



ROTEIRO DO PROFESSOR(A)

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NAS AULAS DE FÍSICA

Com Simulações do PhET

Fortunato Pereira Andrade

Orientadora:

Nilma Soares da Silva



SUMÁRIO



3

Explorando a Lei de Coulomb com Simulações do PhET

Explorando Cargas e Campos com Simulações do PhET

20



Explorando a Lei de Coulomb com Simulações do PhET



Ao Professor(a)

O presente trabalho propõe um material orientador para os planejamentos de aula envolvendo a abordagem do ensino por investigação com o uso de simulações através do PhET para o desenvolvimento da alfabetização científica. Este material foi elaborado durante a pesquisa de Mestrado Profissional em Educação e Docência – PROMESTE da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, com o intuito de auxiliar você, professor, diante da diversidade de materiais disponíveis.

Como tema norteador dessa pesquisa foi escolhido "Explorando a Lei de Coulomb com Simulações do PhET", visto que apresenta um potencial elemento articulador das discussões científicas, por sua abrangência e importância educativa, em um cenário em que essa tecnologia está presente no estudo das interações elétricas fundamentais.

Diante da necessidade de associação entre o teórico e o prático, se faz importante a utilização de novas abordagens educacionais. As atividades investigativas aqui apresentadas foram elaboradas apoiando-se nos currículos referência da educação básica, como Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e Currículo Referência Minas Gerais, além de referências bibliográficas do Ensino por Investigação e Alfabetização Científica. A atividade investigativa foi elaborada visando como público-alvo os estudantes do 3º ano Ensino Médio.

O quadro a seguir apresenta uma síntese das quatro atividades que compõem a sequência "Explorando a Lei de Coulomb com Simulações do PhET". O quadro descreve de maneira sucinta as fases de ensino que compõem cada atividade, assim como seus objetivos, os objetos de conhecimento a serem trabalhados e a previsão média do número de aulas.

Fase de Ensino	Atividade	Objetivos	Objetos de conhecimento	Tempo estimado
Problematização inicial	Ler a notícia sobre tempestades elétricas e refletir sobre as interações elétricas.	Contextualizar o conceito de força elétrica com eventos do cotidiano e despertar a curiosidade.	Eletrostática: Lei de Coulomb e forças entre cargas elétricas.	12 minutos
Desenvolvimento da Narrativa	Explorar a simulação PhET manipulando cargas (iguais e opostas) e distâncias, registrando os valores de força.	Observar e analisar relações matemáticas e físicas entre força, cargas e distância, e aplicar conceitos da Lei de Coulomb.	Relação matemática entre força, cargas e distância; uso de simulações digitais.	48 minutos
Aplicando os conhecimentos	Construir a tabela com os dados coletados e relacionar os conceitos aprendidos à problematização inicial.	Relacionar conceitos teóricos a situações práticas e fenômenos reais, como descargas atmosféricas, promovendo interdisciplinaridade.		28 minutos
Reflexão sobre o que foi aprendido	Discussão coletiva sobre as relações matemáticas deduzidas e o fenômeno das tempestades elétricas, entregando tabela e resposta final.	Avaliar o entendimento dos conceitos e promover a formulação de hipóteses aplicadas a problemas reais, consolidando a aprendizagem.	Análise crítica de fenômenos naturais baseados em conceitos físicos.	12 minutos

Espera-se com esse trabalho expandir a divulgação dos estudos sobre ensino por investigação e o uso de simuladores em sala de aula, visando promover a alfabetização científica. Almejamos oferecer uma contribuição mais significativa para estudantes e professores de ciências, incentivando seu engajamento e proporcionando um maior envolvimento em investigações relacionadas.

Bom trabalho!

Por que ensinar?

O ensino da Lei de Coulomb é essencial para o desenvolvimento de competências fundamentais em Física, pois ela permite compreender as interações eletrostáticas que regem fenômenos cotidianos e sistemas tecnológicos, como motores elétricos e dispositivos eletrônicos. Além disso, ao explorar a modelagem matemática e a interpretação de fenômenos físicos, os alunos desenvolvem o pensamento científico e a habilidade de resolver problemas, competências cruciais para enfrentar desafios contemporâneos. A conexão entre o conceito de força elétrica e suas aplicações práticas, como sensores e circuitos, também promove a compreensão do papel da ciência na evolução tecnológica e na inovação. Segundo Delizoicov et al. (2009), é fundamental ensinar Física articulada com a realidade do estudante, de forma a estimular a compreensão crítica dos fenômenos e sua aplicação prática, reforçando o papel da ciência como ferramenta para a cidadania e transformação social.

Para quem e como ensinar?

Será ensinado aos estudantes do 3º ano do Ensino Médio. E o uso de simulações computacionais pode ser um recurso valioso para o estudo qualitativo de fenômenos como as interações eletrostáticas descritas pela Lei de Coulomb, além de possibilitar aplicações práticas relacionadas, como o entendimento de forças entre cargas elétricas. Para esse propósito, pode ser empregada a simulação "Lei de Coulomb" do site PhET, disponível em: [Coulomb's Law](#). Essa ferramenta oferece um ambiente interativo que permite aos estudantes observar e manipular variáveis como a distância entre cargas e a magnitude das forças, facilitando o aprendizado de conceitos fundamentais de maneira prática e visual. É necessário utilizar computadores equipados com navegadores modernos que suporte o HTML5 para acessar a simulação.

Qual o número de aulas disponíveis?

O tempo total de 2 (duas) aulas de 50 minutos é suficiente para que os alunos se familiarizem com a simulação em sala de aula, considerando a simplicidade da ferramenta e a facilidade de sua interface.

De acordo com o Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Lei de Coulomb está inserida no eixo temático "Matéria e Energia", especialmente no contexto de Interações e Transformações. Esse tema promove o entendimento das forças fundamentais que governam interações no universo, incluindo as forças elétricas, que são baseadas na descrição matemática e na experimentação.

As habilidades esperadas incluem compreender e aplicar conceitos de forças elétricas e magnéticas em situações práticas e teóricas. Elas abrangem o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, conectando fenômenos físicos à vida cotidiana e à tecnologia. Segundo o CRMG, essas competências são fundamentais para que os alunos possam investigar fenômenos naturais, analisar o papel das forças na dinâmica do universo e compreender os processos de transformação energética na tecnologia e na natureza.

Conhecendo o material

Problematização

Notícia: "Tempestade Elétrica Causa Interrupções em Serviços Essenciais em Belo Horizonte"



"Uma forte tempestade elétrica atingiu Belo Horizonte na noite de ontem, causando quedas de energia em diversas áreas da cidade. Relâmpagos iluminaram o céu, e trovões ecoaram pelas ruas, criando um espetáculo natural impressionante, mas também destacando os perigos das descargas elétricas atmosféricas. Cientistas explicam que esses fenômenos estão diretamente relacionados à eletricidade estática, o que nos leva a compreender a importância do estudo das forças entre cargas elétricas."



Vamos explorar a eletrostática através de uma analogia: visualize duas pequenas esferas carregadas positivamente flutuando no espaço. Elas se repelem, e essa interação varia conforme a distância entre elas e a magnitude das cargas. Agora, reflita: como a interação entre essas esferas pode nos auxiliar a entender o que acontece durante tempestades elétricas? O que determina a intensidade dessa interação, tanto nas esferas quanto nas descargas atmosféricas?

Imagens foram retiradas da internet e a notícia foi modificada retirada do site do jornal O Tempo.



Atividade que utiliza uma abordagem de ensino investigativo, empregando o simulador PhET com o objetivo de criar condições favoráveis para o desenvolvimento da alfabetização científica dos alunos.

Orientação para a atividade
Orientação ao professor para realização da questões que compõem a atividade.

Sugestões
Orientação ao professor para realização de adaptações na atividade.

Material do estudante
Material apresentado ao estudante.

A problematização busca contextualizar a Lei de Coulomb e a eletrostática, relacionando-os a eventos reais, como tempestades elétricas em Belo Horizonte, para capturar a atenção dos alunos e estimular a curiosidade. Utilizando a analogia de esferas carregadas, os alunos podem visualizar as forças elétricas, facilitando a compreensão dos conceitos de repulsão e atração. Essa abordagem conecta teoria e prática, promovendo uma aprendizagem mais engajada e aplicada.

Problematização

Notícia: "Tempestade Elétrica Causa Interrupções em Serviços Essenciais em Belo Horizonte"



"Uma forte tempestade elétrica atingiu Belo Horizonte na noite de ontem, causando quedas de energia em diversas áreas da cidade. Relâmpagos iluminaram o céu, e trovões ecoaram pelas ruas, criando um espetáculo natural impressionante, mas também destacando os perigos das descargas elétricas atmosféricas. Cientistas explicam que esses fenômenos estão diretamente relacionados à eletricidade estática, o que nos leva a compreender a importância do estudo das forças entre cargas elétricas."



Vamos explorar a eletrostática através de uma analogia: visualize duas pequenas esferas carregadas positivamente flutuando no espaço. Elas se repelem, e essa interação varia conforme a distância entre elas e a magnitude das cargas. Agora, reflita: como a interação entre essas esferas pode nos auxiliar a entender o que acontece durante tempestades elétricas? O que determina a intensidade dessa interação, tanto nas esferas quanto nas descargas atmosféricas?

Imagens foram retiradas da internet e a notícia foi modificada retirada do site do jornal O Tempo.

Introdução ao Tema

A eletrostática é uma área fundamental da Física que trata das interações entre cargas elétricas em repouso. A Lei de Coulomb, que descreve a força entre duas cargas pontuais, é essencial para a compreensão dessas interações. A simulação PhET "Lei de Coulomb" permite que os estudantes explorem essas interações de maneira interativa, alterando as cargas e a distância entre elas para observar como a força elétrica se comporta. Esta atividade investigativa visa desenvolver habilidades de análise crítica e compreensão conceitual em relação à eletrostática.

Objetivo das Atividades

- Explorar a relação entre a força elétrica, a magnitude das cargas e a distância entre elas.
- Compreender como variáveis diferentes influenciam a intensidade e a direção da força elétrica.
- Relacionar o conceito de força elétrica com fenômenos do mundo real, como as descargas elétricas durante tempestades.

A problematização busca contextualizar a Lei de Coulomb e a eletrostática, relacionando-os a eventos reais, como tempestades elétricas em Belo Horizonte, para capturar a atenção dos alunos e estimular a curiosidade. Utilizando a analogia de esferas carregadas, os alunos podem visualizar as forças elétricas, facilitando a compreensão dos conceitos de repulsão e atração. Essa abordagem conecta teoria e prática, promovendo uma aprendizagem mais engajada e aplicada.

Sugestões:

Recomenda-se que o professor leia o texto em voz alta para a turma, ou que os alunos façam a leitura de forma individual, conforme a dinâmica que melhor se adequar ao grupo.

