

Volume 1 • Módulo 4 • Física • Unidade 6

Eletrostática e Lei de Coulomb

Andreia Mendonça Saguia, Bruno Lazarotto Lago, César Bastos, Fábio Ferreira Luiz, Felipe Mondaini (coordenador), Gabriela Aline Casas, Wellington Wallace Miguel Melo

Introdução

Caro professor,

O material a seguir refere-se a um conjunto de atividades que poderão ser utilizados e/ou adaptados, de acordo com sua conveniência; sendo assim, sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Ele poderá ser utilizado como um material de consulta com o intuito de complementar as aulas por você preparadas.

Para cada seção, existem atividades que se diferenciam pela maneira como são apresentados os conteúdos, seja por meio de atividades em grupo, experimentos de baixo custo, vídeos ou applets, cabendo ao professor utilizar ou não os recursos ali dispostos.

Nesta Unidade 6 – Eletrostática e Lei de Coulomb –, procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física; para isto, alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de modo a explorar os preceitos básicos da eletrostática. Na sequência, apresentamos alguns applets que ilustram os conceitos da Lei de Coulomb, assim como atividades que despertem o interesse dos alunos sobre o conteúdo abordado.

Esperamos, por meio deste material, atuar ao seu lado com um conjunto de opções que venham a atender a necessidade cada vez mais urgente de um material de qualidade à disposição do professor.

Apresentação da unidade do material do aluno

Caro professor, apresentamos as características principais da unidade que trabalharemos.

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	1	4	6	4

Titulo da unidade	Tema
Eletrostática e Lei de Coulomb	Eletrostática
Objetivos da unidade	
Identificar as espécies de cargas elétricas;	
Resolver problemas envolvidos no fenômeno da eletrização;	
Resolver problemas de aplicação da lei de Coulomb.	
Seções	Páginas no material do aluno
1. A carga elétrica	172
2. Processos de eletrização	172 a 173
3. Lei de Coulomb	173 a 174

A seguir, serão oferecidas algumas atividades para potencializar o trabalho em sala de aula. Verifique, portanto, a relação entre cada seção deste documento e os conteúdos do Material do Aluno.

Você terá um amplo conjunto de possibilidades de trabalho.

Vamos lá!

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades

Para dar suporte às aulas, seguem os recursos, ferramentas e ideias no Material do Professor, correspondentes à Unidade acima:



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.



Ferramentas

Atividades que precisam de ferramentas disponíveis para os alunos.



Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.



Exercícios

Proposições de exercícios complementares

Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O canudo girante	Uma garrafa pet, um canudo de plástico e um pedaço de pano de lã ou algodão.	Neste experimento, mostraremos um fenômeno eletrostático básico com um efeito muito interessante. Atritaremos um canudo com um pano e o colocaremos sobre a tampa de uma garrafa. Ao movimentarmos um dedo próximo ao canudo, este, como num passe de mágica, seguirá esse movimento. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod3-Unid11-Ativ-Inicial.wmv).	O professor interage com toda a turma	15 minutos

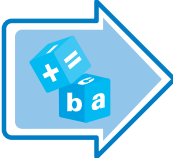
Seção 1 – A carga elétrica

Seção 2 – Processos de eletrização

Páginas no material do aluno

172 a 173

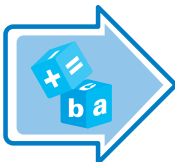
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O canudo girante – parte II	Uma garrafa pet, dois canudos de plástico iguais, uma escova de dente de plástico e um pedaço de pano de lã.	Aproveitaremos a ideia do experimento do canudo girante (descrito na Atividade Inicial desta Unidade) para introduzir o conceito de carga elétrica. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod3-Unid11-Sec1.wmv).	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A eletrização por atrito	Bolinhas de isopor e sacos plásticos de 5 x 24 (conhecidos como sacos de sacolé).	Nesta atividade, o professor deve evidenciar, dentre os processos de eletrização, a eletrização por atrito entre as esferas de isopor e a parede interna do plástico, além de caracterizar o princípio fundamental da eletricidade: corpos de mesma carga se repelem e corpos com cargas contrárias se atraem.	Em grupos de 4 alunos.	15 minutos
	Condutores ou Isolantes?	Uma lâmpada pequena (a de lanterna é uma boa opção), dois pedaços de fio fino (25 cm cada), uma pilha de 1,5V, fita isolante e diferentes materiais condutores e isolantes.	Nesta atividade, utilizaremos um circuito elétrico muito simples para testar a condutividade de diferentes materiais. Nosso objetivo é ilustrar a diferença entre materiais condutores e isolantes. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod3-Unid11-Sec2.wmv).	O professor interage com toda a turma	15 minutos
	Entortando um filete de água com a indução	Balão de borracha, roupa de lã, garrafa pet de 2 litros, prego, fita adesiva e água.	Com este experimento, mostramos como é possível entortar um filete d'água utilizando um balão de borracha, ilustrando o importante fenômeno da indução elétrica.	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

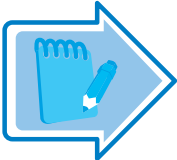
Seção 3 – Lei de Coulomb.

