



INSTITUTO DE FÍSICA

UFF Universidade Federal Fluminense

Física XX

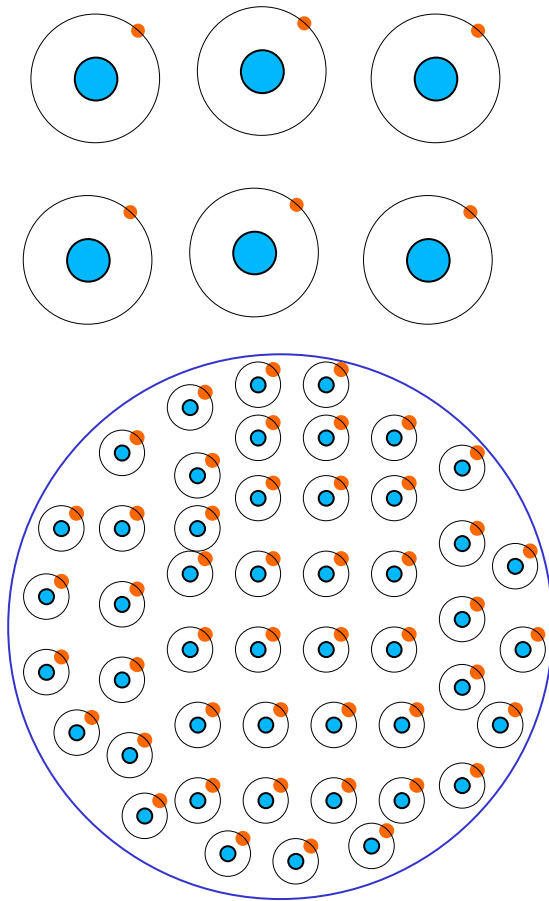
Eletrostática

Última aula

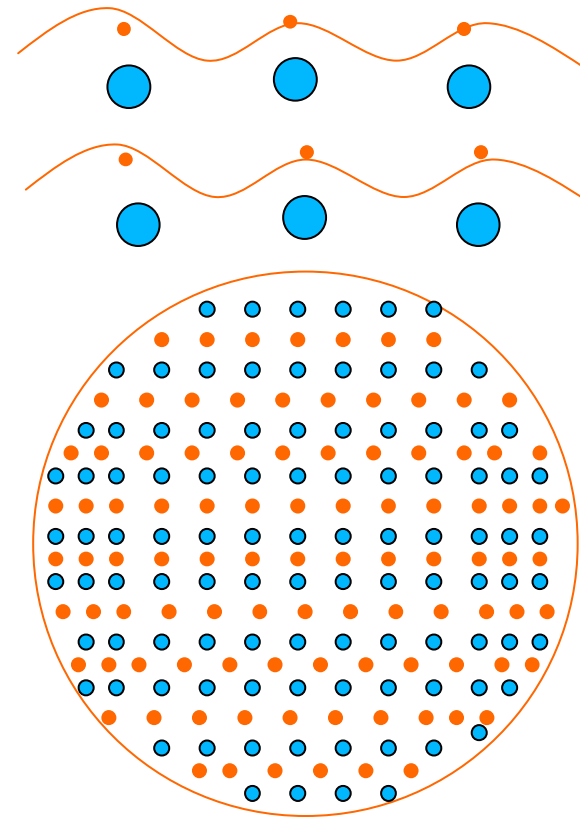
- Matéria formada por cargas.
- Du Fay – Nome à Eletricidade – Duas Cargas – Positiva e Negativa.
- Benjamin Franklin – Natureza Elétrica dos Raios – Princípio de Conservação.
- Priestley – Primeiro enunciado sobre a Lei de Coulomb.
- Coulomb – Interação elétrica diminui com o quadrado da distância – Lei de Coulomb.
- Faraday – Natureza do Eletromagnetismo – Relação entre eletricidade e magnetismo.
- Thompson – Descoberta do elétron – Teoria atômica do bolo de ameixas.
- Goldstein – Descoberta do Próton.
- Rutherford – Descoberta do Núcleo atômico – Teoria atômica dos elétron girando ao redor do núcleo.
- Millikan – Quantização do elétron.
- Princípio de Superposição.
- Conceito de Campo Elétrico.

Condutores e Isolantes

Nos isolantes, os elétrons ficam fortemente ligados aos átomos, não permitindo que eles se movam com liberdade, eles serão representados da forma abaixo.

