



Universidade Federal do ABC

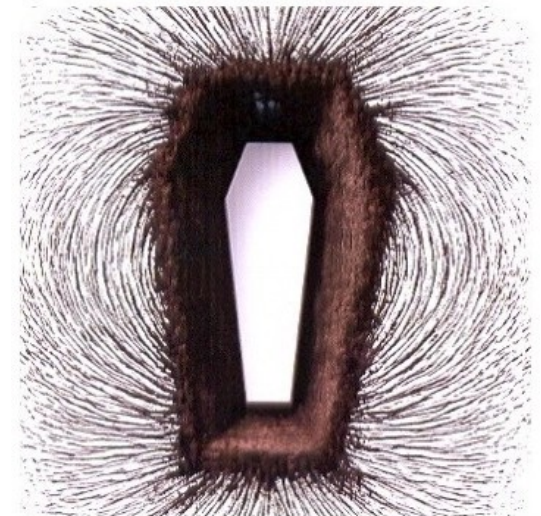
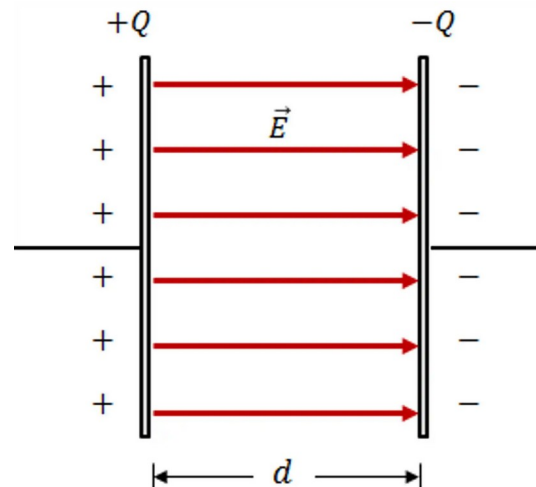
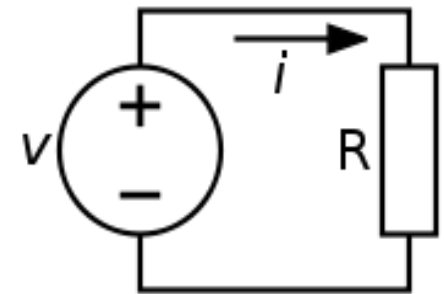
# Fenômenos Eletromagnéticos

## 01. Visão Histórica, Propriedades de Cargas Elétricas, Isolantes e Condutores

Prof. Pieter Westera

[pieter.westera@ufabc.edu.br](mailto:pieter.westera@ufabc.edu.br)

<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/EM.html>



# Eletromagnetismo

Wikipedia:

**Eletromagnetismo**, na **física**, é uma **interação** que ocorre entre partículas com **carga elétrica** por meio de **campos eletromagnéticos**. A **força eletromagnética** é uma das quatro forças **fundamentais** da natureza. É a força dominante nas interações de **átomos** e **moléculas**. O eletromagnetismo pode ser pensado como uma combinação de **eletrostática** e **magnetismo**, dois fenômenos **distintos**, mas intimamente **interligados**.

# Revisão Histórica

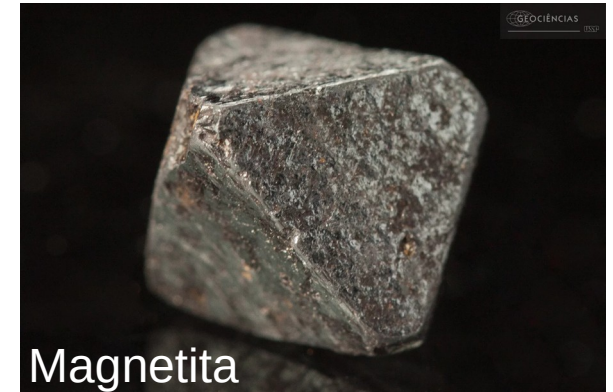
- ~2000 a. C.: Os chineses já conheceram o magnetismo
- O nome **elétron** vem do grego e significa **âmbar**, uma resina amarela-castanho estudada pelos gregos antigos.

Eles descobriram que **esfregando** o **âmbar** em um **tecido** ele **atraia** pequenos pedaços de **matéria**, como um pedaço de palha. Esse efeito ficou conhecido como efeito âmbar e por 2000 anos ele foi um mistério.



# Revisão Histórica

- Na mesma época, na região Magnésia (costa da Turquia): Pedacos da pedra **magnétita** ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) são **atraídos** pelo **ferro**.



