# F-328 - 2º Semestre de 2013

Coordenador. José Antonio Roversi
IFGW-DEQ-Sala 216
roversi@ifi.unicamp.br

IFGW
Instituto de Física Gleb Wataghin

# F-328 - 1º Semestre de 2013

## 1- Ementa:

Carga Elétrica – Lei de Coulomb – Campo Elétrico – Lei de Gauss – Potencial Elétrico – Capacitores e Dielétricos – Corrente e Resistência Elétrica – Força Eletromotriz e Circuitos Elétricos – O Campo Magnético – Lei de Ampère – Lei de Faraday da Indução e Indutância – Oscilações Eletromagnéticas e Correntes Alternadas – Magnetismo da Matéria e Equações de Maxwell.

## 2- Livro-texto:

**Halliday, Resnick e Walker, Fundamentos da Física – Vol. 3, 8ª edição, LTC**

**Bibliografia adicional**:

a) M. Alonso e E. J. Finn., Fundamental University Physics.

b) H. M. Nussenzveig, Curso de Física Básica, Vol. 3.

c) F. Zemansky, Eletricidade e Magnetismo.

d) P. A. Tipler, Física, Vol. 2.

IFGW
Instituto de Física Gleb Wataghin

## 3- Datas das Provas, Testes e Critério de Avaliação:

**Frequência** : será exigida frequência mínima a 75% das aulas.

**3 Testes:** $\mathbf{T_1}$ (caps. 21, 22, 23); $\mathbf{T_2}$ (caps. 24, 25, 27); $\mathbf{T_3}$ (28,29,30).
**3 Provas:** $\mathbf{P_1}$ (caps. 21, 22, 23, 24); **P2** (caps. 25, 26, 27, 28); $\mathbf{P_3}$ (caps. 29, 30, 31).
Os capítulos mencionados acima referem-se à **8ª edição** do livro do Halliday, Vol. 3 (Eletromagnetismo).

**Datas dos testes para as turmas I e J do DIURNO**

**T1 (28/08/13) ; T2 (09/10/13); T3 (13/11/13).**

**Datas dos testes para as turmas L e M do Diurno e B, C, D e E do Noturno**

**T1 (02/09/13) ; T2 (07/10/13); T3 (11/11/13).**

**Datas das Provas do DIURNO e do NOTURNO:**

**P1 (11/09/13); P2 (23/10/13) ; P3 (27/11/13).**

**Data do exame final DIURNO e NOTURNO: 11/12/13.**

IFGW
Instituto de Física Gleb Wataghin

# Composição das notas

Média dos 3 testes ($\mathbf{M_T}$):

$$\mathbf{M_T = (T_1 + T_2 + T_3)/ 3}$$

A nota de aproveitamento (**NA**) será composta da seguinte maneira:

$$\mathbf{N_A = (P_1 + P_2 + P_3 + M_T)/4}$$

- Nota Final (**NF**):
- Se o aluno obtiver **NA < 2,5**, não poderá realizar o exame final (artigo 57, inciso II do Regimento Geral dos cursos de graduação da UNICAMP). Sua nota final será **NF = NA**.
- Se o aluno obtiver **NA ≥ 7,0**, ele estará dispensado do exame final e sua nota final será **NF = NA**. Caso contrário, a nota final será composta por **NA** e pela nota do exame final (**EF**) da seguinte maneira:
- $$\mathbf{N_F = (N_A + E_F)/ 2}$$

Além dos requisitos de frequência, a aprovação exige uma nota final $\mathbf{N_F \geq 5,0}$.

IFGW
Instituto de Física Gleb Wataghin

Excetuando-se os casos previstos em lei e no regimentogeral dos cursos de graduação da UNICAMP, não haverá provas ou testes substitutivos.

## 4- Estrutura do Curso

As aulas serão divididas, alternadamente, em aulas magnas e aulas exploratórias. As aulas magnas (para 2 turmas juntas em um anfiteatro) são aulas teóricas sobre o conteúdo da disciplina. As aulas exploratórias (para um número menor de estudantes em sala de aula) têm por objetivo o aprofundamento dos conceitos vistos nas aulas magnas através da resolução de exercícios e discussões focalizadas.

