

Eletricidade animada e interativa

LUIZ FABIANO LUCAS ARAUJO

Produto Educacional apresentado em
Dissertação de Mestrado do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Rio Grande do Norte (IFRN) no curso de
Mestrado Nacional Profissional de Ensino
de Física (MNPEF), como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título
de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Melquisedec Lourenço da Silva, DSc

Natal, RN

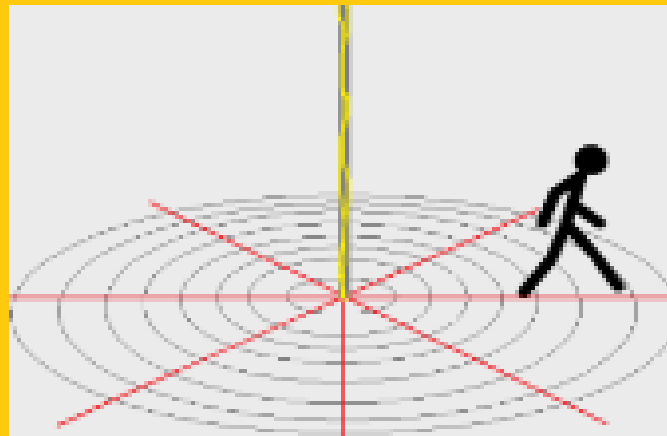
Setembro de 2017

CAPA DO PRODUTO

**LUIZ FABIANO LUCAS ARAUJO
MELQUISEDEC LOURENÇO DA SILVA**

**Eletricidade
animada e
interativa**

1



**Entendendo a
Tensão de passo**

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a sua fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção própria e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Araujo, Luiz Fabiano Lucas

A658e Eletricidade animada e interativa [recurso eletrônico] :
entendendo a tensão de passo / Luiz Fabiano Lucas Araujo,
Melquisedec Lourenço da Silva – Natal : Melquisedec Lourenço da
Silva , 2017.

101.314Kb ; ePUB.

ISBN : 978-85-923600-1-6

Catálogo na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da
Biblioteca Setorial Walfredo Brasil (BSWB) do IFRN.

APRESENTAÇÃO

Esse produto educacional corresponde a um *e-book* constituído por diversas ferramentas digitais que foram adequadas ao ensino de campo elétrico, superfícies equipotenciais, DDP(diferença de potencial) e introdução ao conceito de corrente elétrica. O processo de produção desse material objetivou promover o aprendizado desses conceitos numa perspectiva de ensino relacionada a estratégia didática P.O.E. (Predizer, Observar e Explicar). Ele se constitui num Produto Educacional gerado para integrar os requisitos necessários à obtenção do título de mestre do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, dentro do programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN. E para relatá-lo e justificá-lo temos a dissertação intitulada: Criação e uso de um *e-book* animado e interativo para ensino de eletricidade com ênfase no choque elétrico causado por “tensão de passo”, sob a orientação do Prof. DSc Melquisedec Lourenço da Silva.

Nosso objetivo é promover a obtenção de definições conceituais de forma rápida utilizando as Novas TIC's, adequando o ensino de física ao atual perfil de alunos.

Esperamos que esse *e-book* possa contribuir para a prática pedagógica nas aulas de Física. E que proponha sugestões para trabalhos futuros que visem contemplar o uso de Novas TICS's.

Lista de figuras

Figura 1: Propriedades do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA (interface do Windows 8.1)	1
Figura 2: Interface do <i>e-book</i> ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA no aplicativo <i>Kotobee</i>	2
Figura 3: Imagem da animação que representa o choque elétrico causado por incidência de raios em árvores	4
Figura 4: Animação que representa o choque elétrico causado por tensão de passo	4
Figura 5: Conteúdo do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA na interface do aplicativo <i>Kotobee Author</i>	6
Figura 6 : Exercícios do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA na interface do aplicativo <i>Kotobee Author</i>	7
Figura 7 : Questionário dinâmico do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA na interface do aplicativo <i>Kotobee Author</i>	8
Figura 8 : Parte dos conteúdos do <i>e-book</i> ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA obtidas na interface do aplicativo <i>Kotobee Author</i>	9
Figura 9: Parte da Programação do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA.....	10

Sumário

Capítulo 1	CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO EDUCACIONAL: ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA.....	1
Capítulo 2	Sobre os conceitos abordados no <i>e-book</i> ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA.....	3
Capítulo 3	Sobre o desenvolvimento do <i>e-book</i> ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA.....	10
Capítulo 4	Versão estática dos conteúdos das interfaces do produto educacional.....	11
	Referências Bibliográficas.....	51

Capítulo 1

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO EDUCACIONAL: ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA

O presente capítulo é destinado a descrição do produto educacional, o *e-book* **ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA**. Ele consiste num livro digital no formato *EPUB*, compatível com uma grande variedade de aplicativos utilizados para leitura de *e-books*. Uma grande vantagem desse formato está associada a possibilidade de ajuste do tamanho da fonte do texto, bem como, o auto ajuste das dimensões da página em relação à tela do dispositivo utilizado.

Esse formato também permite a inserção de vários recursos necessários a proposta de elaboração desse produto educacional, contemplando o uso de animações computacionais, *links* de acesso a sites e questionários interativos. Para armazenar o *e-book* são necessários 98 Mb de memória (ver figura 1). Logo, pode ser considerado um arquivo leve.

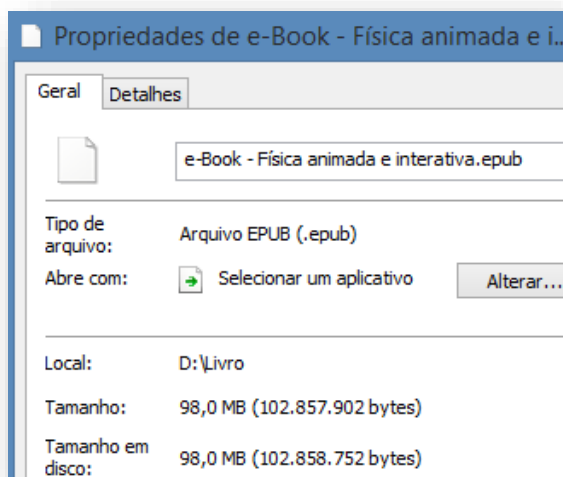


Figura 1: Propriedades do *e-book* **ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA** (interface do Windows 8.1)

Apesar da possibilidade de acesso através de computadores e vários dispositivos móveis, a estrutura e as dimensões dos elementos presentes no e-book foram idealizadas para uso em *smartphones* (ver figura 2).

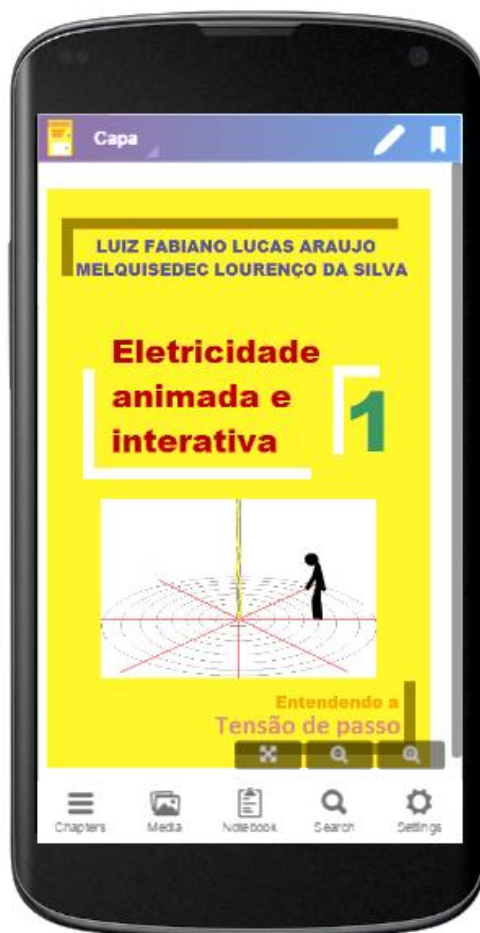


Figura 2: Interface do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA no aplicativo *Kotobee*.

O download do e-book pode ser realizado a partir do link: <http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/eletrostatica/eletricidade-animada-e-interativa/view> .

Para utilizar o e-book num dispositivo, basta a instalação de um aplicativo leitor de *EPUB*. Após testar vários aplicativos, o livro apresentou um excelente ajuste aos leitores *Kotobee Reader* e *Supreader*, ambos disponíveis na *Play Store* do *Google*.

Os conteúdos e conceitos abordados podem ser acessados diretamente no sumário digital do livro, através de um toque sobre um de seus *hiperlinks*,

permitindo também uma leitura não linear dos conteúdos presentes no *e-book*. Este recurso não é observado em grande parte dos textos digitais. Como por exemplo, no formato PDF. E alternativamente, também é possível acessar os conceitos através dos sumários presentes nos próprios aplicativos leitores de *e-books*.

No *e-book* também foram inseridos *links* que estabelecem acesso a informações externas ao livro.

Esses *links* direcionam o leitor a páginas da web que tratam de assuntos semelhantes. Como por exemplo, vídeos disponíveis na internet que abordam fenômenos relacionados aos conteúdos do *e-book*.

Capítulo 2

Sobre os conceitos abordados no *e-book* ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA.

Os conceitos abordados nesse livro objetivam a compreensão dos fenômenos dos choques elétricos causados por correntes elétricas radiais relacionadas a descargas elétricas no solo.

Esse conhecimento tem uma importância considerável, pois possibilita que esse tipo de choque seja evitado, através da compreensão dos conceitos físicos relacionados ao fenômeno.

Para explicar a origem desses fenômenos é necessária a compreensão de vários conceitos de eletrostática e eletrodinâmica, como por exemplo: campo elétrico, potencial elétrico, superfícies equipotenciais, diferença de potencial, movimento de cargas elétricas causadas por campos elétricos e corrente elétrica.

Para tratar o fenômeno do choque elétrico causado por incidência de raios, foi criada uma animação que representa a incidência de um raio sobre uma árvore, perto da qual se encontram dois animais (ver figura 3). No

fenômeno representado o equino sofre um choque elétrico mais intenso que a ave, mesmo ambos estando situados a uma mesma distância da árvore.

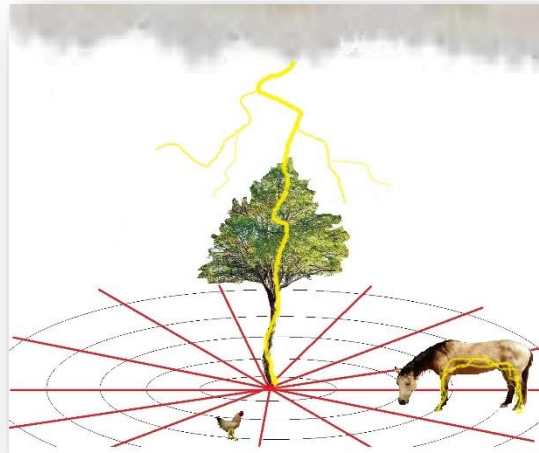


Figura 3: Imagem da animação que representa o choque elétrico causado por incidência de raios em árvores

Outra animação como essa, está exposta no início do livro para tratar da problemática da “tensão de passo” (ver figura 4). A animação apresentada, mostra que ao dar um passo e tocar duas linhas concêntricas, uma pessoa sofre um choque elétrico. O objetivo desta imagem é despertar a busca de uma explicação para a situação apresentada bem como a compreensão dos elementos gráficos presentes na imagem.

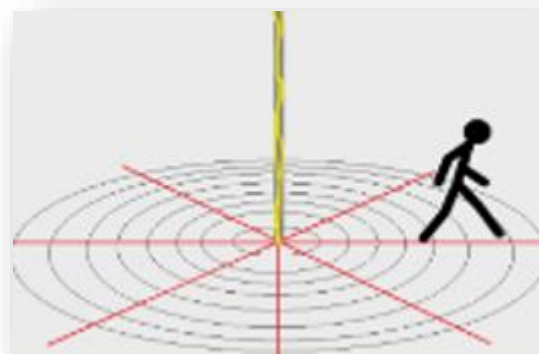


Figura 4: Animação que representa o choque elétrico causado por tensão de passo

A observação da sequência das animações apresentadas em nosso *e-book* permite ao leitor a assimilação de alguns dos conceitos envolvidos nos fenômenos. Dessa forma, as duas situações que, inicialmente, para o leitor eram sem grandes explicações físicas, permitem a criação de hipóteses associadas à tentativa de compreender os fenômenos. Esse processo corresponde a etapa **PREDIZER** da estratégia didática **P.O.E**. Em seguida, os textos associados às animações expõem o que são os elementos nelas presentes e também predizem, inicialmente, do que se tratam.

A respeito da etapa **EXPLICAR** da estratégia didática **P.O.E**, o livro interage com o leitor através de questionários que buscam as definições dos conceitos representados nas animações. Ao buscar essas respostas o leitor é induzido a observar, atentamente, a modelagem presente na animação.