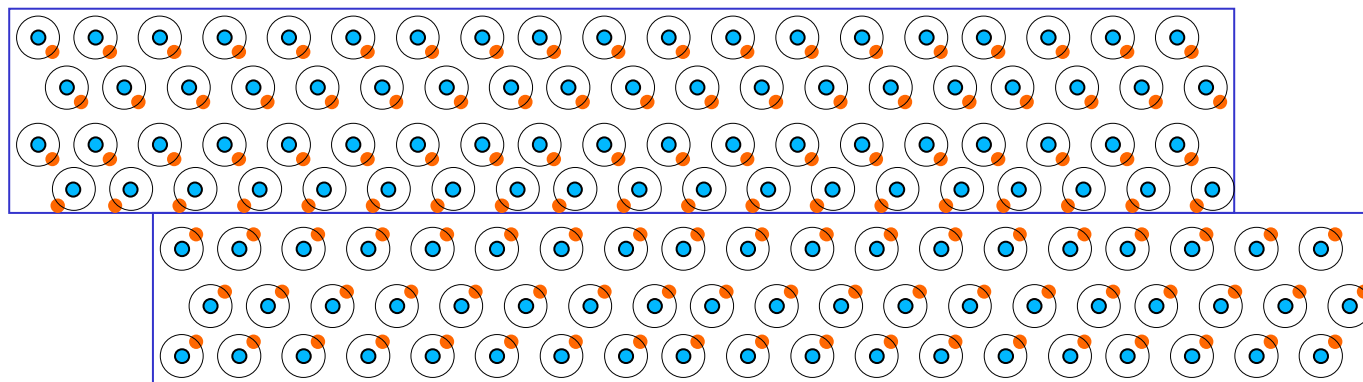


Nos condutores, os últimos elétrons de cada átomo se ligam muito fracamente, permitindo liberdade de movimento sobre o meio, caso apareça uma força sobre ele. Estes serão representados da forma abaixo.



Eletrificando Corpos Isolantes

Dois corpos isolantes quando atritados um ao outro

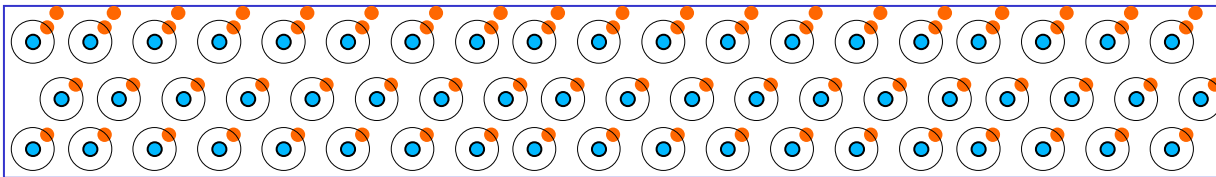
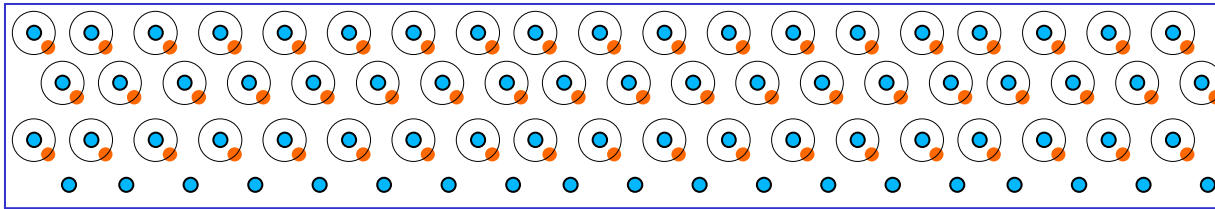


Eletrificando Corpos Isolantes

Não se cria nem se destroem cargas.

Elas passam de um corpo para o outro.

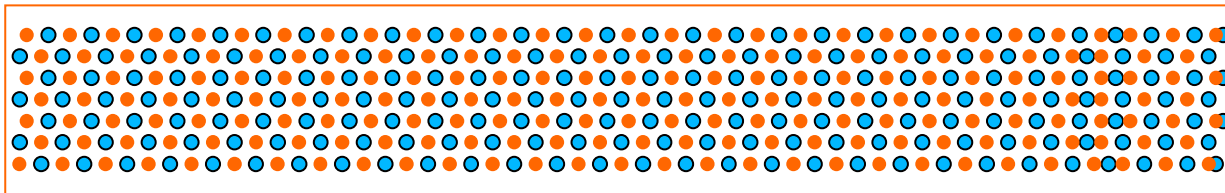
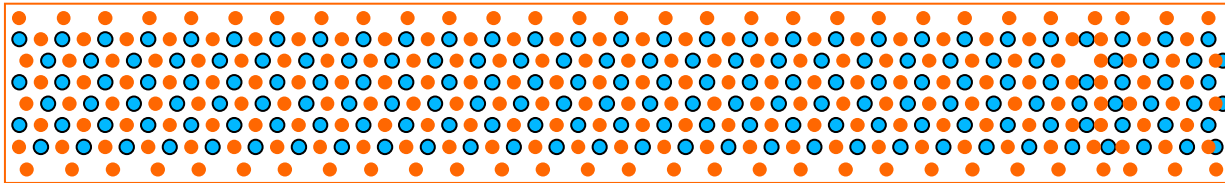
Um fica carregado positivamente e outro negativamente



Os elétrons passam do que é menos eletronegativo para o que é mais eletronegativo, tornando-o carregado negativamente e o outro, que cedeu os elétrons, carregado positivamente.

