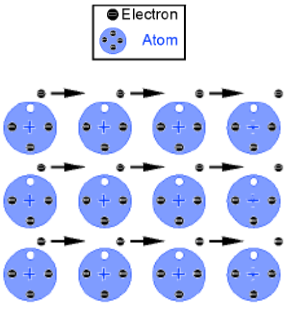
Electrostática e Campo eléctrico

- Lei de Gauss.
- Aplicações da lei de Gauss.
- Condutores em equilíbrio electrostático.



Nos materiais condutores (como os metais), os electrões "livres" podem mover-se facilmente. O seu movimento é aleatório

Condutores em equilíbrio electrostático

Diz-se que um condutor está em equilíbrio electrostático quando não há um movimento "orientado" das cargas no interior do material.

Quando um condutor está em equilíbrio electrostático:

O campo eléctrico **é nulo em qualquer ponto no interior** do condutor.

Qualquer excesso de carga, num condutor isolado, **deve estar, necessária e inteiramente, na superfície do condutor.**

O campo eléctrico na face externa da superfície de um condutor é perpendicular à superfície do condutor e tem o módulo igual a σ/ε_0, onde σ é a carga por unidade de área no ponto da superfície.

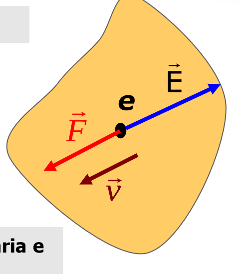
Num condutor com forma irregular, a carga tende a acumular-se nos locais onde o raio de curvatura da superfície é pequeno, isto é, onde a superfície é pontiaguda.

1 - O campo eléctrico é nulo em qualquer ponto no interior do condutor.

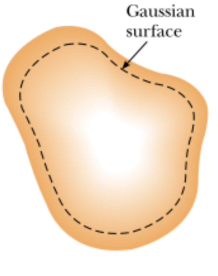
$\vec{E} \neq 0 \Rightarrow \vec{F} \neq 0$ ➡ Movimento orientado de cargas

⬇

o condutor não está em equilíbrio



2 - Qualquer excesso de carga, num condutor isolado, deve estar, necessária e inteiramente, na superfície do condutor.



Usando a lei de Gauss sabemos que: $\Phi = \dfrac{q_{in}}{\varepsilon_o}$

$$\vec{E} = 0 \Rightarrow \Phi = 0 \Rightarrow q_{in} = 0$$

Num condutor

- não há excesso de cargas no interior

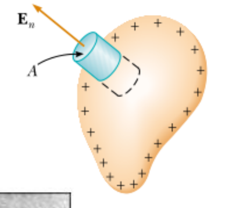
- todo o excesso de cargas está na superfície

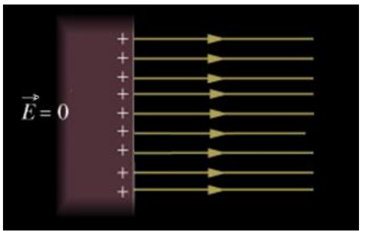
3 - O campo eléctrico na face externa da superfície de um condutor é perpendicular à superfície do condutor e tem o módulo igual a σ/ε_0, onde σ é a carga por unidade de área no ponto da superfície.

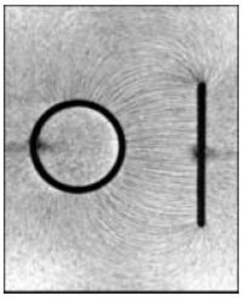
$$\Phi = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \boxed{EA = \frac{q_{in}}{\varepsilon_o}}$$

$$q_{in} = \sigma A$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}$$



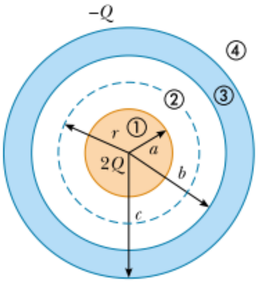




Exemplo 1 – Considere uma esfera condutora de carga **2Q** e raio **a**. Considere uma casca esférica condutora de carga **−Q**, de raio interior **b** e raio exterior **c**, concêntrica com a esfera.