Páginas no material do aluno

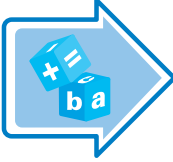
173 a 174

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O Eletroscópio	Cerca de 1m de PVC (3/4" ou 20mm), 30cm x 30cm de papel alumínio, 20cm de arame queimado (o mais retilíneo possível), lã (touca, luva, suéter), prego da espessura do arame, garrafa pet transparente com tampa, tesoura, martelo, alicate de bico e alicate de corte.	A construção do eletroscópio de folhas é uma tarefa recheada de descobertas; a cada montagem, o professor irá se especializar e montará um aparato melhor. Em alguns casos, a região ao redor do aparelho deve ser livre de umidade (tanto dentro quanto em redor do receptáculo). Este aparelho detecta a presença de cargas elétricas, e quando o mesmo é polarizado, as folhas passam a se repelir (aumentando o ângulo entre as folhas) mutuamente.	Em grupos de 4 alunos.	30 a 45 minutos
	As cargas têm a força	Software GeoGebra e o applet (Fisica-Mod3-Un11_Sec3.ggb), disponível no material anexo do professor.	Este applet auxilia na visualização dos efeitos da força elétrica entre duas cargas. Esta é dada pela Lei de Coulomb, e é proporcional ao produto entre as cargas envolvidas e inversamente proporcional à distância entre elas. Neste applet, é possível alterar o valor de cada uma das cargas, além da posição de uma delas, ou seja, a distância entre elas. Para facilitar a visualização, as forças serão representadas por meio de vetores, um azul e um vermelho, com sentidos opostos, indicando que se trata de um par ação/reação. Alterando os parâmetros, é possível perceber a dependência com a distância e com as cargas.	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como Carga Elétrica, Processos de Eletrização e Lei de Coulomb. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade individual	1 aula

Atividade Inicial

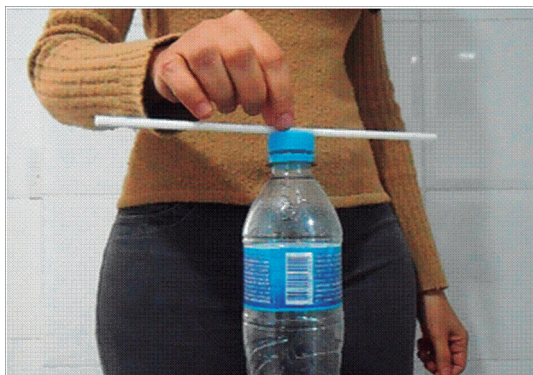
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O canudo girante	Uma garrafa pet, um canudo de plástico e um pedaço de pano de lã ou algodão.	Neste experimento, mostraremos um fenômeno eletrostático básico com um efeito muito interessante. Atraremos um canudo com um pano e o colocaremos sobre a tampa de uma garrafa. Ao movimentarmos um dedo próximo ao canudo, este, como num passe de mágica, seguirá esse movimento. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod3-Unid11-Ativ-Inicial.wmv).	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Para ganhar a atenção dos alunos e introduzir os conceitos iniciais de eletricidade de forma lúdica, você pode iniciar o experimento com uma brincadeira. Por exemplo, diga a eles que você é capaz de mover objetos com o poder da mente.
- Se for possível, use uma camisa de lã neste dia; se não, uma blusa de malha serve.
- Coloque a garrafa pet em pé, vazia, tampada, sobre sua mesa. Explique para os alunos que você vai deitar o canudo sobre a tampa da garrafa e que este seguirá o comando do seu dedo. Veja figuras ilustrativas da montagem abaixo.
- Atrite vigorosamente uma das extremidades do canudo na barra de sua camisa e coloque-o, rapidamente, sobre a tampa da garrafa.

- Aproxime seu dedo indicador da extremidade atritada do canudo. Cuidado para não tocar no canudo. Perceba que este se movimentará na direção do seu dedo.
- Faça um movimento giratório com o dedo próximo ao canudo em torno do gargalo da garrafa. Observe que o canudo, ao seguir o movimento do seu dedo, rodopiará sobre a garrafa.
- Vale lembrar que você pode ter dificuldades para eletrizar o canudo num dia muito úmido. Tente fazer o experimento num ambiente o mais seco possível.

Figuras Ilustrativas da Montagem Experimental:



Aspectos pedagógicos

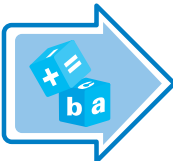
Para que os alunos não saiam da aula acreditando que existe um truque de mágica por trás do experimento, você deve fornecer a eles uma explicação simples para o fenômeno observado. Nesse momento, você pode argumentar que a responsável pelo movimento do canudo é a força eletrostática. Essa é uma força fundamental da natureza, que atua entre corpos carregados. Você também pode esclarecer que o canudo ficou carregado quando foi atritado com o pano, e que o dedo ficou carregado por indução. Todos esses conceitos serão estudados em detalhes nesta Unidade, e esse experimento poderá ser refeito para esclarecer novas dúvidas.