O livro leva o aluno a definir conceitos que aparecem incompletos e associá-los a alternativas que podem integrá-los (ver figura 5).

Após marcar suas respostas, o leitor pode clicar no botão **submeter respostas** e verificar se estão corretas. Diante de uma conclusão errada, o questionário expõe um comentário, que direciona o aluno a uma observação mais específica sobre os elementos representados, ajudando-o a uma formulação correta do conceito.

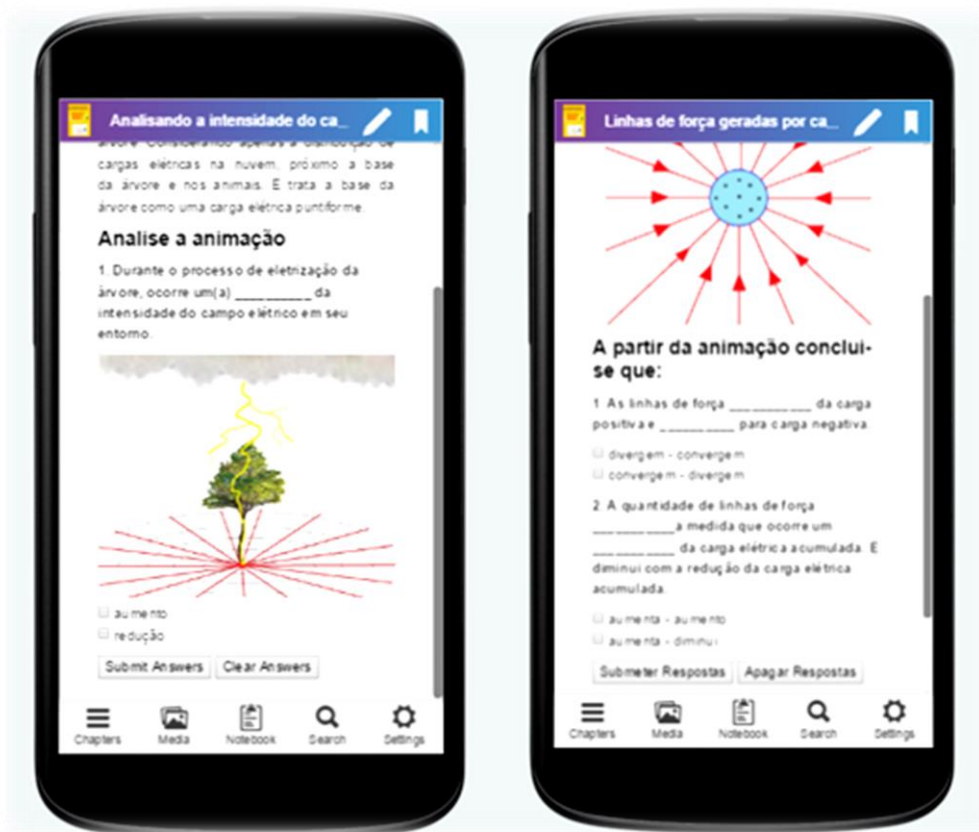


Figura 5: Conteúdo do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA na interface do aplicativo *Kotobee Author*.

O e-book, em questão, possui dois tipos de questionários: **os exercícios de fixação** e o **Click aqui e teste seus conhecimentos**.

Os exercícios de fixação são questionários com questões e alternativas randomizadas (função que altera a ordem das questões e de suas alternativas). Ao final dos questionários existem dois botões. O primeiro botão submete as respostas a uma correção eletrônica e gera um score de pontuação. E o segundo botão apaga as respostas, permitindo uma nova resolução do questionário (ver figura 6).

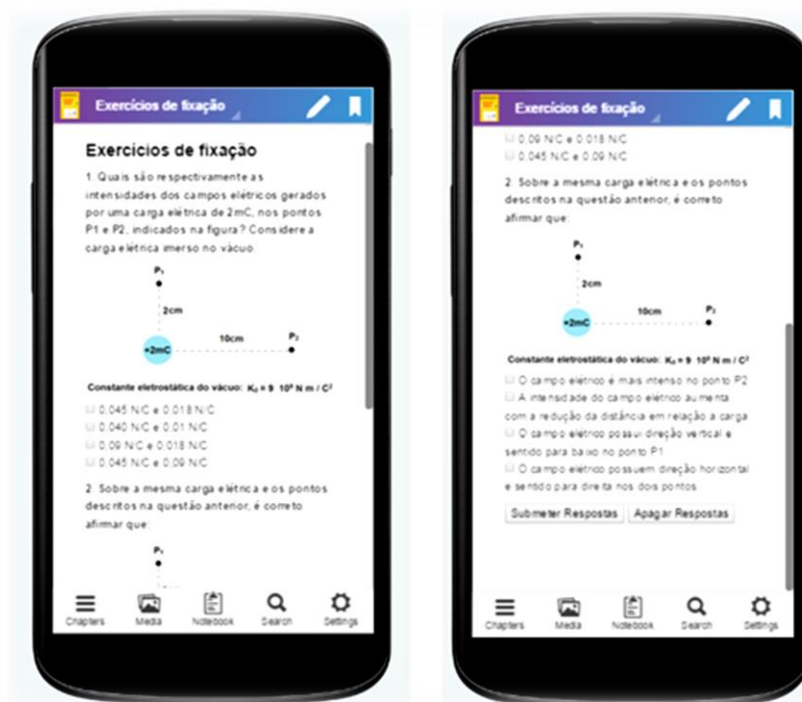


Figura 6 : Exercícios do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA na interface do aplicativo *Kotobee Author*.

O segundo corresponde a um *link* de acesso a questionários *online* e dinâmicos (plataforma *Google Forms*), que podem ser modificados a qualquer instante (ver figura 7). Esse formulário oferece ao leitor, um *feedback* imediato do número de acertos.

Esse número de acertos também é armazenado instantaneamente pelo próprio formulário e é exposto através de ferramentas estatísticas. E podem ser utilizados, entre outras coisas, como avaliação do uso e para a constante atualização e melhoria do *e-book*.

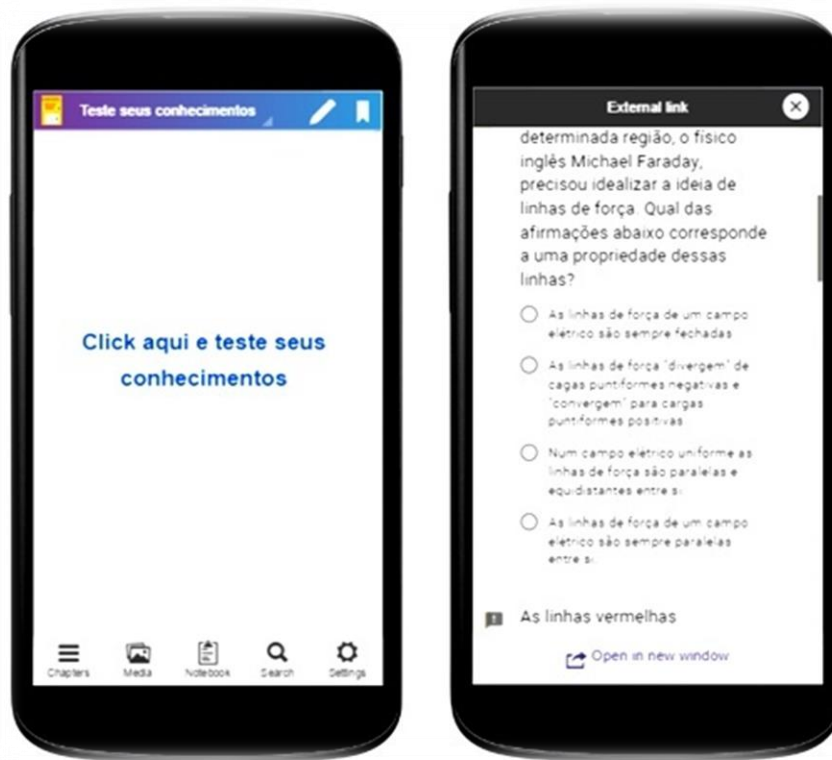


Figura 7 : Questionário dinâmico do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA na interface do aplicativo *Kotobee Author*.

As animações do livro também tratam de vários outros conceitos relacionados a compreensão dos fenômenos discutidos (ver figura 8). Como por exemplo, o Poder das pontas, Potencial elétrico, diferença de potencial e superfície equipotencial. A figura 8 apresenta as interfaces dessas animações.

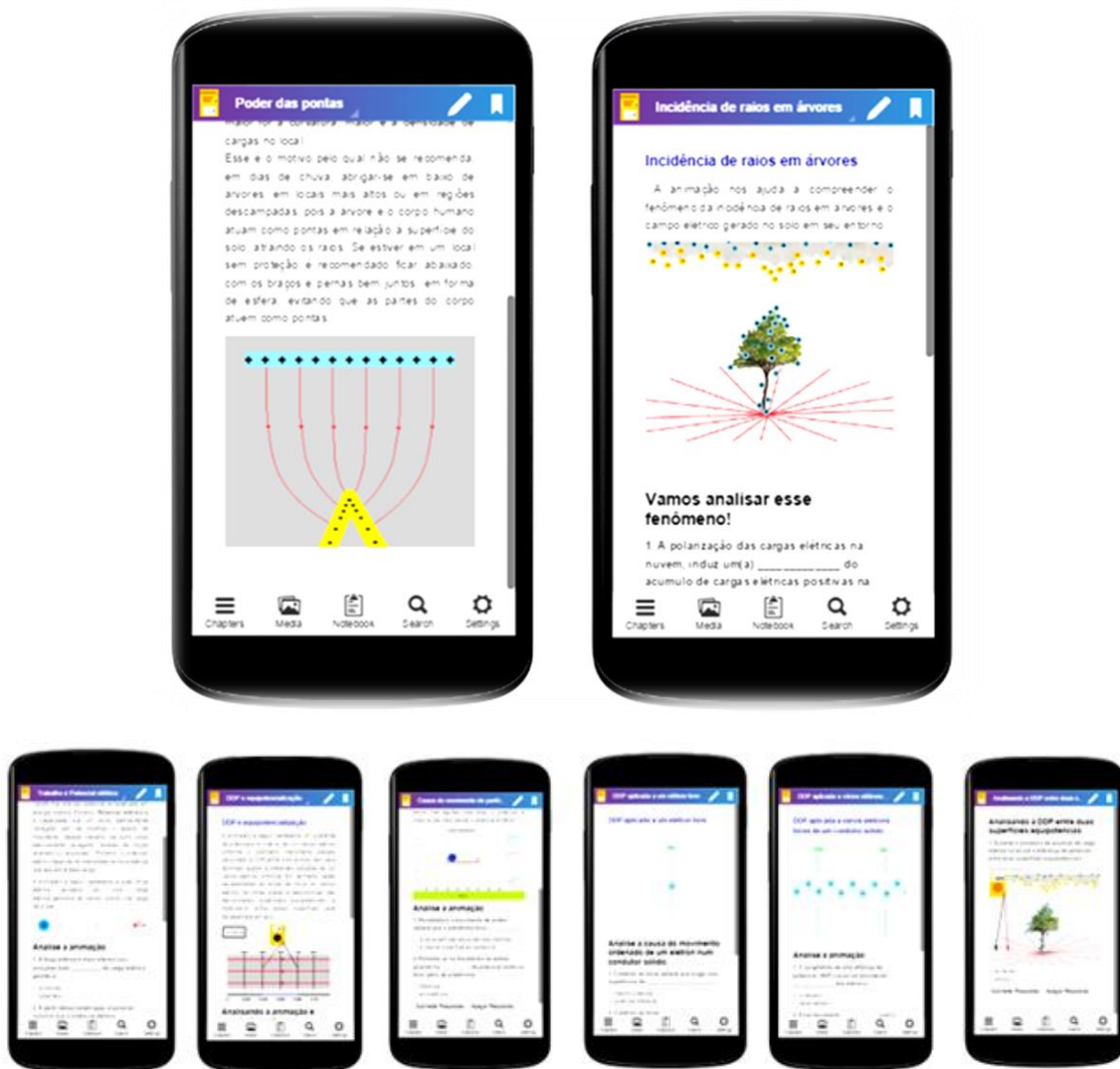


Figura 8 : Parte dos conteúdos do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA obtidas na interface do aplicativo *Kotobee Author*.

A compreensão dos conceitos apresentados principalmente nas cinco últimas animações do e-book, fornecem subsídios para uma aprendizagem dos conceitos de eletrodinâmica de uma forma mais relacionada ao conceito de gradiente do potencial relacionadas a um campo elétrico. Evitando assim, uma concepção errada do aluno do conceito de diferença de potencial voltada, apenas aos potenciais nos terminais dos condutores.

Capítulo 3

Sobre o desenvolvimento do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA.

Ao contrário do que muitos pensam, para criar um *e-book* com funções interativas não é necessário um grande conhecimento em linguagem de programação. Atualmente, existem vários aplicativos disponíveis, que facilitam o desenvolvimento desses produtos digitais. Entre eles estão o *kotobee author*, utilizado para a inserção dos questionários interativos. E o *Pivot* utilizado para desenvolver as animações computacionais.

