

Física II: Eletricidade e Magnetismo

Prof. Roberto Bechara Muniz

Sala A3-06

Email: bechara@if.uff.br

<http://cursos.if.uff.br/fisica2>

INFORMAÇÕES IMPORTANTES NO SITE:

Plano do curso (o que será visto em cada aula)

As datas de todos exames

Os critérios de aprovação

O(s) livro(s) texto(s)

As listas de exercícios sugeridos para cada capítulo (em discussão)

Os horários e locais de atendimento extra-classe

Curiosidades e links de interesse

Física II: Eletricidade e Magnetismo

Prof. Roberto Bechara Muniz

Sala A3-06

Email: bechara@if.uff.br

www.youtube.com/seimaisfisica

Projeto Sei Mais Fisica

Aulas do Prof. Ernesto sobre Eletricidade

www.youtube.com/galeradafisica

Galera da Física

Vídeos com experimentos

Eletricidade e Magnetismo

Eletricidade e magnetismo são fenômenos conhecidos há muito tempo

600 AC

Os gregos já conheciam a atração elétrica (eletrização) e a magnetita

Século XIX (~ 2400 anos depois!):

Oersted descobriu que os fenômenos elétricos e magnéticos estão interligados:
corrente elétrica produz campo magnético

Faraday mostrou o inverso: magnetismo pode gerar eletricidade

Maxwell formulou a teoria eletromagnética, unificando a descrição dos fenômenos
elétricos, magnéticos e ópticos

O impacto na sociedade foi imenso



Luz elétrica



Motores elétricos



Transmissão de voz e imagem (rádio, telefonia, televisão)

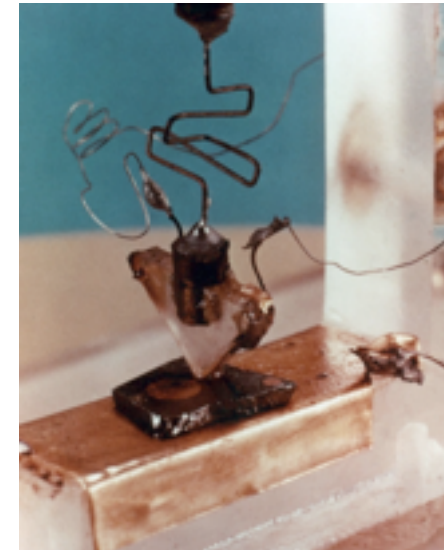
O impacto na sociedade foi imenso



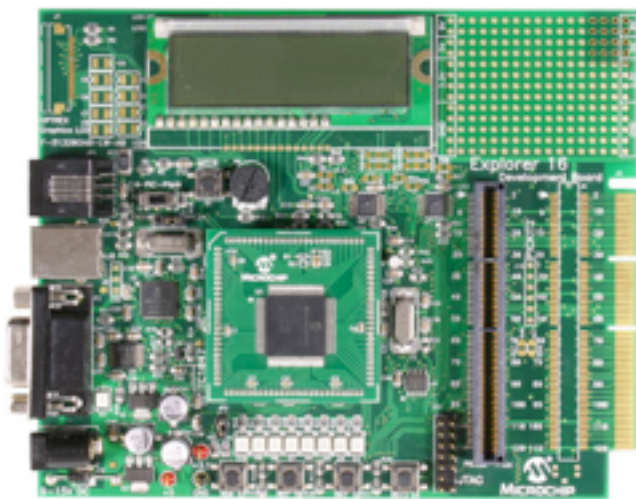
Laser



Fibras ópticas



Transistor



Microchips
e circuitos integrados



Computadores pessoais
e smartphones



Internet

Maxwell sintetizou matematicamente a descrição de todos os fenômenos elétricos e magnéticos conhecidos

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

Maxwell sintetizou matematicamente a descrição de todos os fenômenos elétricos e magnéticos conhecidos

E Deus disse:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

e **então** fez-se a luz.

Maxwell sintetizou matematicamente a descrição de todos os fenômenos elétricos e magnéticos conhecidos

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

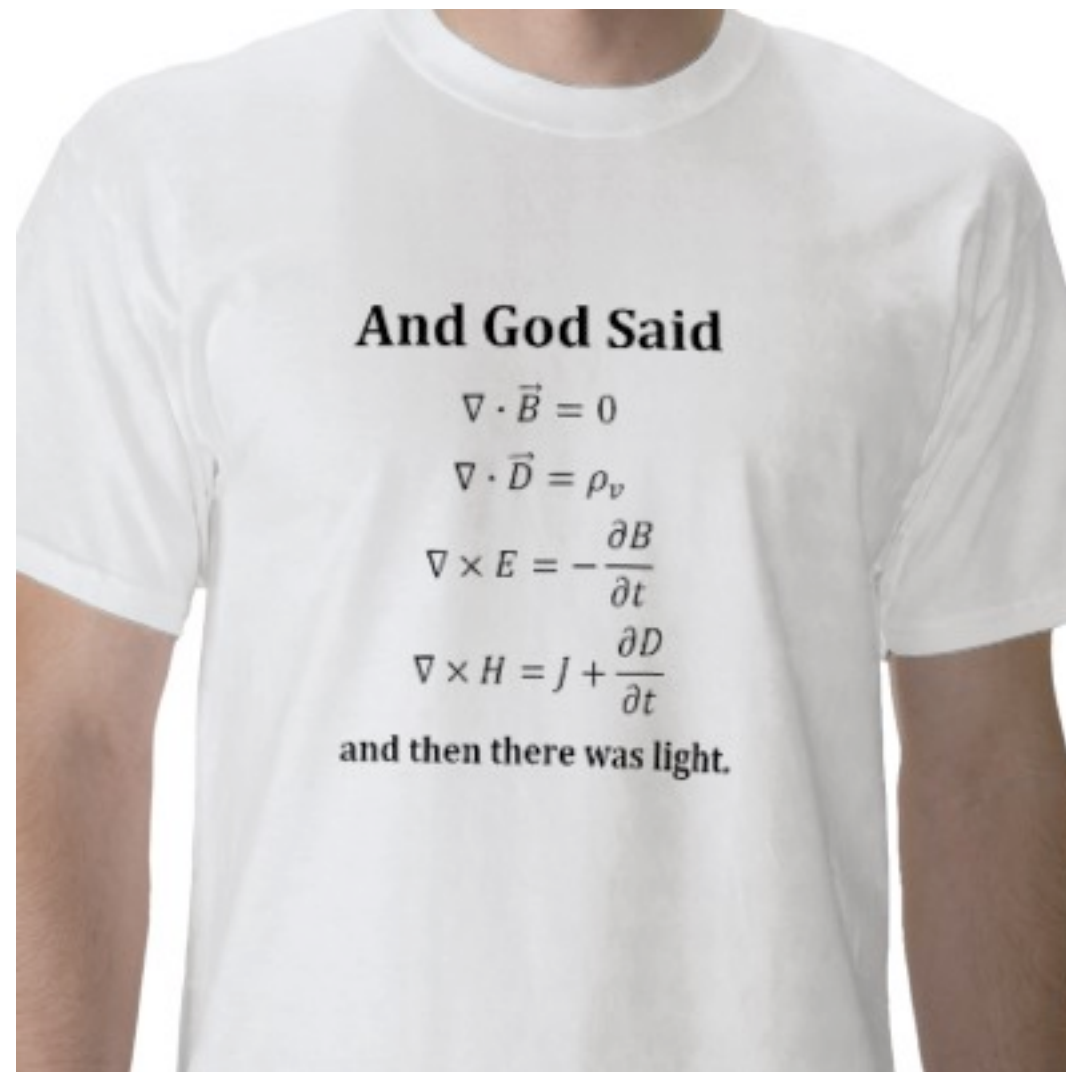
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