- 1600: **William Gilbert** (ingl.): **Electrificação** é um fenômeno **geral** (não só do âmbar).



- 1785: Lei de **Coulomb** (=> aula que vem)

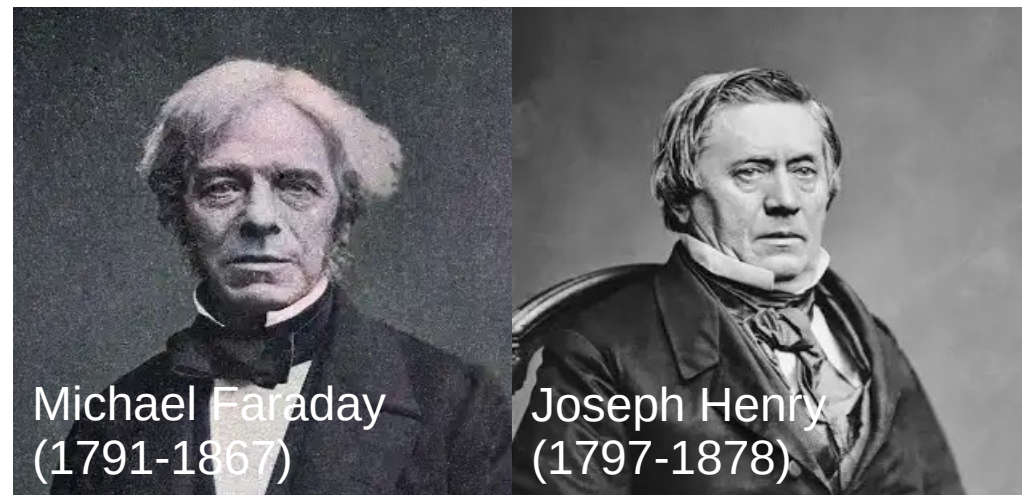


# Revisão Histórica

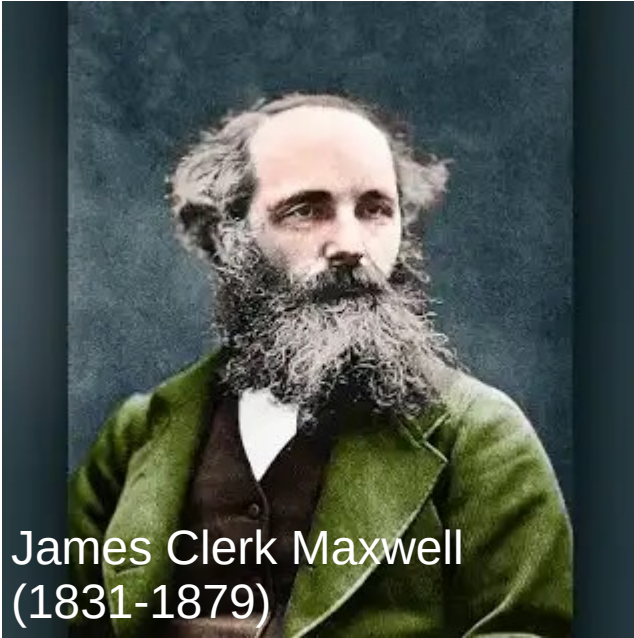
- 1820: **Hans Ørsted**: **correntes elétricas desviam** a **agulha** de uma **bússola** (aula 13)



- 1831: **Michael Faraday** & **Joseph Henry** (independentemente): Um **ímã** em **movimento** **induz** uma **corrente** num fio condutor (aula 15)



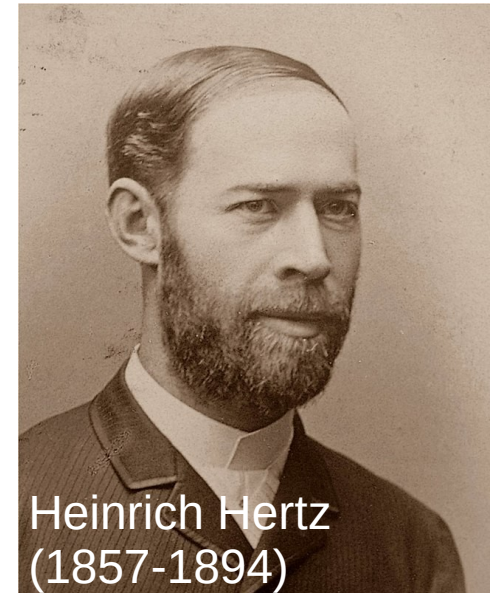
# Revisão Histórica



James Clerk Maxwell  
(1831-1879)