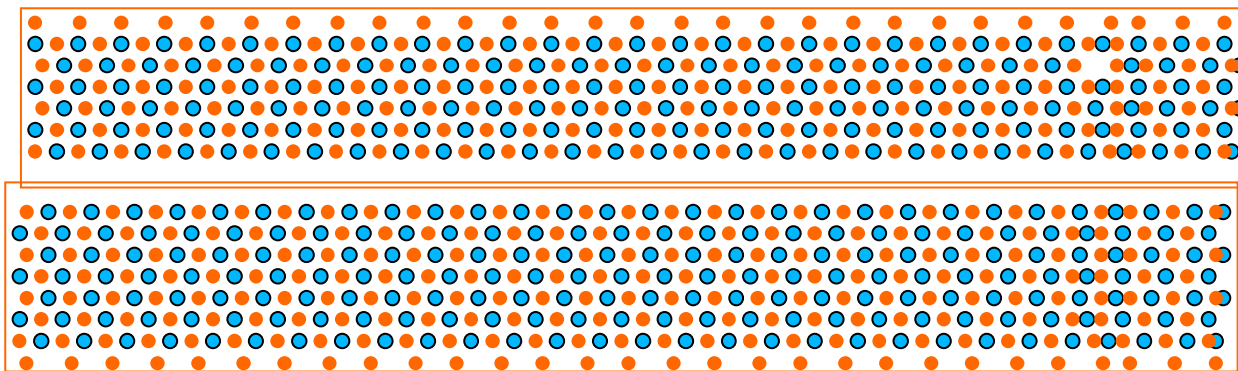
Eletrificando Corpos Condutores (contato)

Corpo condutor carregado



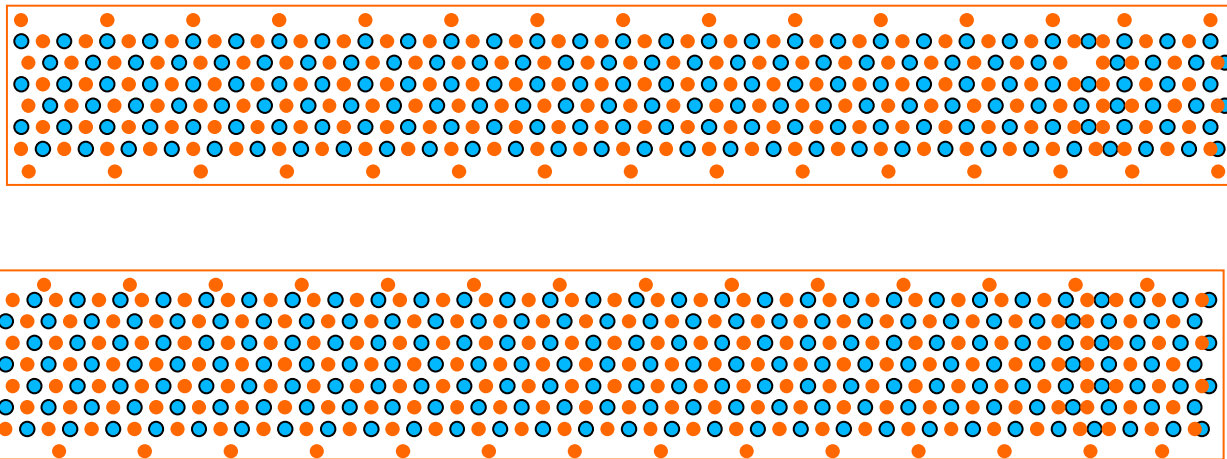
Corpo condutor descarregado

Eletrificando Corpos Condutores (contato)



Os elétrons passam de um condutor para o outro, se posicionando na superfície como se fosse um único condutor

Eletrificando Corpos Condutores (contato)

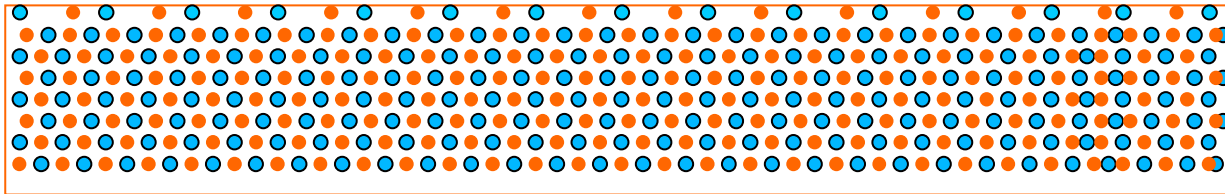
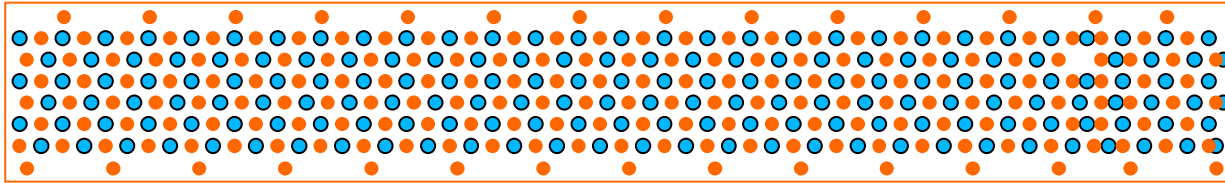