### Sobre os testes

Não haverá aplicação de testes tradicional. Em vez disso, os alunos deverão resolver e entregar 6 exercícios de cada lista. Será sorteado para correção um exercício (apenas um) extraído das listas dos três capítulos que constam em cada teste. A data limite para entrega dos exercícios resolvidos é a data que seria a do teste correspondente.

### Sobre as Avaliações

**O aluno deverá realizar as avaliações somente na sala destinada à sua turma (ver página da disciplina com antecedência).**

### Uso de calculadora

Os testes e as provas serão planejados para que não seja necessário o uso de calculadora.

Durante o tempo de realização de testes ou provas os **celulares** deverão estar **desligados.**

IFGW
Instituto de Física Gleb Wataghin

## 5- Lista de exercícios

A lista de exercícios relacionada a cada capítulo será fornecida no site da disciplina, após cada aula magna correspondente.

## 6– Monitores e Consultas

Haverá apoio de monitores. As notas de todas as turmas, bem como qualquer novidade sobre a disciplina, estarão disponíveis na página da Graduação da Física/IFGW, criada na HomePage-IFGW (http://www.ifi.unicamp.br e http://sites.ifi.unicamp.br/F328. Para acessar determinada turma: uma vez dentro da HomePage-IFGW, consultar: graduação; página graduação; disciplinas; F328 Física Geral III.

**Aulas web:** http://www.lampiao.ic.unicamp.br/weblectures (Prof. Roversi);

**ou UnivespTV e Youtube (Prof. Luiz Marco Brescansin)**

## 7- Identificação

**Os alunos, nos dias de provas e exame, deverão identificar-se apresentando RA e RG para terem direito à realização das avaliações.**

IFGW
Instituto de Física Gleb Wataghin

O aluno deverá identificar-se (apresentar RA e RG) para ter direito a realizações de provas e testes.

## 8 – Revisões de provas e testes

As revisões de provas ou testes somente serão efetuadas dentro do prazo legal de quinze dias após as divulgações das notas das avaliações correspondentes, conforme artigo 60 do Regimento Geral dos Cursos de Graduação da UNICAMP. Para melhor atender a todos, o horário de atendimento das terças-feiras do período correspondente será destinado a esse fim.

**9 – Prof. ---------- Sala / depto: ----------**

**e-mail: @ifi.unicamp.br**

**atendimento extra classe:----------**

IFGW
Instituto de Física Gleb Wataghin

# Aula-1
# A carga elétrica e a lei de Coulomb

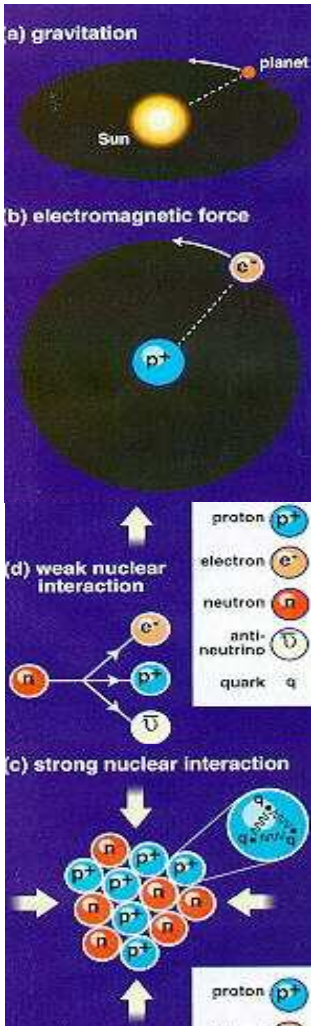
## Curso de Física Geral F-328

## 2º semestre, 2013

Instituto de Física Gleb Wataghin

# As forças fundamentais da natureza

- Gravitacional ($1/r^2$) $10^{-38}$
  - Matéria
- Eletromagnética ($1/r^2$) $10^{-2}$
  - Cargas elétricas, átomos, sólidos
- Nuclear Fraca $10^{-7}$
  - Decaimento radioativo beta
- Nuclear forte 1
  - Mantém o núcleo ligado (curto alcance)



# O eletromagnetismo

## Eletricidade (eletrostática)

Fenômeno já conhecido na Grécia antiga. Ao serem atritados, determinados materiais (*âmbar*, em particular), adquiriam a propriedade de atrair pequenos objetos (ação de uma *força elétrica*).