Seção 1 – A carga elétrica

Seção 2 – Processos de eletrização

Páginas no material do aluno

172 a 173

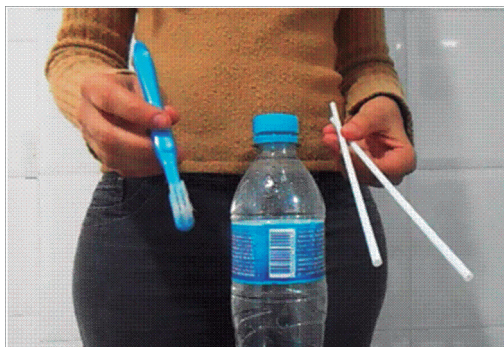
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O canudo girante – parte II	Uma garrafa pet, dois canudos de plástico iguais, uma escova de dente de plástico e um pedaço de pano de lã.	Aproveitaremos a ideia do experimento do canudo girante (descrito na Atividade Inicial desta Unidade) para introduzir o conceito de carga elétrica. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod3-Unid11-Sec1.wmv).	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Inicie o experimento com uma conversa com os alunos sobre a formação da matéria: elétrons, prótons e nêutrons. Defina carga elétrica como o excesso ou a falta de elétrons num determinado corpo.
- Para estimular a participação dos alunos, lance perguntas como: vocês já levaram um choque? Será que isso tem a ver com carga elétrica? Como seria possível mostrar a existência da carga elétrica? Por que dizemos que só existem dois tipos de carga elétrica (positiva e negativa)?, etc.
- Para responder a essas perguntas, proponha o experimento do canudo girante.
- Para explorar o conceito de carga, utilize dois canudos de plástico e uma escova de dente (veja figuras ilustrativas com a montagem abaixo).
- Atrite a extremidade do canudo número 1 com um pedaço de pano de lã (ou na sua blusa de algodão). Coloque-o horizontalmente sobre a garrafa. Atrite a extremidade do canudo número 2 com o mesmo pedaço de pano e aproxime-o do canudo número 1. Perceba que, nesse caso, os canudos adquirirão cargas de mesmo sinal - o que provocará uma repulsão entre eles.
- Agora, atrite a extremidade do cabo da escova de dente com o mesmo pedaço de pano utilizado no canudo. Aproxime a escova do canudo que está sobre a garrafa. Nesse caso, o canudo e a escova adquirirão cargas de sinais contrários - o que provocará uma atração entre eles.
- É importante ficar atento ao seguinte detalhe: dependendo dos materiais dos quais são feitos os canudos e a escova de dente, pode-se obter resultados diferentes do exposto acima. Teste diferentes escovas e canudos para obter o resultado desejado.

- Para ilustrar que a carga depende do número de elétrons em excesso (ou a menos) que um determinado corpo possui, pode-se repetir o experimento atritando os canudos com mais ou menos intensidade. O efeito de repulsão ou atração será tanto mais visível quanto mais vigoroso for o processo de eletrização.
- Para que você não tenha muita dificuldade para eletrizar os canudos, procure realizar o experimento num ambiente o mais seco possível.

Figuras Ilustrativas da Montagem Experimental:



Aspectos pedagógicos

No decorrer da aula, os alunos podem demonstrar vontade de realizar o experimento sozinhos. Se for possível, leve uma quantidade extra de canudos e garrafas para distribuir entre os alunos.

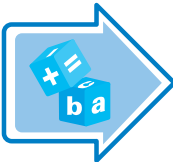
No final da atividade, faça um pequeno resumo ressaltando os pontos importantes que podem ser ilustrados por esse experimento. Por exemplo, a existência da carga pode ser comprovada pelo efeito que ela causa. Como só observamos dois efeitos diferentes, atração e repulsão, definimos dois tipos de carga, positiva e negativa. A quantidade de carga contida em um determinado corpo depende da diferença entre o número de prótons e elétrons desse corpo. Se, ao atritarmos um corpo vigorosamente, damos muitos elétrons extras para ele, então, este corpo ficará com uma carga negativa grande. Podemos comprovar isso por meio do efeito que esta carga doada pode causar a outro corpo carregado.

Seção 1 – A carga elétrica

Seção 2 – Processos de eletrização

Páginas no material do aluno

172 a 173

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A eletrização por atrito	Bolinhas de isopor e sacos plásticos de 5 x 24 (conhecidos como sacos de sacolé).	Nesta atividade, o professor deve evidenciar, dentre os processos de eletrização, a eletrização por atrito entre as esferas de isopor e a parede interna do plástico, além de caracterizar o princípio fundamental da eletricidade: corpos de mesma carga se repelem e corpos com cargas contrárias se atraem.	Em grupos de 4 alunos.	15 minutos

Aspectos operacionais

- Reúna bolinhas de isopor em copo descartável e as deposite no saco plástico de 5 x 24 (cuidado ao assoprar o saco plástico; algumas gotículas de saliva podem umedecer o seu interior).



- Agite firmemente o saco plástico (quanto mais intensa a agitação, maior a colisão entre as esferas de isopor e entre as mesmas e a parede interna do saco plástico).
- Após a agitação do saco plástico, observe que as esferas e seu interior estão se afastando mutuamente.