- 1873: Leis de **Maxwell**  
(no decorrer desta disciplina)

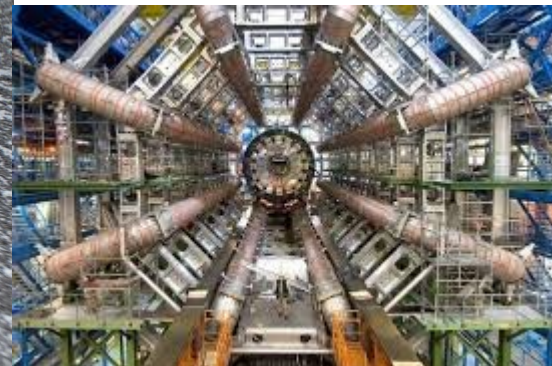
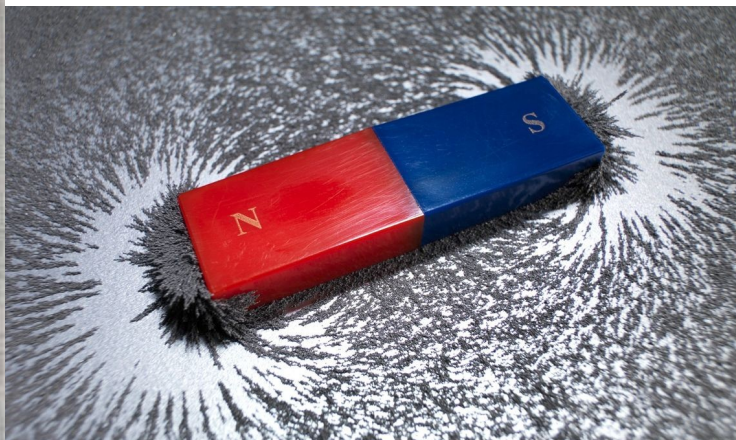
- 1888: **Heinrich Hertz**:  
verificou a existência de **ondas  
eletromagnéticas**,  
previstas pelas Leis de Maxwell  
(última aula)



Heinrich Hertz  
(1857-1894)

# Revisão Histórica

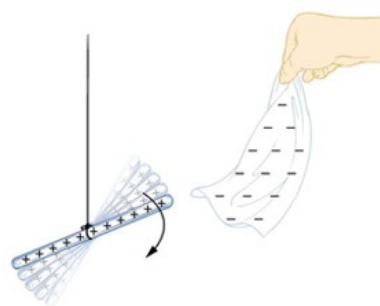
- Desde então: Milhares de **aplicações**



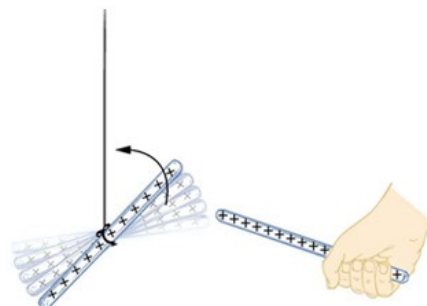
# Eletricidade Estática

Ao **friccionar** um bastão a uma **estopa** vemos que ele **atrai** um pedacinho de **papel**.

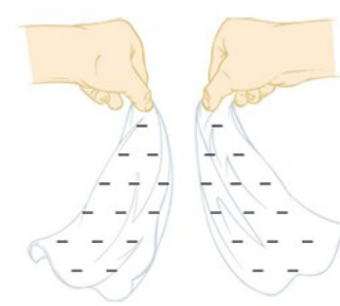
Se dois **bastões** forem friccionadas por um tecido de **seda**, vemos que eles **repelem** entre si porém **atraem** o tecido.



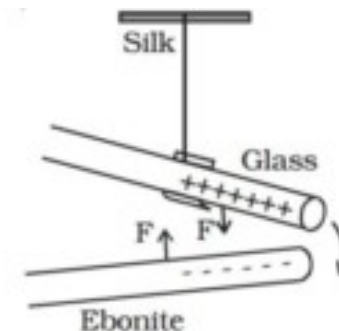
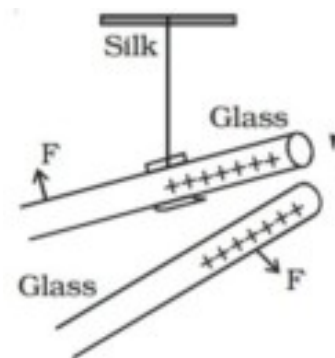
(a)



(b)



(c)