## Magnetismo (magnetostática)

Os gregos também sabiam que determinadas pedras (chamadas de *magnetita*) atraíam limalhas de ferro (ação de uma *força magnética*).

## Eletromagnetismo

No século XIX, após os trabalhos de Oersted e Faraday, Maxwell escreveu as equações que unificaram a eletricidade e o magnetismo, mostrando assim que ambos eram manifestações de um mesmo fenômeno, o *eletromagnetismo*.

# A carga elétrica

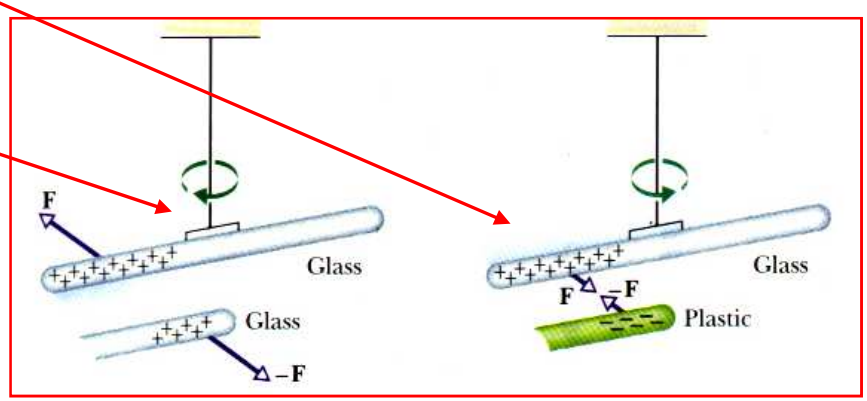
A carga elétrica está presente em todos os objetos, sendo uma propriedade intrínseca das partículas que constituem a matéria.

Objetos em geral contêm quantidades iguais de dois tipos de carga: *positiva* e *negativa*. Tais objetos são eletricamente *neutros*.

Contudo, se por exemplo atritarmos um pente num tecido qualquer, há *transferência de carga* de um para o outro e o pente fica carregado com um dos tipos de carga em excesso. Ele então passa a atrair pequenos objetos.

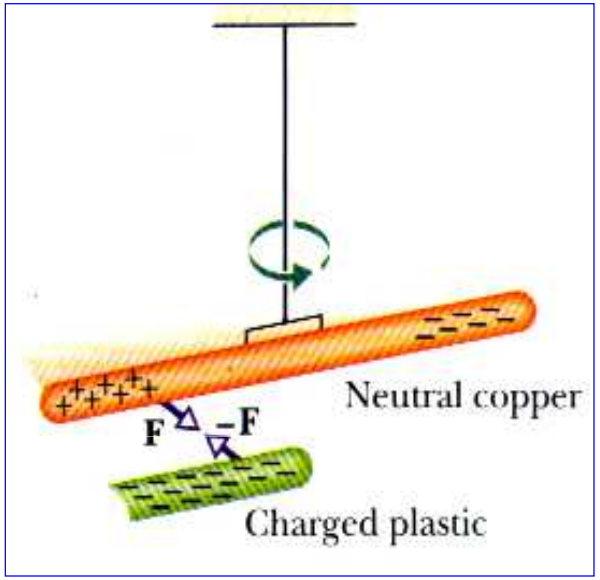
Vidro atritado com seda ou plástico atritado com lã apresentam efeitos distintos.

A escolha dos sinais das cargas é mera convenção.



# Condutores e isolantes

A estrutura e a natureza elétrica dos átomos são responsáveis pelas propriedades dos condutores e isolantes.