A escolha do formato adequado a publicação do **e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA** envolveu a necessidade de compatibilidade com a inserção de animações e questionários com funções interativas. Para atender a esses requisitos e considerando os padrões da Web, onde se incluem o HTML (HyperText Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets) e JavaScript, o formato EPUB se apresentou como a melhor opção. Esse foi criado pelo International Digital Publishing Forum (IDPF) e corresponde a um formato gratuito e aberto para publicação de *e-books*.

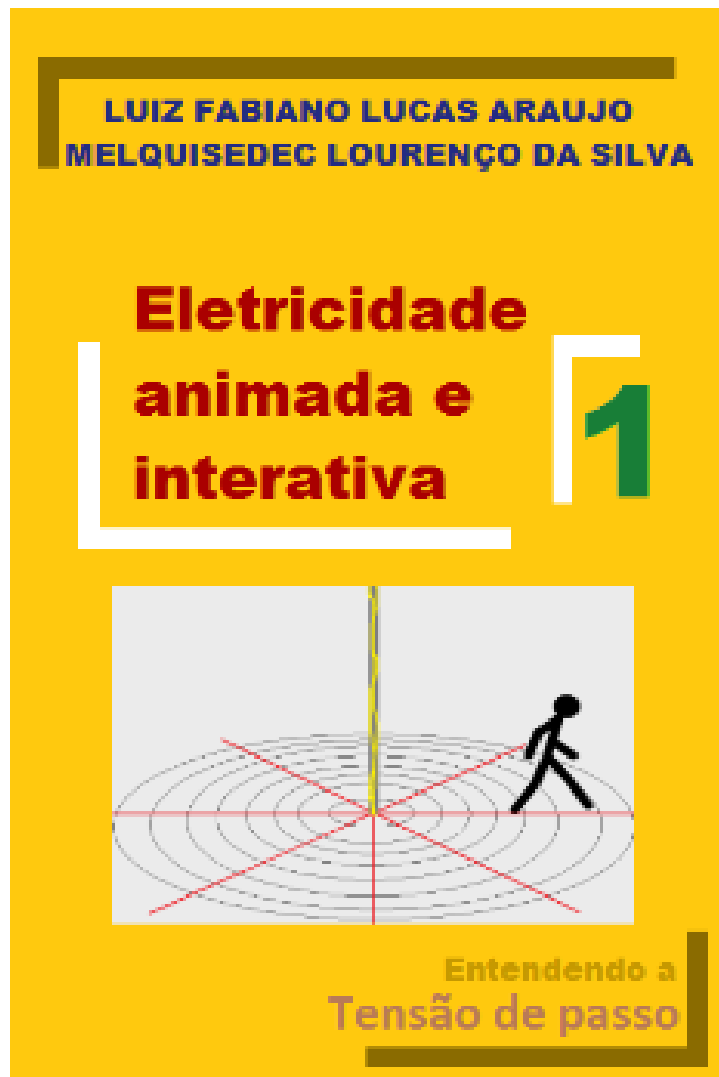
```
6 <p style="text-align: justify;"><span style="color:#FFFFFF">___  
   circulos concêntricos?&nbsp;Por que o fato de dar um passo pode  
7 <p style="text-align: justify;"><span style="color:#FFFFFF">___  
   compreender outros fenômenos,&nbsp;trataremos nas próximas pági  
   leitor,&nbsp;a partir da visualização de animações deverá compl  
   conceitos físicos envolvidos.</p>  
8
```

Figura 9: Parte da Programação do e-book ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA.

Capítulo 4

Versão estática dos conteúdos das interfaces do produto educacional

Todas as imagens que aparecem ao longo desse livro correspondem a animações que representam os conceitos e fenômenos discutidos no *e-book* ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA.



LUIZ FABIANO LUCAS ARAUJO
MELQUISEDEC LOURENÇO DA SILVA

ELETRICIDADE ANIMADA E INTERATIVA
Entendendo a tensão de passo

1ª edição

Natal/RN

Edição do Autor

2017

Sumário

1. [Apresentação](#)
2. [Introdução](#)
3. [Tensão de passo](#)
4. [Campo elétrico](#)
5. [Definindo conceitos](#)
6. [Analogia entre campos](#)
7. [Exercícios de fixação](#)
8. [Sentido da força elétrica](#)
9. [Campo elétrico de cargas puntiformes](#)
10. [Exercícios de fixação](#)
11. [Linhas de campo](#)
12. [Campos elétricos gerados por cargas elétricas puntiformes](#)
13. [Campos elétricos gerados por interações entre cargas puntiformes](#)
14. [Definindo conceitos](#)
15. [Classificando os campos](#)
16. [Teste seus conhecimentos](#)
17. [Poder das pontas](#)
18. [O Para-raios](#)
19. [Rigidez dielétrica](#)
20. [Incidência de raios em árvores](#)
21. [Trabalho e Potencial elétrico](#)

22. [Estudo analítico da DDP e do Potencial elétrico](#)
23. [Exercícios de fixação](#)
24. [Superfícies equipotenciais e DDP](#)
25. [Definindo conceitos](#)
26. [Exercícios de fixação](#)
27. [Causa do movimento de partículas num campo](#)
28. [DDP aplicada a um elétron livre](#)
29. [DDP aplicada a vários elétrons livres](#)
30. [Movimento de cargas elétricas num campo elétrico uniforme](#)
31. [Lançamento paralelo as linhas de força](#)
32. [Lançamento perpendicular as linhas de força](#)
33. [Descrição do movimento](#)
34. [Choque elétrico causado por incidência de raio](#)
35. [Analisando a intensidade do campo elétrico](#)
36. [Analisando a DDP entre duas superfícies equipotencias](#)
37. [Analisando a causa do choque elétrico](#)
38. [Tensão de passo](#)
39. [Teste seus conhecimentos](#)
40. [Bibliografia](#)

Apresentação

Neste livro é proposta uma forma alternativa para apresentar os conceitos de campo elétrico, potencial elétrico, superfícies equipotenciais, diferença de potencial e corrente elétrica ao aluno dos Ensinos Fundamental e Médio, de uma forma interativa e significativa. Se espera corresponder às recomendações contidas nos PCNs, DCNs e, sobretudo, alargar a possibilidade de utilização dos chamados Temas Transversais no

Ensino/Aprendizado. Nessa perspectiva, os conceitos serão abordados com o objetivo de explicar um fenômeno natural associado a incidência de raios em árvores e choques elétricos sofridos por animais decorrentes dessas descargas. Durante a exposição teórica dos conceitos se encontram animações e exercícios interativos, que possuem o objetivo de tornar sua leitura mais atrativa.

Acompanhando o desenvolvimento tecnológico da sociedade, são indicados endereços eletrônicos, onde o leitor poderá obter informações sobre os diversos assuntos tratados.

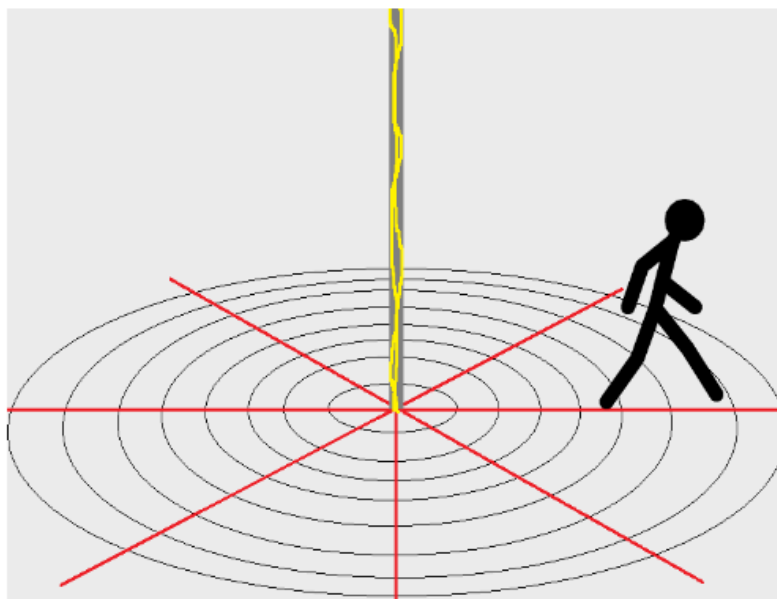
Introdução

Não é incomum ocorrerem acidentes com animais e pessoas relacionados a incidência de raios. Em alguns casos esses acidentes podem ser fatais. Não é necessário ser atingido diretamente por um raio, para sofrer as consequências de uma corrente por ele originada. O conteúdo do livro, trata de uma forma predominantemente qualitativa, os conceitos de campo elétrico, potencial elétrico, poder das pontas, superfícies equipotenciais, diferença de potencial e corrente elétrica e os relaciona com o fenômeno natural de uma descarga elétrica entre uma nuvem e uma árvore, causando um tipo de choque elétrico pouco difundido, que está associado a distância entre as patas do animal ou os pés de uma pessoa, que em alguns casos é denominado “tensão de Passo”.

Acesse: Proteção Contra Raios (Agência de Informação Embrapa)

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_260_217200392410.html

Tensão de passo



O que são todas essas linhas radiais e círculos concêntricos? Por que o fato de dar um passo pode levar a um choque elétrico?

Com o objetivo de responder essas perguntas e compreender outros fenômenos, trataremos nas próximas páginas alguns conceitos de forma interativa. O leitor, a partir da visualização de animações deverá completar o que falta nas definições dos conceitos físicos envolvidos.

Campo elétrico

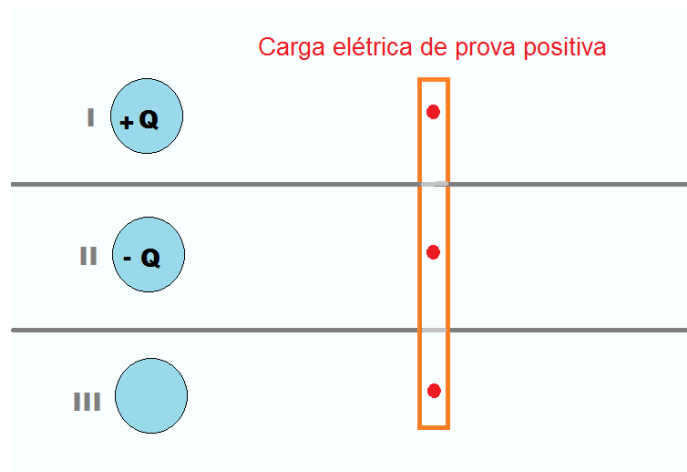
O cientista e conferencista inglês Michael Faraday (1791 - 1867), foi o primeiro a tratar os conceitos de campo elétrico e linhas de força. Esses conceitos tornam mais clara a compreensão dos fenômenos relacionados as interações entre cargas elétricas.

Quando precisamos movimentar algo, normalmente é preciso entrar em contato com ele. Porém, vemos um objeto cair, sem está sendo tocado. Nesse caso, a força gravitacional é a responsável por esse movimento e denominamos o espaço em que ela age de campo gravitacional.

De modo semelhante, quando uma partícula sofre a ação de uma força elétrica, significa que ela está contida numa região denominada campo elétrico. Para verificar a existência desse campo inserimos no local uma partícula eletricamente carregada, denominada carga de prova. A animação a seguir ilustra o comportamento de uma carga de prova positiva (partícula vermelha) liberada nas proximidades de duas cargas elétricas geradoras fixas e de um corpo neutro.

Observação: Analogamente a carga elétrica geradora, a carga elétrica de prova também produz um campo elétrico. Portanto, o campo elétrico é um transmissor de interações entre as cargas.