É fundamental que o tema já tenha sido introduzido e debatido em sala de aula, de modo que os alunos possuam uma base prévia para o desenvolvimento da atividade.

O professor pode, se desejar, enriquecer ainda mais a atividade apresentando outras notícias relevantes ou trechos de filmes que complementem o tema abordado.

Problematização

Notícia: "Tempestade Elétrica Causa Interrupções em Serviços Essenciais em Belo Horizonte"



"Uma forte tempestade elétrica atingiu Belo Horizonte na noite de ontem, causando quedas de energia em diversas áreas da cidade. Relâmpagos iluminaram o céu, e trovões ecoaram pelas ruas, criando um espetáculo natural impressionante, mas também destacando os perigos das descargas elétricas atmosféricas. Cientistas explicam que esses fenômenos estão diretamente relacionados à eletricidade estática, o que nos leva a compreender a importância do estudo das forças entre cargas elétricas."



Vamos explorar a eletrostática através de uma analogia: visualize duas pequenas esferas carregadas positivamente flutuando no espaço. Elas se repelem, e essa interação varia conforme a distância entre elas e a magnitude das cargas. Agora, reflita: como a interação entre essas esferas pode nos auxiliar a entender o que acontece durante tempestades elétricas? O que determina a intensidade dessa interação, tanto nas esferas quanto nas descargas atmosféricas?

No laboratório de informática:

- Garanta que os navegadores dos computadores sejam compatíveis com HTML5.
- Oriente os alunos a acessar a simulação no início da aula.
- Divida os alunos em grupos e forneça o roteiro:

Posicionamento Inicial: Explique como posicionar corretamente as esferas e configurar a simulação para iniciar cada experiência.

Manipulação das Cargas: Detalhe os passos para alterar as cargas e como interpretar as leituras de força.

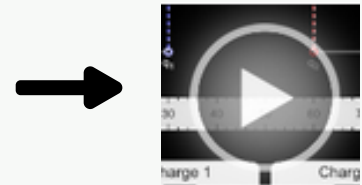
Sugestões:

- Revise o tema da aula: "A Lei de Coulomb e as Interações Eletrostáticas".
- Explique a importância do conceito para compreender fenômenos físicos e aplicações práticas, como circuitos elétricos e sensores.
- Introduza a simulação como ferramenta para explorar de forma interativa e prática o conceito de força elétrica.

Instruções

- 1 - Posicione-se confortavelmente diante de um computador;
- 2 - Abram o software de <https://phet.colorado.edu/pt/simulations/coulombs-law>;

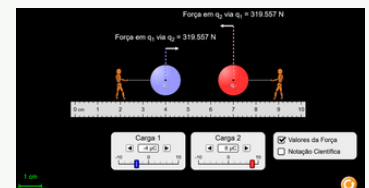
- 2.1 - Clique no ícone para abrir a simulação;



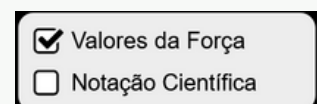
- 2.2 - Na próxima página escolha:



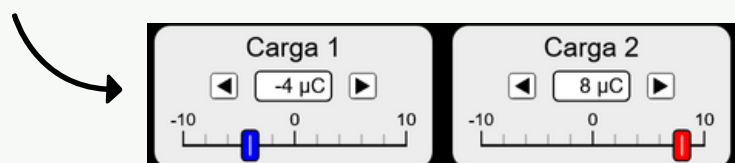
- 3 - Manipulação das Cargas:
Ao abrir a simulação, localize os ícones das duas cargas (esferas coloridas) e a régua.



- 3.1 - Ative a opção "Valores da Força" para visualizar os valores das forças aplicadas entre as cargas.



- 3.2 - Clique nos controles de Carga 1 e Carga 2 para alterar os valores das cargas. Tente variar entre valores positivos e negativos.



Exploração da Distância: Instrua os alunos sobre como variar a distância e o impacto dessa mudança nos resultados.

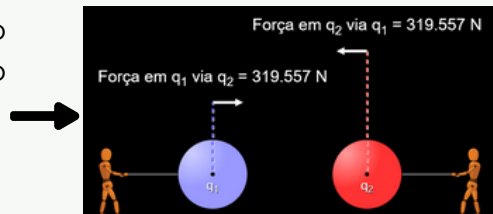
Notação Científica: Oriente os alunos sobre o uso da notação científica na simulação e sua importância em contextos acadêmicos.

Registro e Análise: Explique como registrar os resultados na tabela da questão 10 e analisar as relações matemáticas emergentes.

Sugestões:

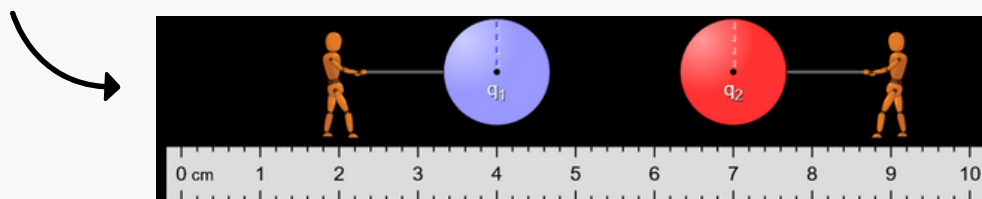
- De forma mais detalhada, mostre como preencher os dados na tabela da questão 10. Alguns alunos podem não estar familiarizados com o uso de tabelas e podem precisar de uma orientação mais clara.

3.3 - Observe como a direção e o módulo das forças mudam no gráfico.

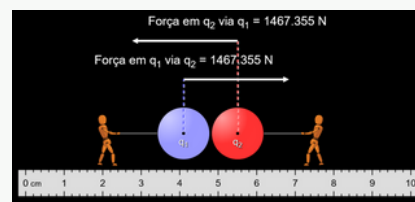
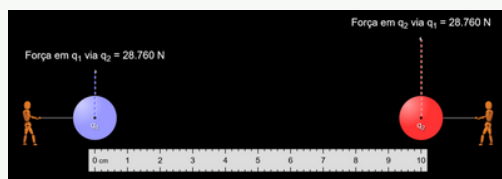


4 - Explorando a Distância:

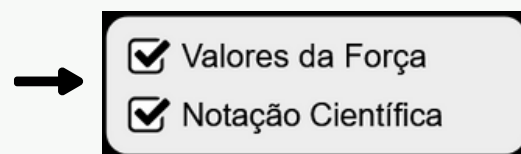
Clique e arraste uma das esferas (q_1 ou q_2) ao longo da régua para mudar a distância entre as cargas.



4.1 - Atente-se em como a força aumenta ou diminui proporcionalmente à distância.



5 - Ativando Notação Científica:
Ative a opção “Notação Científica” e observe os valores das forças em notação científica.



5.1 - Compare os valores com e sem a notação.

Manipulação de Cargas Iguais

Descrição: Nessa atividade, os estudantes configurarão duas cargas de mesma magnitude e sinais positivos. Eles deverão variar a distância entre as cargas e registrar os valores da força elétrica.

Explicação: O objetivo é que os alunos observem que a força diminui com o aumento da distância, seguindo uma relação inversamente proporcional ao quadrado da distância (Lei de Coulomb). Discuta como isso reflete a interação entre cargas em situações práticas, como em sistemas elétricos.

Resposta

Forças entre Cargas Iguais

1 - Configure as duas cargas (q_1 e q_2) com valores iguais (ex.: $+4 \mu\text{C}$ e $+4 \mu\text{C}$). Coloque as cargas a uma distância de 5 cm. Anote o valor da força exibido na tela. (Registre também na tabela da questão 10).

2 - Alterne a distância entre as cargas para 4 cm, 6 cm e 8 cm, anotando o valor da força em cada caso. (Registre também na tabela da questão 10).

3 - Ocorre alguma variação no módulo da Força? Se sim, de que forma ocorre essa variação?

Alterando a Magnitude de uma das Cargas

Descrição: Nesta etapa, uma das cargas terá seu valor aumentado enquanto a outra permanece constante. Os alunos deverão registrar as alterações na força elétrica.

Explicação: Mostre que a força elétrica é diretamente proporcional ao produto das magnitudes das cargas. Isso deve ser contextualizado com dispositivos reais que usam diferentes potências de carga para realizar tarefas específicas.

Alterando o valor de uma Carga

4 - Mantenha a carga q_1 com o valor de $+4 \mu\text{C}$ e altere a carga q_2 para $+8 \mu\text{C}$. Posicione as cargas a 10 cm e registre a força. (Registre também na tabela da questão 10).

5 - Altere a distância entre as cargas para 5 cm e anote a nova força. (Registre também na tabela da questão 10).

6 - Como a força é afetada pela mudança do valor de uma das cargas?

Cargas de Polaridades Opostas

Descrição: Os estudantes configurarão uma carga positiva e outra negativa e observarão a direção da força resultante. Será solicitado que representem graficamente o campo elétrico resultante.

Explicação: Aqui, enfatize que as cargas de sinais opostos se atraem e que a direção da força é diferente comparada às cargas de mesmo sinal. Relacione isso a fenômenos naturais, como raios, onde cargas de polaridades opostas interagem na atmosfera.

Forças entre Cargas com Polaridades Opostas

7 - Configure uma carga como $+4 \mu\text{C}$ e a outra como $-4 \mu\text{C}$. Coloque as cargas a 10 cm e registre o valor e a direção da força. (Registre também na tabela da questão 10).

8 - Alterne a posição de uma das cargas para 5 cm de distância e observe como o valor e a direção da força mudam. (Registre também na tabela da questão 10).

9 - Qual a diferença na direção da força quando as cargas têm sinais opostos?

Sugestões:

- Se o estudante preencher a tabela ao longo das questões, ela já estará completa.
- A partir dessa tabela, é possível propor aos alunos que, com o auxílio de um software, construam um gráfico relacionando força e distância. Essa atividade permite explorar diversos conceitos matemáticos, promovendo a interdisciplinaridade entre física e matemática, e incentivando o uso de ferramentas tecnológicas no aprendizado. Nesse caso, o professor queira trabalhar com mais uma aula.

Registro e Análise dos Resultados

10 - Organize os dados na tabela, indicada:

Questão	Carga 1 (μC)	Carga 2 (μC)	Distância (cm)	Força (N)
1	+4	+4	5	
2	+4	+4	4	
2	+4	+4	6	
2	+4	+4	8	
4	+4	+8	10	
5	+4	+8	5	
7	+4	-4	10	
8	+4	-4	5	

Questão 11:

Descrição: Os alunos devem comparar os valores obtidos nas atividades anteriores e tentar deduzir a relação matemática que conecta força, cargas e distância.