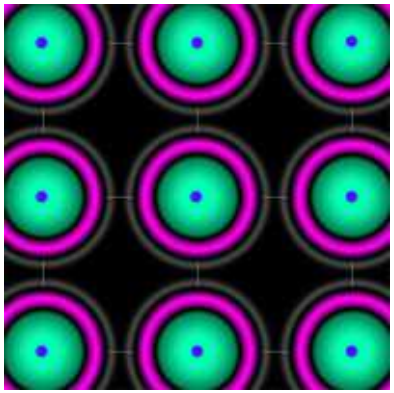

Repetindo a experiência anterior com um bastão de metal neutro, ao invés de vidro, observa-se que há cargas com grande mobilidade: *elétrons*, "fluido" (assim se pensava) de *carga negativa*.

Materiais como o cobre (metais) são chamados *condutores*, onde o excesso de carga concentra-se apenas numa determinada região, ao contrário dos *isolantes*, onde as cargas têm baixa mobilidade. Metais, soluções e corpo humano são exemplos de condutores. Vidro, papel, borracha, plásticos e água destilada são exemplos de isolantes.

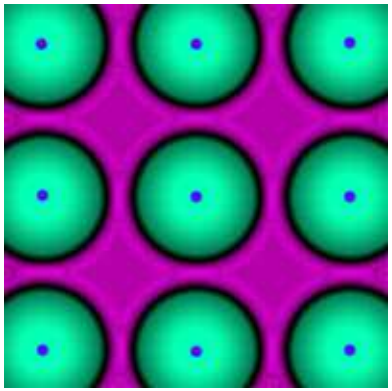
http://www.youtube.com/watch?v=r63e5y3Z3R8

# Condutores e isolantes

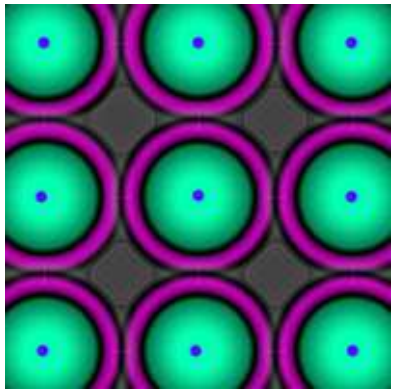
Antecipando a visão moderna da estrutura desses materiais



isolantes



condutores

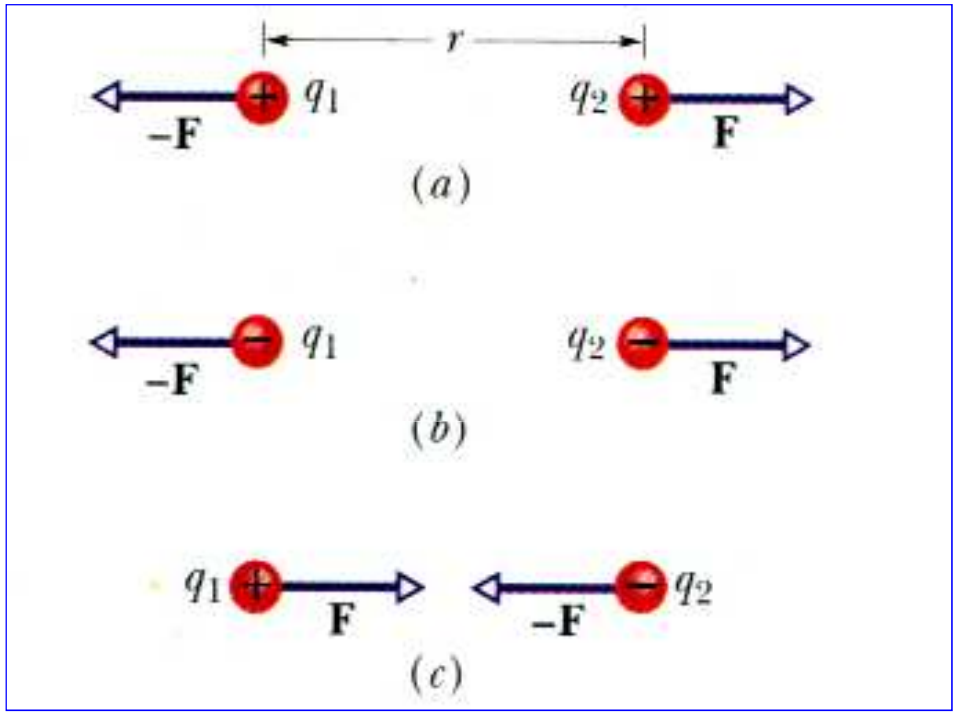


semicondutores

Há ainda os chamados *supercondutores* , onde o fluido eletrônico ocorre sem resistência elétrica.