Verificando a existência de campos elétricos



Definindo conceitos:

1. As cargas de prova _____ de cargas elétricas positivas e _____ para cargas elétricas negativas.

divergem - convergem

convergem - divergem

2. Sabendo que a existência de um campo elétrico pode ser verificada através da existência de interações elétricas que causam atração ou repulsão entre partículas e analisando a animação, é correto concluir que:

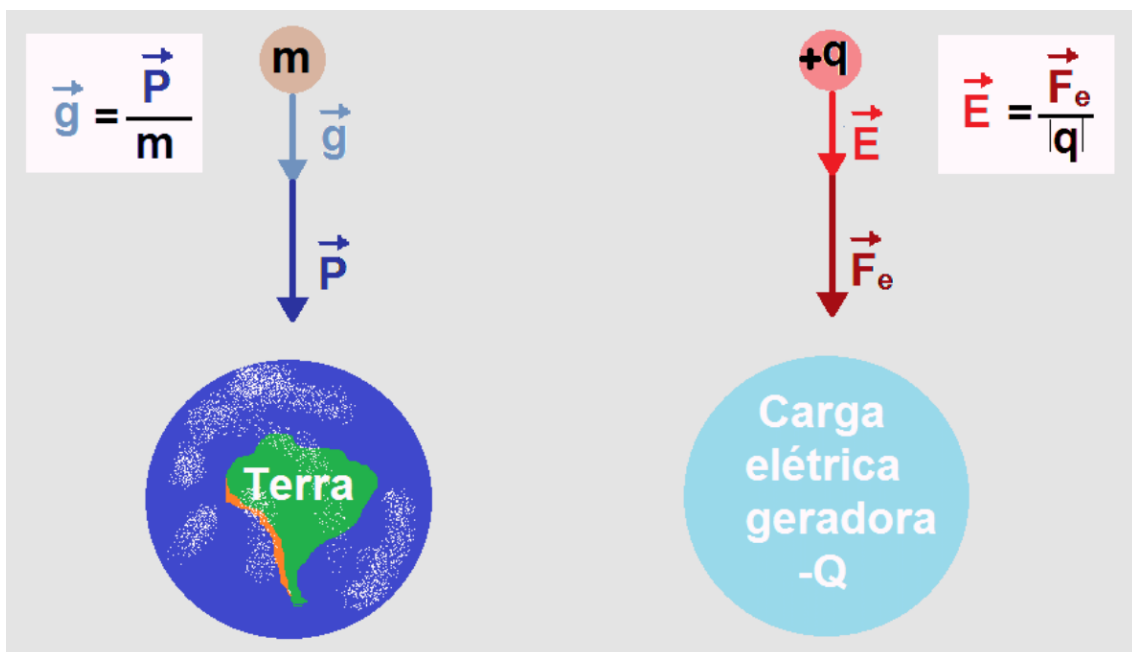
- Apenas a partícula I produz campo elétrico.
- As partículas I e II produzem campos elétricos.
- A partícula III produz campo elétrico.
- Apenas a partícula II produz campo elétrico.

Submeter Respostas

Apagar Respostas

Analogia entre os campos gravitacionais e elétricos

Podemos caracterizar o campo elétrico através de uma analogia entre o campo gravitacional terrestre e o elétrico.



Descrição modular das grandezas representadas nas equações e suas respectivas unidades de medida no Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI):

m - Massa do corpo - (Kg)

q - Módulo carga de prova - (C)

g - Módulo da aceleração gravitacional - (N/Kg)

Fe - Módulo da força elétrica - (N)

P - Peso do corpo - (N)

E - Módulo do campo elétrico - (N/C)

Exercícios de fixação

1. Uma bola de futebol de aproximadamente 400g, possui peso igual a 4 N. Qual é o valor da gravidade no local em m/ss?

8

9

10

11

2. Uma carga elétrica de 0,002 C, sofre a ação de uma força elétrica de 5 N. Qual é a intensidade do campo elétrico na posição dessa carga?

2500 N/C

1000 N/C

150 N/C

80 N/C

3. Numa região onde está situado um objeto com 2C de carga elétrica, existe um campo elétrico de intensidade igual a 3000 N/C . Qual é o valor da força elétrica que atua sobre o objeto nesse local?

1500 N

1500 N

600 N

6000 N

4. Qualquer lugar próximo à superfície da Terra tem aceleração gravitacional de valor muito próximo a 10 m/ss. Qual é o valor do peso de uma pessoa cuja massa é igual a 70 kg.

7 N

14 N

700 N

1400 N

5. São grandezas análogas nas equações representadas nas equações anteriores:

Força elétrica e massa.

Força elétrica e peso.

Aceleração gravitacional e força elétrica.

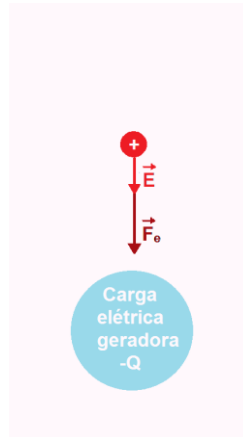
carga elétrica e peso.

Submeter Respostas

Apagar Respostas

Sentido da força elétrica

Em vermelho é representado o vetor campo elétrico gerado pela carga elétrica geradora $-Q$, na posição onde se encontra a carga de prova positiva ou negativa.



Sobre a definição de um produto entre número real e um vetor, é correto concluir que:

- Se $q > 0$ (carga elétrica positiva), o vetor força elétrica e o vetor campo elétrico possuem mesmo sentido.
- se $q < 0$ (carga elétrica negativa), o vetor força elétrica e o vetor campo elétrico possuem sentidos opostos.

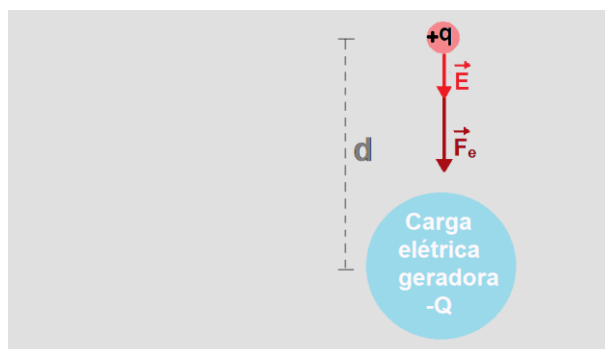
É importante observar que a força elétrica e o campo elétrico são grandezas diferentes.

Campo elétrico de cargas puntiformes

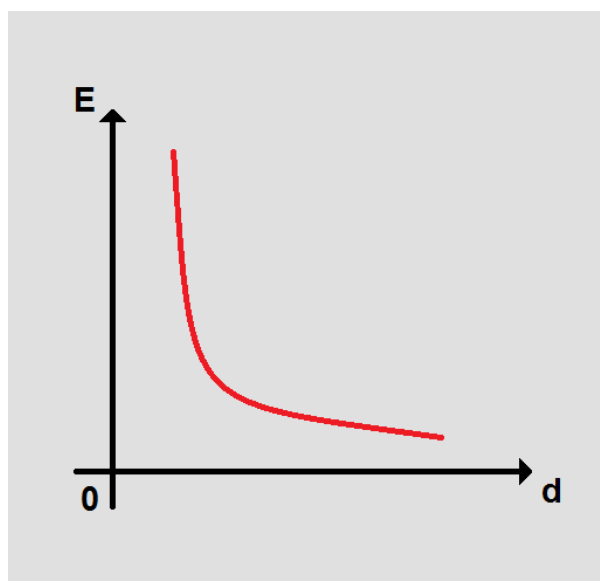
Análise das características do campo elétrico numa determinada localização, gerado por uma carga puntiforme Q , fixa.

Intensidade

Considerando uma carga elétrica puntiforme localizada numa determinada região de um campo elétrico produzido pela carga elétrica geradora.

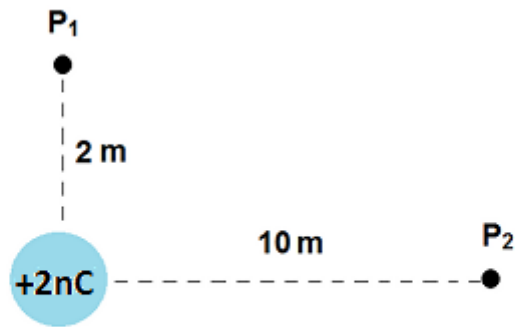


Como a intensidade do campo elétrico E é inversamente proporcional ao quadrado da distância d . dobrando d , E reduz-se à quarta parte.



Exercícios de fixação

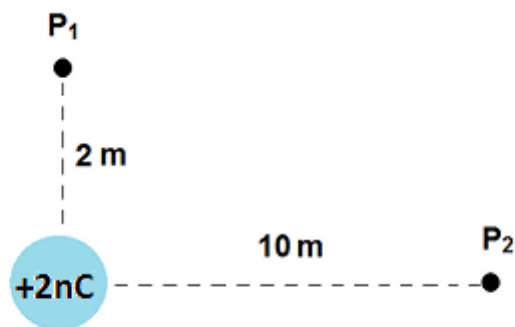
1. Sobre a mesma carga elétrica e os pontos descritos na questão anterior, é correto afirmar que:



Constante eletrostática do vácuo: $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N m / C}^2$

- O campo elétrico é mais intenso no ponto P2.
- A intensidade do campo elétrico aumenta com a redução da distância em relação a carga.
- O campo elétrico possui direção vertical e sentido para baixo no ponto P1.
- O campo elétrico possuem direção horizontal e sentido para direita nos dois pontos.

2. Quais são respectivamente as intensidades dos campos elétricos gerados por uma carga elétrica de 2mC, nos pontos P1 e P2, indicados na figura? Considere a carga elétrica imerso no vácuo.



Constante eletrostática do vácuo: $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N m / C}^2$

- 4,5 N/C e 0,18 N/C
- 0,040 N/C e 0,01 N/C

0,09 N/C e 0,018 N/C

0,45 N/C e 0,09 N/C

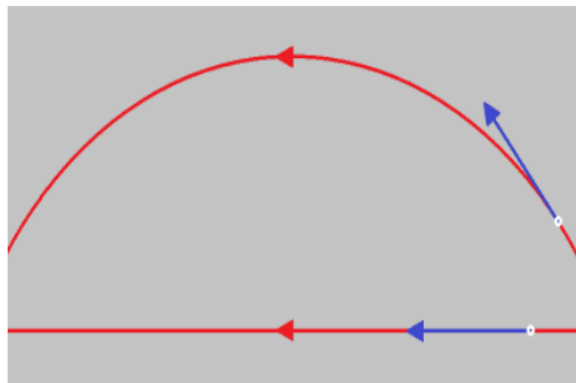
Submeter Respostas

Apagar Respostas

Linhas de campo

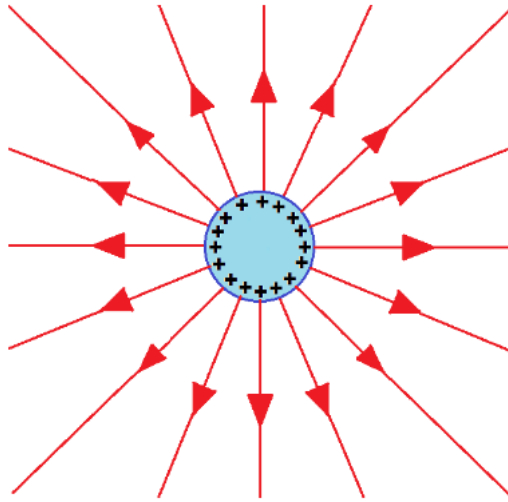
As linhas de campo (também denominadas linhas de força) correspondem a uma forma de representar graficamente um campo elétrico. Essas linhas são tangentes ao vetor campo elétrico em cada um de seus pontos e possuem o mesmo sentido do campo.

Na animação a seguir, as linhas de campo, o vetor campo elétrico e sua localização aparecem respectivamente nas cores vermelhas, azul e branco.



Campos elétricos gerados por cargas elétricas puntiformes

A animação a seguir representa a variação do campo elétrico em função da variação da carga elétrica do corpo.



A partir da animação, conclui-se que:

1. As linhas de campo _____ da carga positiva e _____ para carga negativa.

divergem - convergem

convergem - divergem

2. A quantidade de linhas de campo _____ a medida que ocorre um _____ da carga elétrica acumulada. E diminui com a redução da carga elétrica acumulada.

aumenta - aumento

aumenta - diminui

[Submeter Respostas](#)

[Apagar Respostas](#)

Preservar respostas enviadas

Campos elétricos entre cargas elétricas de mesmo módulo

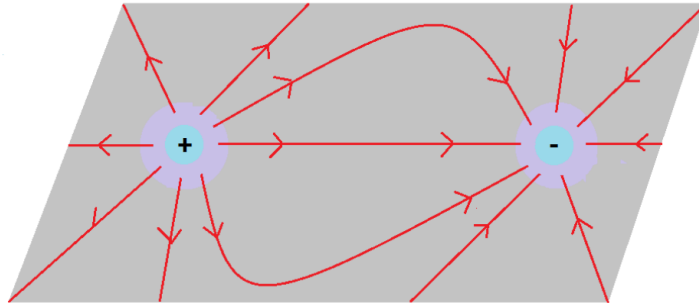
As animações a seguir representam o campo elétrico gerado num material eletrolítico, a partir do instante em que cargas elétricas geradoras são inseridas.

Na animação, inicialmente, existem duas superfícies eletrolíticas (superfícies que conduzem corrente elétrica) separadas. Em seguida, essas superfícies são unidas,

permitindo uma análise do campo elétrico gerado individualmente por cada carga e o campo gerado pela interação das duas.

A respeito do campo entre duas cargas de mesmo sinal, a animação nos mostra que:

1. As linhas de força _____ de cargas elétricas positivas e _____ cargas elétricas negativas.



divergem - convergem para

convergem - divergem das

[Submeter Respostas](#)

[Apagar Respostas](#)

Definindo conceitos

Analisando o campo gerado por cargas elétricas de mesmo módulo e sinal, conclui-se que:

1. A existência de um campo elétrico está condicionada a existência de linhas de força no local. Portanto, como na região central entre as duas cargas não há linhas de força, nesse local o campo elétrico é _____.

nulo.