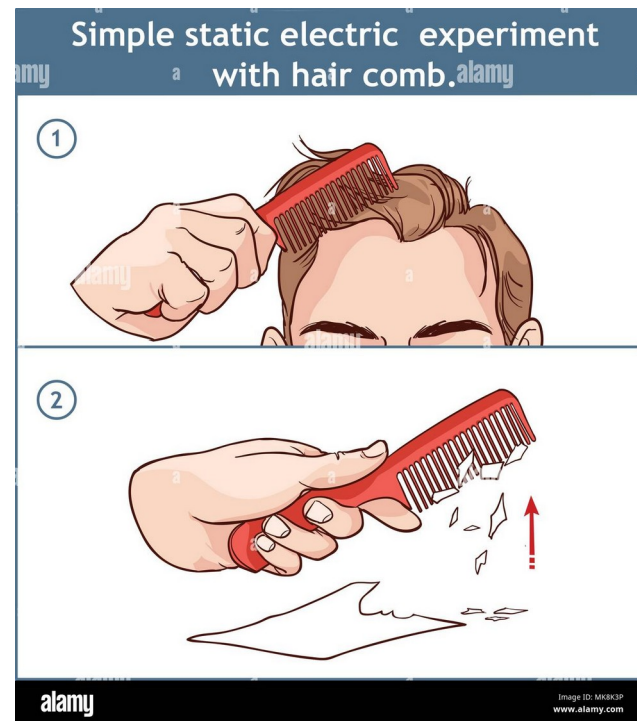




# Eletricidade Estática

Fenômenos similares acontecem após pentear o cabelo ou andar por um tapete (por exemplo de lã).

Se diz que os objetos ou pessoas são **carregados eletricamente**.



# Cargas Elétricas

O fato, de que objetos carregados eletricamente às vezes se atraem e às vezes se repelem sugere, que há dois tipos de carga elétrica.

- Benjamin Franklin chamou os dois tipos de carga de positiva e negativa.

Em geral, ao ser friccionado:

- pente, vidro etc. levam carga positiva,
- e cabelo, seda, etc., negativa.



Benjamin Franklin  
(1706-1790)

# Cargas Eléctricas

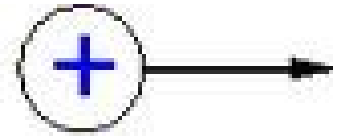
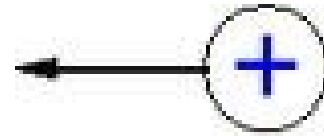
Em fórmulas, se usa frequentemente a letra  $q$  ou  $Q$  pra carga eléctrica.

A **unidade** de **carga eléctrica** no Sistema Internacional de Unidades, **SI**, é o **Coulomb**,  $[q] = \text{C}$ .

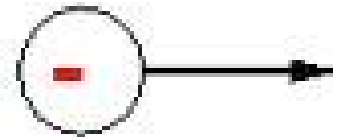
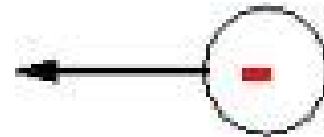
1 C é uma carga bastante grande. Os corpos mencionados acima têm cargas da ordem de  $\mu\text{C}$ .

# Força Eletrostática

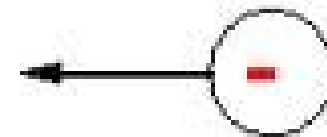
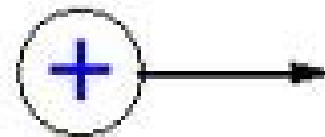
Cargas do **mesmo**  
**sinal** se **repelem**,



e cargas de **sinais**  
**opostos** se **atraem**.



Chamamos esta  
interação de  
**força eletrostática**.



# Carga Elétrica

Microscopicamente, são **elétrons**,  $e^-$ , partículas elementares de carga negativa ( $\Rightarrow$  Estrutura da Matéria) sendo **transferidas** de um pro outro corpo.

As partículas de **carga positiva** se chamam **prótons**,  $p^+$  ( $\Rightarrow$  tb. Estrutura da Matéria), têm massa muito maior que os  $e^-$ , tal que eles normalmente não são transferidos e fazem parte da estrutura dos corpos.