# A lei de Coulomb - 1785

Observa-se que *cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais opostos se atraem*. As forças formam um par de ação e reação ao longo da linha que une as cargas.

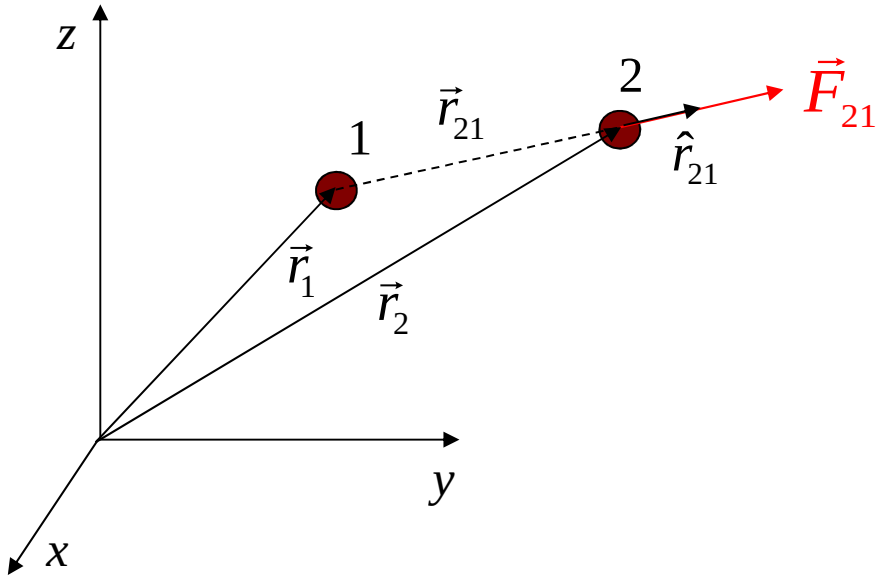



Se a distância entre duas cargas $q_1$ e $q_2$ for $r$, o módulo da força eletrostática entre elas será dado por:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$ (Lei de Coulomb)

# A lei de Coulomb

balança de torção




Vetorialmente:

$$\vec{r}_{21} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 \quad \Rightarrow \quad \hat{r}_{21} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{\left|\vec{r}_2 - \vec{r}_1\right|}$$

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\, q_2}{r_{21}^2}\,\hat{r}_{21}$$

(forma geral da Lei de Coulomb)

# A lei de Coulomb

Antecipando o conceito de corrente elétrica, a unidade de carga é o *Coulomb,* que é definida no SI como a carga transportada por uma corrente de 1 A que atravessa a seção reta de um fio durante 1 segundo.

$$dq = i\,dt$$

No SI a constante eletrostática $k$ é dada por

$$k \equiv \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cong 8{,}99 \times 10^9 \ \frac{\mathrm{N.m}^2}{\mathrm{C}^2}$$

A permissividade do vácuo, $\varepsilon_0$, é dada por

$$\varepsilon_0 \cong 8{,}85 \times 10^{-12} \ \frac{\mathrm{C}^2}{\mathrm{N.m}^2}$$

# Força Eletrostática *vs.* Gravitacional

A lei de Coulomb: $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2}$

A Lei da Gravitação: $F_g = G\frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$

Átomo de Hidrogênio: $|q_e|=|q_p|=1{,}6\times10^{-19}$ C ,
$r_{12} = 5{,}3\times10^{-11}$ m (distância média entre o próton e o elétron).