Os objetivos deste curso são estudar fenômenos eletromagnéticos e apresentar alguns fundamentos dessa teoria a vocês.

Maxwell sintetizou matematicamente a descrição de todos os fenômenos elétricos e magnéticos conhecidos

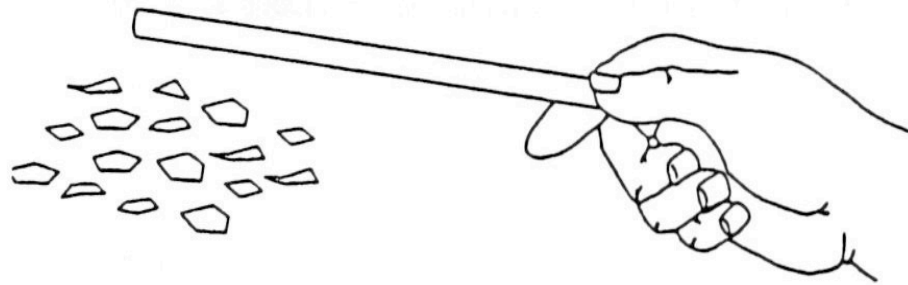


Os objetivos deste curso são estudar fenômenos eletromagnéticos e apresentar alguns fundamentos dessa teoria a vocês.

Experimentos

Experimento

Material:
1 canudo
pedaços de papel

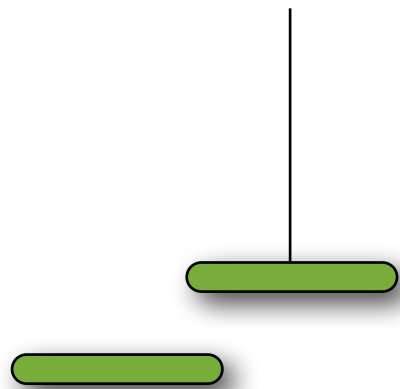


Por que o canudo, após friccionado, passou a atrair os pedaços de papel?

Experimento

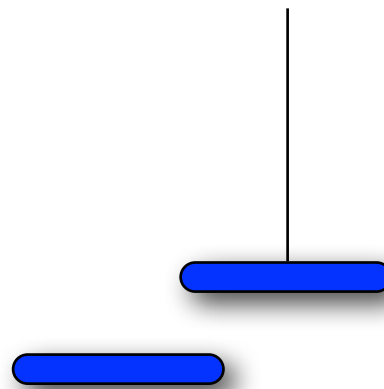
Material:

2 bastões de vidro
2 bastões de plástico
suporte
pano



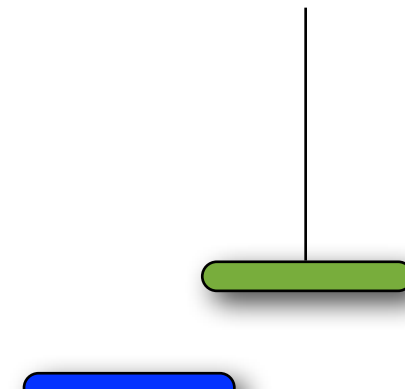
2 bastões de vidro

REPELE



2 bastões de plástico

REPELE



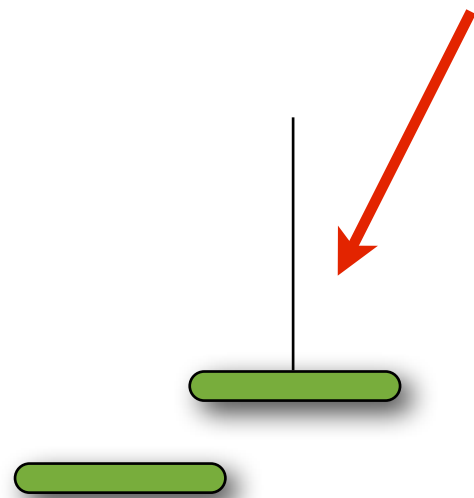
1 de vidro e 1
de plástico

ATRAI

Experimento

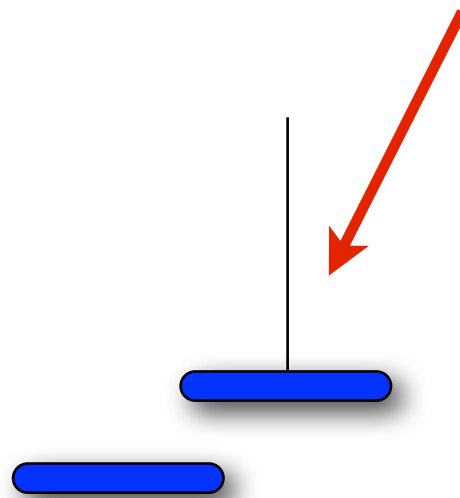
Construção lógica:

- A esfregação transfere algo entre o bastão e o esfregão.
- Existem (pelo menos) dois tipos desse algo.