Quando se separam a carga fica dividida entre os dois condutores

Eletrificando Corpos Condutores II (indução)

Corpo condutor carregado

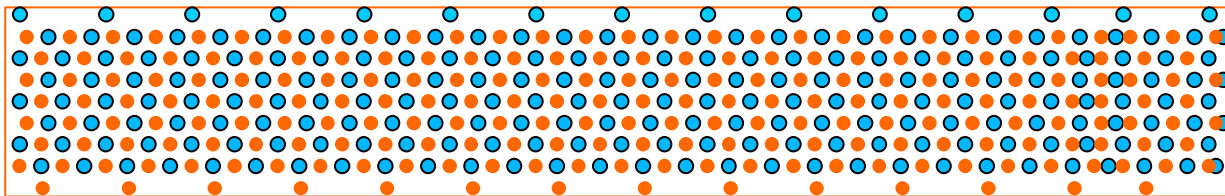
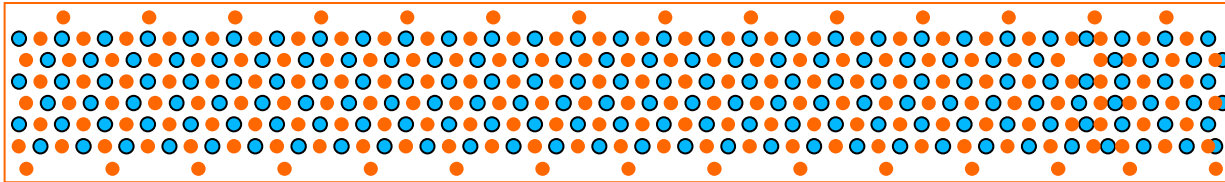
(para carregar por indução, o corpo carregado inicial pode ser isolante)



Corpo condutor descarregado

Eletrificando Corpos Condutores II (indução)

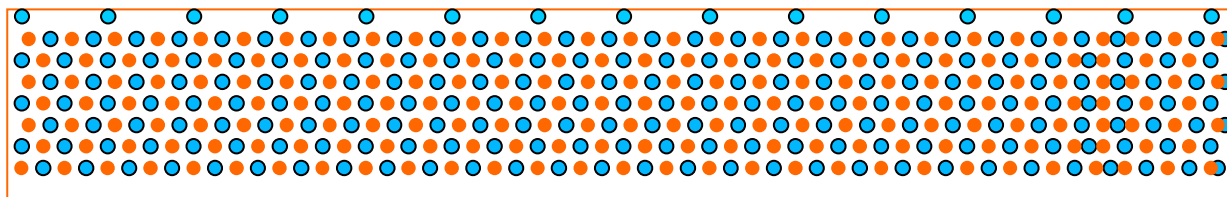
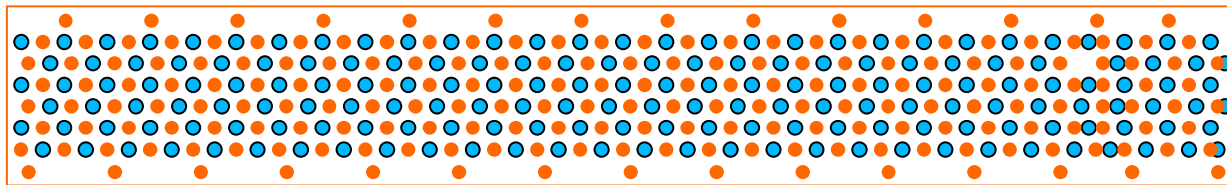
O corpo carregado chega perto do descarregado



A carga de mesmo tipo é repelida no condutor

Corpo condutor descarregado

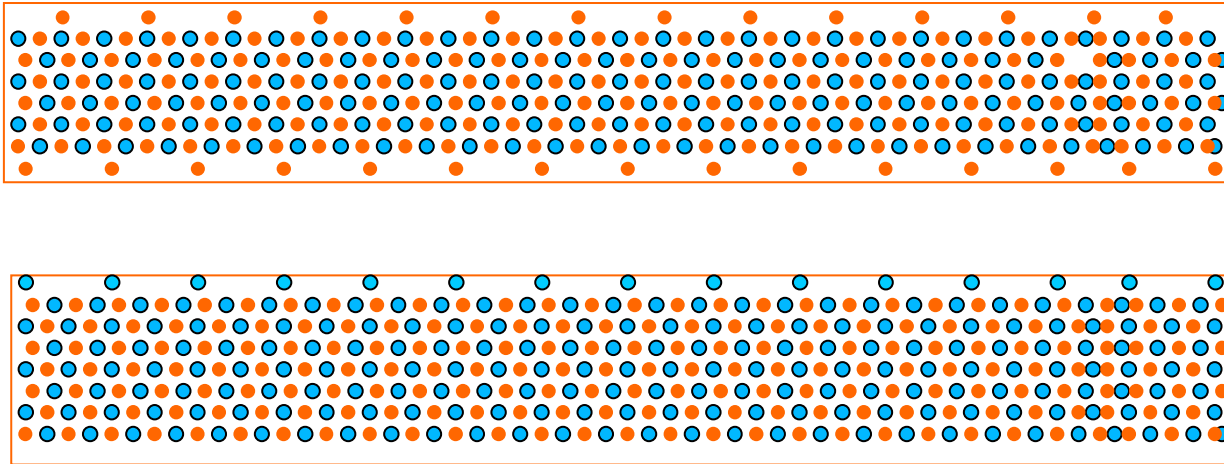
Eletrificando Corpos Condutores II (indução)