Explicação: Nesta questão, espera-se que os alunos percebam que a força elétrica entre duas cargas depende diretamente do produto das magnitudes das cargas e inversamente do quadrado da distância entre elas, levando à compreensão da Lei de Coulomb. Os alunos devem formular hipóteses e discutir as suas observações, aproximando-se do entendimento da fórmula:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

onde F é a força, k é a constante eletrostática, q1 e q2 são as cargas, e r é a distância entre as cargas. Neste caso, os estudantes encontraria a constante eletrostática k. como a relação matemática que conecta as outras variáveis.

11 - Compare os valores e tente deduzir a relação matemática que conecta força, cargas e distância.

Questão 12:

Descrição: Os alunos devem responder à problematização inicial, relacionando o fenômeno da tempestade elétrica com a analogia das esferas carregadas.

Explicação: A questão convida os alunos a aplicar os conceitos aprendidos sobre forças elétricas para explicar um fenômeno real, como as descargas atmosféricas durante uma tempestade. Os alunos devem discutir como as cargas acumuladas nas nuvens e no solo interagem e como isso se relaciona com as esferas carregadas positivamente na analogia. A atividade visa promover a compreensão de que a intensidade das interações elétricas é determinada pelas magnitudes das cargas e a distância entre elas, aspectos fundamentais para entender fenômenos como raios e relâmpagos.

Os estudantes devem mencionar que as descargas elétricas, como relâmpagos, ocorrem devido às forças elétricas entre as cargas. A resposta deve indicar que a intensidade dessa interação depende da quantidade de carga acumulada e da distância entre as regiões carregadas (nuvens e solo).

Sugestões:

- Conduza uma discussão coletiva para responder à seguinte problematização inicial.
- Reforce os conceitos teóricos com base nos resultados observados.
- **Avaliação:** Solicite que cada grupo entregue:
 - A Tabela com os dados coletados.
 - Resposta à problematização inicial.

12 - Agora, de acordo com tudo o que observou, responda a problematização inicial:

Durante uma forte tempestade elétrica em Belo Horizonte, a cidade sofreu interrupções nos serviços essenciais devido a descargas elétricas atmosféricas. Relâmpagos e trovões evidenciaram os fenômenos de eletricidade estática em grande escala. Mas, o que está por trás dessas descargas? Visualize duas pequenas esferas carregadas positivamente flutuando no espaço. Elas se repelem, e essa interação varia conforme a distância entre elas e a magnitude das cargas. Agora, reflita: como a interação entre essas esferas pode nos auxiliar a entender o que acontece durante tempestades elétricas? O que determina a intensidade dessa interação, tanto nas esferas quanto nas descargas atmosféricas?

Explorando Cargas e Campos com Simulações do PhET



Ao Professor(a)

O presente trabalho propõe um material orientador para os planejamentos de aula envolvendo a abordagem do ensino por investigação com o uso de simulações através do PhET para o desenvolvimento da alfabetização científica. Este material foi elaborado durante a pesquisa de Mestrado Profissional em Educação e Docência – PROMESTE da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, com o intuito de auxiliar você, professor, diante da diversidade de materiais disponíveis.

Como tema norteador dessa pesquisa foi escolhido "Explorando Cargas e Campos com Simulações do PhET", visto que apresenta um potencial elemento articulador das discussões científicas, por sua abrangência e importância educativa, em um cenário em que essa tecnologia está presente no estudo das interações elétricas fundamentais.

Diante da necessidade de associação entre o teórico e o prático, se faz importante a utilização de novas abordagens educacionais. As atividades investigativas aqui apresentadas foram elaboradas apoiando-se nos currículos referência da educação básica, como Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e Currículo Referência Minas Gerais, além de referências bibliográficas do Ensino por Investigação e Alfabetização Científica. A atividade investigativa foi elaborada visando como público-alvo os estudantes do 3º ano Ensino Médio.

O quadro a seguir apresenta uma síntese das quatro atividades que compõem a sequência "Explorando Cargas e Campos com Simulações do PhET". O quadro descreve de maneira sucinta as fases de ensino que compõem cada atividade, assim como seus objetivos, os objetos de conhecimento a serem trabalhados e a previsão média do número de aulas.

Fase de ensino	Questão	Objetivos	Objetos de conhecimento	Tempo Estimado
Problematização inicial	Durante um dia seco, você nota que ao remover seu suéter de lã, pequenos estalos e faíscas podem ser vistos e ouvidos. Essa experiência é bastante comum, mas o que exatamente está acontecendo?	Despertar a curiosidade dos alunos e conectar os fenômenos cotidianos ao conceito de campo elétrico.	Eletricidade estática, comportamento das cargas elétricas em diferentes situações.	12 minutos
Desenvolvimento da narrativa de ensino	Observações do comportamento do campo elétrico usando o simulador PhET, introdução de conceitos como linhas de força, sentido do campo, e interação entre cargas.	Explicar o conceito de campo elétrico, visualização e compreensão do comportamento do campo.	Campo elétrico, interação entre cargas positivas e negativas, vetores do campo.	40 minutos
Aplicação dos novos conhecimentos	Resolução de questões relacionadas ao comportamento do campo elétrico e sua representação, análise de diferentes cenários com variação de carga e distância.	Aplicar o conceito de campo elétrico para entender como ele varia com a magnitude e a distância.	Campos elétricos em diferentes configurações, representação gráfica.	32 minutos
Reflexão sobre o que foi aprendido	Responder à problematização inicial com base nas observações feitas durante a simulação, discutindo o fenômeno observado no contexto de campo elétrico e forças entre cargas.	Consolidar o conhecimento adquirido sobre campos elétricos e relacioná-lo a situações cotidianas.	Conceitos de campo elétrico, forças entre cargas, explicação de fenômenos naturais.	16 minutos

Espera-se com esse trabalho expandir a divulgação dos estudos sobre ensino por investigação e o uso de simuladores em sala de aula, visando promover a alfabetização científica. Almejamos oferecer uma contribuição mais significativa para estudantes e professores de ciências, incentivando seu engajamento e proporcionando um maior envolvimento em investigações relacionadas.

Bom trabalho!

Por que ensinar?

Ensinar "Cargas e Campos" na eletrostática é essencial para que os alunos compreendam os princípios básicos que regem as interações elétricas em diversos fenômenos naturais e tecnológicos. Esse tema oferece uma base conceitual para explicar o comportamento de partículas carregadas e o campo elétrico gerado por elas, aspectos fundamentais em áreas como engenharia, eletrônica e ciência dos materiais.

Além disso, ao explorar conceitos como força elétrica e campo elétrico, os estudantes desenvolvem competências relacionadas à abstração, modelagem matemática e interpretação de fenômenos físicos. Essas habilidades não apenas reforçam o pensamento lógico-científico, mas também preparam os alunos para a aplicação prática desses conhecimentos em soluções tecnológicas e desafios modernos, como a compreensão de dispositivos eletrônicos e sistemas de energia.

Temas como "Cargas e Campos" podem ser trabalhados de forma integrada a ferramentas digitais, como simuladores (ex.: PhET), que permitem aos estudantes visualizar e explorar os conceitos de maneira interativa e investigativa. Dessa forma, o ensino torna-se mais dinâmico e conectado ao cotidiano, promovendo a alfabetização científica e tecnológica, conforme defendido por autores como Delizoicov et al. (2009). Isso também favorece uma visão crítica sobre o papel da ciência na sociedade, estimulando uma educação voltada para a cidadania e a transformação social.

Para quem e como ensinar?

Alunos do 3o ano do Ensino Médio. O uso de simulações computacionais, como o recurso "Cargas e Campos" do site PhET, é uma ferramenta poderosa para abordar de forma qualitativa e interativa os conceitos de eletrostática, como a criação e o comportamento dos campos elétricos gerados por cargas. Essa simulação permite que os alunos explorem visualmente como o campo elétrico se comporta ao redor de cargas positivas e negativas e como a interação entre múltiplas cargas afeta o campo resultante.

Por meio dessa ferramenta, os estudantes podem investigar fenômenos como a influência da distância e da magnitude das cargas sobre o campo elétrico e entender de maneira prática conceitos teóricos que, de outra forma, poderiam ser mais abstratos. O ambiente interativo também possibilita a manipulação de sensores para medir a intensidade do campo em diferentes pontos e observar a direção dos vetores associados ao campo elétrico, enriquecendo a compreensão dos conceitos de eletrostática.

Para utilizar a simulação, é necessário dispor de computadores com navegadores modernos que suportem HTML5.

Qual o número de aulas disponíveis?

Essa atividade pode ser realizada em 2 aulas de 50 minutos e está alinhada ao currículo de Física para o Ensino Médio, promovendo habilidades como análise de padrões, interpretação de fenômenos e desenvolvimento do pensamento científico.

De acordo com o Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o tema "Cargas e Campos" está inserido no eixo temático "Matéria e Energia", dentro do contexto de Interações e Transformações. Esse conteúdo é fundamental para o estudo de fenômenos elétricos, como a interação entre cargas elétricas e a representação dos campos elétricos, aspectos essenciais para a compreensão da eletrodinâmica.

As habilidades esperadas incluem a capacidade de analisar e representar graficamente campos elétricos gerados por cargas e compreender os efeitos dessas interações em situações práticas e teóricas. Essas competências desenvolvem o pensamento crítico e científico, conectando fenômenos físicos a aplicações tecnológicas e ao cotidiano, como o funcionamento de dispositivos elétricos e sistemas de comunicação. Segundo o CRMG, essas competências são fundamentais para que os alunos possam investigar fenômenos naturais, analisar o papel das forças na dinâmica do universo e compreender os processos de transformação energética na tecnologia e na natureza.

Conhecendo o material

Problematização



A eletricidade estática é um fenômeno que todos já experimentamos em algum momento do dia a dia, especialmente em ambientes secos. Situações como sentir um pequeno choque ao tocar em uma maçaneta ou observar faíscas ao tirar uma roupa de lã ilustram como as cargas elétricas se acumulam e interagem. Esses fenômenos cotidianos despertam curiosidade e nos levam a questionar o que está acontecendo em nível microscópico. Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? E o que causa as pequenas descargas que percebemos?

Vamos explorar essas questões, conectando a teoria do campo elétrico com eventos do nosso cotidiano, para entender melhor as interações entre cargas elétricas.

"Durante um dia seco, você nota que ao remover seu suéter de lã, pequenos estalos e faíscas podem ser vistos e ouvidos. Essa experiência é bastante comum, mas o que exatamente está acontecendo? Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? O que causa esse fenômeno e como ele se relaciona com as forças entre cargas elétricas? Como podemos entender melhor essas interações usando o conceito de campo elétrico?"



Imagens foram retiradas da internet e a notícia foi modificada retirada do site do jornal O Tempo.

3



Atividade que utiliza uma abordagem de ensino investigativo, empregando o simulador PhET com o objetivo de criar condições favoráveis para o desenvolvimento da alfabetização científica dos alunos.

Orientação para a atividade

Orientação ao professor para realização das questões que compõem a atividade.

Sugestões

Orientação ao professor para realização de adaptações na atividade.