Aspectos pedagógicos

- Vale ressaltar neste experimento a utilização de outros materiais como pet, vidro ou qualquer outro invólucro transparente, porém atente à umidade relativa do ar.
- Nunca tente eletrizar as esferas de isopor com corrente elétrica; existe perigo iminente de choque.
- Quanto mais agitar o saco plástico, mais as esferas de isopor se afastam umas das outras; aparentam até mesmo levitar no interior do invólucro.



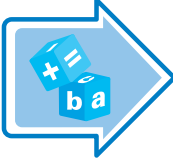
- Não há impedimentos, caso o professor queira explorar outras formas de eletrização neste mesmo experimento.

Seção 1 – A carga elétrica

Seção 2 – Processos de eletrização

Páginas no material do aluno

172 a 173

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Condutores ou Isolantes?	Uma lâmpada pequena (a de lanterna é uma boa opção), dois pedaços de fio fino (25 cm cada), uma pilha de 1,5V, fita isolante e diferentes materiais condutores e isolantes.	Nesta atividade, utilizaremos um circuito elétrico muito simples para testar a condutividade de diferentes materiais. Nosso objetivo é ilustrar a diferença entre materiais condutores e isolantes. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod3-Unid11-Sec2.wmv).	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Para testar a condutividade de alguns materiais, primeiro você deve montar o circuito conforme mostrado nas Figuras 1 e 2 a seguir.
- Comece descascando as quatro extremidades dos dois fios. Conecte uma das extremidades do fio número 1 à parte rosqueada da lâmpada e a outra extremidade a um dos polos da pilha. Use fita isolante para fixar o contato.
- Use a fita isolante para conectar uma das extremidades do fio número 2 ao polo livre da pilha. A outra extremidade do fio número 2 deve ficar livre.
- Para verificar se o circuito está funcionando, faça o contato da extremidade livre do fio número 2 com a parte inferior da lâmpada. Se estiver tudo correto, a lâmpada acenderá.
- Separe vários tipos de materiais para o teste, por exemplo, uma colher de metal, uma moeda, papel, plástico, madeira, etc.
- Para testar quais materiais são bons condutores de eletricidade e quais são isolantes, conecte a extremidade livre do fio número 2 com o material de teste e este com a parte inferior da lâmpada. Se a lâmpada acender, é porque esse material é um bom condutor de eletricidade.

Figuras Ilustrativas da Montagem Experimental

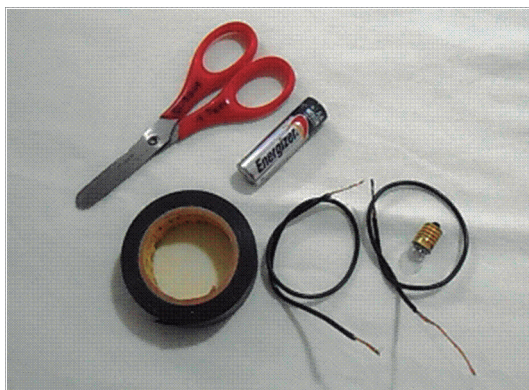


Figura 1: Material utilizado na montagem do circuito

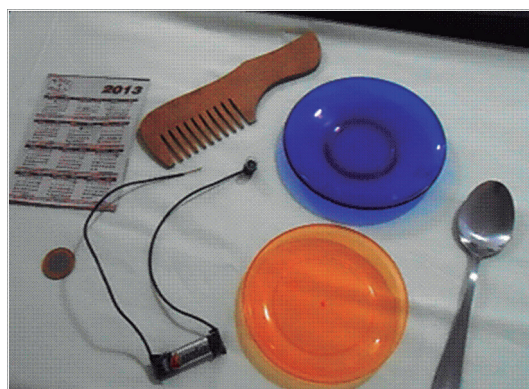


Figura 2: Circuito montado e material para teste de condutividade

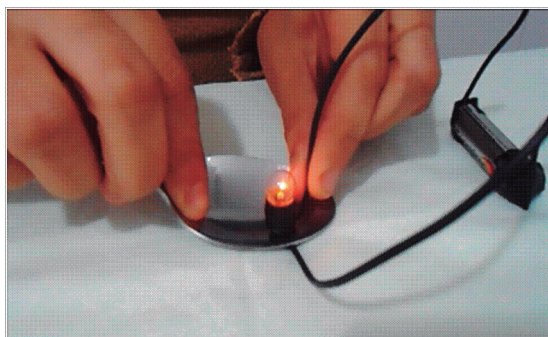


Figura 3: Posição do circuito para a realização dos testes de condutividade

Aspectos pedagógicos

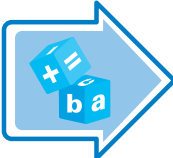
Perceba que, nesta atividade, não estamos dando uma medida para a condutividade do objeto testado; estamos simplesmente testando alguns materiais já classificados na literatura como condutores e isolantes, para exemplificar e diferenciar esses conceitos. É importante ter em mente que alguns materiais podem passar a conduzir se lhes for aplicada uma diferença de potencial muito maior que os 1,5 v da pilha utilizada aqui. Portanto, quando definimos isolantes, estamos falando de materiais que só se tornam condutores na presença de uma grande (enorme) voltagem. Esse fato pode ser ressaltado durante o experimento.