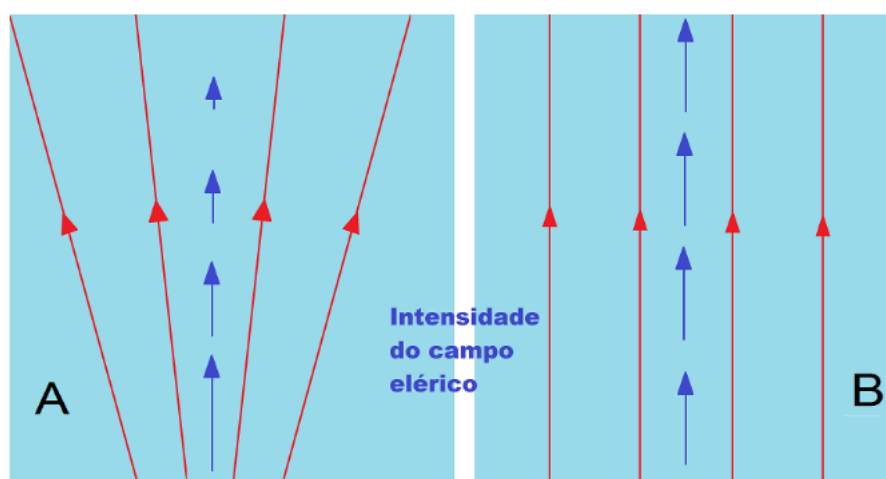
muito intenso.

[Submeter Respostas](#)

[Apagar Respostas](#)

Classificação dos campos

Os campos elétricos podem ser classificados como uniformes e não uniformes. Nos campos uniformes, as linhas de força são equidistantes, paralelas, possuem mesma direção e sentido. Nos campos não uniformes, uma ou mais dessas características não são mantidas.



1. A animação (A), representa um campo elétrico _____, e (B) _____.

uniforme - não uniforme

não uniforme - uniforme

2. Na animação _____, a intensidade do campo elétrico, representada pelos vetores azuis é a mesma, portanto trata-se de um campo elétrico _____.

A - não uniforme

B - uniforme

3. Analisando a animação do campo não uniforme, é possível concluir que a intensidade do campo aumenta com o(a) _____ entre as linhas de força, e diminui com o(a) _____ entre essas linhas.

aproximação - afastamento

afastamento - aproximação

Submeter Respostas

Apagar Respostas

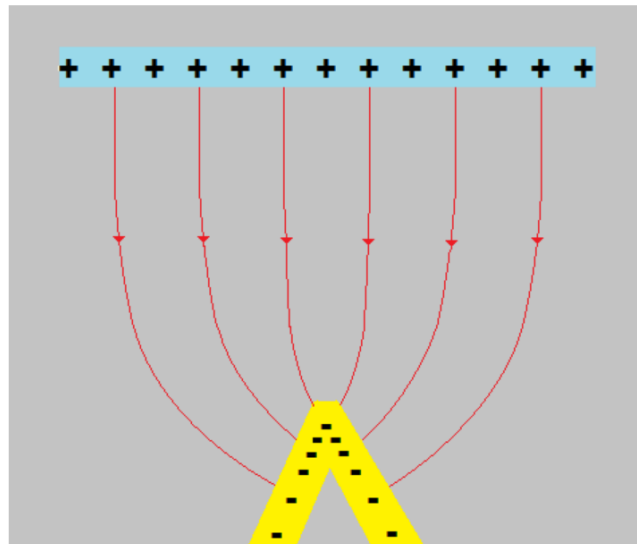
[Click aqui e teste seus conhecimentos](#)

Poder das pontas

Um conjunto de observações feitas por cientistas há mais de 200 anos mostram que condutores com partes pontiagudas dificilmente são mantidos eletrizados. As cargas elétricas a eles fornecidas tendem a escapar facilmente por essas pontas. Porém, não existia uma explicação considerada satisfatória para o fato.

Hoje sabemos que em um condutor eletrizado, a carga tende a se acumular nas regiões mais pontiagudas. Motivo pelo qual o campo elétrico nessas regiões torna-se mais intenso do que nas demais regiões do condutor. Logo, quanto maior for a curvatura, maior é a densidade de cargas no local.

Esse é o motivo pelo qual não se recomenda, em dias de chuva, abrigar-se em baixo de árvores, em locais mais altos ou em regiões descampadas, pois a árvore e o corpo humano atuam como pontas em relação à superfície do solo, atraindo os raios. Se estiver em um local sem proteção é recomendado ficar abaixado, com os braços e pernas bem juntos, em forma de esfera, evitando que as partes do corpo atuem como pontas.



O Para-raios

O para-raios foi inventado por Benjamin Franklin no século XVIII. Através da história, várias pessoas tentaram repetir a muito perigosa experiência em que utilizou um fio de metal para empinar uma pipa de papel e observou que a carga elétrica dos raios descia através desse fio. Vale lembrar que a descarga elétrica de um raio quase produz efeitos fisiológicos muito graves ou fatais. Ele também mostrou que hastes de metal, quando em contato com a superfície terrestre poderiam servir como condutores elétricos, o que resultou na invenção do para-raios. Esse dispositivo é composto por uma haste de metal pontiaguda que é conectada a cabos de cobre ou de alumínio de resistência elétrica muito baixa que devem ser cuidadosamente e corretamente aterrados, pois, o aterramento incorreto, pode trazer grandes riscos.

É muito comum escutarmos a seguinte afirmação "Os para-raios atraem os raios". Quando na verdade, eles não produzem essa atração, apenas proporcionam a descarga elétrica de um raio, um caminho para chegar ao solo com baixa resistência elétrica. Normalmente, eles são instalados em lugares altos, já que os raios tendem a atingir os pontos mais altos, que podem se configurar como pontas para uma área (ex: topos de prédios altos, em topos de antenas de transmissões, entre outros locais vulneráveis a incidência de raios).

Acesse:

[O funcionamento do para-raios](#)

Rigidez dielétrica

A grande maioria dos materiais que interagimos no dia a dia são divididos entre dois grupos: os condutores e os isolantes (dielétricos). Nos condutores, uma grande parte dos elétrons em seus átomos possuem ligações fracas em relação a seus núcleos, o que permitem movimentações desses elétrons livres na presença de campos elétricos (moléculas de ar perdem elétrons, e outros elétrons livres podem ocupar seus lugares). Nos isolantes, esses movimentos quase não existem, e por isso consideramos que os elétrons estão presos aos núcleos. Porém, quando estão submetidos a campos elétricos de intensidades extremamente elevadas, parte desses isolantes podem ser ionizados e passar a conduzir. Um raio ocorre quando um campo elétrico muito intenso (campo elétrico de aproximadamente $3\ 000\ 000\ \text{V/m}$) ioniza o ar. Esse fenômeno é chamado de quebra ou ruptura da rigidez dielétrica do ar.

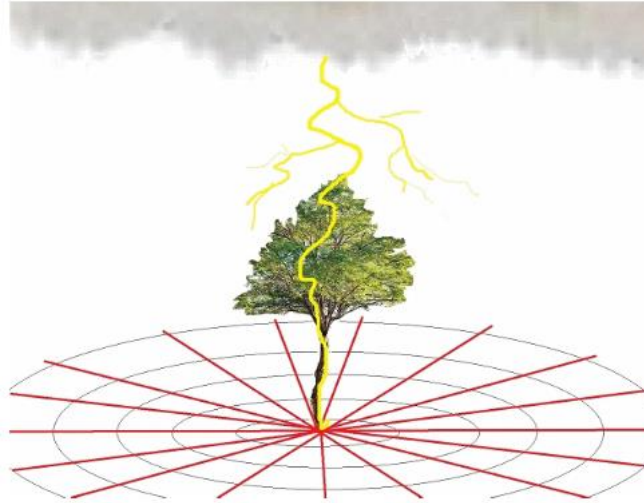
Veja também:

<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/origem.php>

<https://www.youtube.com/watch?v=lwIOZo1UQ6M>

Incidência de raios em árvores

A animação nos ajuda a compreender o fenômeno da incidência de raios em árvores e o campo elétrico gerado no solo em seu entorno.



Vamos analisar esse fenômeno!

1. A polarização das cargas elétricas na nuvem, induz um(a) _____ do acúmulo de cargas elétricas positivas na árvore.

- aumento
- redução

2. Durante o processo as cargas aparecem mais concentradas _____.

- No tronco da árvore
- no topo da árvore

3. Nesse local, o campo elétrico torna-se _____ intenso.

- mais
- menos

4. Durante a ocorrência do fenômeno a densidade de linhas de força no solo _____.

- aumenta
- diminui

5. _____ assim a intensidade do campo elétrico na região em torno da árvore.

Aumentando

Diminuindo

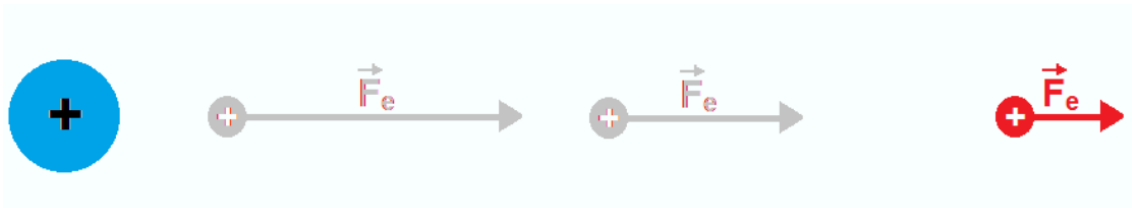
Submeter Respostas

Apagar Respostas

Trabalho e potencial elétrico(V)

A palavra potencial é utilizada quando queremos nos referir a algo suscetível de existir ou acontecer. Em física, o que pode passar a existir é uma mudança no estado de movimento de um corpo. Nas aulas de mecânica, estuda-se que para modificar o estado de movimento de um corpo é necessário fornecer energia ou transformar energia potencial armazenada em energia cinética. Portanto, **Potencial elétrico** é a capacidade que um corpo eletricamente carregado tem de modificar o estado de movimento (realizar trabalho) de outro corpo eletricamente carregado, através de forças atrativas ou repulsivas. Portanto, o potencial elétrico depende da intensidade da força elétrica que age sobre essa carga.

A animação a seguir representa a ação força elétrica aplicada por uma carga elétrica geradora de campo, sobre uma carga de prova.



1. A força elétrica é mais intensa nas posições mais _____ da carga elétrica geradora.

próximas

distantes

2. A partir dessa observação, é possível concluir que o potencial elétrico _____ com o aumento da distância em relação a carga elétrica geradora de campo elétrico.

aumenta

diminui

3. Podemos então concluir o potencial elétrico no ponto (A) é _____ que o potencial elétrico no ponto (B)

maior

menor

4. Dessa forma, o trabalho realizado pela força elétrica movimenta a carga de prova no sentido do _____ para o _____ potencial elétrico.

maior - menor

menor - maior

5. Portanto, existe uma relação entre o movimento da carga de prova e a _____ de potencial entre os pontos (A) e (B).

igualdade

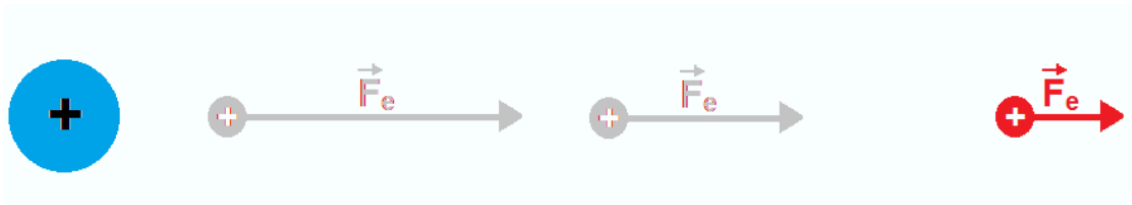
diferença

Submeter Respostas

Apagar Respostas

Estudo analítico da DDP e do potencial elétrico

Agora que compreendemos que a carga elétrica geradora de campo pode realizar trabalho sobre uma carga de prova, podemos afirmar que ela armazena energia potencial elétrica. Sendo essa energia potencial igual ao trabalho que, posteriormente, pode ser realizado sobre a carga de prova.



Enquanto a carga de prova(q) se movimenta no interior do campo elétrico da carga geradora, a força elétrica responsável pela realização de trabalho(W) diminui. Portanto, o

potencial elétrico(V) também passa a diminuir.A diminuição desse potencial, é o que anteriormente denominamos de DDP ($V_A - V_B$)

Podemos então definir, essa DDP, como sendo a energia potencial convertida em energia cinética durante o movimento da carga de prova.(trabalho realizado por unidade de carga). V_A e V_B são respectivamente os potenciais nos locais de saída e chegada

$$V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q}$$

$$\begin{aligned} \text{Unidade de DDP} &= \frac{\text{Unidade de trabalho}}{\text{Unidade de carga}} \\ \text{Unidade de DDP} &= 1 \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = 1 \text{ Volt} \end{aligned}$$

O nome **volt** (símbolo V) é uma homenagem ao físico Alessandro Volta.