Ligamos a superfície oposta à Terra

As cargas da superfície se movem para a Terra

Eletrificando Corpos Condutores II (indução)



Tiramos a ligação e o corpo fica carregado com cargas de tipo diferente do primeiro

Lei de Coulomb

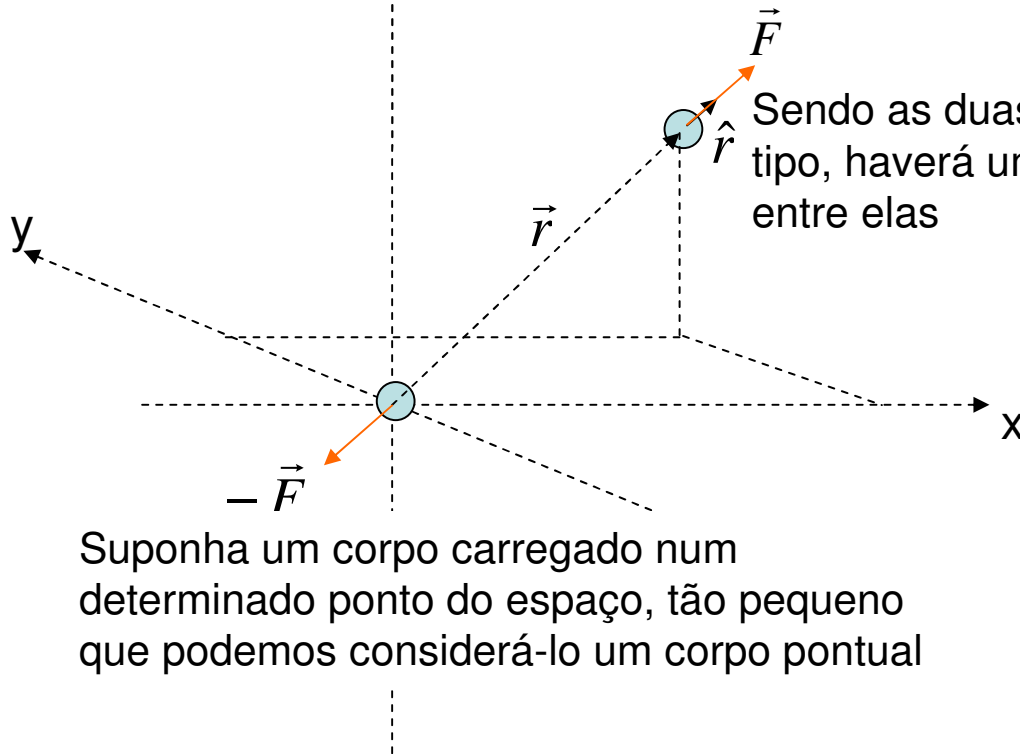
Podemos definir o vetor posição e o versor em função do sistema de coordenadas

Colocamos uma outra carga num determinado ponto do espaço, cujo vetor posição é definido pelo vetor \vec{r} e pelo versor \hat{r}

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$$

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$

Sendo as duas cargas de mesmo tipo, haverá uma força de repulsão \vec{F} entre elas



Suponha um corpo carregado num determinado ponto do espaço, tão pequeno que podemos considerá-lo um corpo pontual