Seção 1 – A carga elétrica

Seção 2 – Processos de eletrização

Páginas no material do aluno

172 a 173

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Entortando um filete de água com a indução	Balão de borracha, roupa de lã, garrafa pet de 2 litros, prego, fita adesiva e água.	Com este experimento, mostramos como é possível entortar um filete d'água utilizando um balão de borracha, ilustrando o importante fenômeno da indução elétrica.	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

Aspectos operacionais

Para realizar esta atividade, precisamos de um pequeno filete de água; para isto, você pode utilizar uma torneira ou, como sugeriremos aqui, utilizar uma garrafa pet com água (veja a Figura 1). Na sequência, apresentamos os passos necessários para realizar esta atividade:

- Faça um furo na garrafa Pet; para isto, podemos utilizar um prego aquecido;
- Cubra o furo com fita adesiva e encha a garrafa pet com água;
- Encha um balão de ar e questione os alunos sobre o que deve acontecer se o aproximarmos do filete de água;
- Remova a fita adesiva e aproxime um balão cheio do filete de água, mas não encoste;
- Nada acontece!

- Atrite um balão cheio na roupa de lã, de modo que ele fique eletrizado;
- Questione novamente os alunos sobre o que deve acontecer se aproximarmos novamente o balão, agora eletrizado, da água;
- Remova a fita adesiva e aproxime o balão eletrizado do filete de água, mas não encoste;
- Observe o que acontece: o filete de água é atraído pelo balão! (Veja a Figura 2).

Figuras Ilustrativas da Montagem Experimental:



Figura 1

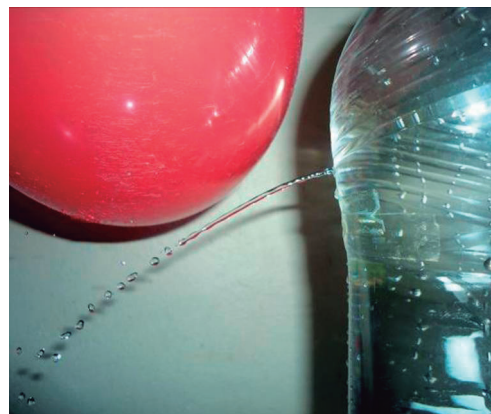


Figura 2

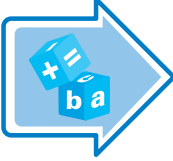
Aspectos pedagógicos

Este experimento ilustra muito bem um dos processos de eletrização: o de indução. Ao aproximar o balão antes do processo de atrito, você verá que nada irá ocorrer, pelo fato de a água e o balão estarem em equilíbrio; porém, ao atritar o balão na roupa de lã, você provocará um desequilíbrio entre as cargas positivas e negativas no balão. E é este desequilíbrio ou excesso que provocará a atração do filete de água pela presença do balão.

Seção 3 – Lei de Coulomb.

Páginas no material do aluno

173 a 174

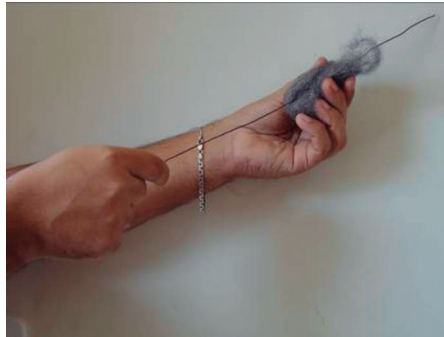
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O Eletroscópio	Cerca de 1m de PVC (3/4" ou 20mm), 30cm x 30cm de papel alumínio, 20cm de arame queimado (o mais retilíneo possível), lã (touca, luva, suéter), prego da espessura do arame, garrafa pet transparente com tampa, tesoura, martelo, alicate de bico e alicate de corte.	A construção do eletroscópio de folhas é uma tarefa recheada de descobertas; a cada montagem, o professor irá se especializar e montará um aparato melhor. Em alguns casos, a região ao redor do aparelho deve ser livre de umidade (tanto dentro quanto em redor do receptáculo). Este aparelho detecta a presença de cargas elétricas, e quando o mesmo é polarizado, as folhas passam a se repelir (aumentando o ângulo entre as folhas) mutuamente.	Em grupos de 4 alunos.	30 a 45 minutos

Aspectos operacionais

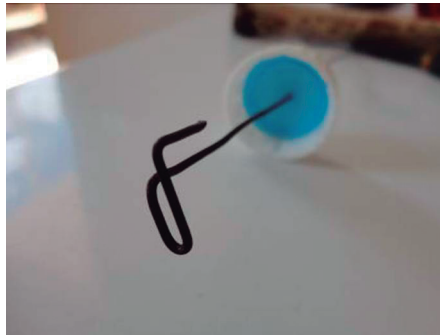
- Com o auxílio do prego e o martelo, perfure um furo único no centro da tampa pet.



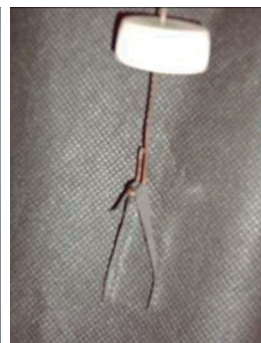
- Retire a ferrugem ou a poeira do arame antes de começar a moldar o apoio para as folhas do eletroscópio.