Conhecendo a DDP entre dois pontos, para calcular o potencial elétrico num desses pontos, é necessário atribuir um valor nulo ao outro.

Exemplo: Denominando a DDP entre dois pontos como $V_A - V_B$, Para determinar V_A , temos que considerar $V_B = 0$.

O ponto considerado com potencial nulo é adotado como referencial para a medida do potencial.

Portanto, o potencial elétrico V_A é medido pelo trabalho realizado pela força elétrica que atua sobre a carga q em seu deslocamento do ponto **A** ao **B**.

Exercícios de fixação

1. Considere que uma carga elétrica puntiforme $q = 1 \mu\text{C}$ é transportada de uma determinada posição A até uma posição B de um campo elétrico. A força elétrica que realiza esse trabalho é trabalho igual a 10^{-4}J . Qual é a DDP entre os pontos A e B?

100 V

10 V

200 V

20 V

2. Ainda em relação a questão anterior. Qual é o potencial elétrico de A?

100 V

10 V

200 V

20 V

3. Agora considere que uma carga elétrica puntiforme $q = 2 \mu\text{C}$ é transportada de uma determinada posição A até uma posição B de um campo elétrico. A força elétrica que realiza esse trabalho é trabalho igual a $3 \times 10^{-4} \text{J}$. Qual é a DDP entre os pontos A e B?

100 V

150 V

200 V

250 V

4. Ainda em relação a questão anterior. Qual é o potencial elétrico de B?

- 100 V

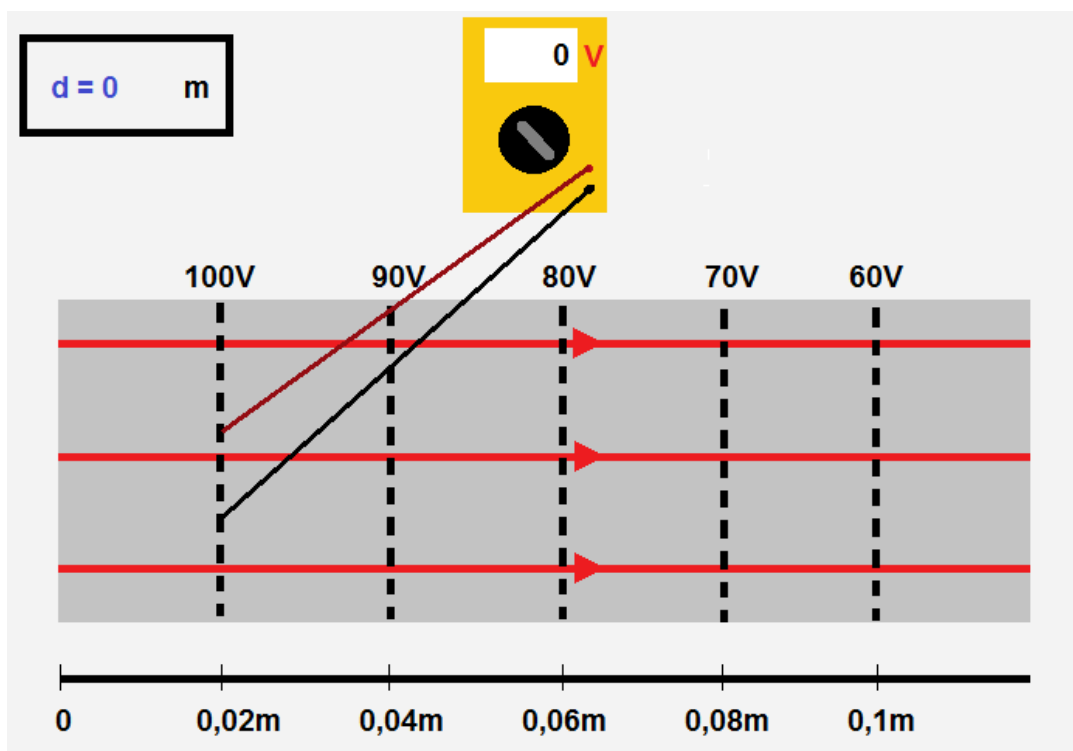
- 150 V

100 V

150 V

Superfícies equipotenciais e DDP

A animação a seguir representa um gradiente de potenciais no interior de um campo elétrico uniforme. O voltímetro (instrumento utilizado para medir a DDP entre dois pontos) tem seus terminais ligados a diferentes posições de um campo elétrico uniforme. Em vermelho, estão representadas as linhas de força do campo elétrico. As linhas pretas e descontinuas, são denominadas superfícies equipotenciais. a distância(d) entre essas superfícies está representada em azul.



Analisando a animação é possível concluir que:

1. O termo superfície equipotencial está associado a o fato de que entre qualquer par de pontos nessa mesma superfície _____ diferença de potencial.

há

não há

2. Ocorre um _____ da DDP entre duas superfícies equipotenciais a medida que _____ a distância entre elas.

aumenta - aumenta

aumenta - diminui

3. A DDP entre duas superfícies equipotenciais é _____ proporcional a distância que as separa.

diretamente

inversamente

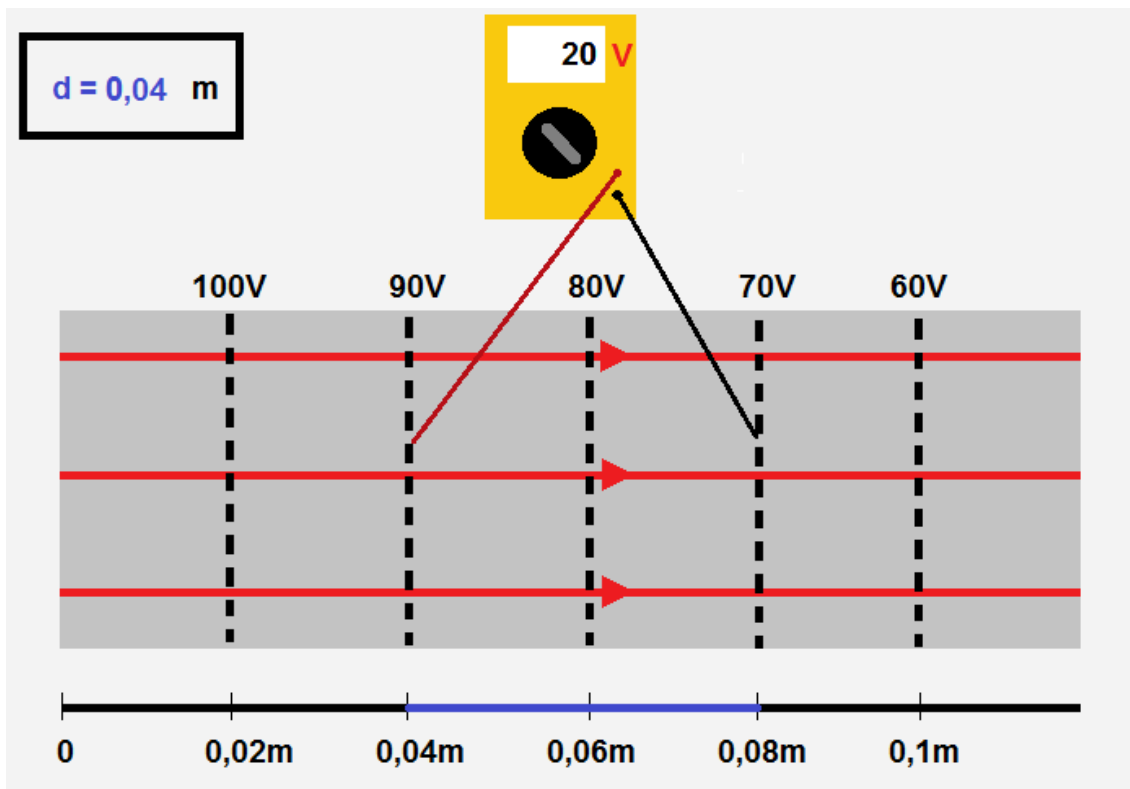
Submeter Respostas

Apagar Respostas

Definindo conceitos

Calcule a razão entre as diferentes DDPs indicadas no voltímetro e as respectivas distâncias entre as superfícies equipotenciais que deram origem a essas leituras.

1. Essa razão sempre apresenta _____. E por tratar-se de um campo elétrico uniforme, esse valor corresponde ao módulo do _____. Sua intensidade pode ser dada pela equação $E = V_{ab} / d$, cuja a unidade de medida no S.I. pode ser expressa como _____.



- o mesmo valor - campo elétrico - V/m
- valores diferentes - potencial elétrico - V

Submeter Respostas

Apaçar Respostas

Exercícios de fixação

1. As antigas TVs que antecederam as de tecnologia atual, de LED e LCD, possuíam um tubo de raios catódicos responsável pela geração da imagem. Generalizando podemos afirmar que, esse dispositivo produz uma diferença de potencial de aproximadamente $25\ 000 \text{ V}$ entre pontos distantes de $0,5 \text{ m}$ um do outro. Essa diferença de potencial é capaz de gerar um campo elétrico que acelera elétrons até colidirem com a frente do monitor, produzindo pontos de luz que compõem a imagem. Qual é a intensidade do campo elétrico por onde passam esses elétrons?

- 5 V/m.
- 25 000 V.
- 50.000 V/m.
- 100 000 V cm.

2. Considere duas placas paralelas eletrizadas gerando em seu interior um campo elétrico uniforme de intensidade igual a 10 000 V/m. Um determinado ponto desse campo tem potencial elétrico 100 V, então, um outro ponto distante 20 cm, tem potencial elétrico de:

- 5 00 V
- 100 V
- 10 V
- 5 V

3. Considere que uma carga elétrica puntiforme, localizada no vácuo, possa criar, num ponto situado a 0,2 m, um campo elétrico de módulo igual a 700 V/m. Considerando o potencial elétrico nulo no infinito, qual é o potencial elétrico nesse ponto?

- 7 V
- 14 V
- 140 V
- 700 V
- 2100 V

Submeter Respostas

Apagar Respostas

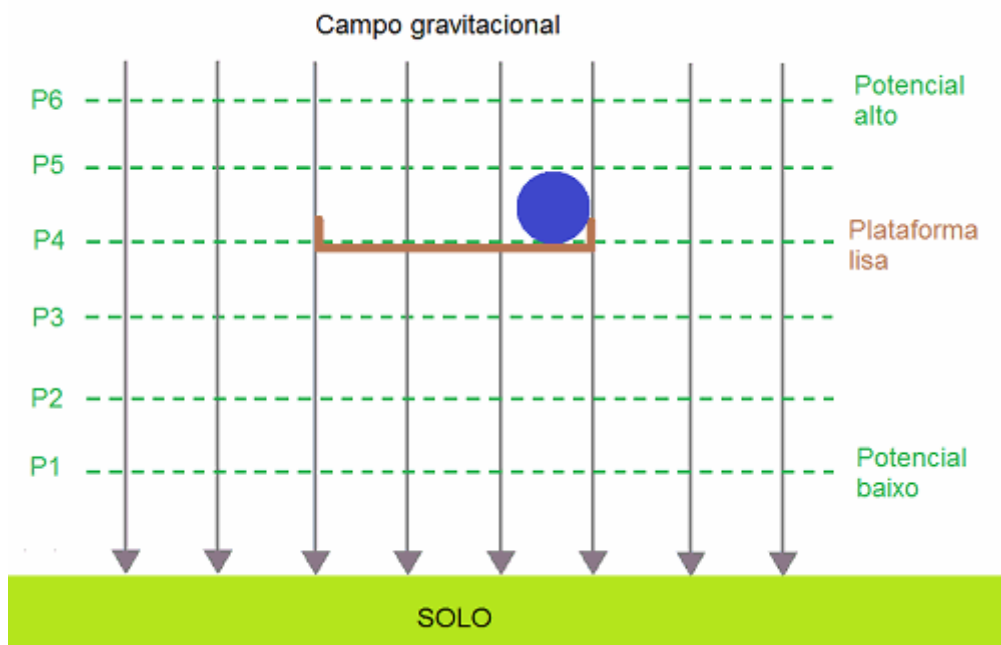
Causa do movimento de partículas num campo

É preciso distinguir os conceitos de DDP e equipotencialização, para poder compreender uma das causas do movimento de partículas.

A animação a seguir mostra uma plataforma lisa e um objeto esférico, imersos no campo gravitacional terrestre.

As linhas verdes e descontinuas, são chamadas de superfícies equipotenciais. Essa nomenclatura deve-se ao fato de que o potencial possui um valor determinado e igual para qualquer um de seus pontos. Esse potencial diminui ou aumenta em função da altura. Nas regiões mais altas, o potencial é maior e nas mais baixas o potencial é menor.

Analise a animação



1. Percebemos o movimento da esfera, sempre que a plataforma toca _____.

- duas superfícies equipotenciais distintas
- a mesma superfície equipotencial

2. Portanto só ha movimento da esfera, quando há _____ de potencial entre os dois lados da plataforma.

diferença

equivalência

Submeter Respostas

Apaçar Respostas

DDP aplicada a um elétron livre

Analise a causa do movimento ordenado de um elétron num condutor sólido:



1. O elétron se move sempre que surge uma superfície de

_____.

mesmo potencial

potencial diferente

2. O elétron se move _____.

ao longo da mesma superfície equipotencial.