Desta forma, a lei de Coulomb pode ser definida como

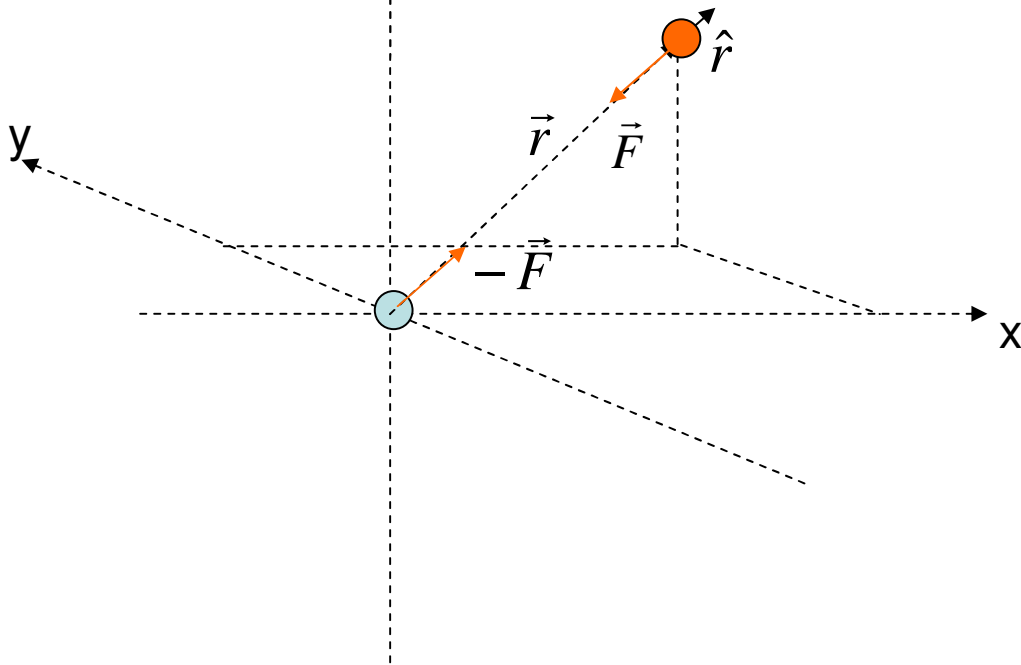
$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

Onde k é a constante (no SI)

$$k = 8,9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Lei de Coulomb

Se a carga for de tipo diferente
Haverá então uma força de
atração entre elas.



$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$$

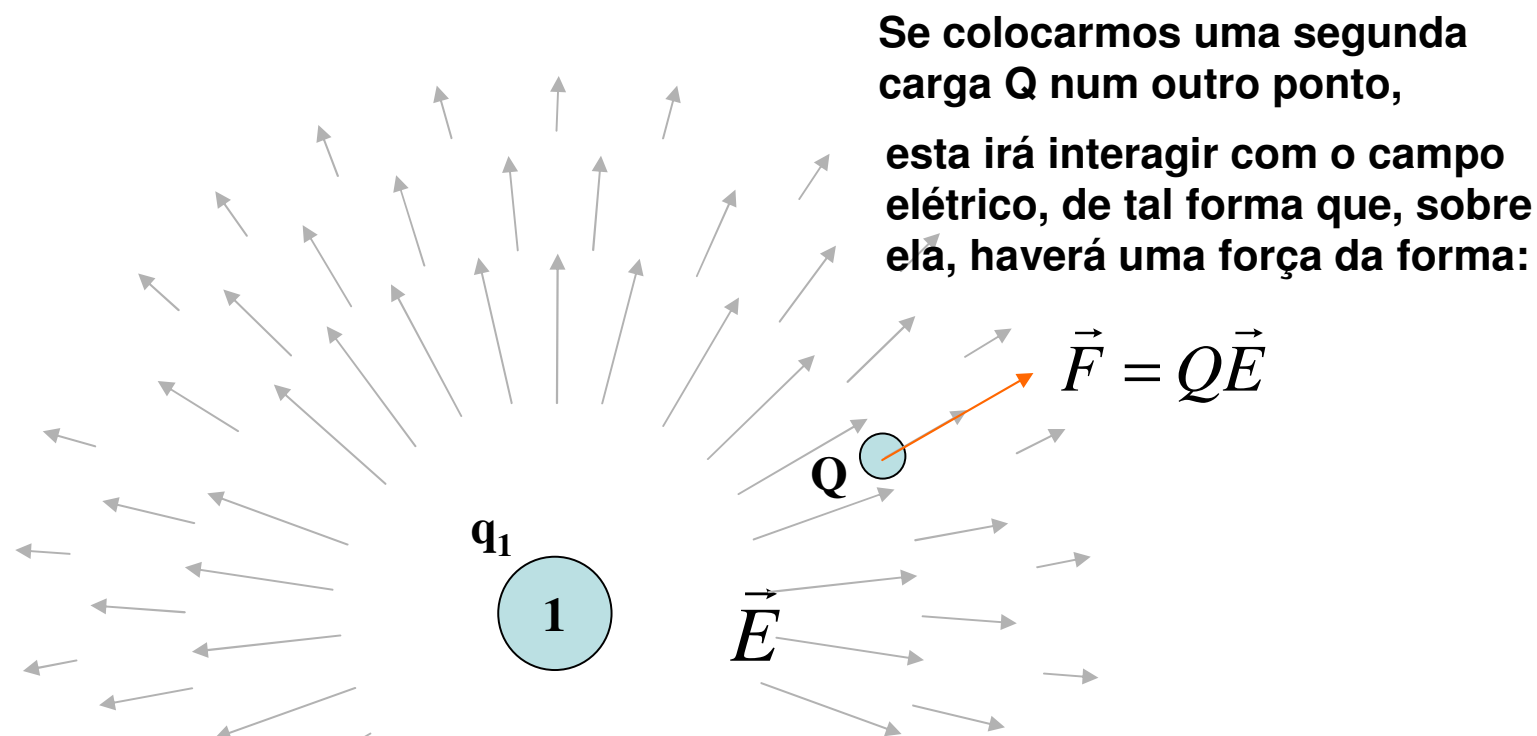
$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$

Uma delas será negativa e outra
positiva, fazendo com que a força
possua o sentido contrário ao versor.

