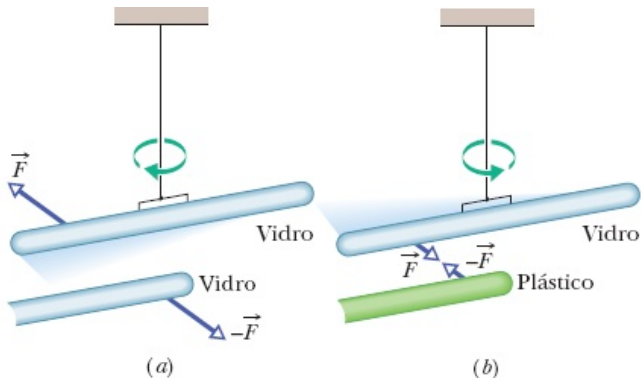


Cargas: Experiência com vidro e âmbar.

- ▶ Dois bastões de Vidro + Esfregar na seda -> Repulsão
- ▶ Um bastão de vidro/Seda e Bastão de âmbar/lã -> Atração



- ▶ E se fosse âmbar com âmbar ??

Cargas: Experiência com vidro e âmbar.

- ▶ O que é âmbar? Seiva Fossilizada!

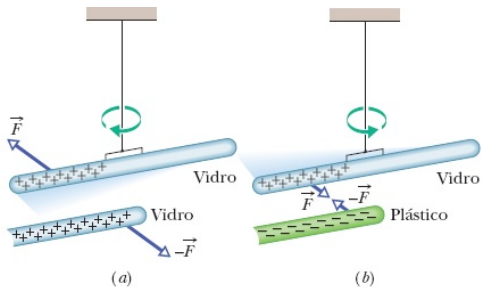


- ▶ Âmbar em Grego? *ηλεκτρον*

Note: Plástico comporta-se como o âmbar...

Cargas: Dois tipos.

- ▶ Quando **esfrega** o tecido no material -> **transfere cargas** entre o tecido e o material.
- ▶ Benjamin Franklin: 2 tipos de comportamento -> Dois tipos de **cargas**
 - ▶ Positiva (+)
 - ▶ Negativa (-)



- ▶ Corpos são normalmente **Neutros**. As vezes (como no experimento) há um desbalanço (um excesso) de cargas, e eles ficam carregados.

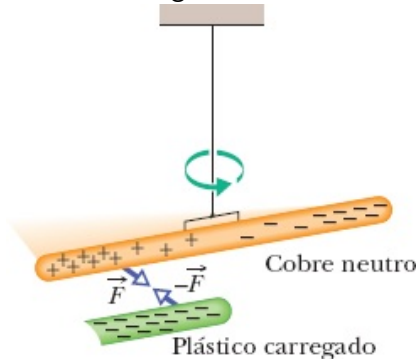
Condutores e Isolantes:

Classificamos materias como

- ▶ Condutores - as cargas se movem com **facilidade** (metais, água mineral)
- ▶ Isolantes - as cargas não se movem (plásticos, borracha, agua destilada)
- ▶ Semicondutores - conduzem eletricidade melhor que Isolantes e pior que condutores.
- ▶ Supercondutores - apresentam **nenhuma** resistência à condução elétrica (necessitam temperaturas muito baixas).

Carga Induzida

- ▶ Plástico carregado e Bastão de cobre neutro.

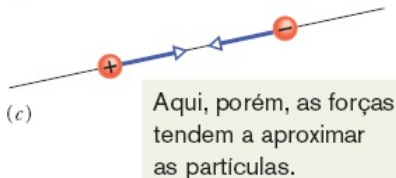
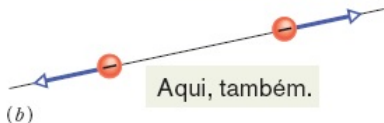
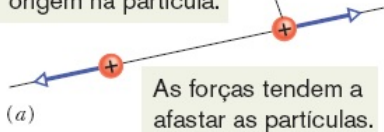


- ▶ As cargas livres do cobre **andam**: as (-) negativas se afastam, as (+) positivas se aproximam.
- ▶ Foram **induzidas** cargas no bastão de cobre.

Lei de Coulomb - Força Elétrica

As cargas se aproximam e se afastam umas das outras, mas como exatamente?? Força Elétrica.

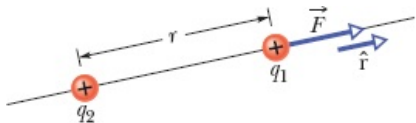
Sempre desenhe o
vetor força com a
origem na partícula.



Lei de Coulomb - Força Elétrica - direção e sentido

Considere as cargas q_1 e q_2 com distância r uma da outra.