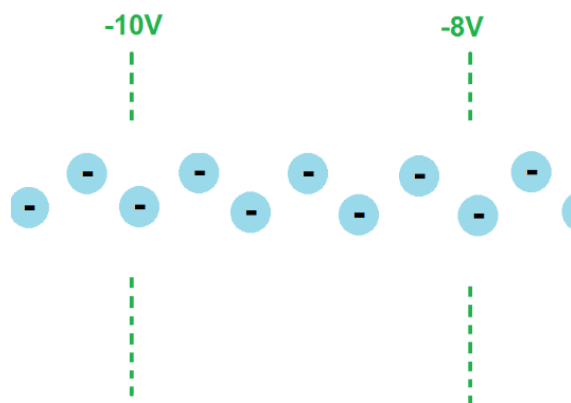
de uma superfície equipotencial para outra de potencial diferente.

Submeter Respostas

Apaçar Respostas

DDP aplicada a vários elétrons livres de um condutor sólido

Analise a animação:



1. O surgimento de uma diferença de potencial (DDP) causa um movimento _____ dos elétrons.

- ordenado
- desordenado

2. Esse movimento _____ com o desaparecimento da diferença de potencial

- cessa
- surge

Submeter Respostas

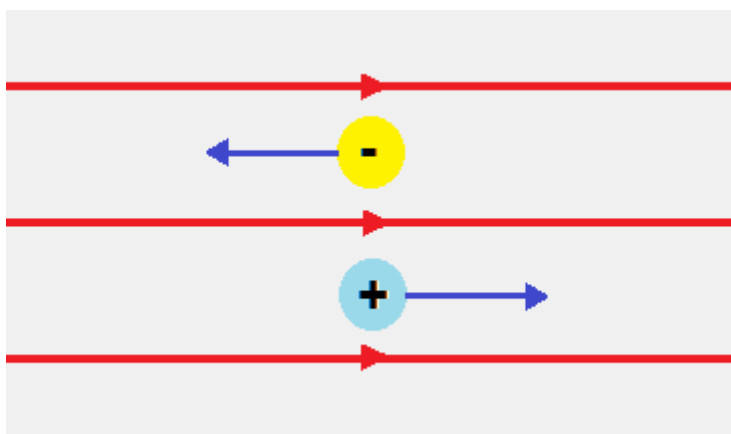
Apagar Respostas

Movimento de cargas elétricas num campo elétrico uniforme

Vamos discutir um pouco sobre o tipo de movimento que um objeto de massa desprezível e eletrizado, pode experimentar no interior de um campo elétrico uniforme.

As animações representam cargas elétrica em repouso liberadas dentro do campo.

1. Por ser um campo uniforme, existe sobre as partículas, a ação de forças elétricas _____ e, portanto, as elas possuem acelerações também _____. Essas partículas deslocam-se ao longo da linha de força. A positiva se move no _____ e a negativa em sentido _____.



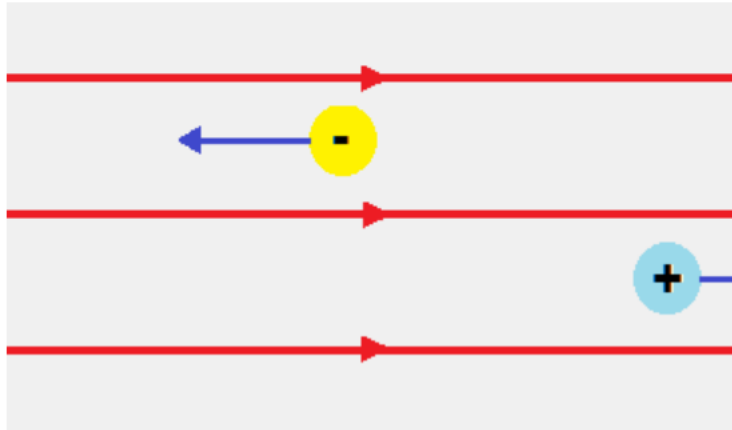
- variáveis - variáveis - sentido oposto - igual
- constantes - constantes - mesmo sentido - oposto

Submeter Respostas

Apagar Respostas

Lançamento paralelo as linhas de força

1. As cargas apresentam acelerações constantes. A positiva, cuja força aponta no _____ de sua velocidade, descreve um movimento retilíneo uniformemente _____. Já a negativa cuja força atua em _____ de sua velocidade descreve um movimento retilíneo uniformemente _____.

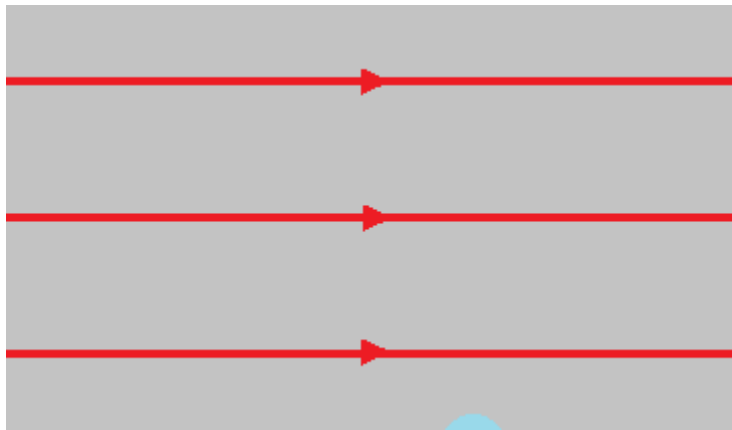


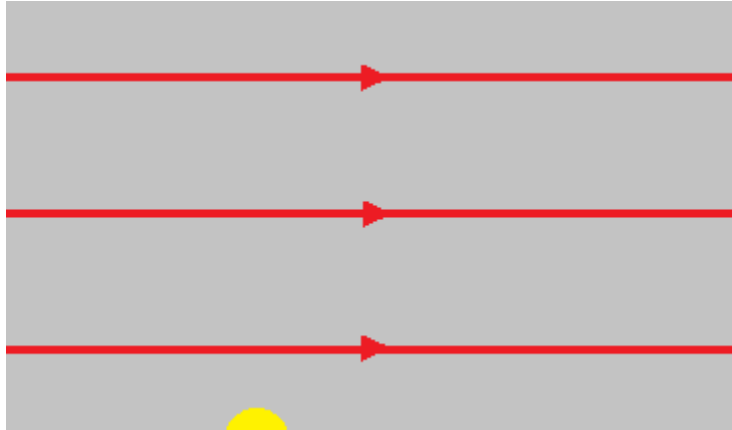
- sentido oposto - retardado - mesmo sentido - acelerado
- mesmo sentido - acelerado - sentido oposto - retardado

Submeter Respostas

Apagar Respostas

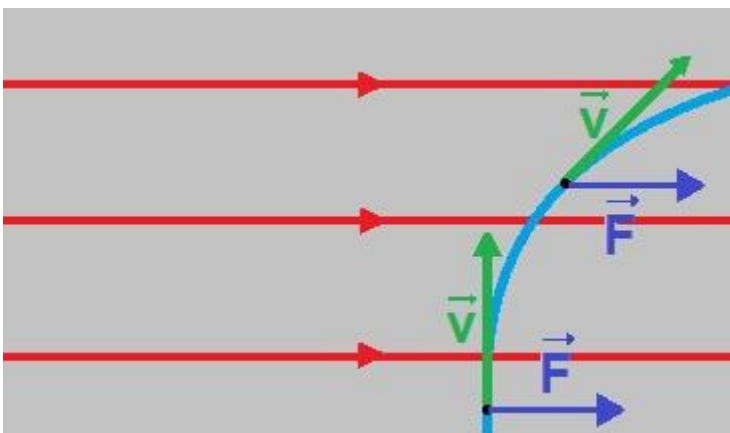
Lançamento de cargas elétricas perpendiculares às linhas de força





Descrição do movimento

Inicialmente a força e a velocidade são perpendiculares entre si. Logo após o início do movimento continua a atuar na direção horizontal, mas a velocidade passa a atuar em direção tangente a trajetória a cada instante. Portanto, a força e a velocidade deixam de ser perpendiculares. Por esse motivo as cargas passam a descrever movimentos parabólicos.



Como a força atua constantemente na direção horizontal, ocorre um aumento da componente horizontal da velocidade da carga elétrica.

Choque elétrico causado por incidência de raio

Em torno da Terra durante um minuto caem centenas de raios. No Brasil, a maior quantidade de incidência ocorre no período de dezembro a março, período correspondente a época das chuvas de verão. Embora não existam estatísticas divulgadas para o Brasil, centenas de pessoas e animais são atingidos por raios durante o período de um ano. A maioria das vítimas são atingidas ao ar livre, embaixo de árvores ou na água. São inúmeros relatos de vítimas de raios.

A passagem de corrente elétrica por um corpo, produz vários efeitos, como o aquecimento, luminescência, reação química e fisiológico (choque elétrico).

O choque elétrico ocorre quando há uma diferença de potencial entre dois pontos distintos do corpo de uma pessoa ou animal. Quanto maior for a diferença de potencial, maior será a corrente elétrica causadora desse choque. A passagem de corrente elétrica no corpo de uma pessoa ou animal pode produzir vários efeitos, como um pequeno formigamento, dor, espasmos e contrações musculares, alteração no ritmo dos batimentos cardíacos, parada respiratória, queimaduras e morte. É importante destacar que o trajeto feito pela corrente é um fator ponderante. Sua passagem pelo coração causa espasmos que alteram o ritmo cardíaco. Esses são classificados como choques de altos riscos.

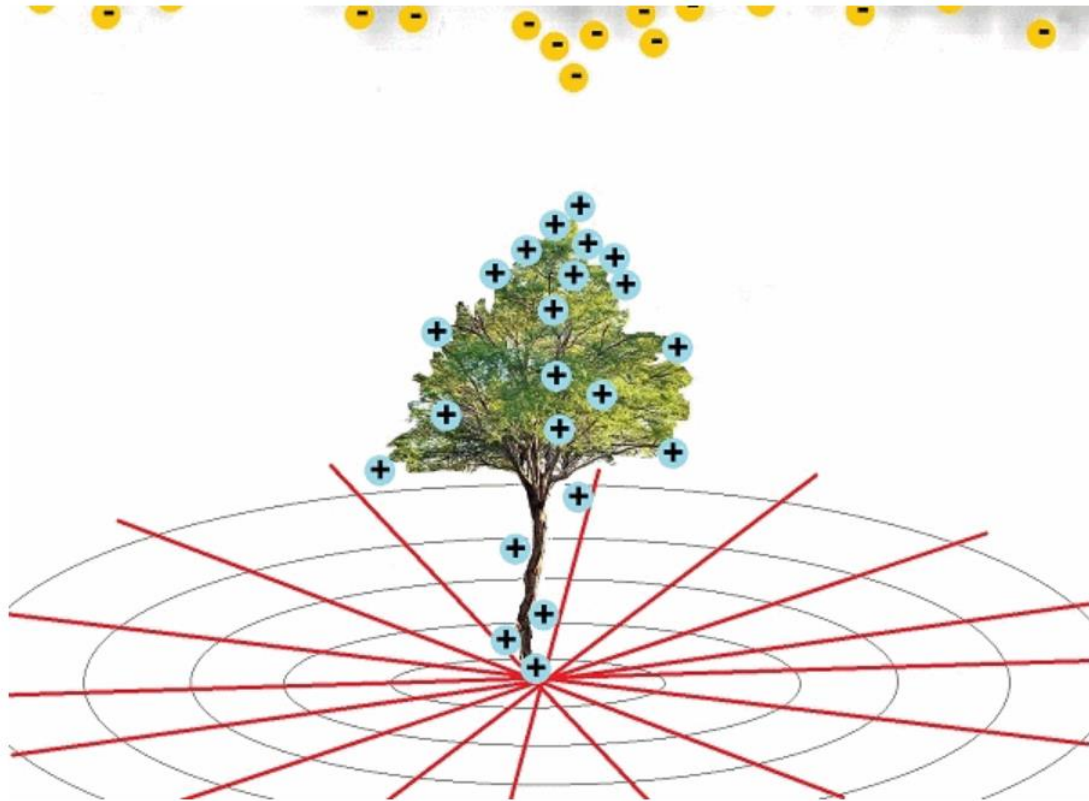
Analizando a intensidade do campo elétrico

Vamos analisar um fenômeno natural muito recorrente que é a incidência de raios sobre árvores e o choque elétrico sofrido por alguns animais em consequência dessas descargas elétricas.

As animações desprezam as cargas elétricas polarizadas no solo em regiões distantes da árvore. Considerando apenas a distribuição de cargas elétricas na nuvem, próximo a base da árvore e nos animais. E trata a base da árvore como uma carga elétrica puntiforme.