- Antes de atravessar o arame pelo furo (passando bem justo), faça uma espécie de gancho (use o alicate de bico para tal feito), como nas imagens.



- Recorte dois filetes, medindo 1cm x 7cm, de papel alumínio e, em cada uma das tiras, vire a extremidade com o intuito de formar uma figura parecida com uma bengala. Pendure-as no suporte feito com arame.



- Atarraxe a tampa do pet com cuidado, para que as tiras de alumínio não amassem ou rasguem.



- Com o restante do papel alumínio, molde uma esfera e prenda, espetando na extremidade superior do arame.



- Atrite a lã no PVC (indutor) e aproxime da esfera moldada anteriormente (induzido); observe a abertura das folhas do eletroscópio.




Aspectos pedagógicos

- Devido à umidade do ar, este experimento pode não funcionar, um secador de cabelo pode ajudar a “secar o ar” ao redor do eletroscópio.
- A parede do PVC pode ser um fator complicador; sugerimos que utilize canos baratos e de paredes finas; uma régua escolar ou canudos podem ser bons substitutos do tubo de PVC. O tubo com que obtivemos melhor resultado foi um tubo de medida comercial 20mm; porém, como se vê nas fotos e no vídeo, o tubo de medida $\frac{3}{4}$ (tubo de rosca) funciona bem.
- Nunca tente eletrizar a esfera de alumínio com corrente elétrica; existe perigo iminente de choque.

Seção 3 – Lei de Coulomb.

Páginas no material do aluno

173 a 174

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	As cargas têm a força	Software GeoGebra e o applet (Física-Mod3-Un11_Sec3.ggb), disponível no material anexo do professor.	Este applet auxilia na visualização dos efeitos da força elétrica entre duas cargas. Esta é dada pela Lei de Coulomb, e é proporcional ao produto entre as cargas envolvidas e inversamente proporcional à distância entre elas. Neste applet, é possível alterar o valor de cada uma das cargas, além da posição de uma delas, ou seja, a distância entre elas. Para facilitar a visualização, as forças serão representadas por meio de vetores, um azul e um vermelho, com sentidos opostos, indicando que se trata de um par ação/reação. Alterando os parâmetros, é possível perceber a dependência com a distância e com as cargas.	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Comece uma discussão sobre o efeito das forças elétricas.
- Instigue os alunos a opinarem sobre qual devem ser os fatores relevantes para a força elétrica. Eles devem se convencer de que as cargas envolvidas e a distância entre elas são os principais fatores que influenciam a força elétrica.


- Inicie o applet e explique o que aparece na tela. Duas cargas separadas por uma distância, que é mostrada na tela, e com cargas dadas por q_1 e q_2 em Coulombs. A força em Newtons também é apresentada na tela.
- Altere os valores das cargas por meio dos controles deslizantes, para que os alunos percebam os efeitos de se alterar as cargas. É fácil perceber que se uma das cargas é reduzida a 1/3 do seu valor, a força também passa a ser 1/3 da original.
- Altere a posição da carga da esquerda e ilustre o que acontece com a força. Se a distância é reduzida à metade, a força fica 4 vezes maior.
- Note que, para facilitar a visualização, os valores exibidos são aproximados para conter apenas duas casas decimais, o que pode dar origem a pequenas discrepâncias numéricas.

Aspectos pedagógicos

Geralmente, a Lei de Coulomb é apresentada diretamente como uma fórmula. Este applet se apresenta como uma boa alternativa a esta abordagem, já que permite visualizar os efeitos da Lei de Coulomb e sondar a dependência da força com as cargas e com a distância entre elas.

Dependendo da turma, ao indagar os alunos sobre os fatores que podem influenciar a força, um aluno pode sugerir que o meio em que as cargas estão inseridas pode ser um dos fatores. De fato, ele está certo, já que a Lei de Coulomb é $F = k(q_1)(q_2)/d^2$, e o k pode mudar de um meio para o outro.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como Carga Elétrica, Processos de Eletrização e Lei de Coulomb. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade individual	1 aula

Aspectos operacionais

Para o momento da avaliação, sugerimos a utilização do último tempo de aula destinado à Unidade 6. A seguir apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta Unidade.

- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a Unidade. Se desejar, utilize o resumo elaborado neste material;
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir.

Aspectos pedagógicos

- É interessante selecionar alguns exercícios para resolver com os alunos, para que estes tenham uma primeira orientação a respeito de como solucioná-los. Os demais devem ser feitos pelos próprios alunos.
- Após a resolução das questões, proponha uma discussão sobre as soluções encontradas.
- Possivelmente, aparecerão soluções divergentes. Pondere as equivocadas, ressaltando onde reside o erro.

Lista de Exercícios - Eletrostática e Lei de Coulomb

1. (UFBA 2011)



Ao construir a primeira bateria, no fim de 1799, quando não era conhecida a existência de átomos, íons ou elétrons, Alexandre Volta tentava replicar os órgãos que produzem energia no peixe-elétrico ou na raia-elétrica, segundo observa Giuliano Pancaldi, historiador de ciência da Universidade de Bolonha, na Itália.