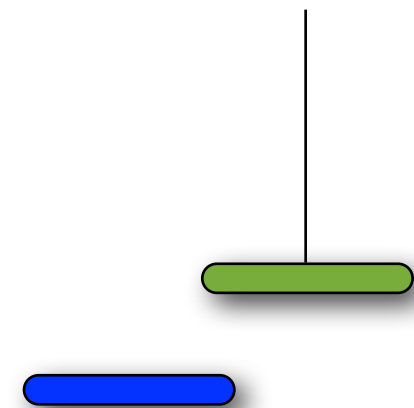
2 bastões de vidro

REPELE



2 bastões de plástico

REPELE



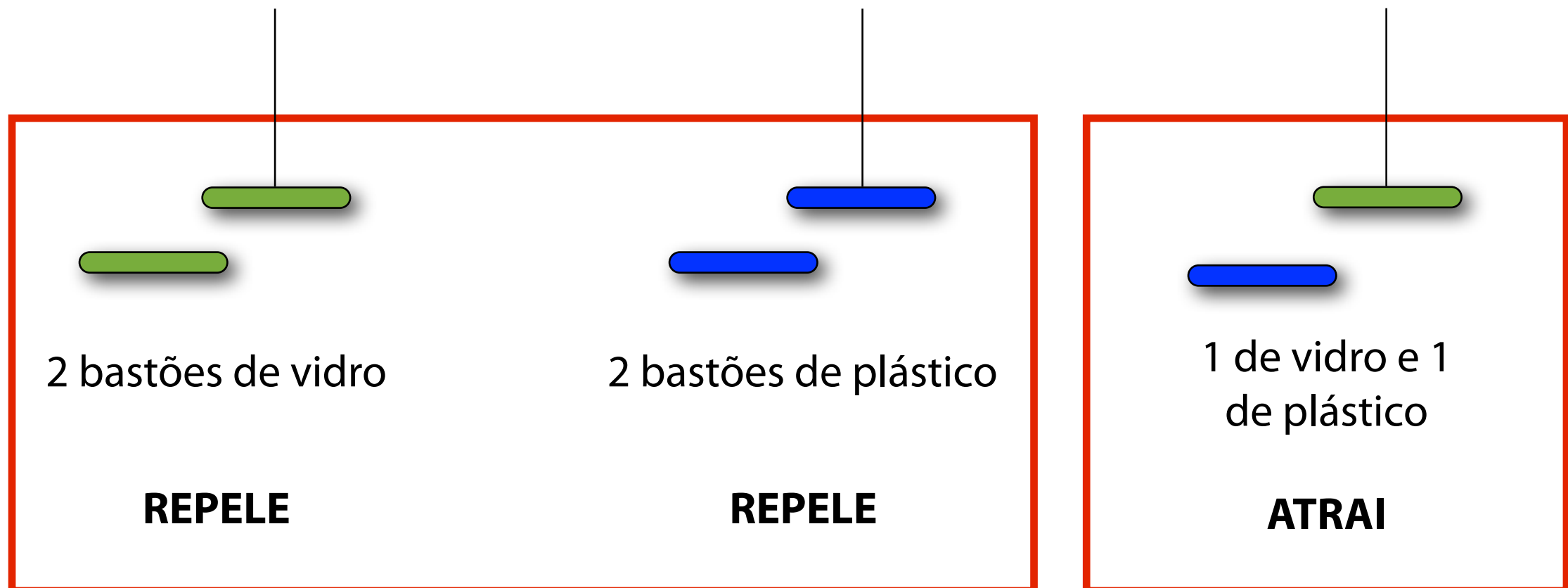
1 de vidro e 1
de plástico

ATRAI

Experimento

Construção lógica:

- A esfregação transfere algo entre o bastão e o esfregão.
- Existem (pelo menos) dois tipos desse algo.
- Algo do mesmo tipo se repelem, de tipos diferentes se atraem.



Chamamos este algo transferido de **carga elétrica**

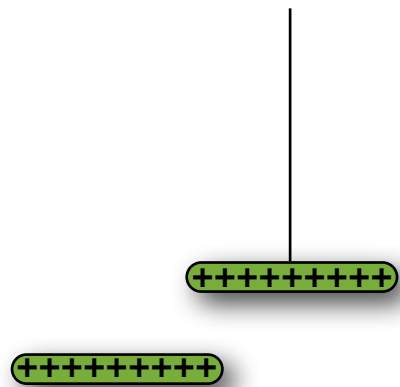
Há 2 tipos de carga elétrica:

Verde e Azul

Preto e Branco

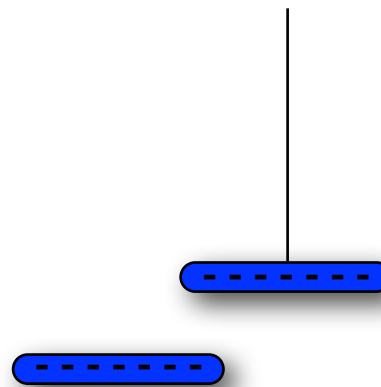
João e Maria

Positivo e Negativo



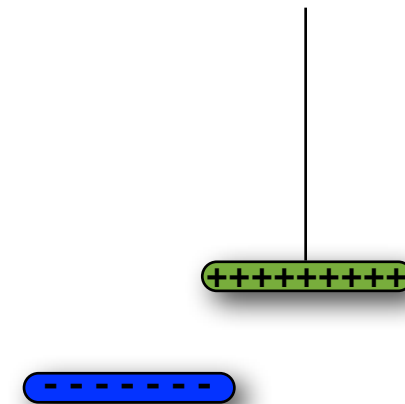
2 bastões de vidro

REPELE



2 bastões de plástico

REPELE



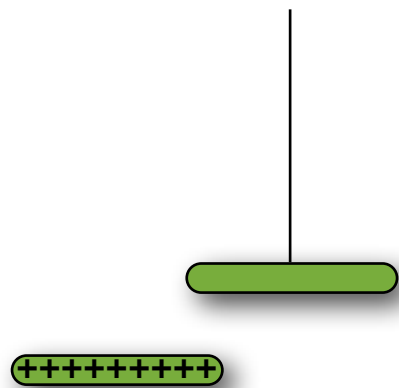
1 de vidro e 1
de plástico

ATRAI

Fenômenos eletrostáticos (cargas em repouso) são frequentes

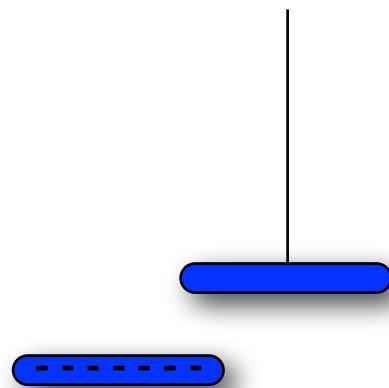


E se um dos bastões estiver neutro?



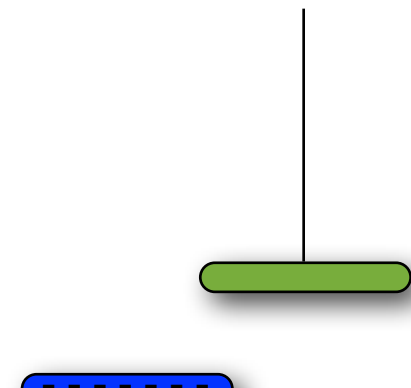
2 bastões de vidro

ATRAI



2 bastões de plástico

ATRAI



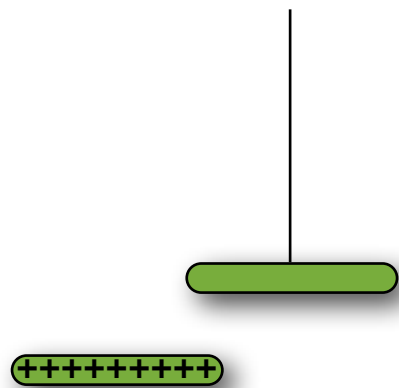
1 de vidro e 1
de plástico

ATRAI

Um objeto neutro tem carga?

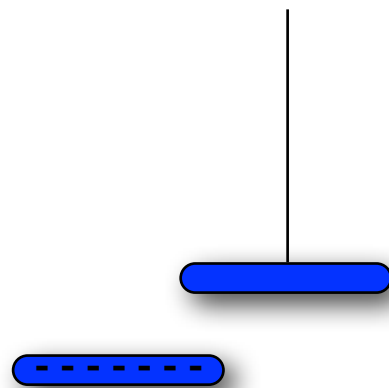
Como que o processo de fricção entre objetos neutros pode eletrizá-los?

E se um dos bastões estiver neutro?



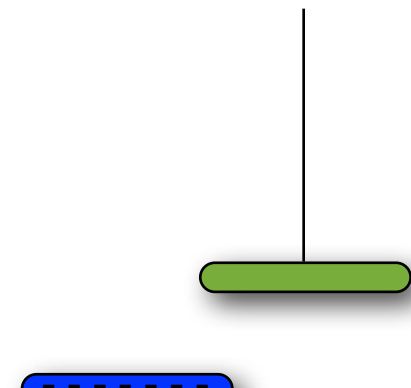
2 bastões de vidro

ATRAI



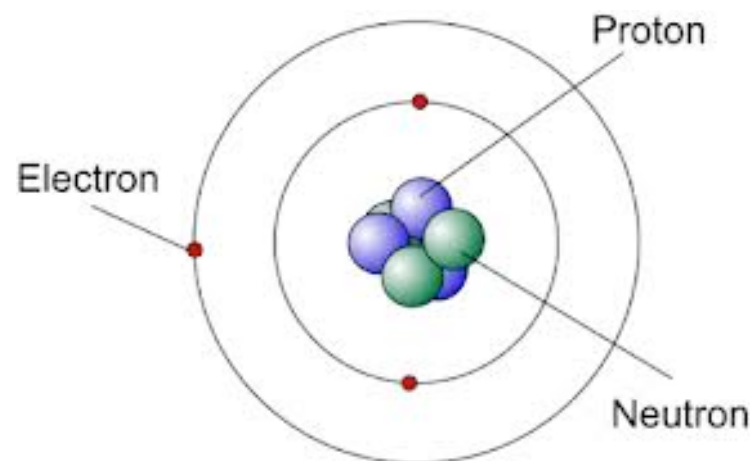
2 bastões de plástico

ATRAI

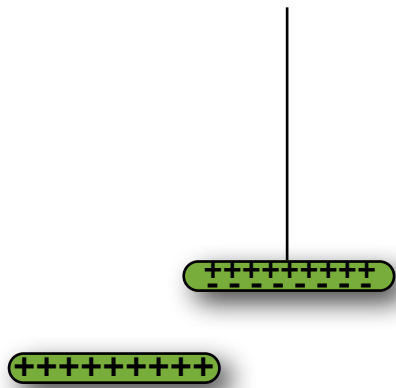


1 de vidro e 1
de plástico

ATRAI

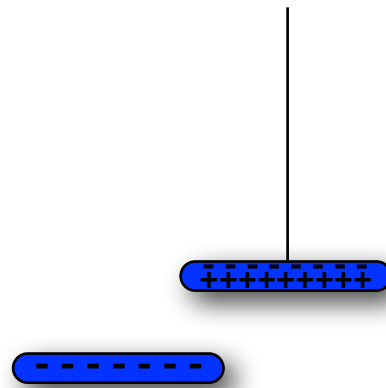


E se um dos bastões estiver neutro?



