.

Explore o simulador para mostrar que a radiação emitida por um corpo negro não se limita ao **espectro visível**, mas se estende a outras regiões do espectro eletromagnético, como **infravermelho** e **ultravioleta**.

Discuta como diferentes temperaturas de um corpo negro emitem radiação em diferentes faixas do espectro.

Exemplo prático: Ajustar a temperatura para valores muito baixos (emitindo principalmente no infravermelho) e para valores muito altos (emitindo principalmente no ultravioleta).

Pergunta orientadora: O corpo negro emite apenas luz visível? O que acontece com a radiação quando aumentamos ou diminuímos a temperatura?

Passo 4: Relação entre Temperatura e Energia Emitida

Conceito discutido: Lei de Stefan-Boltzmann.

Explique que a **energia total emitida** por um corpo negro é proporcional à quarta potência de sua temperatura, de acordo com a **Lei de Stefan-Boltzmann**: $P = \sigma \cdot A \cdot T^4$ onde P é a potência emitida, σ é a constante de Stefan-Boltzmann, A é a área da superfície emissora, e T é a temperatura. Use o simulador para mostrar que, ao aumentar a temperatura, o corpo negro emite **muito mais energia**, não apenas mudando o comprimento de onda de pico, mas também aumentando a intensidade da radiação em todas as frequências.

Exemplo prático: Aumente a temperatura no simulador e observe o crescimento exponencial da energia emitida.

Pergunta orientadora: O que acontece com a energia total emitida pelo corpo negro à medida que a temperatura aumenta? Como a Lei de Stefan-Boltzmann explica essa relação?

Passo 5: Introdução ao Conceito de Quantização da Energia

Conceito discutido: Quantização da radiação (Planck).

Explique que o modelo clássico da física falhava em explicar o espectro de corpo negro, resultando na **catástrofe do ultravioleta**. Foi Max Planck quem introduziu a ideia de que a energia da radiação é **quantizada**, ou seja, emitida em pacotes discretos chamados **quanta**.

Discuta a relação entre a energia e a frequência da radiação, dada pela equação: $E = h \cdot f$ onde E é a energia, h é a constante de Planck, e f é a frequência.

Exemplo prático: Use o simulador para observar que o aumento da frequência (com aumento de temperatura) está relacionado a radiações com energias mais elevadas.

Pergunta orientadora: O que significa dizer que a energia é quantizada? Como a teoria de Planck explica o espectro de radiação de um corpo negro?

Passo 6: Aplicações na Astrofísica e na Vida Cotidiana

Conceito discutido: Aplicações da radiação de corpo negro.

Discuta com os alunos como o conceito de **radiação de corpo negro** se aplica à **astrofísica**, como na determinação da **temperatura das estrelas** com base em sua cor.

Relacione também com situações cotidianas, como o **funcionamento de lâmpadas incandescentes** e a emissão de radiação por objetos quentes.

Exemplo prático: No simulador, simule a temperatura de corpos negros que se aproximam da temperatura de diferentes estrelas, como o Sol, e compare com o espectro emitido.

Pergunta orientadora: Como podemos usar o espectro de um corpo negro para determinar a temperatura de uma estrela? Que outras aplicações da radiação de corpo negro podemos ver em nosso dia a dia?

CONCEITOS FÍSICOS QUE PODEM SER DISCUTIDOS COM O SIMULADOR "ESPECTRO DO CORPO NEGRO"

1. **Radiação de Corpo Negro:**

Um corpo ideal que emite radiação baseada exclusivamente em sua temperatura.

2. **Lei de Wien:**

O comprimento de onda de pico da radiação emitida por um corpo negro é inversamente proporcional à temperatura.

3. **Espectro Eletromagnético:**

A radiação emitida por um corpo negro se estende por todo o espectro eletromagnético, desde o infravermelho até o ultravioleta.

4. **Lei de Stefan-Boltzmann:**

A potência total emitida por um corpo negro é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta.

5. **Quantização da Energia:**

A energia emitida por um corpo negro é quantizada em pacotes discretos, chamados quanta, de acordo com a teoria de Planck.

6. **Aplicações Astrofísicas:**

Uso da radiação de corpo negro para estimar a temperatura de estrelas e outros corpos astronômicos.

7. **Catástrofe do Ultravioleta:**

O 'fracasso' da física clássica em explicar a radiação emitida por um corpo negro, levando ao desenvolvimento da teoria quântica.