Material do estudante

Material apresentado ao estudante.

A problematização apresentada tem como objetivo aproximar os estudantes do conceito de campo elétrico a partir de situações do cotidiano. A eletricidade estática é um fenômeno familiar que ocorre frequentemente em ambientes secos e proporciona uma oportunidade prática para explorar interações eletrostáticas. Isso ajuda os alunos a fazer conexões entre a teoria científica e suas experiências diárias, facilitando a compreensão do conceito de campo elétrico e suas aplicações.

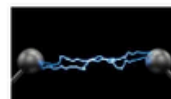
Sugestões:

Recomenda-se que o professor leia o texto em voz alta para a turma, ou que os alunos façam a leitura de forma individual, conforme a dinâmica que melhor se adequar ao grupo.

É fundamental que o tema já tenha sido introduzido e debatido em sala de aula, de modo que os alunos possuam uma base prévia para o desenvolvimento da atividade.

Relacione o conceito de campo elétrico a dispositivos tecnológicos como purificadores de ar eletrostáticos ou impressoras a laser, que usam cargas elétricas em seu funcionamento. Explore como os princípios de cargas e campos elétricos são aplicados em...

Problematização



A eletricidade estática é um fenômeno que todos já experimentamos em algum momento do dia a dia, especialmente em ambientes secos. Situações como sentir um pequeno choque ao tocar em uma maçaneta ou observar faíscas ao tirar uma roupa de lã ilustram como as cargas elétricas se acumulam e interagem. Esses fenômenos cotidianos despertam curiosidade e nos levam a questionar o que está acontecendo em nível microscópico. Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? E o que causa as pequenas descargas que percebemos?

Vamos explorar essas questões, conectando a teoria do campo elétrico com eventos do nosso cotidiano, para entender melhor as interações entre cargas elétricas.

"Durante um dia seco, você nota que ao remover seu suéter de lã, pequenos estalos e faíscas podem ser vistos e ouvidos. Essa experiência é bastante comum, mas o que exatamente está acontecendo? Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? O que causa esse fenômeno e como ele se relaciona com as forças entre cargas elétricas? Como podemos entender melhor essas interações usando o conceito de campo elétrico?"



Imagens foram retiradas da internet e a notícia foi modificada retirada do site do jornal O Tempo.

Introdução ao Tema

Cargas e campos é uma área fundamental da Física que trata das interações entre cargas elétricas e os campos que elas geram. O conceito de campo elétrico é essencial para a compreensão dessas interações, pois descreve a região ao redor de uma carga onde outras cargas experimentam uma força. A simulação PhET "Cargas e Campos" permite que os estudantes explorem essas interações de maneira interativa, visualizando como o campo elétrico varia com a magnitude das cargas e a distância entre elas, e observando como diferentes configurações de cargas afetam a direção e a intensidade do campo elétrico. Esta atividade investigativa visa desenvolver habilidades de análise crítica e compreensão conceitual em relação ao comportamento de cargas e campos elétricos.

Objetivo das Atividades

- Explorar a relação entre o campo elétrico, a magnitude das cargas e a distância entre elas.
- Compreender como diferentes variáveis influenciam a intensidade e a direção do campo elétrico.
- Relacionar o conceito de campo elétrico com fenômenos do mundo real, como a indução eletrostática e os efeitos de campos elétricos em dispositivos eletrônicos.

A problematização apresentada tem como objetivo aproximar os estudantes do conceito de campo elétrico a partir de situações do cotidiano. A eletricidade estática é um fenômeno familiar que ocorre frequentemente em ambientes secos e proporciona uma oportunidade prática para explorar interações eletrostáticas. Isso ajuda os alunos a fazer conexões entre a teoria científica e suas experiências diárias, facilitando a compreensão do conceito de campo elétrico e suas aplicações.

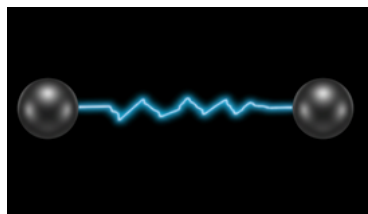
Sugestões:

Recomenda-se que o professor leia o texto em voz alta para a turma, ou que os alunos façam a leitura de forma individual, conforme a dinâmica que melhor se adequar ao grupo.

É fundamental que o tema já tenha sido introduzido e debatido em sala de aula, de modo que os alunos possuam uma base prévia para o desenvolvimento da atividade.

Relacione o conceito de campo elétrico a dispositivos tecnológicos como purificadores de ar eletrostáticos ou impressoras a laser, que usam cargas elétricas em seu funcionamento. Explore como os princípios de cargas e campos elétricos são aplicados em segurança, como para-raios em edifícios.

Problematização



A eletricidade estática é um fenômeno que todos já experimentamos em algum momento do dia a dia, especialmente em ambientes secos. Situações como sentir um pequeno choque ao tocar em uma maçaneta ou observar faíscas ao tirar uma

roupa de lã ilustram como as cargas elétricas se acumulam e interagem. Esses fenômenos cotidianos despertam curiosidade e nos levam a questionar o que está acontecendo em nível microscópico. Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? E o que causa as pequenas descargas que percebemos?

Vamos explorar essas questões, conectando a teoria do campo elétrico com eventos do nosso cotidiano, para entender melhor as interações entre cargas elétricas.

"Durante um dia seco, você nota que ao remover seu suéter de lã, pequenos estalos e faíscas podem ser vistos e ouvidos. Essa experiência é bastante comum, mas o que exatamente está acontecendo? Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? O que causa esse fenômeno e como ele se relaciona com as forças entre cargas elétricas? Como podemos entender melhor essas interações usando o conceito de campo elétrico?"



No laboratório de informática:

- Garanta que os navegadores dos computadores sejam compatíveis com HTML5.
- Oriente os alunos a acessar a simulação no início da aula.
- Divida os alunos em grupos e forneça o roteiro:

Explique como posicionar as esferas e configurar a simulação para iniciar cada experiência.

Detalhe os passos para alterar as cargas e como interpretar as leituras de campo elétrico.

Sugestões:

- Revise o tema da aula: "Campo elétrico e as Interações entre as cargas".
- Explique a importância do conceito para compreender fenômenos físicos e aplicações práticas, como circuitos elétricos e sensores.
- Introduza a simulação como ferramenta para explorar de forma interativa e prática o conceito de campo elétrico e carga de prova.

Instruções

1 - Posicione-se confortavelmente diante de um computador;

2 - Abram o software de https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/charges-and-fields;

2.1 - Clique no ícone para abrir a simulação;

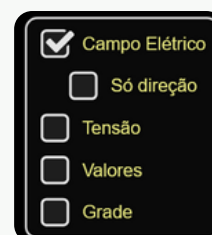


2.2 - Ao abrir, familiarize-se com os controles disponíveis:

Coloque cargas positivas e negativas no espaço; (Clique nelas segurando e arrastando para o espaço).



Ative a visualização do **Campo Elétrico** e ajuste outras opções, como grade e valores.



A atividade permite que os estudantes compreendam o conceito de campo elétrico gerado por uma carga positiva e sua representação através de vetores. Ao colocar uma carga positiva em um espaço vazio e ativar a visualização do campo elétrico, os alunos observam o padrão que emerge, caracterizado por vetores que apontam radialmente para fora. Esta atividade facilita a visualização do comportamento do campo elétrico, ajudando os alunos a entenderem a direção e a intensidade do campo em diferentes pontos.

Os estudantes aprenderão a relacionar a posição e a magnitude da carga com a força exercida sobre outras cargas, desenvolvendo uma compreensão prática e visual da teoria do campo elétrico.

Sugestões:

- Na representação do campo elétrico, as setas próximas à carga são mais intensamente coloridas, o que indica que o campo elétrico é mais forte nessa região. À medida que nos afastamos da carga, as setas ficam progressivamente mais claras, mostrando que a intensidade do campo elétrico diminui com a distância.

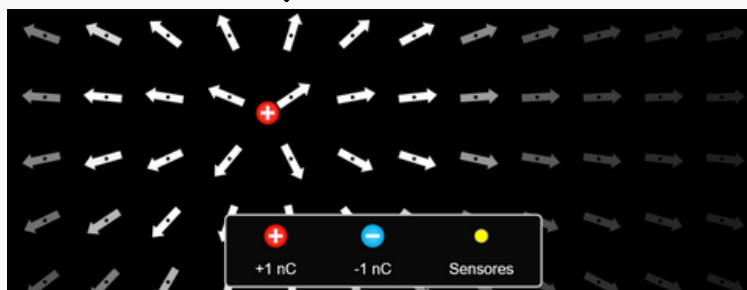
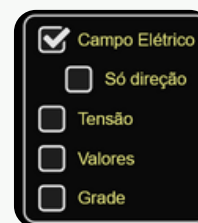
Exploração

3 - Compreendendo o Campo Elétrico

3.1 - Coloque uma carga positiva (+1 nC) no espaço vazio.



Com a visualização do **campo elétrico** ativada, observa-se o seguinte padrão:



Observe e registre o comportamento do campo elétrico gerado pela carga. Para qual direção ele aponta? Faça a representação gráfica do campo elétrico.

Obs: Clicando (segurando e arrastando o ícone "sensores" é possível verificar a direção e sentido do vetor campo elétrico.)

As questões apresentadas têm como objetivo explorar os conceitos de campo elétrico e a influência das cargas elétricas (sinais e magnitude) em seu comportamento.

Questão 3.2:

O estudante adiciona uma carga negativa (-1 nC) próxima a uma carga positiva (+1 nC) e observa como isso altera o campo elétrico gerado.

Aprendizado: Essa questão ilustra como os sinais opostos das cargas geram linhas de campo que convergem (atração), permitindo compreender visualmente a interação entre elas.

Questão 3.3:

O estudante adiciona uma segunda carga positiva (+1 nC) a 5 cm da carga inicial e analisa o comportamento do campo elétrico resultante.

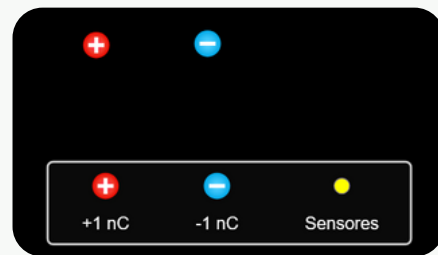
Aprendizado: Essa atividade demonstra a influência da magnitude e da proximidade das cargas na formação do campo resultante, além de reforçar como as linhas de campo divergem entre cargas de mesmo sinal.

Sugestões:

Durante a simulação, peça aos estudantes que façam previsões antes de observar os resultados (ex.: "O que acontecerá ao adicionar uma carga negativa próxima?").

Estimule perguntas como: "Por que as linhas se comportam assim?" ou "Como a distância influencia o campo?"