$m_e = 9{,}1\times10^{-31}$ kg, $m_p = 1{,}67\times10^{-27}$ kg e
$G = 6{,}67\times10^{-11}$ N.m$^2$/kg$^2$ (constante universal gravitacional)

Substituindo estes valores nas equações acima:

$F_e = 8{,}2 \text{ x } 10^{-8}$ N $\qquad$ $F_g = 3{,}6 \text{ x } 10^{-47}$ N

Relação entre $F_e / F_g \cong 2 \text{ x } 10^{39}$

Estruturas dos Materiais: interação entre cargas.

# Exemplo: Forças Nuleares fortes

Imaginemos 2 prótons dentro de um núcleo atômico, separados por uma distância $d \cong 10^{-14}\,\mathrm{m}$ . Qual é a aceleração que um próton adquire sob a ação da força elétrica ente eles?

$$F_{el} = k\frac{e^2}{d^2} \cong 9{,}0\times10^{9}\,\frac{(1{,}6\times10^{-19})^2}{(10^{-14})^2} \cong 23\times10^{-1}\,\mathrm{N}$$

$$a = \frac{F_{el}}{m_p} = \frac{23\times10^{-1}}{1{,}67\times10^{-27}} = 13\times10^{26}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 10^{26}\,\mathrm{g}\ !$$

Se esta fosse a única força agindo sobre os prótons, o núcleo não poderia ser estável. Quem mantém o núcleo estável são as forças nucleares fortes.

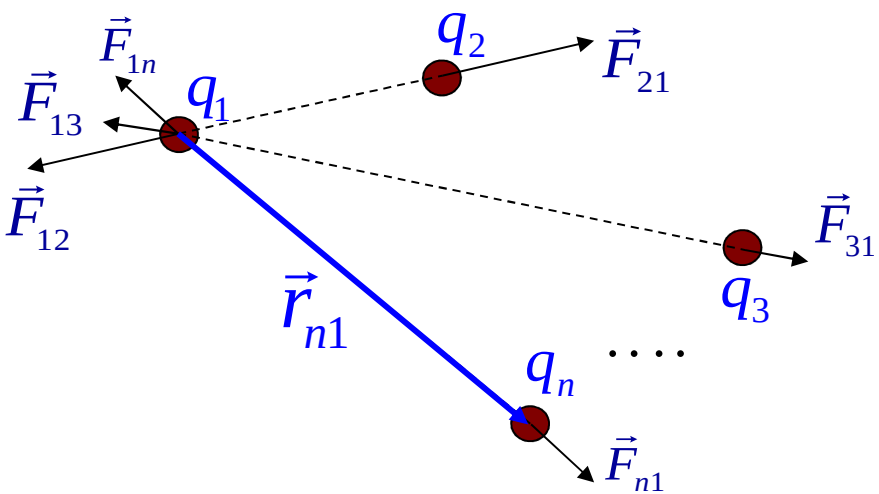
# Princípio da superposição

A lei de Coulomb: $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2}$

Num sistema de *n* cargas: vale o *princípio da superposição*:

A força $\vec{F}_1$ sobre a carga $q_1$ devida a as outras (n-1) cargas é:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \ldots + \vec{F}_{1n} \qquad \text{(soma vetorial)}$$



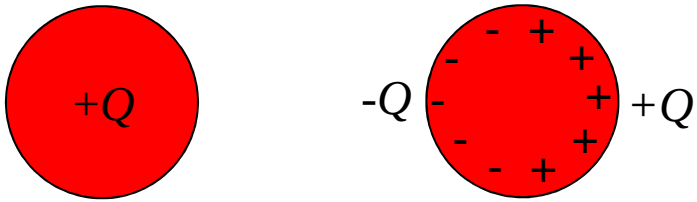

Observa-se que:

$$\vec{F}_{ij} = -\vec{F}_{ji}$$

$$\rightarrow \vec{F}_1 = q_1\left(\sum_{j=2}^{n}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_j}{\left|\vec{r}_{1j}\right|^2}\hat{r}_{1j}\right)$$

