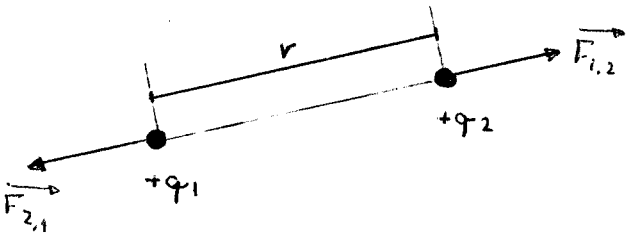
Física 3 - Resumo P1 2017.1 | Paulo Akira 2017.1

I) Lei de Coloumb:

- Força elétrica entre duas cargas é proporcional ao quadrado das distâncias;
- Força elétrica é proporcional ao produto das cargas;
- cargas de mesmo sinal produzem força de repulsão e de sinais diferentes força de atração.



$$\boxed{\vec{F}_{1,2} = \frac{k_e \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \hat{r}}$$

k_e := constante de Coloumb

$$k_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}99 \cdot 10^9 \ \frac{Nm^2}{C^2}$$

ε_0 := permissividade elétrica do vácuo.

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \ \frac{C^2}{m^2 N}$$

Obs: a força de interação elétrica entre dois prótons é muito maior (da ordem de 10^{36}) que a força de interação gravitacional.

2) Campo Elétrico:

Hipótese da Ação de Curto Alcance:

-) a interação entre dois corpos só pode existir se houver um meio apropriado para isso;
-) a força é transmitida de um corpo para outro com velocidade finita;
-) uma única carga é capaz de produzir variações nas propriedades físicas do espaço que a rodeia.

Da Hipótese da Ação de Curto Alcance, sabemos que a origem e transmissão de forças entre cargas elétricas está associada ao campo elétrico.

$$\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}}$$

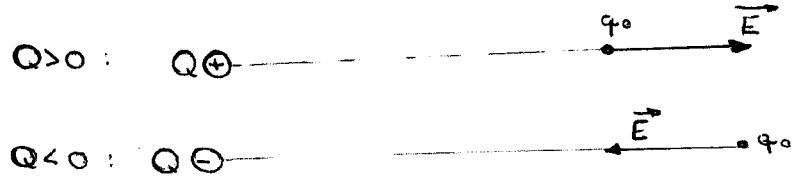
Q = carga fonte

q_0 = carga teste, $q_0 \ll Q$ → sempre positivo

$[E] = N/C = V/m$

Para uma carga pontual q:

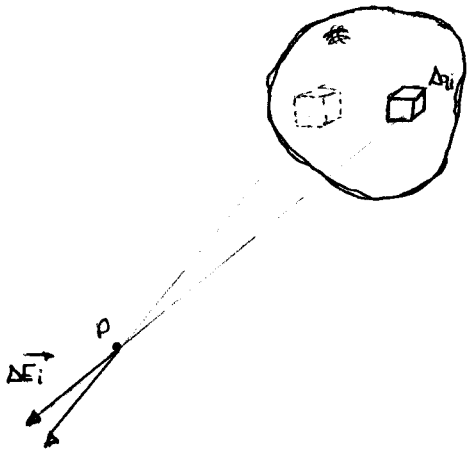
$$\vec{E} = k_e \cdot \frac{q}{r^2} \Rightarrow \boxed{\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}}$$



Obs (soma de campos elétricos de cargas pontuais): sejam n cargas. Temos $\vec{E} = \vec{E_1} + \dots + \vec{E_n} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$

r_i = distância da i-ésima carga ao ponto P que é a posição onde $\vec{E}$ está sendo calculado

Campo Elétrico para uma distribuição de cargas:



$$\Delta \vec{E_i} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\Delta q_i}{r_i^2}\,\hat{r} \therefore \vec{E} \cong \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2}\,\hat{r}_i$$

para $\Delta q_i \longrightarrow 0$: $\vec{E} = \lim_{\Delta q_i \to 0} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2}\,\hat{r}_i = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \int \frac{dq}{r^2}$

$$\boxed{\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int \frac{dq}{r^2}\,\hat{r}}$$