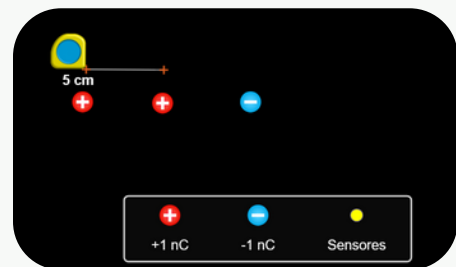
3.2 - Agora, insira uma carga negativa (-1 nC) próxima à carga positiva.



Ocorre alguma mudança no Campo elétrico? Se sim, qual mudança? Faça a representação gráfica do campo elétrico no conjunto das cargas.

Influência da Magnitude e dos sinais das cargas:

3.3 - Adicione uma segunda carga positiva (+1 nC) e posicione-a a 5 cm da carga inicial.



Registre o comportamento do campo resultante, arrastando o "sensores" para o espaço. Faça a representação gráfica do campo elétrico no conjunto das cargas.

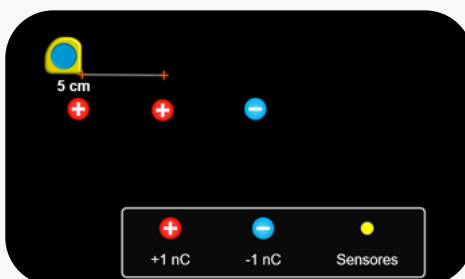
Orientação para o Professor:

Para aplicar estas questões, oriente os alunos a seguir os passos detalhados na atividade. Incentive-os a fazer observações cuidadosas e anotar suas descobertas. Explique a importância de registrar os valores obtidos nas medições para análise posterior.

- **Questão 3.4:** Ao substituir a carga por outra de +2 nC, os alunos precisam reconhecer que a magnitude do campo elétrico é diretamente proporcional à magnitude da carga, ou seja, uma carga maior gera um campo mais forte. Na representação gráfica, os vetores do campo elétrico devem mostrar maior intensidade (comprimento maior) ao redor da carga de +2 nC em comparação à carga anterior.
- **Questão 3.5:** Espera-se que os alunos indiquem que a intensidade do campo elétrico diminui à medida que a distância da carga aumenta, refletindo a relação inversa entre a intensidade do campo elétrico e a distância. Eles devem medir e registrar valores que mostram essa variação e compreender que o vetor do campo elétrico sempre aponta na direção da força que seria exercida sobre uma carga de teste positiva colocada no campo. A tabela preenchida deve mostrar os valores medidos de intensidade e direção, ilustrando essa relação inversa e a consistência na direção do campo em relação à carga original.

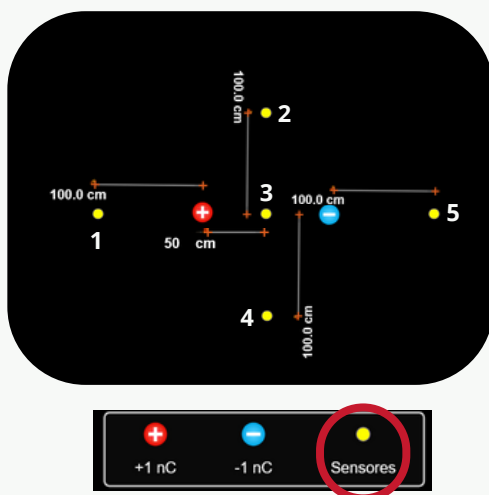
3.4 - Substitua essa carga por outra de +2 nC.

Para aumentar/diminuir o valor (módulo) da carga, basta arrastar outra e ir colocando sobre a carga anterior. Assim é possível variar a magnitude das cargas.



Ocorre alguma mudança no Campo elétrico? Se sim, qual mudança? Faça a representação gráfica do campo elétrico no conjunto das cargas.

3.5 - Ative o sensor de campo (ícone amarelo) arrastando-o até a posição desejada. Meça a intensidade do campo elétrico nas posições especificadas e registre os valores na tabela correspondente.



Posição	Intensidade	Direção
1		
2		
3		
4		
5		

Questão 4: Espera-se que os alunos ativem as opções "Só direção" e "Grade" para observar o campo elétrico ao redor das cargas e, em seguida, representem graficamente os vetores do campo. Os alunos devem comparar os vetores em termos de ângulo, tamanho e mudanças na cor, identificando padrões relacionados à direção e intensidade do campo elétrico ao redor das cargas.

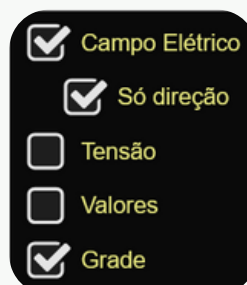
Eles devem descrever que os vetores do campo elétrico apontam para fora da carga positiva, com o tamanho dos vetores diminuindo à medida que se afastam da carga. Eles também devem observar que as cores dos vetores podem indicar variações na intensidade do campo elétrico, com vetores mais próximos da carga sendo maiores e mais intensos.

Sugestões:

Antes de iniciar a atividade, pode-se discutir com os alunos sobre como a direção e a intensidade do campo elétrico são representadas graficamente. Durante a atividade, pode-se incentivar os alunos a explorar diferentes posições ao redor das cargas para observar as mudanças nos vetores do campo. Após a atividade, o professor pode pedir aos alunos que expliquem os padrões observados e como eles se relacionam com as cargas presentes.

Analizando padrões

4 - Com as cargas da questão anterior, ative as opções "Só direção" e "grade" para observar o campo elétrico ao redor das cargas. Represente graficamente e compare os vetores do campo. (Observe angulo, tamalho, mudança na cor...)



Questão 1: Espera-se que os alunos identifiquem que, ao aumentar a magnitude da carga, a intensidade do campo elétrico também aumenta. Eles devem reconhecer que o campo elétrico é diretamente proporcional à magnitude da carga, o que significa que quanto maior a carga, mais forte será o campo gerado ao seu redor.

Questão 2: Os alunos devem compreender que o campo elétrico gerado por uma carga positiva atrai o campo gerado por uma carga negativa. Eles devem perceber que os campos elétricos de cargas opostas se direcionam uma para a outra, o que é representado pelas linhas de campo convergindo entre as cargas positiva e negativa. Isso demonstra a atração entre cargas opostas.

Resposta

Com base no que foi aprendido anteriormente nesta atividade e nos conhecimentos adquiridos previamente, responda às seguintes questões relacionadas ao campo elétrico e suas interações:

1 - O que acontece com o campo elétrico gerado por uma carga quando aumentamos sua magnitude?

2 - Como o campo elétrico de uma carga positiva interage com o de uma carga negativa?

Questão 3: Espera-se que os alunos expliquem que o campo elétrico fornece informações sobre a direção e a magnitude da força que uma carga de prova experimental se colocada em qualquer ponto no campo. A direção do campo indica para onde a força será exercida em uma carga positiva, enquanto a magnitude do campo elétrico em um ponto específico determina a força sobre a carga de prova, de acordo com a fórmula $F = qE$, onde F é a força, q é a carga de prova, e E é a intensidade do campo elétrico.

Questão 4: Os alunos devem identificar que a intensidade e a direção do campo elétrico são influenciadas pela magnitude das cargas, pela distância entre as cargas e o ponto de observação, e pela distribuição das cargas no espaço. Eles devem compreender que cargas de maior magnitude geram campos mais intensos e que a direção do campo é determinada pela posição relativa das cargas.

Questão 5: Espera-se que os alunos expliquem que a intensidade do campo elétrico diminui com o quadrado da distância da carga (lei do inverso do quadrado) e aumenta proporcionalmente à magnitude da carga. Eles devem perceber que quanto maior a carga, maior será o campo, e quanto mais distante do ponto de carga, mais fraco será o campo elétrico nesse ponto.

3 - Explique como o campo elétrico pode ser usado para prever a direção e a força sobre uma carga de prova colocada em diferentes pontos.

4 - Quais fatores influenciam a intensidade e a direção do campo elétrico gerado por um sistema de cargas?

5 - Como o campo elétrico se comporta em relação à distância e à magnitude da carga.

Problematização Inicial:

Espera-se que os alunos expliquem que, ao remover o suéter, ocorre um processo de eletrização por atrito, onde os materiais (suéter e corpo) trocam cargas elétricas. O suéter, ao ser retirado, pode ganhar ou perder elétrons, resultando em uma diferença de carga entre o suéter e o corpo. Essa diferença cria um campo elétrico, que é o responsável pelos pequenos estalos e faíscas, devido ao movimento rápido das cargas para neutralizar o desequilíbrio. Os alunos devem relacionar esse fenômeno às forças entre cargas elétricas, indicando que cargas opostas se atraem e cargas iguais se repelem, gerando os estalos e faíscas observados.

Agora, de acordo com tudo o que observou, responda a problematização inicial:

“Durante um dia seco, você nota que ao remover seu suéter de lã, pequenos estalos e faíscas podem ser vistos e ouvidos. Essa experiência é bastante comum, mas o que exatamente está acontecendo? Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? O que causa esse fenômeno e como ele se relaciona com as forças entre cargas elétricas? Como podemos entender melhor essas interações usando o conceito de campo elétrico?”

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 20 dez. 2024.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. **Ensino por Investigação: condições para a construção de conhecimentos e desenvolvimento de competências**. São Paulo: Editora Unesp, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Educação. **Currículo Referência de Minas Gerais: Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Belo Horizonte: SEE/MG, 2018. Disponível em: <https://www.educacao.mg.gov.br>. Acesso em: 20 dez. 2024.

UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER. **Coulomb's Law (HTML5)**. PhET Interactive Simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/coulombs-law. Acesso em: 20 dez. 2024.

UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER. **Charges and Fields (HTML5)**. PhET Interactive Simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/charges-and-fields. Acesso em: 20 dez. 2024.



ROTEIRO DO ESTUDANTE

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NAS AULAS DE FÍSICA

Com Simulações do PhET

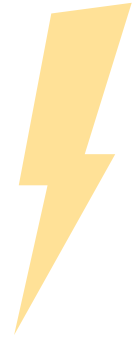
Fortunato Pereira Andrade

Orientadora:

Nilma Soares da Silva



SUMÁRIO



3

Explorando a Lei de Coulomb com Simulações do PhET

Explorando Cargas e Campos com Simulações do PhET

13

Belo Horizonte
2025



Explorando a Lei de Coulomb com Simulações do PhET



Problematização

Notícia: "Tempestade Elétrica Causa Interrupções em Serviços Essenciais em Belo Horizonte"



"Uma forte tempestade elétrica atingiu Belo Horizonte na noite de ontem, causando quedas de energia em diversas áreas da cidade. Relâmpagos iluminaram o céu, e trovões ecoaram pelas ruas, criando um espetáculo natural impressionante, mas também destacando os perigos das descargas elétricas atmosféricas. Cientistas explicam que esses fenômenos estão diretamente relacionados à eletricidade estática, o que nos leva a compreender a importância do estudo das forças entre cargas elétricas."