Analise a animação:

1. Durante o processo de eletrização da árvore, ocorre um(a) _____ da intensidade do campo elétrico em seu entorno.



aumento

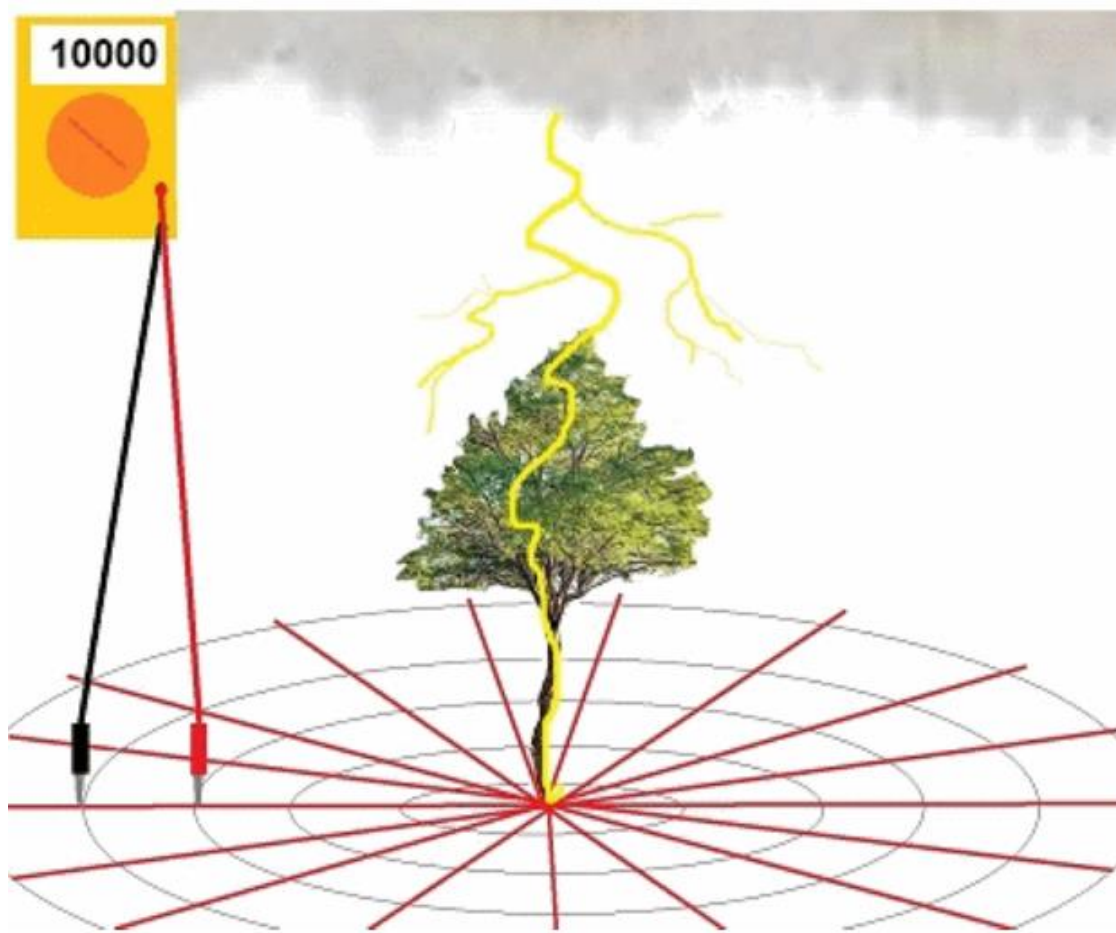
redução

Submeter Respostas

Apagar Respostas

Analisando a DDP entre duas superfícies equipotencias

1. Durante o processo de acúmulo de carga elétrica na árvore a diferença de potencial entre duas superfícies equipotenciais _____ .



aumenta

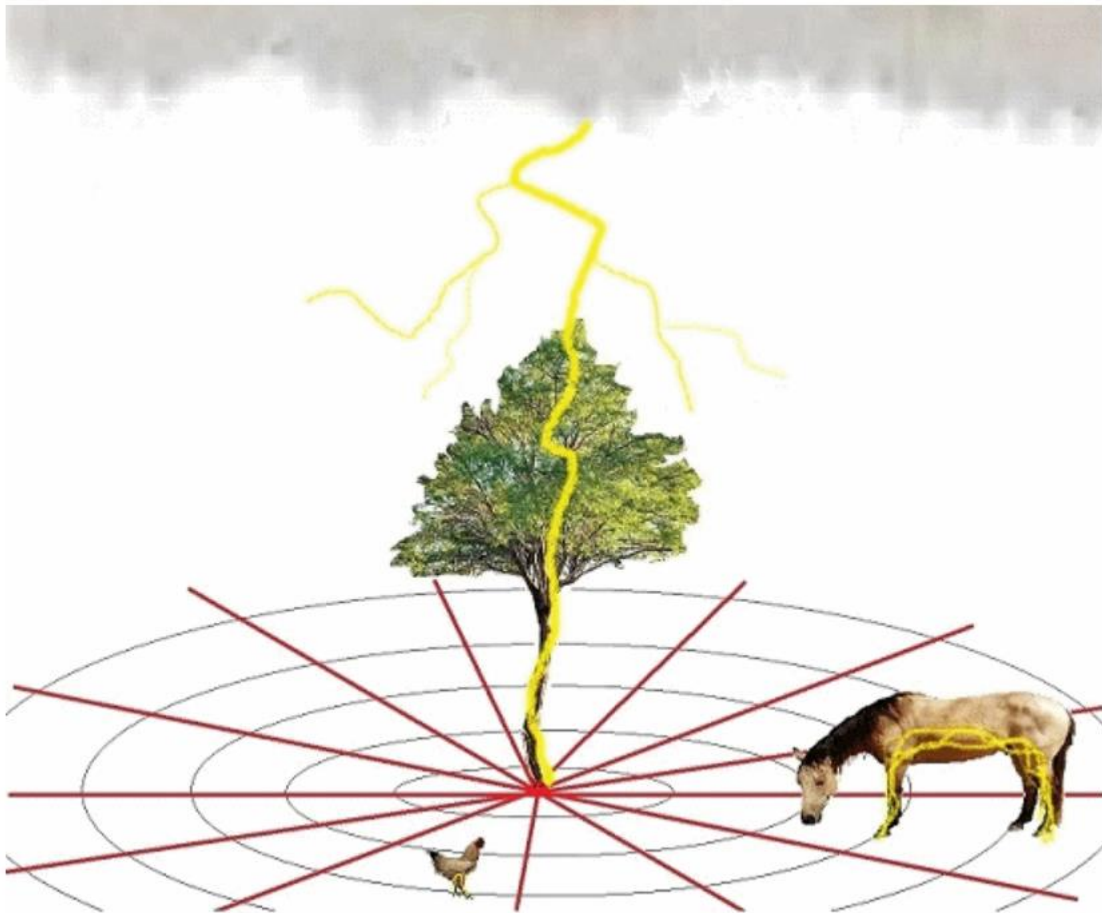
diminui

Submeter Respostas

Apagar Respostas

Analizando a causa do choque elétrico

1. A animação mostra o cavalo sofrendo um choque elétrico mais intenso que a ave. A explicação desse fenômeno está relacionada ao fato de que as patas dianteiras e traseiras do cavalo estão submetidas a potenciais _____



muito diferentes.

iguais.

2. Os pés da galinha estão situados a distâncias radiais em relação a árvore _____, portanto a diferença de potencial a qual está submetida é _____.

muito próximas entre si - muito baixa

muito distantes entre si - muito alta.

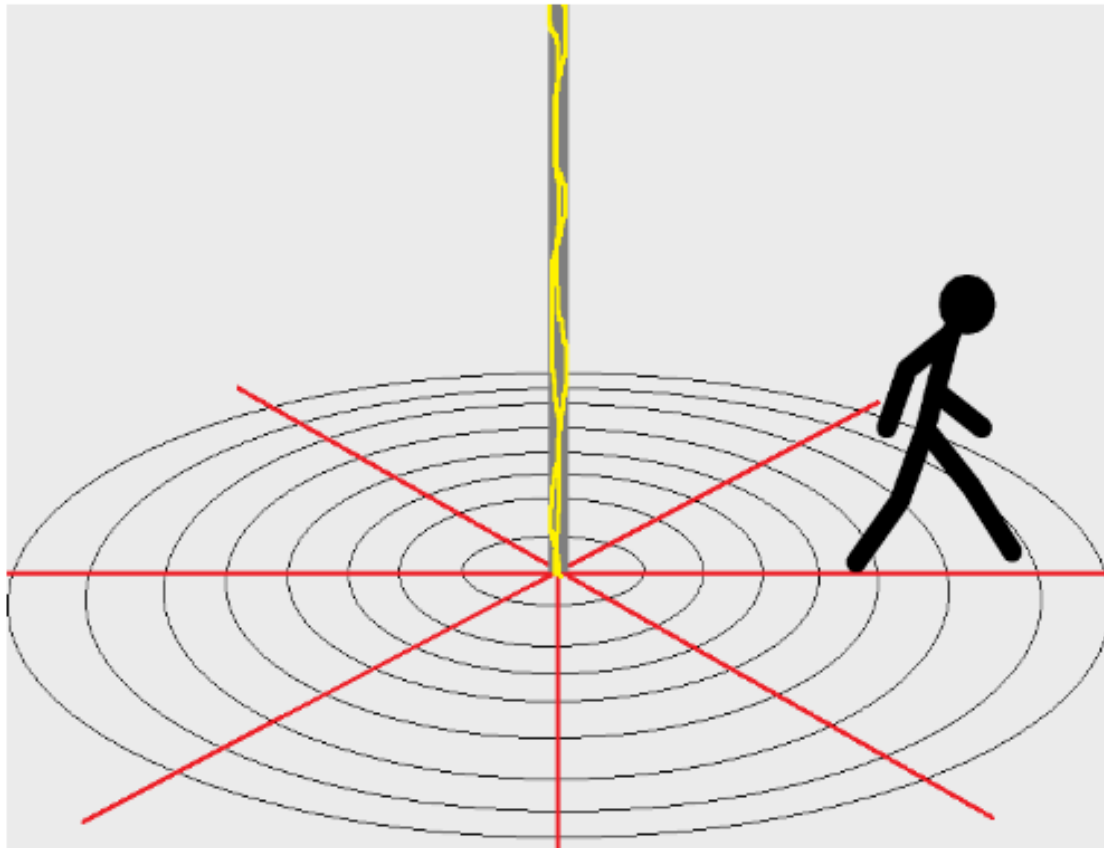
3. O choque elétrico do cavalo seria atenuado se suas patas dianteiras e traseiras estivessem situadas _____ em relação a árvore. O que significaria dizer que suas patas estariam tocando aproximadamente _____.

em distâncias radiais iguais - a mesma superfície equipotencial

- em distâncias radiais muito diferentes - superfícies equipotenciais muito diferentes

Submeter Respostas

Tensão de passo



O fato de podermos estar nas proximidades de um objeto ligado a terra no momento em que por ele escoar uma corrente elétrica de alta intensidade, pode, em algumas circunstâncias constituir um risco de choque elétrico causado por **tensão de passo**. Essa é a tensão entre os pés do ser vivo, ou seja, um passo (pés separados). O fato de tocar com os pés em linhas equipotenciais diferentes tem como efeito, a passagem de corrente pelo seu corpo. Nos bípedes, o risco de óbito não é tão elevado, pois a distância de um passo não gera uma DDP tão elevada (superfícies equipotenciais próximas). Nos quadrúpedes esse risco é muito considerável, devido a maior DDP gerada pela grande

distância entre suas patas (superfícies equipotenciais distantes). Também é importante destacar que nesses animais a corrente elétrica passa pelo coração e acabam gerando uma parada cardíaca.

[Click aqui e teste seus conhecimentos](#)

Referências Bibliográficas

ABNT NBR 15749, 3.14, ABNT NBR 15751, 3.23 e ABNT NBR 7117, 3.9

AGÊNCIA DE INFORMAÇÃO EMBRAPA. Proteção Contra Raios. http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_260_217200392410.html

EMBRAPA. Proteção contra raios no meio rural. http://www.cnpqi.embrapa.br/totem/conteudo/Outros_assuntos/Pasta_do_Produtor/46_Protecao_contra_raios_no_meio_rural.pdf

GRIFFITHS, D. J. Eletrodinâmica. Tradução: Heloísa Coimbra de Souza; revisão técnica Antônio Manoel Mansanares. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS.
Origem. <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/origem.php>

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica – Vol. 3 Eletromagnetismo. São Paulo, Edgard Blücher, 1997,1998

PANTOJA ENGINEERING & CONSULTANT. Acidentes - Raios. <http://www.pantojaindustrial.com/exibir.php?id=216>

RAMALHO JUNIOR, Francisco, FERRARO, Nicolau Gilberto, SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os Fundamentos da Física - Vol. 3. Eletricidade, Introdução a física moderna e Análise dimensional. - 10. ed. - São Paulo: Moderna, 2009