**Prótons** e **elétrons** (e **nêutrons**, sem carga) **compõem** a **matéria**.

Carga do próton:  $1 e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

do elétron:  $-1 e = -1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

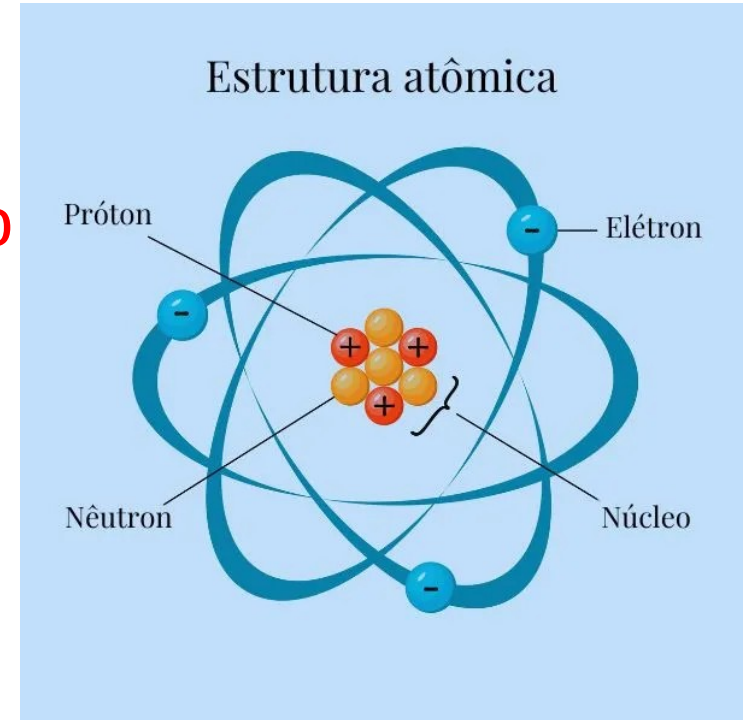
onde  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  é chamado de **carga elementar**.

A **carga elétrica** de qualquer corpo é um **múltiplo inteiro** (positivo ou negativo ou nulo) da **carga elementar**,

$q = ne$ , onde  $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \Rightarrow$  A carga é **quantizada**

# Carga Elétrica

Matéria consiste de **átomos** com **núcleos** que contêm um certo número de **prótons**, característico do **elemento** químico, o **número atômico  $Z$**  (e um número similar de nêutrons),  
=> carga do núcleo:  $+Ze$   
com (no caso de um átomo neutro)  **$Z$  elétrons** “girando em torno”.  
=> carga dos  $e^-$ :  $-Ze$   
=> carga total do átomo:  $+Ze - Ze = 0$



Um átomo com um **número diferente** de  $p^+$  e  $e^-$  é tem **carga** elétrica **não-nula** e é chamado de **íon**.

Para mais detalhes, vide Estrutura da Matéria e Física Quântica.

# Carga Elétrica

Num corpo não carregado há o mesmo número de  $p^+$  e  $e^-$ , da ordem de  $10^{23}$  (da ordem do número de Avogadro).

Num corpo carregado, o excesso (ou falta) de  $e^-$  é umas 10 ordens de magnitude menor.

Já que nos processos descritos, **elétrons** são apenas **transferidos**, e não criados ou destruídos, a **carga total** de um **sistema isolado** (fechado) é **conservada**:

$$q_i = q_f,$$

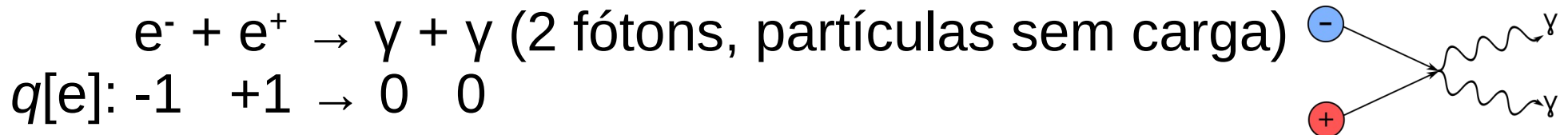
onde  $q_i$  e  $q_f$  são as **cargas totais** (somadas sobre todos os corpos do sistema) **inicial** e **final** do sistema.