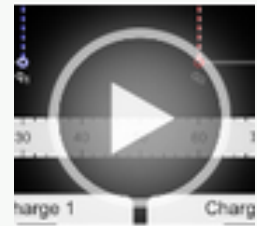


Vamos explorar a eletrostática através de uma analogia: visualize duas pequenas esferas carregadas positivamente flutuando no espaço. Elas se repelem, e essa interação varia conforme a distância entre elas e a magnitude das cargas. Agora, reflita: como a interação entre essas esferas pode nos auxiliar a entender o que acontece durante tempestades elétricas? O que determina a intensidade dessa interação, tanto nas esferas quanto nas descargas atmosféricas?

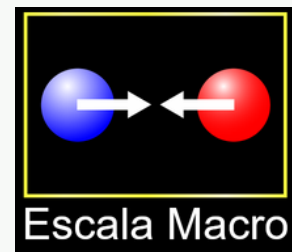
Instruções

- 1 - Posicione-se confortavelmente diante de um computador;
- 2 - Abram o software de <https://phet.colorado.edu/pt/simulations/coulombs-law>;

2.1 - Clique no ícone para abrir a simulação;

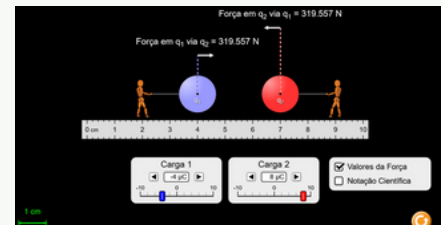


2.2 - Na próxima página escolha:

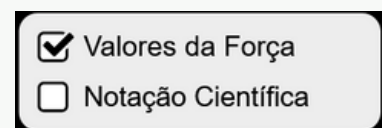


3 - Manipulação das Cargas:

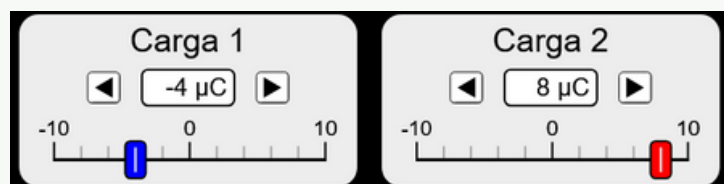
Ao abrir a simulação, localize os ícones das duas cargas (esferas coloridas) e a régua.



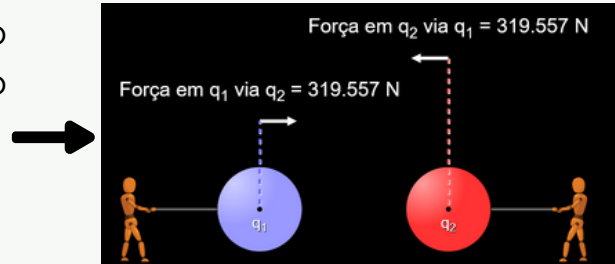
3.1 - Ative a opção "Valores da Força" para visualizar os valores das forças aplicadas entre as cargas.



3.2 - Clique nos controles de Carga 1 e Carga 2 para alterar os valores das cargas. Tente variar entre valores positivos e negativos.

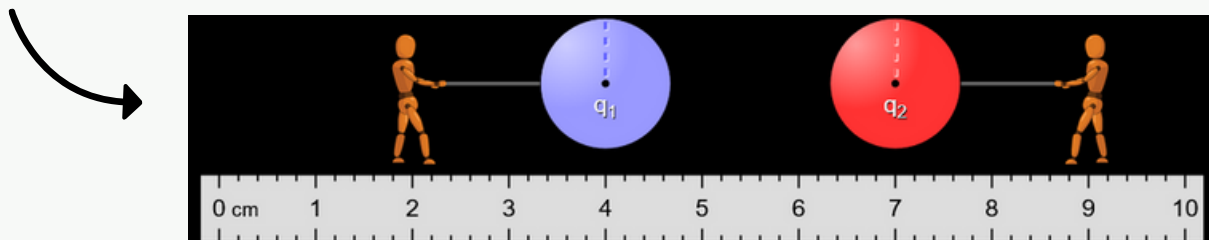


3.3 - Observe como a direção e o módulo das forças mudam no gráfico.

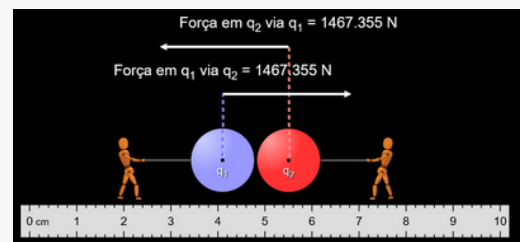
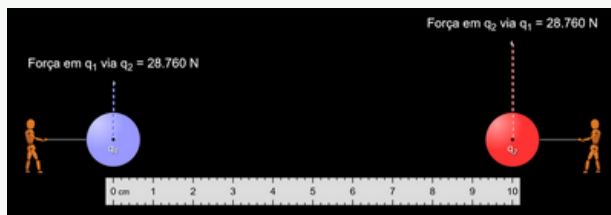


4 - Explorando a Distância:

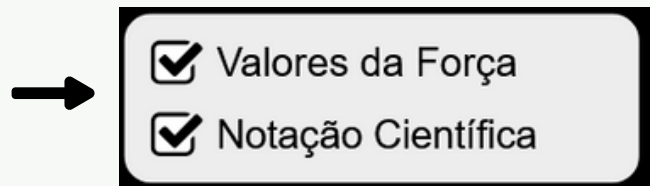
Clique e arraste uma das esferas (q_1 ou q_2) ao longo da régua para mudar a distância entre as cargas.



4.1 - Atente-se em como a força aumenta ou diminui proporcionalmente à distância.



5 - Ativando Notação Científica:
Ative a opção “Notação Científica”
e observe os valores das forças
em notação científica.



5.1 - Compare os valores com e sem a notação.

Responda

Forças entre Cargas Iguais

1 - Configure as duas cargas (q_1 e q_2) com valores iguais (ex.: $+4 \mu\text{C}$ e $+4 \mu\text{C}$). Coloque as cargas a uma distância de 5 cm. Anote o valor da força exibido na tela. (Registre também na tabela da questão 10).

2 - Altere a distância entre as cargas para 4 cm, 6 cm e 8 cm, anotando o valor da força em cada caso. (Registre também na tabela da questão 10).

3 - Ocorre alguma variação no módulo da Força? Se sim, de que forma ocorre essa variação?

Alterando o valor de uma Carga

4 - Mantenha a carga q_1 com o valor de $+4 \mu\text{C}$ e altere a carga q_2 para $+8 \mu\text{C}$. Posicione as cargas a 10 cm e registre a força. (Registre também na tabela da questão 10).

5 - Alterne a distância entre as cargas para 5 cm e anote a nova força. (Registre também na tabela da questão 10).

6 - Como a força é afetada pela mudança do valor de uma das cargas?

Forças entre Cargas com Polaridades Opostas

7 - Configure uma carga como $+4 \mu\text{C}$ e a outra como $-4 \mu\text{C}$. Coloque as cargas a 10 cm e registre o valor e a direção da força. (Registre também na tabela da questão 10).

8 - Altere a posição de uma das cargas para 5 cm de distância e observe como o valor e a direção da força mudam. (Registre também na tabela da questão 10).

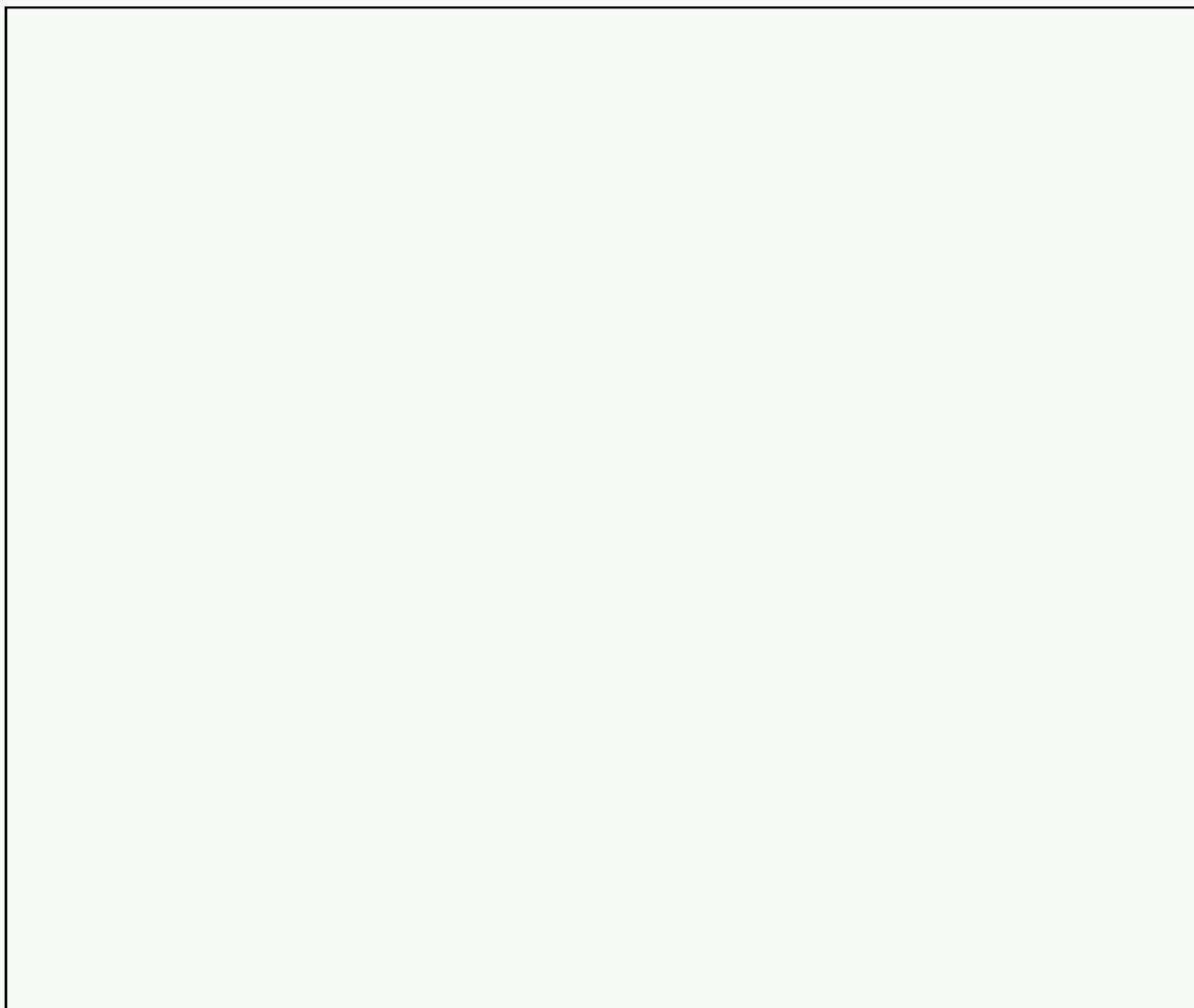
9 - Qual a diferença na direção da força quando as cargas têm sinais opostos?