Essa sequência de passos permite aos alunos explorar e visualizar **conceitos complexos de forma intuitiva**, enquanto fazem conexões entre a radiação de corpo negro e a física quântica, além de discutir suas aplicações no mundo real.

SIMULADOR "ESPALHAMENTO DE RUTHERFORD"

O simulador "**Espalhamento de Rutherford**" do PhET é uma ferramenta para visualizar o experimento histórico de Rutherford, que revelou a estrutura do átomo. Esse simulador permite que os alunos observem como as partículas alfa interagem ao colidir com o núcleo de um átomo, fornecendo uma compreensão da estrutura atômica e dos conceitos fundamentais de **forças eletrostáticas** e **modelo atômico nuclear**.

Aqui está uma sequência de passos para ser aplicada com os alunos, explorando conceitos físicos discutidos durante o uso do simulador.

Objetivo da Atividade:

Permitir que os estudantes visualizem o experimento de Rutherford, compreendendo a descoberta do núcleo atômico e a natureza do átomo, além das forças eletrostáticas que governam a interação entre partículas carregadas.

SEQUÊNCIA DE PASSOS PARA UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR “ESPALHAMENTO DE RUTHERFORD”

Passo 1: Introdução ao Modelo Atômico e ao Experimento de Rutherford

Conceitos discutidos: Modelos atômicos (Thomson e Rutherford) e a descoberta do núcleo atômico.

Inicie com uma explicação dos modelos atômicos anteriores, como o modelo de **pudding de passas** de Thomson, que imaginava o átomo como uma esfera de carga positiva contendo elétrons dispersos.

Explique como o experimento de **Rutherford** usou partículas alfa para bombardear uma folha de ouro muito fina, revelando que a maioria das partículas passava direto, enquanto algumas eram desviadas, sugerindo que o átomo tem um pequeno núcleo denso e carregado positivamente.

Pergunta inicial para os alunos: Como você imagina que são distribuídas as cargas dentro de um átomo? O que você esperaria que acontecesse se lançássemos partículas carregadas contra ele?

Passo 2: Exploração do Simulador – Observando o Comportamento das Partículas Alfa

Conceitos discutidos: Espalhamento de partículas alfa e forças eletrostáticas.

No simulador, configure a simulação com uma folha de ouro e um feixe de **partículas alfa** (núcleos de hélio, que são carregados positivamente) para mostrar como essas partículas se comportam ao se aproximar do núcleo de um átomo.

Explique que as partículas alfa são desviadas devido à **repulsão eletrostática** entre a carga positiva do núcleo do átomo e a carga positiva das partículas alfa.

Exemplo prático: Ajuste o número de partículas alfa disparadas contra a folha de ouro e observe quantas passam direto e quantas são desviadas em diferentes ângulos.

Pergunta orientadora: O que acontece com a trajetória das partículas alfa quando elas se aproximam do núcleo do átomo? Por que algumas partículas são desviadas em grandes ângulos enquanto outras passam quase reto?

Passo 3: Investigação da Tamanho e Carga do Núcleo

Conceitos discutidos: Tamanho do núcleo e distribuição de carga no átomo.

Use o simulador para alterar o tamanho do núcleo e a carga nuclear, mostrando como essas mudanças afetam o espalhamento das partículas alfa.

Explique que, devido ao núcleo ser muito pequeno e denso, a maioria das partículas alfa passa pelo átomo sem ser desviada, mas aquelas que se aproximam bastante do núcleo sofrem desvios significativos devido à força eletrostática.

Exemplo prático: Aumentar a carga nuclear no simulador e observar como as partículas alfas são mais fortemente desviadas.

Pergunta orientadora: Como o comportamento das partículas alfa muda quando o núcleo atômico tem uma carga maior? E quando o tamanho do núcleo é alterado?

Passo 4: Comparação com o Modelo de Thomson

Conceitos discutidos: Diferenças entre os modelos de Thomson e Rutherford.

Discuta como o experimento de Rutherford refutou o modelo de Thomson, mostrando que o átomo não é uma massa homogênea de carga positiva, mas sim tem uma estrutura com um pequeno núcleo central onde reside a maior parte da massa e da carga positiva.

Exemplo prático: Compare o comportamento das partículas alfa no simulador com a descrição do modelo de Thomson, destacando as diferenças.

Pergunta orientadora: Como os resultados do experimento de Rutherford contradizem a ideia do modelo de Thomson? O que esses resultados sugerem sobre a estrutura do átomo?

Passo 5: Analisando a Energia Cinética das Partículas Alfa

Conceitos discutidos: Energia cinética e espalhamento.