# Conservação da Carga Elétrica

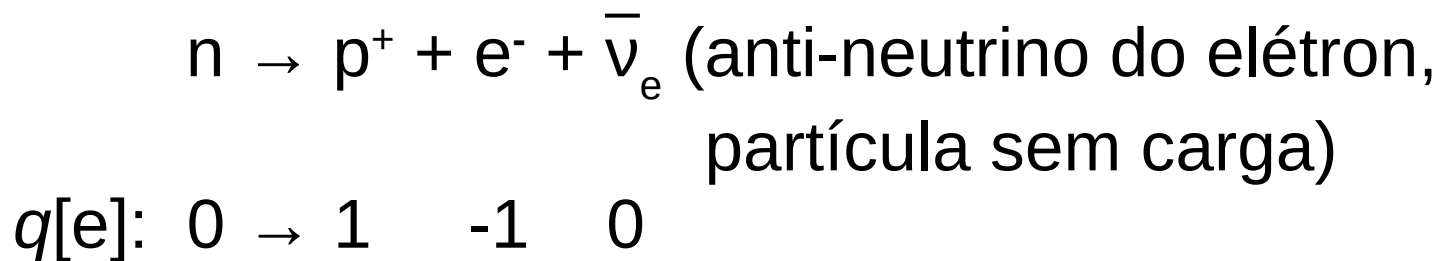
Na **física** das **partículas**, há **processos**, naqueles  **$p^+$**  e  **$e^-$**  são **transformadas** em outras partículas. Estas também podem ter carga, e a **carga total** é **conservada** também neste casos.

Exemplos:

Aniquilação de um par  $e^-$ -pósitron ( $e^+$ , anti-partícula do  $e^-$ ):



Decaimento  $\beta$  do nêutron ( $n$ ):





# Carga Elétrica

## Enigma rápido 19.1



Duas hastes **isoladas** são carregadas com **cargas opostas** em suas **extremidades**. Seus centros são montados de maneira que elas sejam **livres** para **girar** e, então, colocadas na posição mostrada nesta figura. O plano da rotação dos hastes é o plano da tela.

As hastes **retornam** a essas posições se forem ligeiramente **deslocadas** e depois **liberadas**?

Caso não retornem, para que **posição**(ções) irão mover-se?

A(s) configuração(ções) **final**(ais) representa(m) **equilíbrio estável**?

# Isolantes e Condutores

**Condução Elétrica:** Deslocamento de carga (elétrons) dentro de um corpo

**Condutores:** materiais, nos quais alguns elétrons, chamados elétrons de condução, se deslocam de maneira relativamente livre pelo material, por exemplo a maioria dos metais.



# Isolantes e Condutores

Condução Elétrica: **Deslocamento** de **carga** (elétrons) **dentro** de um corpo

**Isolantes**: materiais, nos quais os  $e^-$  estão confinados aos átomos e **não** se deslocam **livremente**, por exemplo **vidro**, **borracha**, **lucite**, etc.



isolante de  
cerâmico



# Isolantes e Condutores

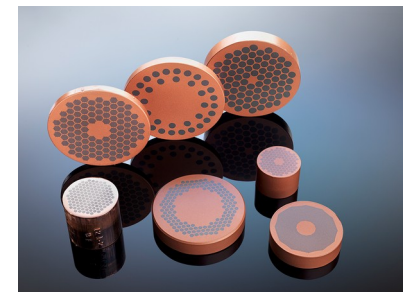
**Semicondutores**: materiais com propriedades **intermediárias** entre as de **condutores** e **isolantes**, p. e., **silício** e **germânio**, muito usados em **componentes eletrônicos**. As **propriedades elétricas** podem ser **alterados significativamente** por **contaminações** => **semicondutores dopados**.



silício

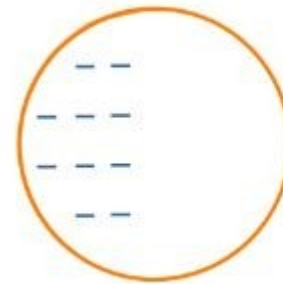
!!! As **definições formais** das três categorias de materiais são **diferentes** (=> Interações Atômicas e Moleculares)

Ainda existem os **supercondutores**, materiais com **resistência** à condução elétrica **nula**.

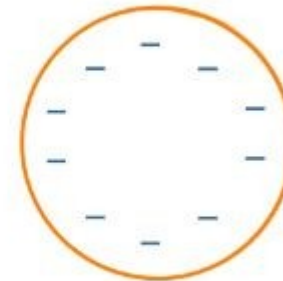


# Isolantes e Condutores

Carregando um **isolante** (por exemplo por atrito ou contato com um corpo carregado), apenas a **área fricionada** torna-se **carregada**, O isolante acaba sendo eletricamente **polarizado**.



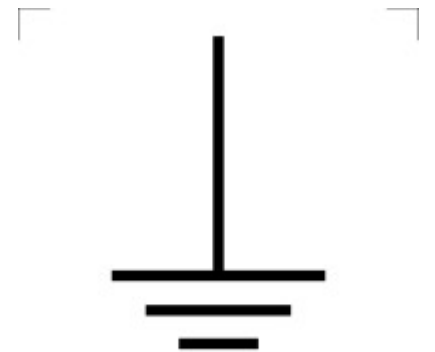
Carregando um **condutor**, a carga se **distribui** rapidamente (~nanossegundos) pela **superfície** deste até atingir um **equilíbrio**.