Registro e Análise dos Resultados

10 - Organize os dados na tabela, indicada:

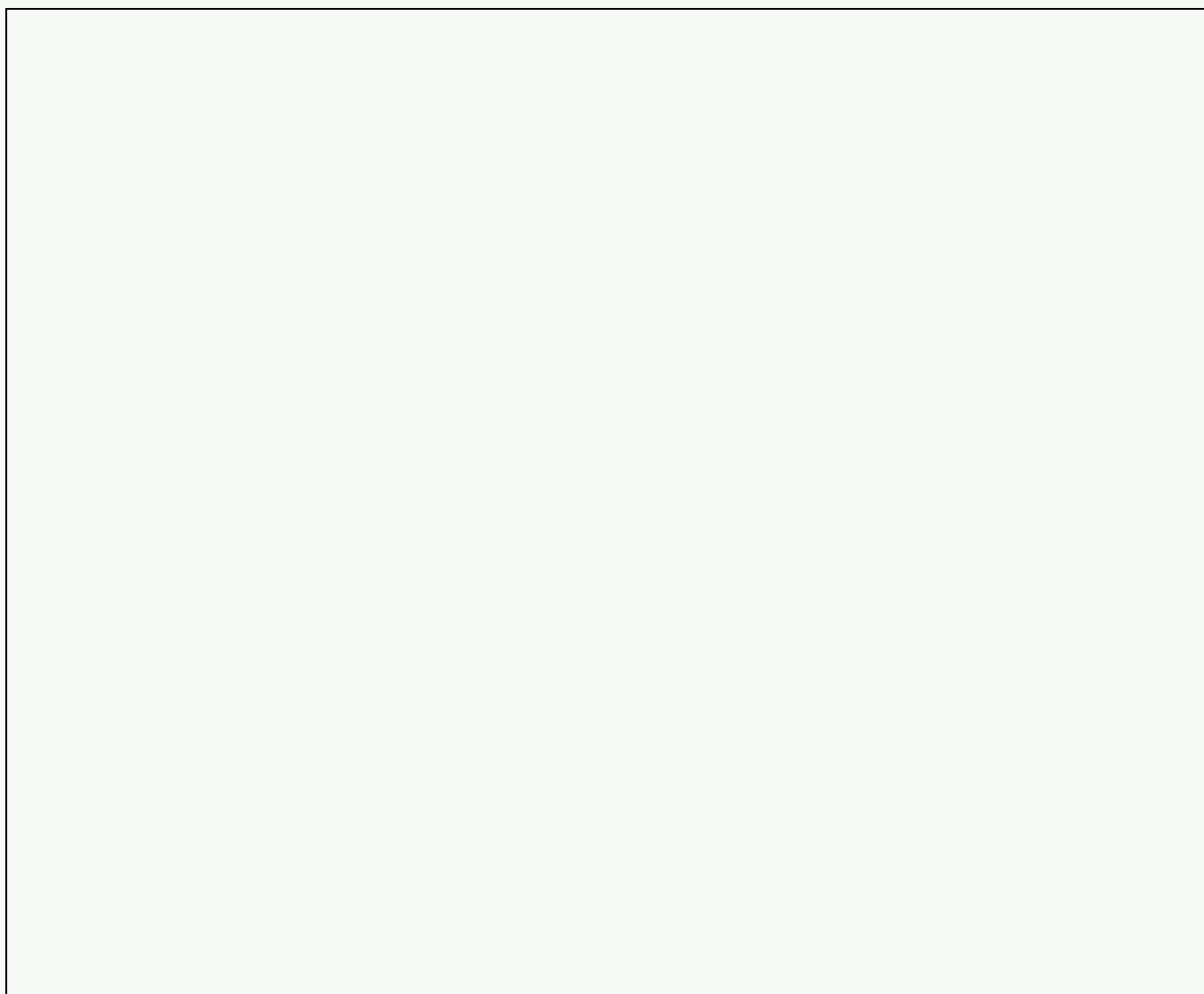
Questão	Carga 1 (μC)	Carga 2 (μC)	Distância (cm)	Força (N)
1	+4	+4	5	
2	+4	+4	4	
2	+4	+4	6	
2	+4	+4	8	
4	+4	+8	10	
5	+4	+8	5	
7	+4	-4	10	
8	+4	-4	5	

11 - Compare os valores e tente deduzir a relação matemática que conecta força, cargas e distância.



12 - Agora, de acordo com tudo o que observou, responda a problematização inicial:

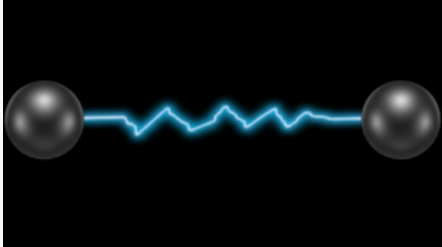
Durante uma forte tempestade elétrica em Belo Horizonte, a cidade sofreu interrupções nos serviços essenciais devido a descargas elétricas atmosféricas. Relâmpagos e trovões evidenciaram os fenômenos de eletricidade estática em grande escala. Mas, o que está por trás dessas descargas? Visualize duas pequenas esferas carregadas positivamente flutuando no espaço. Elas se repelem, e essa interação varia conforme a distância entre elas e a magnitude das cargas. Agora, reflita: como a interação entre essas esferas pode nos auxiliar a entender o que acontece durante tempestades elétricas? O que determina a intensidade dessa interação, tanto nas esferas quanto nas descargas atmosféricas?



Explorando Cargas e Campos com Simulações do PhET



Problematização



A eletricidade estática é um fenômeno que todos já experimentamos em algum momento do dia a dia, especialmente em ambientes secos. Situações como sentir um pequeno choque ao tocar em uma maçaneta ou observar faíscas ao tirar uma

roupa de lã ilustram como as cargas elétricas se acumulam e interagem. Esses fenômenos cotidianos despertam curiosidade e nos levam a questionar o que está acontecendo em nível microscópico. Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? E o que causa as pequenas descargas que percebemos?

Vamos explorar essas questões, conectando a teoria do campo elétrico com eventos do nosso cotidiano, para entender melhor as interações entre cargas elétricas.

"Durante um dia seco, você nota que ao remover seu suéter de lã, pequenos estalos e faíscas podem ser vistos e ouvidos. Essa experiência é bastante comum, mas o que exatamente está acontecendo? Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? O que causa esse fenômeno e como ele



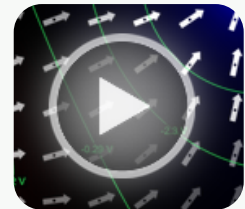
se relaciona com as forças entre cargas elétricas? Como podemos entender melhor essas interações usando o conceito de campo elétrico?"

Instruções

1 - Posicione-se confortavelmente diante de um computador;

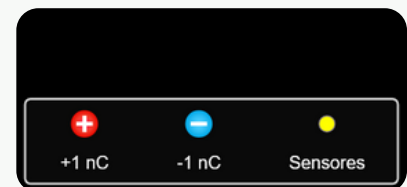
2 - Abram o software de https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/charges-and-fields;

2.1 - Clique no ícone para abrir a simulação;

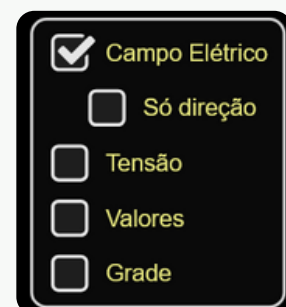


2.2 - Ao abrir, familiarize-se com os controles disponíveis:

Coloque cargas positivas e negativas no espaço; (Clique nelas segurando e arrastando para o espaço).



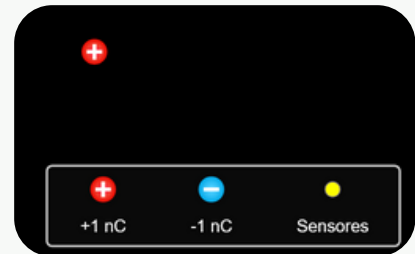
Ative a visualização do **Campo Elétrico** e ajuste outras opções, como grade e valores.



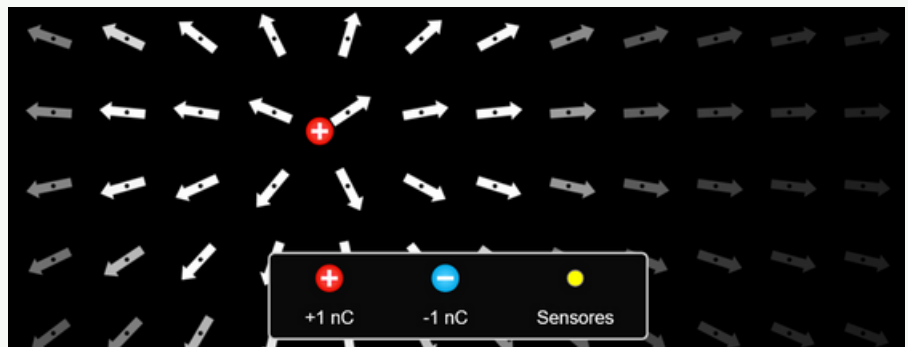
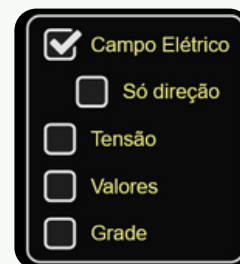
Exploração

3 - Compreendendo o Campo Elétrico

3.1 - Coloque uma carga positiva (+1 nC) no espaço vazio.



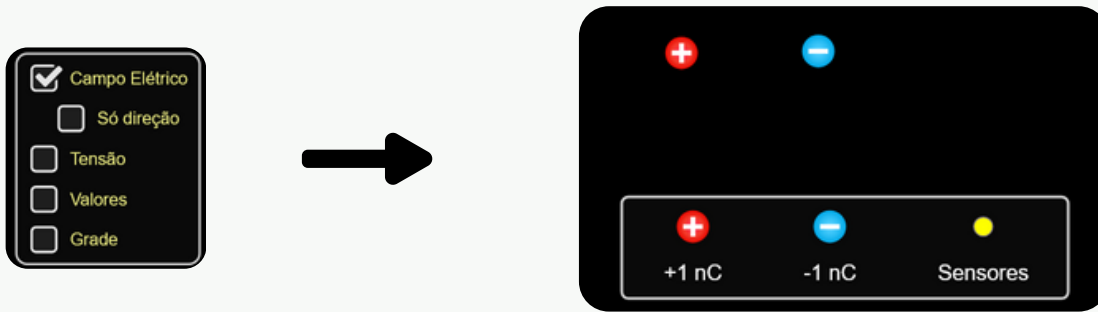
Com a visualização do **campo elétrico** ativada, observa-se o seguinte padrão:



Observe e registre o comportamento do campo elétrico gerado pela carga. Para qual direção ele aponta? Faça a representação gráfica do campo elétrico.