A Força que a q_2 faz em q_1 , $\vec{F}_1$ aponta na direção do **vetor unitário** radial $\hat{r}$:



- Note: o vetor $\hat{r}$ é o vetor radial cujo *centro* está na partícula q_2 !

Lei de Coulomb - Força Elétrica - Magnitude

A magnitude da força elétrica entre duas cargas é **Proporcional**

- ▶ ao valor das cargas,
- ▶ ao inverso do quadrado da distância,

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

- ▶ k é a *constante de Coulomb*: $k = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.
- ▶ C - Coulomb - é a unidade de carga no sistema S.I.
- ▶ Esta lei é idêntica à lei da gravitação de Newton.

Lei de Coulomb - Unidades

- ▶ Por razões metrológicas, é mais fácil medir a quantidade de carga *em movimento* do que parada!
- ▶ Carga em movimento define a **corrente elétrica**, um fluxo de cargas:

$$i = \frac{dq}{dt},$$

onde i é a corrente elétrica, definida em Ampère (A), e dq é a quantidade de carga que passa por um ponto (seção transversão de um fio - lembre da vazão em Física 2!!), durante um tempo dt . Em termos de unidades:

$$1\text{C} = 1\text{A}1\text{s}.$$

Lei de Coulomb - outro formato

- Devido à simetria esférica da Lei de Coulomb, normalmente reescrevemos o módulo de $\vec{F}$ como:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

onde a constante ϵ é chamada de “constante dielétrica do vácuo”, com valor $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{Nm}^2$.

Força elétrica É um vetor!

Se voce tiver N cargas ajindo em uma carga q_1 , haverá $N - 1$ forças em q_1 . A força total será a **Soma Vetorial**:

$$\vec{F}_{1,tot} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \cdots + \vec{F}_{1n}.$$

Teorema das Cascas

Assim como no caso gravitacional, aqui temos os MESMOS teoremas:

1. uma partícula q **FORA** de uma casca esférica Q carregada uniformemente sente a força desta como se **TODA** a carga estivesse no seu centro.

$$\vec{F} = k \frac{qQ}{r^2} \hat{r},$$

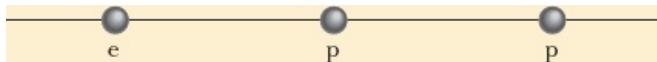
onde r é a distância de q para o centro da casca, e $\hat{r}$ é o vetor radial.

2. Uma partícula q **dentro** de uma casca esférica Q uniformemente carregada **não** sente nenhuma força:

$$\vec{F} = 0.$$

Condutores Esféricos

- ▶ Cargas são colocadas em um Condutor Esférico -> Distribuem-se uniformemente pela parte **externa** do condutor.
- ▶ Por que? Porque as cargas livres vão querer se afastar o **máximo** umas das outras.
- ▶ TESTE: Considere dois prótons (p) e um elétron (e) a baixo. Qual o sentido da força entre “e” e “p” central? E entre o “p” da direita sobre o “p” central?



Exemplo 21.01 - livro

- ▶ Três exemplos para calcular a força total na partícula q_1 .

Exemplo 21.02 - livro

- ▶ Dadas duas partículas carregadas, onde colocar uma terceira para que ela fique **em equilíbrio**: $F_{tot} = 0$?

Exemplo 21.03 - livro

- Distribuição de cargas entre duas esféricas condutoras idênticas.

Quantização da Carga

- ▶ A carga elétrica não pode ter valores arbitrariamente pequenos:

**** Existe um mínimo absoluto! **** e a carga elementar.

- ▶ Qualquer carga é um múltiplo inteiro desta:

$$q = ne, \quad n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots,$$

onde $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{C}$ - a carga do elétron (e prótons).

- ▶ Note: Prótons não são elementares, mas são formados por “quarks”, cujas cargas são $\pm e/3$ ou $\pm 2e/3$, mas estes não existem fora dos prótons e neutrons.

Quantização da Carga - Partículas Elementares

- ▶ As cargas elétricas são propriedades das partículas elementares:
 - ▶ Elétrons (e^-), formam as eletrosferas dos átomos, ou andam livremente pelo espaço ou em metais. Os elétrons tem “irmãos” mais pesados: o Múon μ e o Tau (τ), com mesma carga mas mais massivos. Estes são chamados de **Léptons**. Todos tem carga negativa $-e$.
 - ▶ Anti-elétron (e^+), chamado **pósitron**. Idêntico ao elétron mas com carga positiva $+e$. Também há os anti-muons e anti-tau.
 - ▶ Protons (p^+), tem carga positiva $+e$, formam o núcleo dos átomos. Eles na realidade são formados por 3 quarks.
 - ▶ Neutrons (n^0), tem carga **zero**, e estão nos núcleos atômicos. Eles também são formados por 3 quarks.

Conservação da Carga