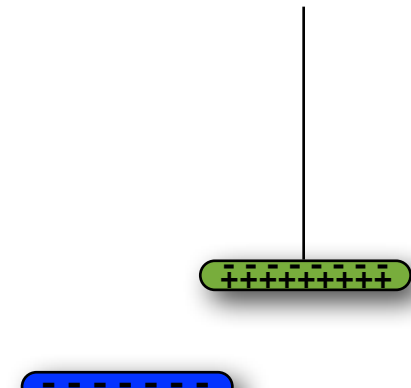
2 bastões de vidro

ATRAI



2 bastões de plástico

ATRAI



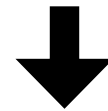
1 de vidro e 1
de plástico

ATRAI

Este fenômeno é chamado de **indução elétrica**

Cargas elétricas fluem com facilidades distintas através de diferentes materiais

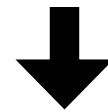
Se as cargas fluem com facilidade pelo material



Condutores elétricos

Cobre (Cu), ouro (Au) e prata (Ag) são excelentes condutores

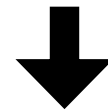
Cargas fluem (ou não) em certas condições



Semicondutores

GaAs, Si, $\text{GaAs}_x\text{Al}_{1-x}$ são semicondutores

Se as cargas não fluem, ou fluem com dificuldade



Isolantes elétricos

Borracha e plásticos em geral são isolantes

Cargas elétricas são quantizadas

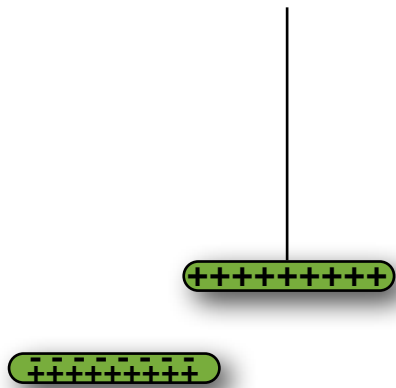
A menor unidade é a carga do elétron
(Experiência de Millikan)

No S.I., a unidade de carga elétrica é o Coulomb (C)

1 C = quantidade de carga carregada por uma corrente uniforme de 1A durante 1s

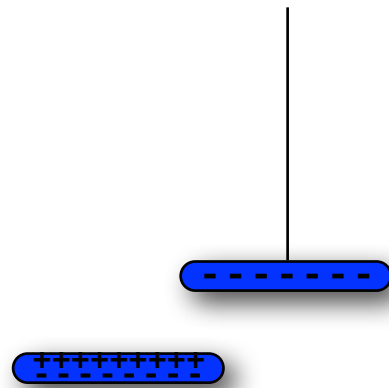
$$e = 1.602176487(40) \times 10^{-19} \text{ C}$$

Quem faz força em quem?



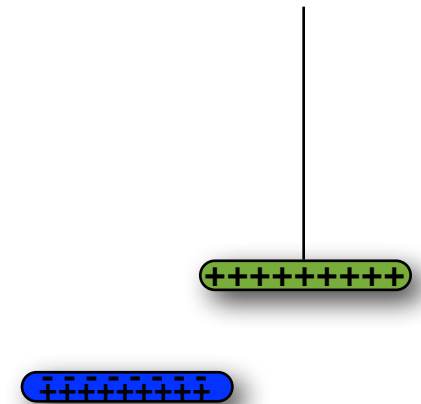
2 bastões de vidro

ATRAI



2 bastões de plástico

ATRAI



1 de vidro e 1
de plástico

ATRAI

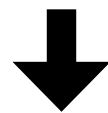
3ª lei de Newton!

De que depende a interação entre duas cargas?

$$F = F(?)$$

distância entre as cargas - d

quantidade de carga - q_1, q_2



$$F = F(d, q_1, q_2)$$

Como é a interação entre duas cargas?

$$F(d, q_1, q_2) = ?$$

Qual a dependência com a distância?

Quanto maior a distância, menor força

$$F(d, q_1^0, q_2^0) = \frac{C}{d} ? \quad F(d, q_1^0, q_2^0) = \frac{C}{d^2} ? \quad F(d, q_1^0, q_2^0) = \frac{C}{\sqrt{d}} ?$$

E com as cargas?

Quanto mais carga, maior a força

Como é a interação entre duas cargas?

$$F(d, q_1, q_2) = ?$$

Qual a dependência com a distância?

Quanto maior a distância, menor força

$$F(d, q_1^0, q_2^0) = \frac{C}{d^n} ?$$

E com as cargas?

Quanto mais carga, maior a força

Como é a interação entre duas cargas?

$$F(d, q_1, q_2) = ?$$

Qual a dependência com a distância?

Quanto maior a distância, menor força

$$F(d, q_1^0, q_2^0) = \frac{C}{d^n} ?$$

E com as cargas?

Quanto mais carga, maior a força

$$F(d^0, q_1, q_2^0) = C' q_1^m ?$$

Como é a interação entre duas cargas?

$$F(d, q_1, q_2) = ?$$

Qual a dependência com a distância?

Quanto maior a distância, menor força

$$F(d, q_1^0, q_2^0) = \frac{C}{d^m} ?$$

E com as cargas?