# Aterrar

Quando um **condutor** é **conectado** à **Terra** (**reservatório** que pode **aceitar** ou **fornecer** um número **ilimitado** de  $e^-$ ) por meio de um **elemento condutor** (fio ou tubo metálico), diz-se que ele está **aterrado**.

=> Qualquer **excesso** ou **falta** de **carga** é **eliminado**.



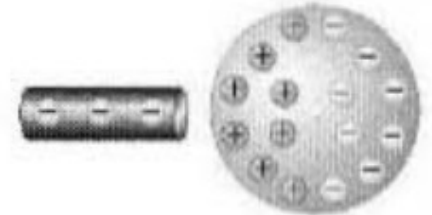
símbolo para “Terra”  
em circuitos elétricos

# Carga de um condutor por Indução

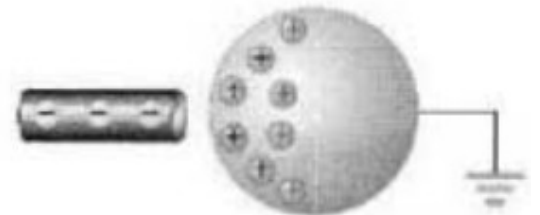
- (a) Inicialmente, há o mesmo montante de **cargas positivas e negativas**, ambas **distribuídas homogêneamente**.
- (b) **Aproximando um corpo carregado** (que vou chamar de corpo “indutor”), as **cargas do sinal oposto** da deste corpo se **deslocam pro lado dele**, e as do **mesmo sinal**, pro **lado oposto**. Chamamos isto de **indução**.  
=> O condutor é **polarizado**.



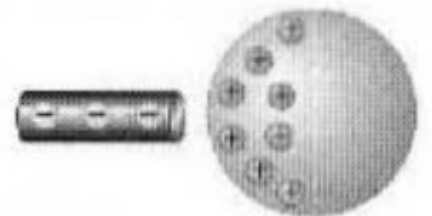
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

# Carga de um condutor por Indução

(c) **Aterrando** um **lado**, as **cargas** do **lado aterrado** podem **escapar** pra Terra, mas as **cargas** do **outro lado permanecem** onde estão, por ainda estarem sendo atraídas pelo corpo “indutor”.

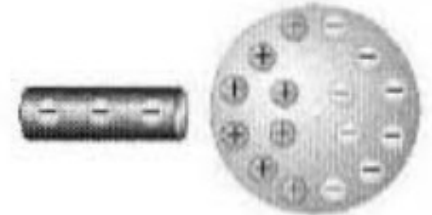
(d) **cortando** o **fio-Terra**, a **distribuição continua** como em (c)

(e) **afastando** o **corpo “indutor”**, a carga se **distribui** pela **superfície**, e temos um corpo **carregado**.

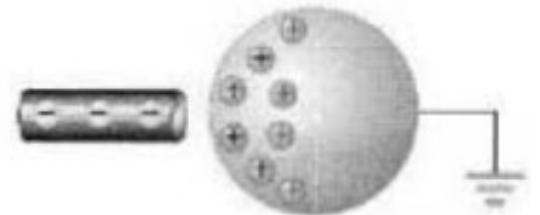
**Carga** por **indução não** requer **contato** físico com o corpo “indutor”. Este **não é descarregado**.



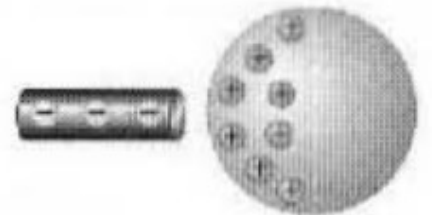
(a)



(b)



(c)



(d)