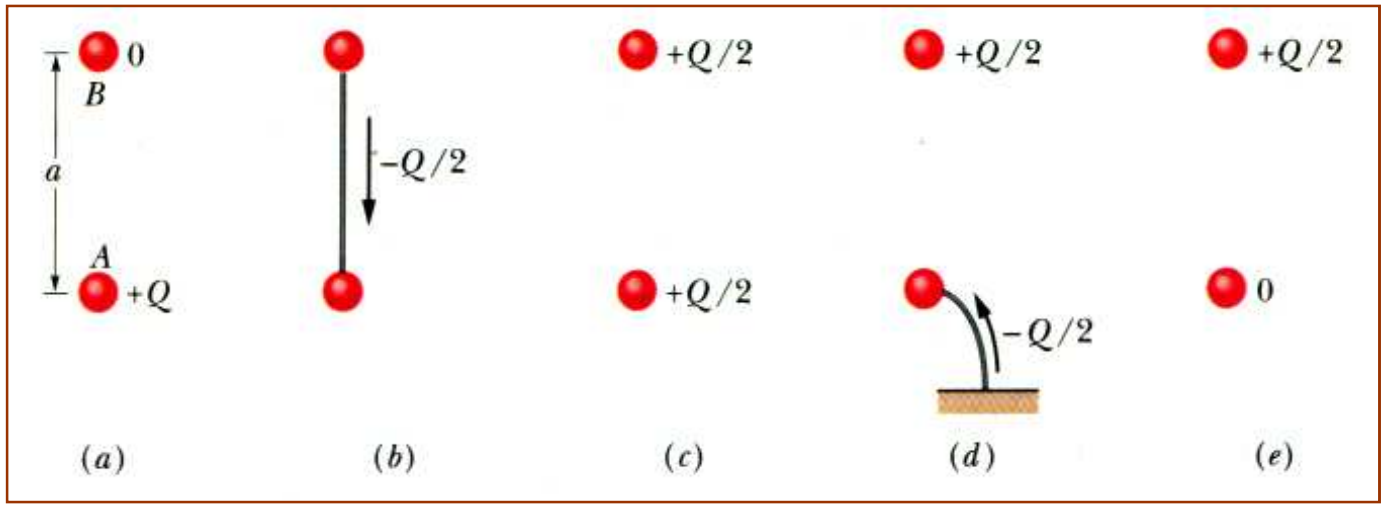
# A lei de Coulomb

Movimento de cargas em um sistema de condutores: Indução




## Exemplo (indução de cargas)

Duas esferas condutoras idênticas, eletricamente isoladas e muito afastadas.
Qual é a força entre as esferas nas situações c) e d)?



# Propriedades das carga elétricas

## A quantização da carga

Millikan determinou a *carga elementar* (eletrônica) como sendo $e$=1,6×10$^{-19}$ C e portanto $q=ne$, onde $n$ = ±1, ±2, ...

Mas a teoria do *Modelo Padrão* das partículas elementares prevê os *quarks*, que são partículas constituintes de prótons e nêutrons, de carga ±2$e$/3 ou ±$e$/3, porém de difícil detecção individual. O "*quantum*" de carga é muito pequeno.

## A conservação da carga

Em todos os processos que ocorrem na natureza, desde a transferência de carga por atrito até as reações entre partículas elementares, a carga total (soma das cargas positivas e negativas) de um sistema isolado sempre se conserva. Ex: decaimento radioativo, aniquilação, produção de pares, etc.

$$^{238}U \rightarrow {}^{234}Th + {}^{4}He$$

Z=92 Z= 90 Z=2

(decaimento radioativo: conservação de carga a nível nuclear).

# Lista de exercícios – Capítulo 21

**Os exercícios sobre Carga Elétrica estão na página da disciplina :**
**(http://www.ifi.unicamp.br).**
**Consultar: Graduação → Disciplinas → F 328-Física Geral III**
**ou**
**http://sites.ifi.unicamp.br/F328**

**Aulas gravadas:**
**http://lampiao.ic.unicamp.br/weblectures (Prof. Roversi)**
**ou**
**UnivespTV e Youtube (Prof. Luiz Marco Brescansin)**