Linhas de Campo:

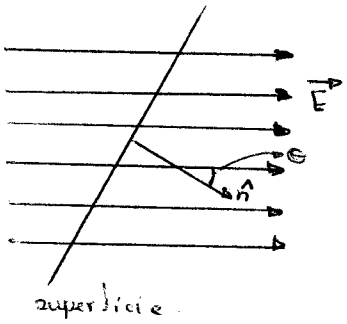
caracterizado pelo número de linhas de campo por unidade de área que atravessa uma superfície perpendicular a essas linhas

Módulo, direção e sentido

def: são linhas que caracterizam o campo elétrico em qualquer região do espaço.

3) Lei de Gauss:

E uniforme := não depende das coordenadas espaciais



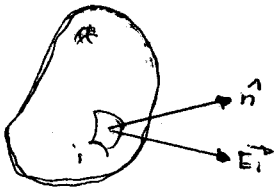
independe do tipo de superfície

$$\boxed{\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA\cos\theta}$$ → Fluxo do Campo elétrico

$[\Phi_E] = \frac{N}{C} m^2$

$\vec{A} = A \cdot \vec{n}$; A é o módulo do vetor que é numericamente igual a área ; $\vec{n}$ é a direção do vetor $\vec{A}$ que é <u>sempre perpendicular</u> ao plano da superfície

Caso geral (E não uniforme):



$$\boxed{\Phi_E = \int_{sup} \vec{E} \cdot d\vec{A}}$$

$\Phi_E > 0$: mais linhas saem do que entram

$\Phi_E = 0$: qtd. de linhas que saem e entram são iguais.

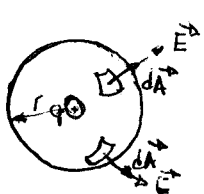
$\Phi_E < 0$: mais linhas entram do que saem.

Obs: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 0$ - qtd. de linhas que entram na superfície é igual a qtd que saem quando a carga não está no corpo

Obs: uma superfície fechada é aquela que divide o espaço em duas regiões, uma interna e outra externa.

Em uma superfície fechada o vetor área sempre aponta para fora: $\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$

A Lei de Gauss relaciona o fluxo do campo elétrico, através de uma superfície fechada com a carga elétrica única no interior desta superfície:



$\vec{E} \parallel d\vec{A}$; $E \vee 1/r^2$ ... cte

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int E \cdot dA = E \int dA \Rightarrow \Phi_E = E \cdot A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}\, 4\pi r^2 \Rightarrow \boxed{\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{liq}}{\varepsilon_0}}$$

sup com alto grau de simetria

campos em excesso

Para o caso de n cargas no interior da superfície: $\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint (\vec{E_1} + \dots + \vec{E_n})\, d\vec{n}$

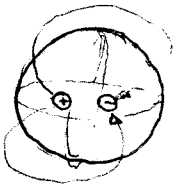
Os requisitos para a utilização da Lei de Gauss são:

-) o campo $\vec{E}$ deve ter módulo constante ao longo da superfície;
-) o ângulo entre $\vec{E}$ e $d\vec{A}$ deve ser cte ao longo da superfície.

Propriedades:

-) as fontes de campo eletrostático são as cargas elétricas;
-) as linhas de campo eletrostático são abertas.

Obs:



$\Phi_E = \oint \vec{E} d\vec{A} = 0$ porque as quantidades de linhas que entram é igual a quantidade de linhas que saem e

$q + (-q) = 0 (-q + (-q+1))$.

4) Campo elétrico em condutores eletrostáticos:

def: diz-se que um condutor está em equilíbrio eletrostático se o somatório das forças eletrostáticas é nula.

$\vec{F_E} = \vec{0}$ corpo em equilíbrio.

Propriedades de um condutor em eq. eletrostático:

(1) $E = 0$ no interior do condutor ($E = 0 \Leftarrow F_e = 0$);

(2) se o condutor estiver isolado e apresentar uma carga líquida, essa carga líquida deve estar na superfície do condutor;

(3) o campo E nas imediações do condutor é igual a σ / ε_0 e é perpendicular a superfície do condutor;

(4) em um condutor de forma irregular, a carga é máxima onde é mínimo o raio de curvatura (efeito das pontas).