A tendência de a carga elétrica migrar entre diferentes substâncias era conhecida por Volta; entretanto, não sabia ele que, em sua bateria, as cargas positivas se moviam no sentido oposto ao do – fluido elétrico – do lado externo. Somente um século depois dessa descoberta, os especialistas chegaram a um consenso sobre o funcionamento de baterias, que hoje têm a mesma estrutura básica de 1799.

Durante o funcionamento de uma bateria, os átomos do ânodo liberam elétrons que alcançam um cátodo ávido por essas partículas. Os átomos do ânodo, despojados de elétrons, tornam-se íons positivos e são atraídos na direção dos elétrons que se acumulam no cátodo. Para recarregar uma bateria, o procedimento é inverso (CASTELVECCHI, 2009, p. 59).



A partir da análise dessas informações e com base em conhecimentos das Ciências Naturais, é correto afirmar:

- (1) O “fluido elétrico” da bateria de Volta é constituído por partículas que têm a mesma carga das partículas que formam os raios catódicos em lâmpadas fluorescentes.
- (2) Seres vivos que geram descargas elétricas, como certas espécies de peixes, obtêm energia metabólica, realizando um processo que é exclusivo da Classe *Pisces*.

- (4) A descoberta dos elétrons, no início do século XX, ocorreu durante a famosa experiência da lâmina de ouro, realizada por Ernest Rutherford.
- (8) A produção de energia elétrica por peixes evidencia o aproveitamento total da energia incorporada a partir dos alimentos.
- (16) Uma bateria com força eletromotriz de 12,0V e resistência elétrica interna igual a $0,5\Omega$, pode fornecer uma corrente elétrica com intensidade de, no máximo, 24,0A quando seus terminais estão unidos através de um fio de resistência desprezível.
- (32) Uma bateria de telefone celular, com carga de 1,1Ah e tempo de duração de 150,0min, fornece corrente elétrica de intensidade média igual a 440,0mA.
2. (UNICAMP 2013) O carro elétrico é uma alternativa aos veículos com motor a combustão interna. Qual é a autonomia de um carro elétrico que se desloca a 60 Km/h, se a corrente elétrica empregada nesta velocidade é igual a 50 A e a carga máxima armazenada em suas baterias é $q = 75 \text{ Ah}$?
- 40,0 km.
 - 62,5 km.
 - 90,0 km.
 - 160,0 km.
3. (G1 - CFTMG 2013) O meio que conduz melhor a eletricidade é a(o)
- ar, devido à facilidade de propagar o relâmpago.
 - metal, porque possui maior número de cargas livres.
 - plástico, pois deriva-se do petróleo, grande fonte de energia.
 - madeira, uma vez que as árvores atraem raios em dias de tempestade.
4. (UFPE 2013) Um fio metálico e cilíndrico é percorrido por uma corrente elétrica constante de 0,4 A. Considere o módulo da carga do elétron igual a $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Expressando a ordem de grandeza do número de elétrons de condução que atravessam uma seção transversal do fio em 60 segundos na forma 10^N , qual o valor de N?
5. (G1 - CFTMG 2012) A corrente elétrica nos materiais sólidos, líquidos e gasosos depende da existência de grande quantidade de portadores de carga elétrica livres. Dos materiais apresentados a seguir, aquele que atende a essa condição é
- a água pura, no estado líquido.
 - o ar atmosférico, em um dia bem seco.
 - o diamante puro, em estado sólido natural.
 - o alumínio sólido, à temperatura ambiente.
6. (UFPA 2011) O acelerador de partículas LHC, o Grande Colisor de Hádrons (Large Hadron Collider), recebeu da imprensa vários adjetivos superlativos: “a maior máquina do mundo”, “o maior experimento já feito”, “o big-bang recriado em laboratório”, para citar alguns. Quando o LHC estiver funcionando a plena capacidade, um feixe de prótons, percorrendo o perímetro do anel circular do acelerador, irá conter 10^{14} prótons, efetuando 10^4 voltas por segundo, no anel.

Considerando que os prótons preenchem o anel uniformemente, identifique a alternativa que indica corretamente a corrente elétrica que circula pelo anel. **Dado:** carga elétrica do próton $1,6 \times 10^{-19}$.

- a. 0,16 A
 - b. $1,6 \times 10^{-15}$ A
 - c. $1,6 \times 10^{-29}$ A
 - d. $1,6 \times 10^{-9}$ A
 - e. $1,6 \times 10^{-23}$ A
7. (G1 - UTFPR 2011) A passagem da corrente elétrica pode produzir calor. Instalações elétricas mal feitas, uso de materiais de baixa qualidade ou desgaste de materiais antigos podem provocar curto-circuito. Para evitar-se riscos de incêndios, as instalações elétricas devem conter um dispositivo de segurança denominado:
- a. fusil.
 - b. resistor.
 - c. estabilizador de tensão.
 - d. disjuntor.
 - e. relógio de luz.
8. (UFOP 2010) Em uma tarde de tempestade, numa região desprovida de para-raios, a antena de uma casa recebe uma carga que faz fluir uma corrente de $1,2 \times 10^4$ A, em um intervalo de tempo de 25×10^{-6} s. Qual a carga total transferida para a antena?
- a. 0,15 C
 - b. 0,2 C
 - c. 0,48 C
 - d. 0,3 C

Gabarito Comentado

Resposta da questão 1:

(01 + 16 + 32) = 49.