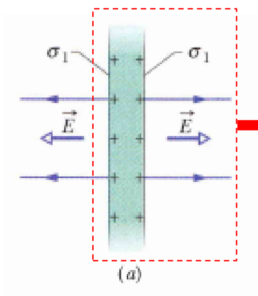
a) Qual o campo eléctrico na região 1, 2, 3, 4 ?

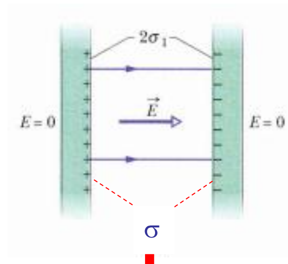
b) Qual o distribuição de carga na casca, quando todo o sistema se encontra em equilíbrio electrostático?

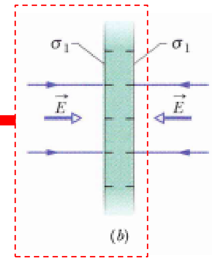


$$E_1 = 0 \qquad E_2 = k\frac{2Q}{r^2} \qquad E_3 = 0 \qquad E_4 \leq k\frac{Q}{c^2}$$

Exemplo 2 – Duas placas condutoras carregadas





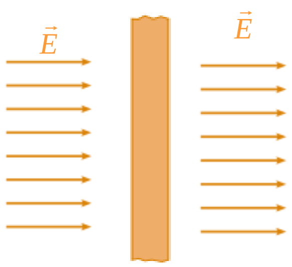


$$E_{(+)} = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_o} \qquad E = \frac{2\sigma_1}{\varepsilon_o} \qquad E_{(-)} = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_o}$$

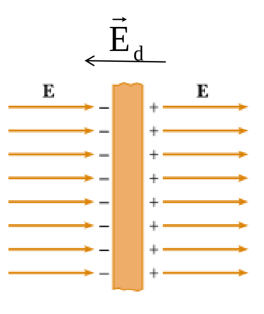
$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}}$$

Campo eléctrico entre duas placas condutoras carregadas com densidade de carga σ

Campo no interior de uma placa condutora, colocada numa região em que existe campo eléctrico.



No interior do condutor as cargas distribuem-se, criando um campo, E_d, de sentido oposto ao campo exterior



Se no interior o campo fosse não nulo, as cargas seriam sujeitas a uma força eléctrica, seriam aceleradas no sentido do campo e não havia equilíbrio electrostático.

$$\vec{E} + \vec{E}_d = 0$$

Bom condutor $\Rightarrow$ equilíbrio em ~ 10^{-16} s (~ instantâneo)

TABLE 24.1 Typical Electric Field Calculations Using Gauss's Law

Charge Distribution	Electric Field	Location
Insulating sphere of radius R, uniform charge density, and total charge Q	$k_e \dfrac{Q}{r^2}$	$r > R$
	$k_e \dfrac{Q}{R^3} r$	$r < R$
Thin spherical shell of radius R and total charge Q	$k_e \dfrac{Q}{r^2}$	$r > R$
	0	$r < R$
Line charge of infinite length and charge per unit length λ	$2k_e \dfrac{\lambda}{r}$	Outside the line
Nonconducting, infinite charged plane having surface charge density σ	$\dfrac{\sigma}{2\epsilon_0}$	Everywhere outside the plane
Conductor having surface charge density σ	$\dfrac{\sigma}{\epsilon_0}$	Just outside the conductor
	0	Inside the conductor

"Receita" da aplicação da lei de Gauss:

1. Fazer um esquema da distribuição de carga.
2. Identificar a simetria da distribuição de carga e analisar o campo eléctrico criado.
3. A lei de Gauss é válida em qualquer superfície fechada.
4. Escolher uma superfície de forma a que o cálculo de Φ seja o mais fácil possível.
5. Usar a lei de Gauss para calcular o campo eléctrico.