Quanto mais carga, maior a força

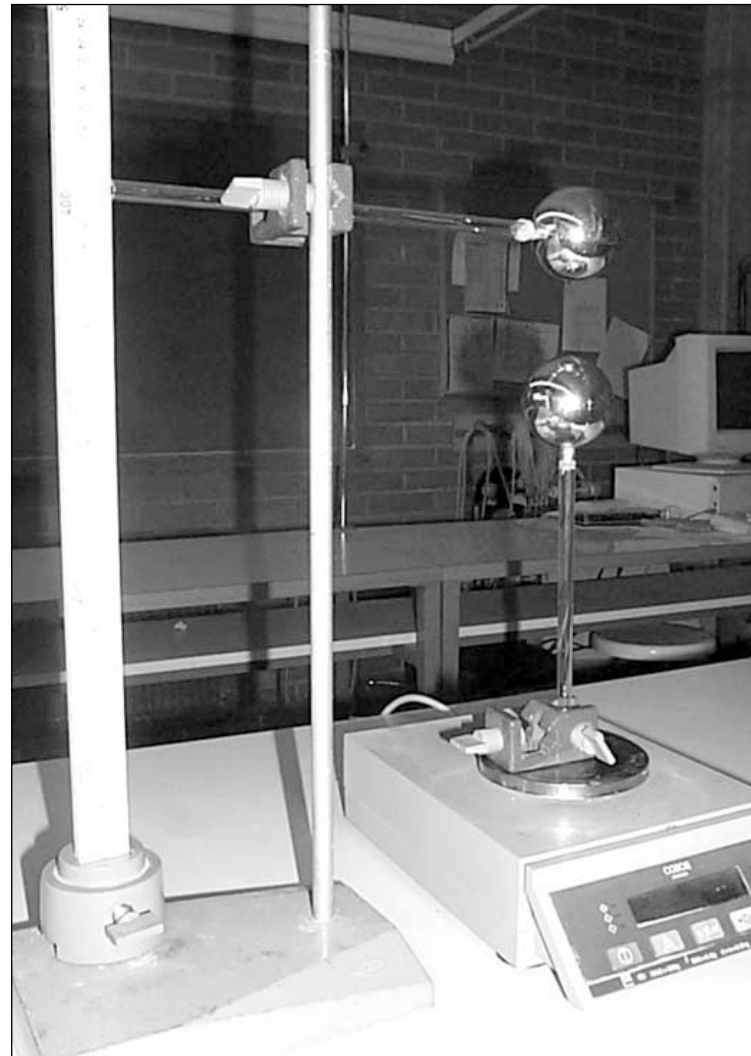
$$F(d^0, q_1, q_2^0) = C' q_1^m ?$$

$$F(d^0, q_1^0, q_2) = C'' q_2^p ?$$

Podemos descobrir
medindo a força entre as cargas

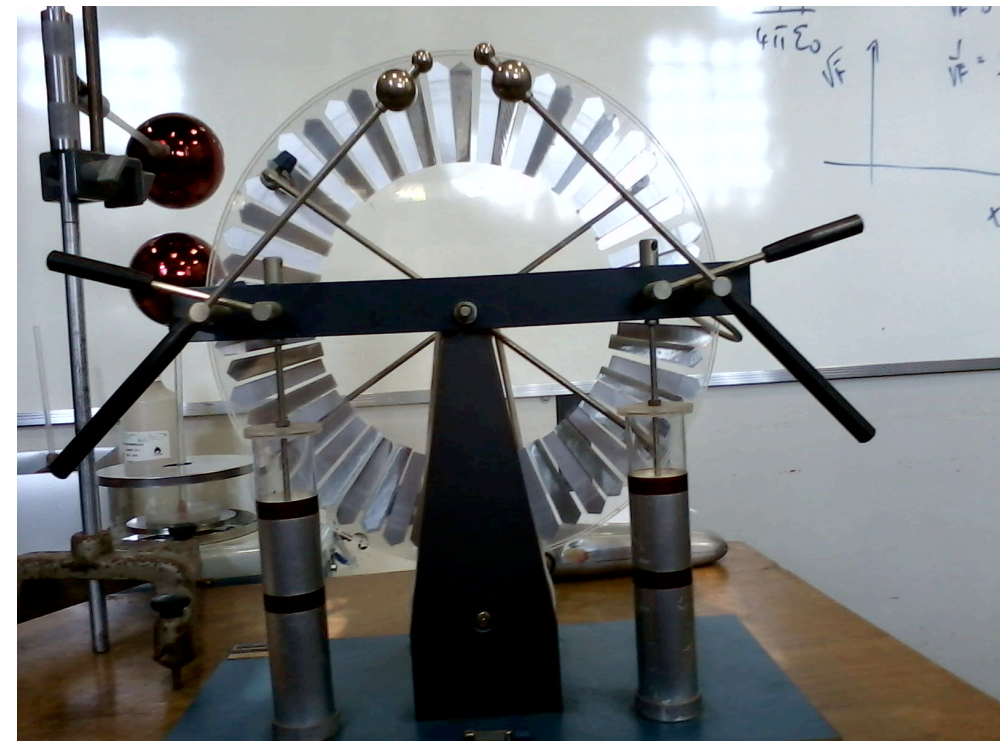
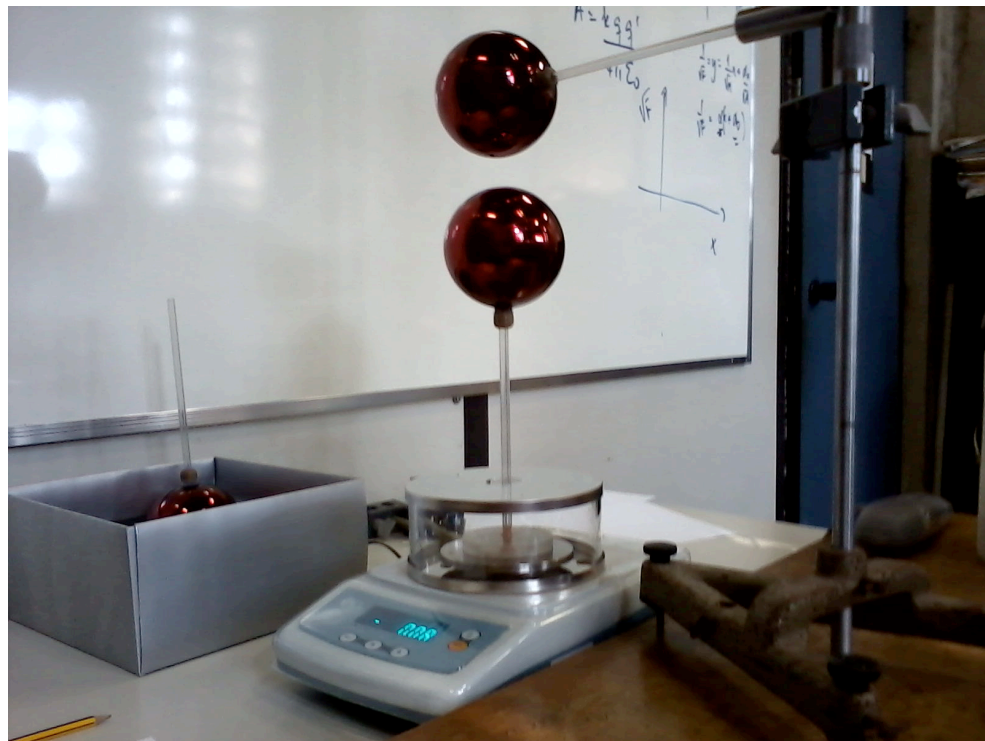