5) Potencial Elétrico:

→ Trabalho realizado por uma força eletrostática:

$dW = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \cdot \vec{E} d\vec{l} \rightarrow dU = -dW \Rightarrow dU = -q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} \Rightarrow \Delta U = U_B - U_A = -q_0 \int_A^B \vec{E} d\vec{l} \Rightarrow$

$\rightarrow \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \Rightarrow \boxed{V = -\int_A^B \vec{E} d\vec{l}}$ → potencial eletrostático $[V] = J/C = V$

→ $\vec{E}$ é conservativo, portanto, a integral não depende da trajetória.

→ Diferença de potencial: seja ~~A e B~~ $\Delta V = V_B - V_A$ a diferença de potencial entre os pontos A e B.

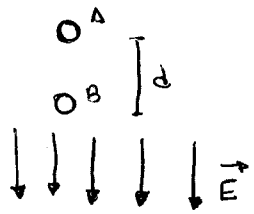
$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} d\vec{l}$ → Na prática, não é possível calcular o potencial em um ponto, porém, toma-se um ponto no infinito e assume-se que lá o potencial é igual a zero

Diferença de potencial em um campo $\vec{E}$ uniforme

Superfícies equipotenciais formam um ângulo de 90° com as linhas de campo.

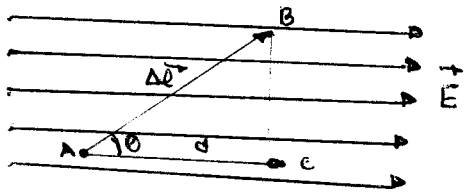
(1) Como a carga de prova é positiva então a variação de energia potencial é negativa. Isto significa que quando as cargas se deslocam no sentido das linhas de campo a energia potencial do sistema diminui (energia cinética aumenta e potencial diminui).

$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}\,d\vec{l} = -\int_A^B E\,dl = -E\int_A^B dl = -E\cdot d \therefore \Delta V = \frac{\Delta U}{q_0} \Rightarrow \Delta U = -q_0 \cdot E d.$$



$$\boxed{\Delta V = -E\cdot d}$$

(2) o plano perpendicular as linhas de campo, onde o potencial é constante, recebe o nome de superfície equipotencial. Nenhum trabalho é realizado para mover uma partícula entre dois pontos em uma superfície equipotencial ($\vec{E} \perp d\vec{l}$ $\Delta V = 0$ e $W = 0$).



$$V_A - V_B = -\int_A^B \vec{E}\,d\vec{l} = -\int_A^B E\,dl\cos\theta = -E\,\Delta l\cos\theta =$$

$$= -E\cdot d$$

$$V_B - V_A = -Ed = V_C - V_A \therefore V_B = V_C$$

Potencial Elétrico e energia elétrica de cargas pontuais.

Calculo do potencial elétrico em um ponto:

$$\boxed{V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r}}$$

Obs: para um sistema de cargas pontuais vale o princípio da superposição: $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{N}\frac{q_i}{r_i}$

Calculo da energia elétrica para N cargas:

$$\boxed{U = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N} q_i V_i}$$

Obs: o trabalho realizado por uma força externa em ~~que~~ uma carga q para trazê-las as proximidades de uma carga Q é $\boxed{W = q\cdot V_0}$

Gradiente do Potencial Elétrico:

Seja $\vec{E}$ um campo elétrico não uniforme e dW um elemento infinitesimal do trabalho para produzir um deslocamento dx na direção $+x$ da carga q_0