(01) Correta. O "fluido elétrico" da bateria de Volta é formado por elétrons livres. Os raios catódicos também são formados por feixe de elétrons. Portanto, ambos têm mesma carga.

(04) Incorreta. A descoberta do elétron deve-se aos experimentos com raios catódicos (feixe de elétrons) realizados por J. J. Thomson. A experiência da lâmina de ouro de Rutherford resultou no modelo "planetário" do átomo.

(08) Incorreta. A energia incorporada a partir dos alimentos é usada para o peixe para suas atividades (manter-se vivo, nadar), e pode, eventualmente, ser parcialmente transformada em energia elétrica.

(16) Correta. Da primeira lei de Ohm:

$$U = R i \Rightarrow i = \frac{U}{R} = \frac{12}{0,5} = 24 \text{ A.}$$

(32) Correta. Dados: $Q = 1,1 \text{ Ah}$; $\Delta t = 150 \text{ min} = 2,5 \text{ h}$.

Da definição de corrente elétrica:

$$i = \frac{|Q|}{\Delta t} = \frac{1,1 \text{ A} \cdot \cancel{\text{h}}}{2,5 \cancel{\text{h}}} \Rightarrow i = 0,44 \text{ A} = 440 \text{ mA}.$$

Resposta da questão 2: [C]

A quantidade de carga elétrica contida na bateria é dada por:

$$q = i \cdot \Delta t$$

$$75 \text{ Ah} = 50 \text{ A} \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{75}{50} \text{ h}$$

$$\Delta t = 1,5 \text{ h}$$

Sabendo que a autonomia (em horas) da bateria é 1,5 horas temos:

$$\Delta s = v \cdot \Delta t$$

$$\Delta s = 60 \cdot 1,5$$

$$\Delta s = 90 \text{ km}$$

Resposta da questão 3: [B]

Os melhores condutores de eletricidade são os metais porque possuem os elétrons da camada mais externa mais fracamente ligados ao núcleo, sendo facilmente transportados, quando se estabelece uma diferença de potencial entre os terminais do condutor.

Resposta da questão 4: 20.

Da definição de corrente elétrica:

$$i = \frac{|Q|}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{n e}{\Delta t} \Rightarrow n = \frac{i \Delta t}{e} = \frac{0,4 \cdot 60}{1,6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 1,5 \times 10^{20}.$$

$$10^N = 10^{20} \Rightarrow N = 20.$$

Resposta da questão 5: [D]

Das substâncias apresentadas, a única condutora é o alumínio sólido, à temperatura ambiente.

Resposta da questão 6:

Calculando a corrente (i_{BAT}) antes da inserção do resistor R_3 :

$$i_{\text{BAT}} = \frac{E}{R_{\text{eq}}} = \frac{9}{2400}$$

Assim, o resistor R_2 fica submetido a uma tensão elétrica (U_2) dada por:

$$U_2 = R_2 \cdot i_{\text{BAT}}$$
$$U_2 = 800 \cdot \frac{9}{2400}$$

$$U_2 = 3V \rightarrow \text{tensão antes da inserção de } R_3$$

Segundo o enunciado, a inserção do resistor R_3 em paralelo com o resistor R_2 resultou em uma redução na tensão elétrica no resistor R_2 para $1/3$ do valor inicial. Chamando de U_2 a tensão elétrica que o resistor R_2 ficou submetido após a inserção do resistor R_3 , temos:

$$U_2' = \frac{U_2}{3} = 1V \rightarrow \text{tensão após a inserção de } R_3$$

Assim sendo, o resistor R_1 fica agora submetido a uma tensão (U_1') de 8V, o que possibilita calcularmos a corrente que atravessa a bateria após a inserção de R_3 (chamaremos de i_{BAT}').

$$U_1' = R_1 \cdot i_{\text{BAT}}'$$
$$8 = 1600 \cdot i_{\text{BAT}}'$$
$$i_{\text{BAT}}' = \frac{8}{1600} = \frac{1}{200}$$
$$i_{\text{BAT}}' = \frac{1}{200} \text{ A}$$

Utilizando a lei de Pouillet, podemos agora calcular a nova resistência equivalente do circuito ($R_{\text{eq.}}'$):

$$i_{\text{BAT}}' = \frac{E}{R_{\text{eq.}}'}$$
$$\frac{1}{200} = \frac{9}{R_{\text{eq.}}'}$$
$$\therefore R_{\text{eq.}}' = 1800 \Omega$$

Resposta da questão 7: [D]

Os disjuntores são dispositivos modernos que desligam quando a corrente atinge valores além dos pré-dimensionados, como no caso dos curtos-circuitos.

Resposta da questão 8: [D]

$$|Q| = i \Delta t = 1,2 \times 10^4 \times 25 \times 10^{-6} \Rightarrow |Q| = 0,3 \text{ C.}$$