Podemos descobrir medindo a força entre as cargas

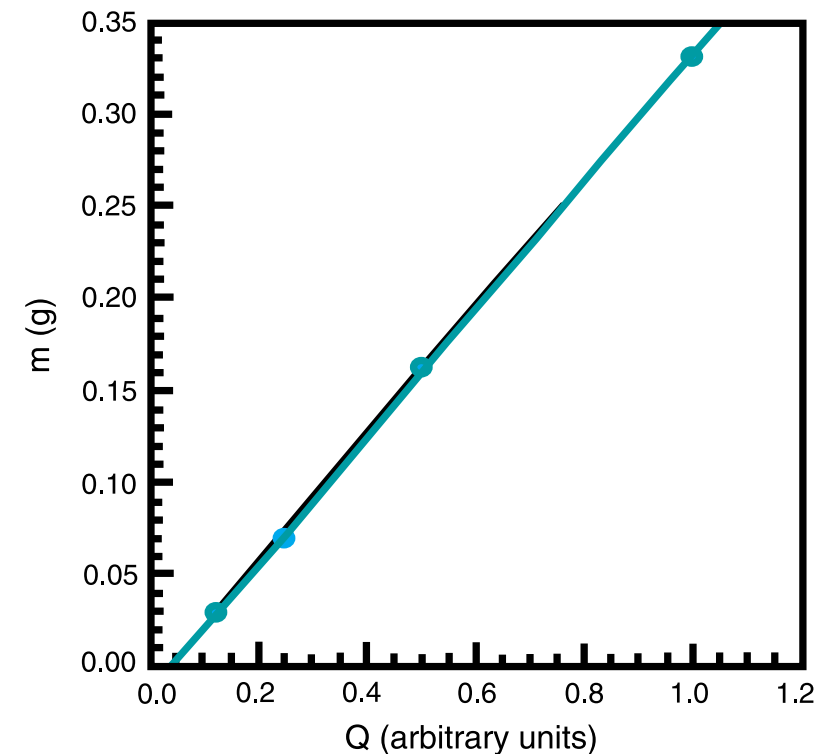
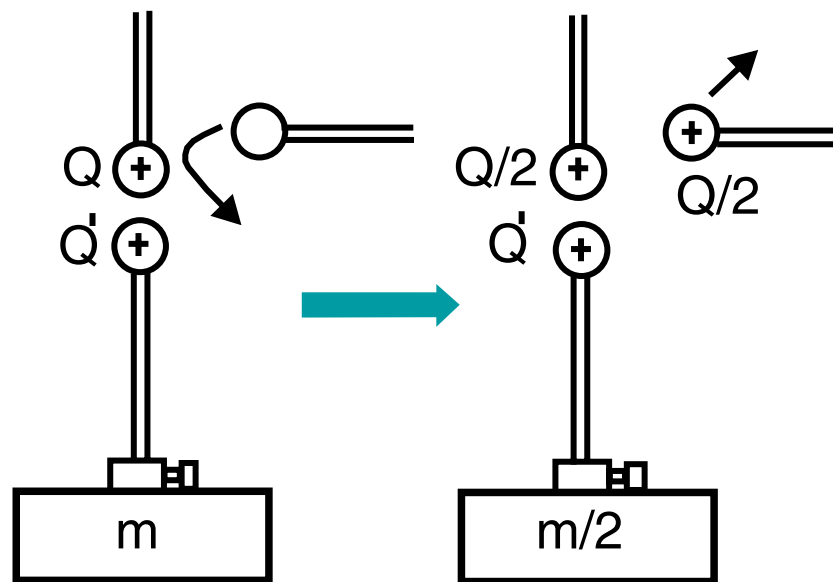


Referência: Adolf Cortel, Physics Teacher Vol. 37, Oct. 1999

Podemos descobrir
medindo a força entre as cargas



Tirando metade da carga,
a força também cai pela metade



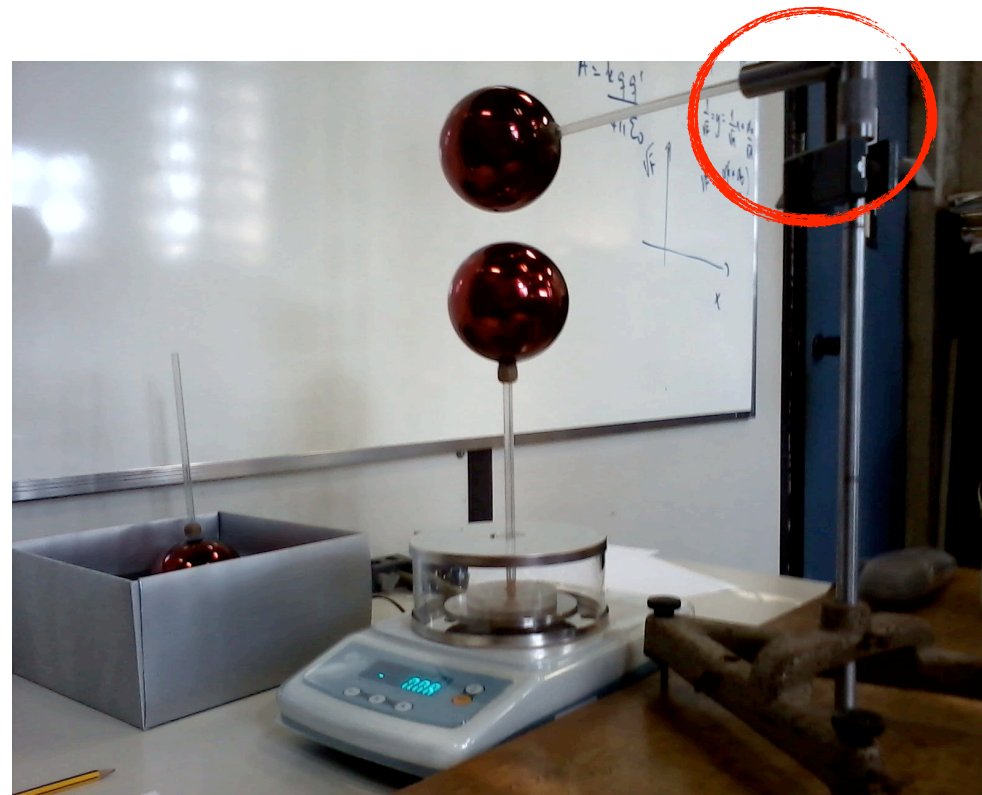
$$F(d^0, Q, Q') = 2F(d^0, \frac{Q}{2}, Q')$$