Ajuste o simulador para alterar a **energia cinética** das partículas alfa e observe como isso afeta sua capacidade de se aproximar do núcleo e a intensidade do espalhamento.

Explique que partículas com maior energia cinética são desviadas menos, pois conseguem se aproximar mais do núcleo antes de serem repelidas pela força eletrostática.

Exemplo prático: Aumente ou diminua a energia das partículas alfa no simulador e observe como isso muda os ângulos de espalhamento.

Pergunta orientadora: Como o aumento da energia cinética das partículas alfa afeta o espalhamento? Por que as partículas mais rápidas se aproximam mais do núcleo antes de serem desviadas?

Passo 6: Relação com as Forças Eletrostáticas

Conceitos discutidos: Lei de Coulomb e interação entre cargas.

Explique como a **Lei de Coulomb** descreve a força eletrostática entre duas cargas. A força é diretamente proporcional à magnitude das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

Discuta como essa força se manifesta no espalhamento das partículas alfa ao se aproximarem do núcleo.

Exemplo prático: Observe no simulador como a força de repulsão entre a partícula alfa e o núcleo aumenta à medida que elas se aproximam.

Pergunta orientadora: Como a força de repulsão entre o núcleo e a partícula alfa varia com a distância? Como isso se relaciona com o conceito de força eletrostática?

Passo 7: Impacto Histórico do Experimento de Rutherford

Conceitos discutidos: Importância histórica do experimento.

Conclua explicando que o experimento de Rutherford foi crucial para a evolução da física atômica. Ele não apenas refutou o modelo de Thomson, mas também pavimentou o caminho para o desenvolvimento do **modelo de Bohr** e a compreensão moderna da estrutura atômica.

Exemplo prático: Peça aos alunos que reflitam sobre a importância do experimento de Rutherford no contexto da física e da química.

Pergunta final: Como você acha que o experimento de Rutherford influenciou nossa compreensão atual do átomo?

CONCEITOS FÍSICOS QUE PODEM SER DISCUTIDOS COM O SIMULADOR "ESPALHAMENTO DE RUTHERFORD"

1. Forças Eletrostáticas:

Interações de repulsão entre cargas positivas (partículas alfa e núcleo) baseadas na Lei de Coulomb.

2. Estrutura Atômica:

O átomo é composto de um pequeno núcleo denso, onde está concentrada a maior parte da massa, circundado por elétrons em uma região maior e praticamente vazia.

3. Modelo Atômico de Rutherford:

O modelo que substituiu o de Thomson, mostrando a existência de um núcleo compacto e central no átomo.

4. Espalhamento de Partículas:

O desvio das partículas alfa ao se aproximar do núcleo devido à força eletrostática.

5. Energia Cinética e Espalhamento:

A relação entre a energia das partículas alfa e a distância que podem alcançar antes de serem desviadas pela força eletrostática do núcleo.

6. Lei de Coulomb:

A força entre duas cargas é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas, o que explica a força de repulsão entre partículas alfa e o núcleo.

Essa sequência de passos permite que os alunos façam uma análise profunda do **experimento de Rutherford** e de seus resultados, compreendendo as bases da física atômica moderna e as interações eletrostáticas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A superação da abordagem superficial, com o ensino tradicional de ondas eletromagnéticas em sala de aula pode ser alcançada através da dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos.

A exploração do espectro eletromagnético, enriquecida pelas concepções iniciais dos alunos, amplia a compreensão dos conceitos. Diferentemente de aulas centradas na aplicação mecânica de fórmulas, a dinâmica incentivou a reflexão sobre o propósito dos cálculos matemáticos.

O uso de simuladores desempenha um bom papel ao facilitar a visualização e a manipulação de grandezas físicas, tornando o comportamento de ondas e partículas tangível. A utilização dessa metodologia pode promover um ambiente de aprendizado dinâmico para os alunos.

Além disso, as aulas dialógicas e expositivas, acompanhadas de vídeos educativos, contribuiu para a formação do ambiente acolhedor e possível estimulador de aprendizagem, corroborando com a abordagem dos 3MP utilizada em nossa sequência de ensino.

Por fim, a aplicação do conhecimento, não se deu apenas no último momento de SE, mas em cada um dos 3MP.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, K. B; SANTOS, P. J. S E FERREIRA, G. K. Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 461-482, 2015.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2ª Edição, 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa / Paulo Freire**. São Paulo: Paz e Terra, Coleção Leitura, 1996.

GIACOMINI, A.; MUENCHEN, C. Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, 2015.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, supl. 1, e20200451, 2021.