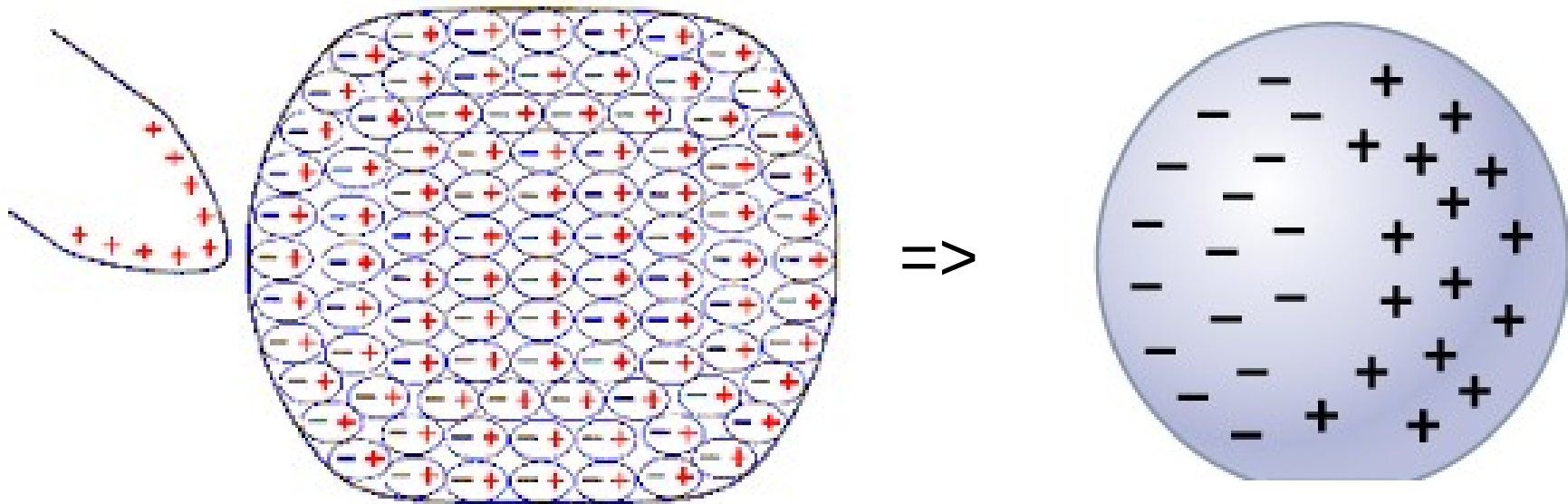
(e)



# Carga de um isolante por Indução

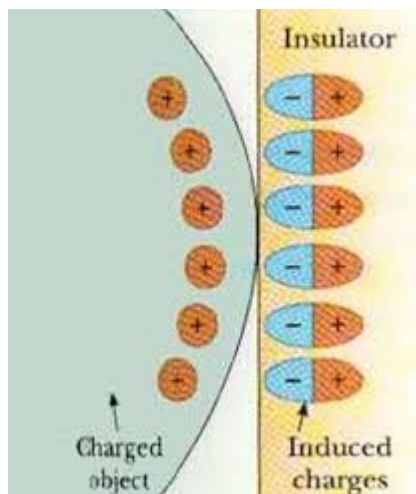
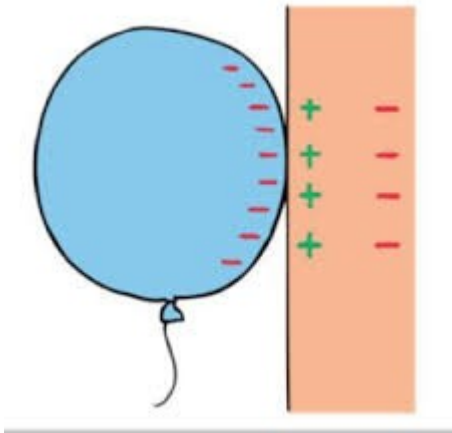
De maneira similar, dá para **polarizar** um **isolante** por **indução**.

Microscopicamente, são as **moléculas** do isolante que são **polarizadas**, o efeito somado se manifestando como a **polarização** do **corpo** como um todo.



# Carga de um isolante por Indução

Desta maneira, dá para “colar” uma bexiga na parede.



# Carga Elétrica

## Pensando a Física 19.1

Uma bola **positivamente carregada**, pendurada em um fio, é **aproximada** de um **corpo não condutor**. A bola é **atraída** pelo corpo.

A partir desse experimento **não é possível determinar** se o corpo está **carregado negativamente** ou **neutro**.

**Por que** não?

Que **experimento adicional** o ajudaria a decidir-se entre essas duas possibilidades?

# Carga Elétrica

## Pensando a Física 19.1

Por que não?

A **atração** poderia ser **entre cargas opostas** ou **entre** um **corpo carregado** e um **neutro**, devido à **polarização** deste.

Que experimento adicional o ajudaria a decidir-se entre essas duas possibilidades?

**Ver**, se o corpo é **atraído** também por uma bola sabidamente **não-carregada**.

- Se **for**, ele é **carragado negativamente** (atraindo a bola neutra por polarização),
- **senão** ele é **neutro** (Dois corpos neutros não se atraem, nem por indução)



Universidade Federal do ABC

# Fenômenos Eletromagnéticos

## FIM PRA HOJE