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

$$k = 8,9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

O campo Elétrico



Suponha uma carga q_1 colocada num ponto do espaço.

Esta carga gera em todo o espaço um campo vetorial, que denominamos de Campo Elétrico.

O campo elétrico obedece o **princípio de superposição**, isto é, se dois campos elétricos, de duas cargas diferentes, forem aplicados no mesmo ponto, o campo elétrico total será a soma vetorial dos dois.

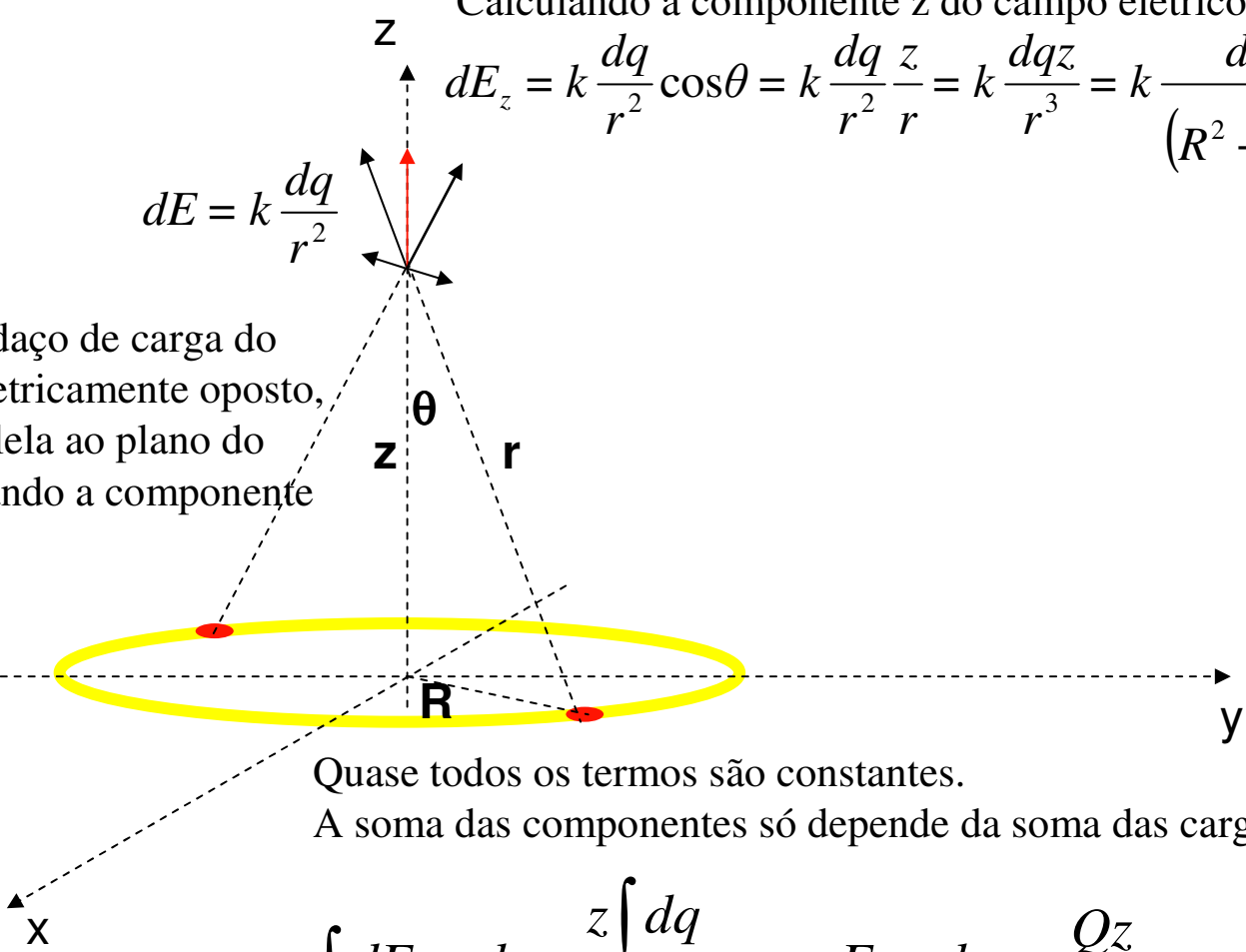
Cálculo de Campo Elétrico Elementos Contínuos

Suponha um anel, de largura desprezível, carregado homogeneamente.

Vamos calcular o campo elétrico num ponto em cima do seu eixo de simetria.