Obs: Clicando (segurando e arrastando o ícone "sensores" é possível verificar a direção e sentido do vetor campo elétrico.)

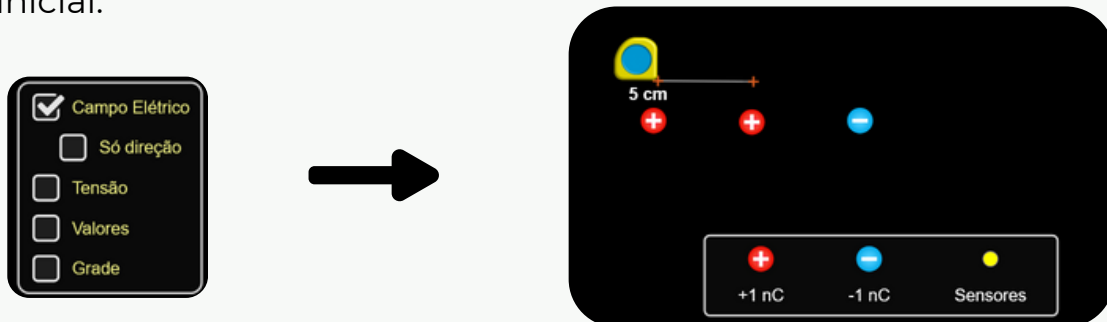
3.2 - Agora, insira uma carga negativa (-1 nC) próxima à carga positiva.



Ocorre alguma mudança no Campo elétrico? Se sim, qual mudança? Faça a representação gráfica do campo elétrico no conjunto das cargas.

Influência da Magnitude e dos sinais das cargas:

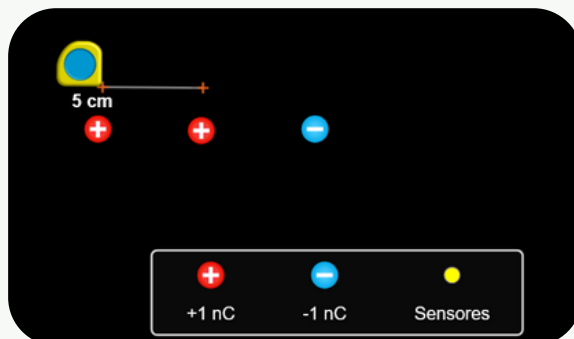
3.3 - Adicione uma segunda carga positiva (+1 nC) e posicione-a a 5 cm da carga inicial.



Registre o comportamento do campo resultante, arrastando o “sensores” para o espaço. Faça a representação gráfica do campo elétrico no conjunto das cargas.

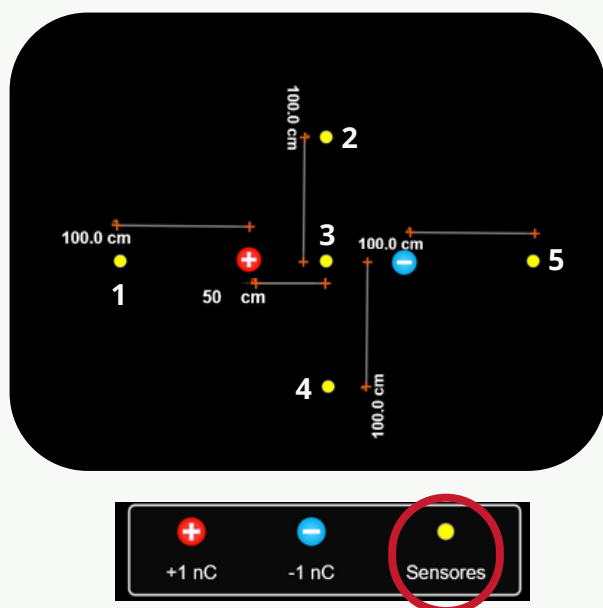
3.4 - Substitua essa carga por outra de +2 nC.

Para aumentar/diminuir o valor (módulo) da carga, basta arrastar outra e ir colocando sobre a carga anterior. Assim é possível variar a magnitude das cargas.



Ocorre alguma mudança no Campo elétrico? Se sim, qual mudança? Faça a representação gráfica do campo elétrico no conjunto das cargas.

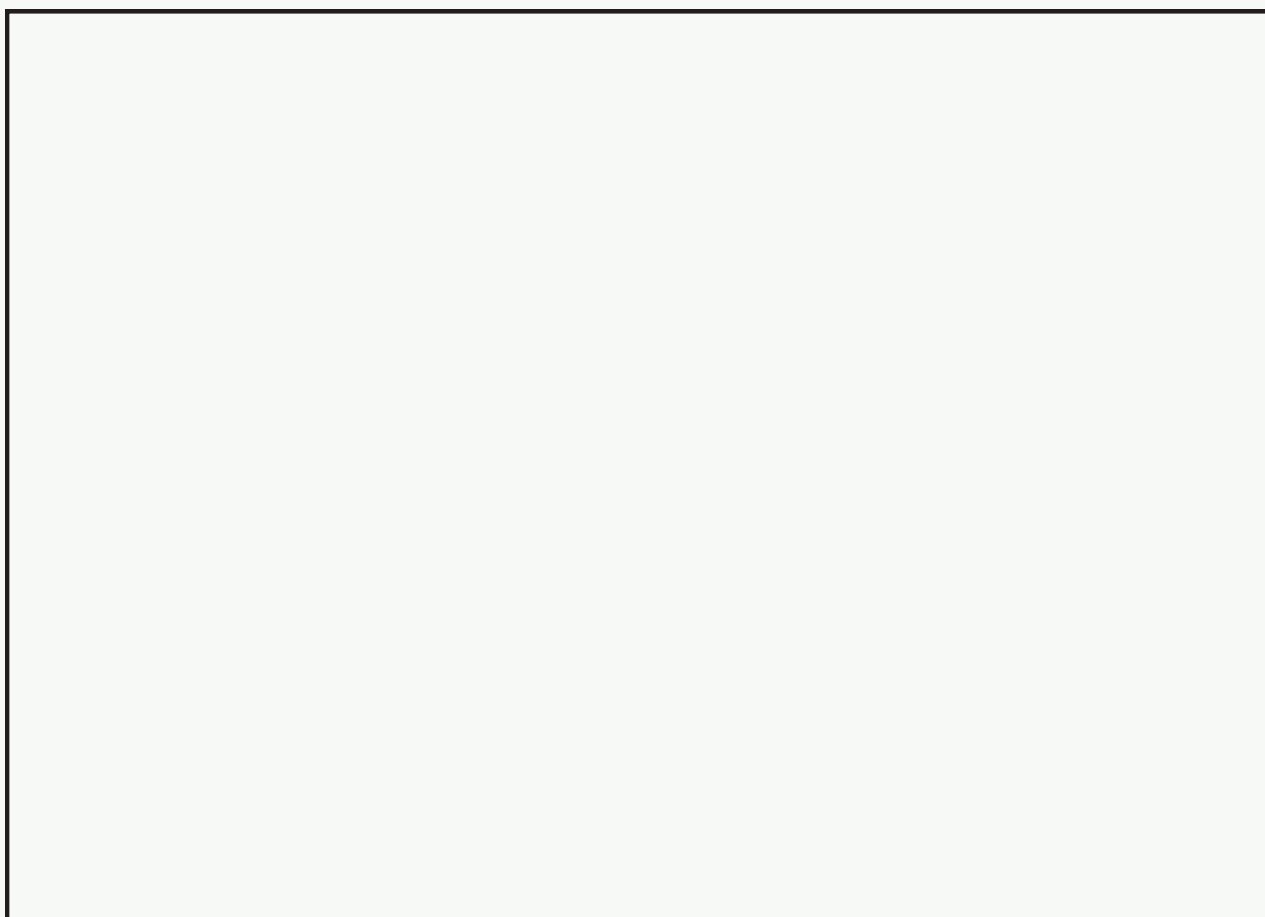
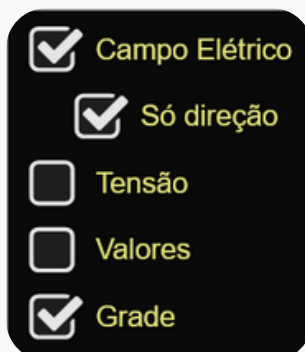
3.5 - Ative o sensor de campo (ícone amarelo) arrastando-o até a posição desejada. Meça a intensidade do campo elétrico nas posições especificadas e registre os valores na tabela correspondente.



Posição	Intensidade	Direção
1		
2		
3		
4		
5		

Analisando padrões

4 - Com as cargas da questão anterior, ative as opções "Só direção" e "grade" para observar o campo elétrico ao redor das cargas. Represente graficamente e compare os vetores do campo. (Observe angulo, tamanho, mudança na cor...)



Responda

Com base no que foi aprendido anteriormente nesta atividade e nos conhecimentos adquiridos previamente, responda às seguintes questões relacionadas ao campo elétrico e suas interações:

1 - O que acontece com o campo elétrico gerado por uma carga quando aumentamos sua magnitude?

2 - Como o campo elétrico de uma carga positiva interage com o de uma carga negativa?

3 - Explique como o campo elétrico pode ser usado para prever a direção e a força sobre uma carga de prova colocada em diferentes pontos.

4 - Quais fatores influenciam a intensidade e a direção do campo elétrico gerado por um sistema de cargas?

5 - Como o campo elétrico se comporta em relação à distância e à magnitude da carga.

Agora, de acordo com tudo o que observou, responda a problematização inicial:

“Durante um dia seco, você nota que ao remover seu suéter de lã, pequenos estalos e faíscas podem ser vistos e ouvidos. Essa experiência é bastante comum, mas o que exatamente está acontecendo? Como as cargas elétricas se comportam nesses momentos? O que causa esse fenômeno e como ele se relaciona com as forças entre cargas elétricas? Como podemos entender melhor essas interações usando o conceito de campo elétrico?”

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 20 dez. 2024.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. **Ensino por Investigação: condições para a construção de conhecimentos e desenvolvimento de competências**. São Paulo: Editora Unesp, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Educação. **Currículo Referência de Minas Gerais: Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Belo Horizonte: SEE/MG, 2018. Disponível em: <https://www.educacao.mg.gov.br>. Acesso em: 20 dez. 2024.

UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER. **Coulomb's Law (HTML5)**. PhET Interactive Simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/coulombs-law. Acesso em: 20 dez. 2024.

UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER. **Charges and Fields (HTML5)**. PhET Interactive Simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/charges-and-fields. Acesso em: 20 dez. 2024.