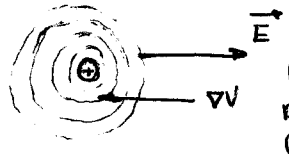
$$dW = q_0\cdot\vec{E}\cdot dx\cdot\vec{i} = q_0\cdot E_x\cdot dx$$

$$dU = -dW \Rightarrow \frac{dU}{q_0} = -\frac{q_0}{q_0}E_x\,dx \Rightarrow \underline{dV} = -E_x\,dx \Rightarrow E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}.$$ Analogamente: $E_y = \frac{\partial V}{\partial y}$ e $E_z = \frac{\partial V}{\partial z}$

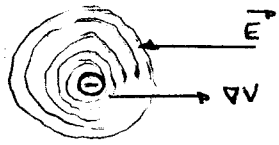
dV

$$\vec{E} = E_x\vec{i} + E_y\vec{j} + E_z\vec{k} \Rightarrow \vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k}\right) \Rightarrow \boxed{\vec{E} = -\nabla V}$$

↳ aponta para onde a função cresce



potencial é maior próximo a carga ⊕



potencial é maior longe da carga ⊖

$$\nabla V d\vec{r} = \left(\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k}\right)(dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k}) =$$

$$= \frac{\partial V}{\partial x}dx + \frac{\partial V}{\partial y}dy + \frac{\partial V}{\partial z}\cdot dz = dV$$ ⇒ incremento da função : o gradiente dá informação sobre o incremento da função em uma determinada direção.

<u>Lembrar que</u>:

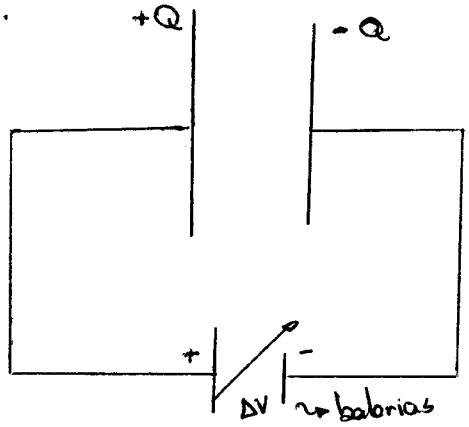
(1) potencial elétrico é uma grandeza <u>escalar</u>, portanto, o princípio de superposição se reduz a uma soma algébrica.

(2) somente as <u>variações</u> do potencial eletrostático são significativos. Assim, para se calcular o potencial em um ponto escolhe-se como referência um outro ponto onde o potencial possa ser considerado nulo.

(3) superfícies condutoras têm mesmo potencial em todos os seus pontos ($\Delta V = 0$).

6) Capacitores:

<u>def</u>: são dispositivos para armazenar cargas elétricas. Como a energia potencial é proporcional ao número de cargas, estes dispositivos também são reservatórios de energia potencial eletrostática. São constituídos de duas placas elétricas carregadas, separadas por um material isolante que recebe o nome de dielétrico.



$$\boxed{Q = C\cdot\Delta V}$$

$[C] = \frac{C}{V} = F = \text{Farad}$ ← sempre positivo

C := capacitância (mede a propriedade do capacitor em acumular cargas) ⇒ só depende da geometria do sistema.

A capacitância pode ser calculada por: $\boxed{C = \frac{A\,\varepsilon_0}{d}}$ quando a "área linear" é muito superior as distâncias entre as placas. (capacitor de <u>placas paralelas</u>).
campo uniforme

→ Energia Armazenada no campo elétrico de um capacitor

$$\boxed{U = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \Delta V^2}$$

Capacitor de placas paralelas

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

$$\boxed{U = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot A d E^2}$$

→ Capacitor com dielétrico :

def : dielétrico é um material isolante que é instalado entre as placas do capacitor com o objetivo de aumentar a isolação entre elas e alterar o valor da capacitância.

↳ a carga não muda pois, na instalação passa a existir um circuito aberto e as cargas não tem para onde ir. O potencial diminui e a capacitância aumenta.

→ Associação de Capacitores :

(1) Associação Paralela : a diferença de potencial é sempre a mesma em todos os capacitores :

$$\boxed{C_{eq} = \sum_{i=1}^{n} C_i}$$

(2) Associação em Série : a carga Q é sempre a mesma em todos os capacitores :

$$\boxed{\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}}$$