Calculando a componente z do campo elétrico

$$dE_z = k \frac{dq}{r^2} \cos\theta = k \frac{dq}{r^2} \frac{z}{r} = k \frac{dqz}{r^3} = k \frac{dqz}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$dE = k \frac{dq}{r^2}$$


Para cada pequeno pedaço de carga do anel, há um outro simetricamente oposto, cuja componente paralela ao plano do anel se anula, só sobrando a componente na direção z

Quase todos os termos são constantes.

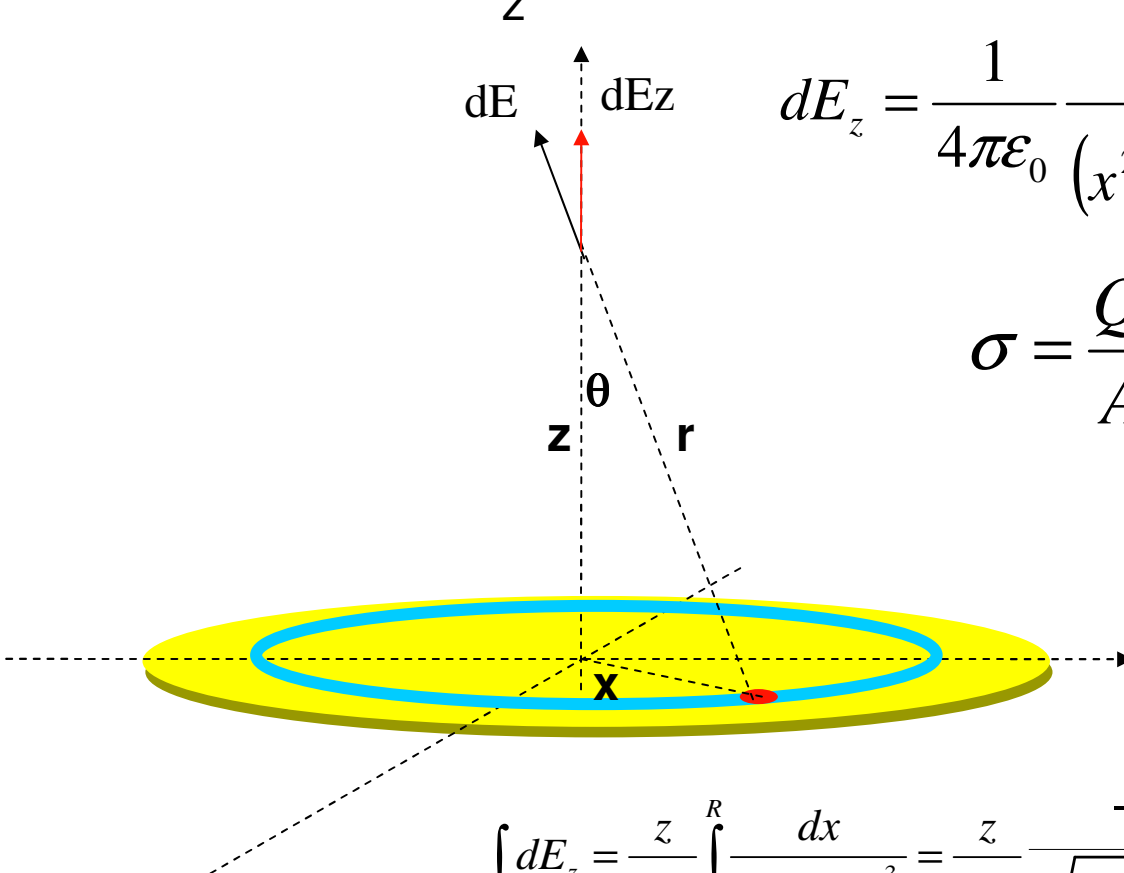
A soma das componentes só depende da soma das cargas.

$$\int dE_z = k \frac{z \int dq}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \Rightarrow E_z = k \frac{Qz}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Campo elétrico de um disco carregado homogeneamente num ponto no eixo de simetria

Se pegarmos pequenos anéis carregados de largura infinitesimal dx

O campo do anel já conhecemos, assim:



The diagram shows a yellow disk of radius R in the xy -plane. A point is located on the z -axis at a distance z from the center. A small blue ring of radius x and width dx is shown on the disk. A vector \mathbf{r} connects the center of the ring to the point on the z -axis. The angle between the z -axis and \mathbf{r} is θ . A vector $d\mathbf{E}$ is shown at the point, and its vertical component dE_z is indicated by a red arrow. The x , y , and z axes are labeled.

$$dE_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dqz}{(x^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad \frac{dq}{Q_T} = \frac{dA}{A_T}$$

$$\sigma = \frac{Q_T}{A_T} \quad dA = \sigma 2\pi x dx$$

$$dE_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{z 2\pi dx}{(x^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\int dE_z = \frac{z}{2\epsilon_0} \int_0^R \frac{dx}{(x^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{z}{2\epsilon_0} \frac{-1}{\sqrt{x^2 + z^2}} \Big|_0^R = \frac{z}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{|z|} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + z^2}} \right)$$