$$\Rightarrow F(d^0, Q, Q') = C'Q$$

A mesma conclusão pode ser obtida dividindo a outra carga pela metade

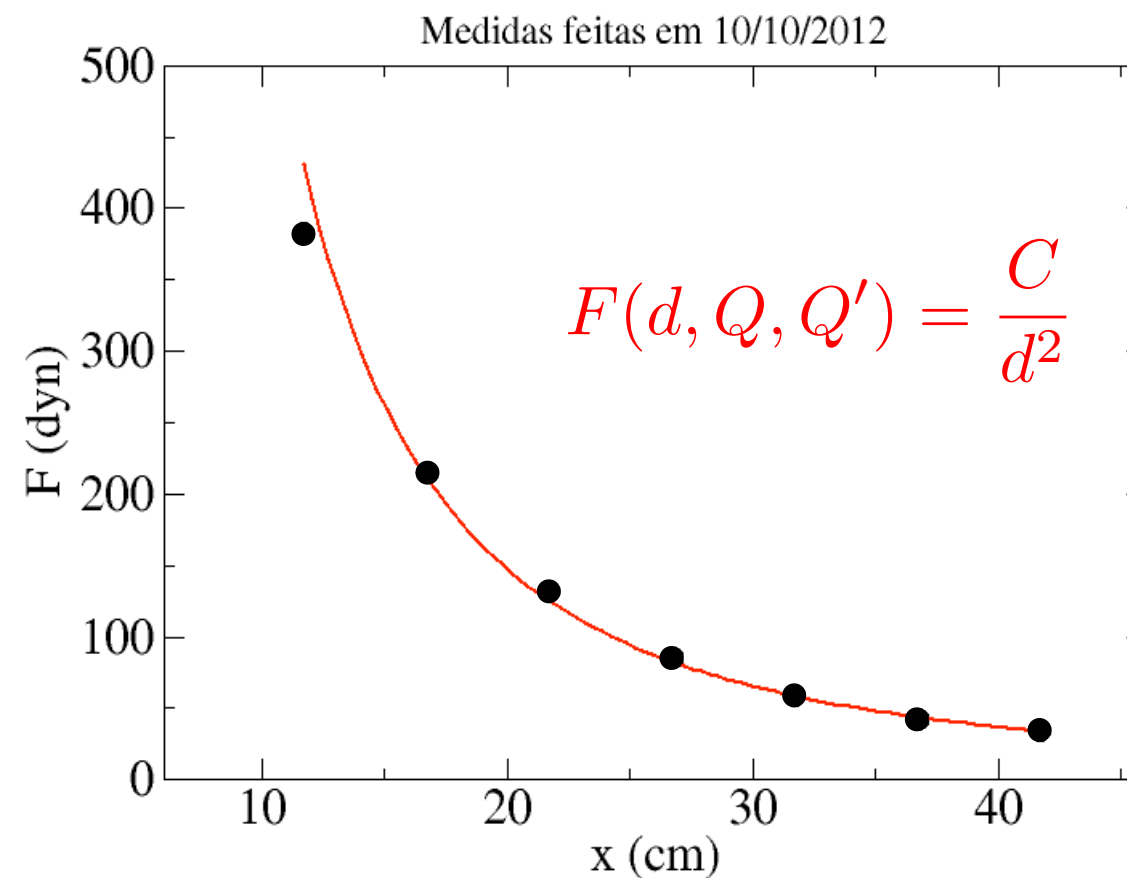
$$\Rightarrow F(d^0, Q, Q') = CQQ'$$

A dependência com a distância
também pode ser obtida



A dependência com a distância
também pode ser obtida

Distância (cm)	d_0	d_0+5	d_0+10	d_0+15	d_0+20	d_0+25	d_0+30
Força (dyn)	383	215	132	85	59	42	34

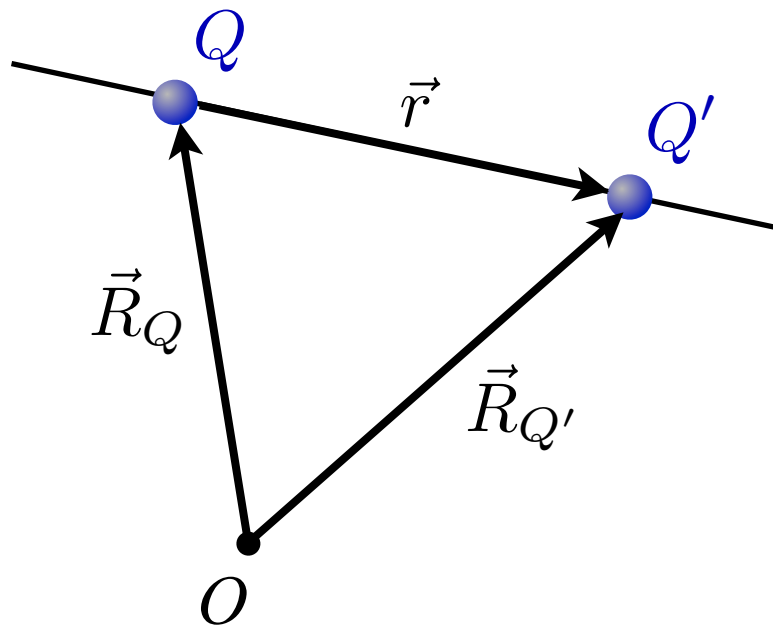


A intensidade da força entre duas cargas é dada por

$$F(d, Q, Q') = k \frac{QQ'}{d^2}$$

Lei de Coulomb

Força é uma grandeza vetorial



$$\vec{r} = \vec{R}_{Q'} - \vec{R}_Q$$

Distância entre as cargas: $r = |\vec{r}|$

Direção da força: $\hat{r} = \frac{\vec{r}}{r}$

Força que Q faz em Q' :

$$\vec{F}_{QQ'} = k \frac{QQ'}{r^2} \hat{r} = -\vec{F}_{Q'Q}$$

Indução elétrica

