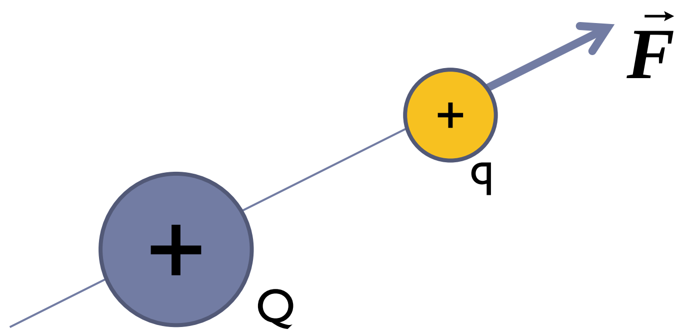
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ELETRICIDADE E MAGNESTISMO - ET72F
Profª Elisabete N Moraes

POTENCIAL ELÉTRICO e DIFERENÇA DE POTENCIAL

Breve revisão - I

- Início dos estudos: eletrização

- Na sequência: Lei de Coulomb
  - Interação entre cargas elétricas

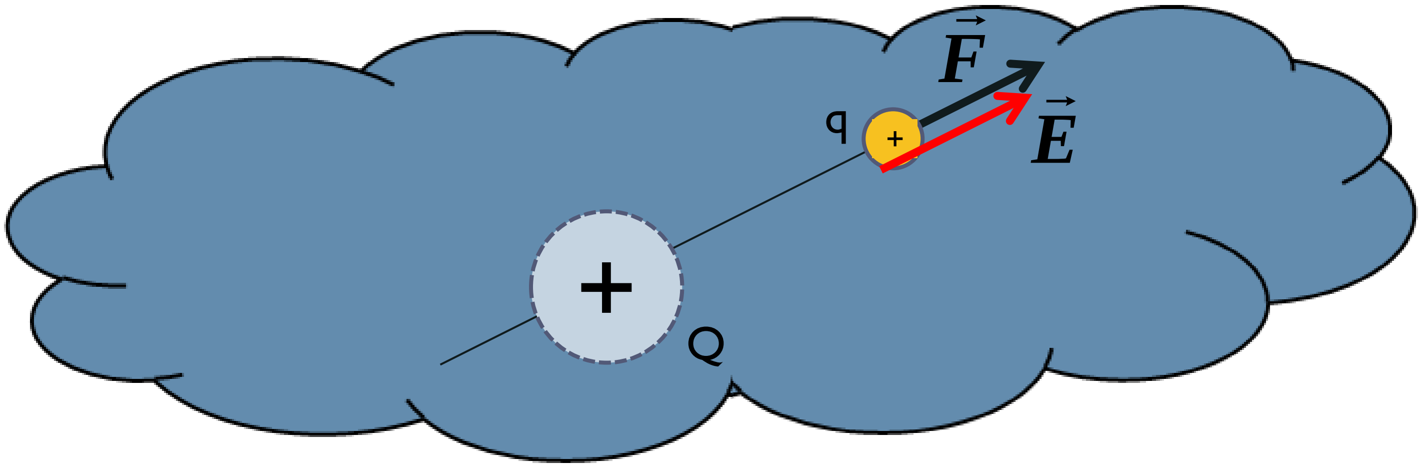


F elétrica determinada pela Lei de Coulomb.

$$\left|F\right| = \frac{K\,|Q|\,|q|}{d^2}$$

Breve revisão - II

- Depois: campo elétrico
  - Campo elétrico resultante: $\overrightarrow{E} = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2} + \ldots + \overrightarrow{E_n}$
  - Linhas de força ou de campo: representação gráfica
    - Representação gráfica.
    - Linha imaginária tangente no ponto onde localiza-se ‘q’.



Grandeza vetorial

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Módulo do campo elétrico

$$|E| = \frac{KQ}{d^2} = \frac{|F|}{q}$$

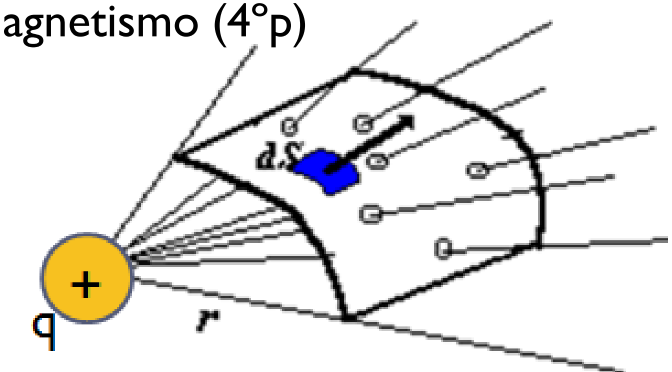
Breve revisão - III

- E por último: a Lei de Gauss que relaciona o fluxo que atravessa uma superfície fechada. Método alternativo para calcular o campo elétrico (ou eletrostático) gerado por uma distribuição de cargas.
  - Principalmente quando os cenários sob análise envolverem simetrias.

$$\oint_S \boldsymbol{E} \cdot \boldsymbol{dS} = \frac{\boldsymbol{q}}{\boldsymbol{\varepsilon}_0}$$

Detalhada na disciplina de eletromagnetismo (4°p)

$$\Phi = \boldsymbol{EA}$$



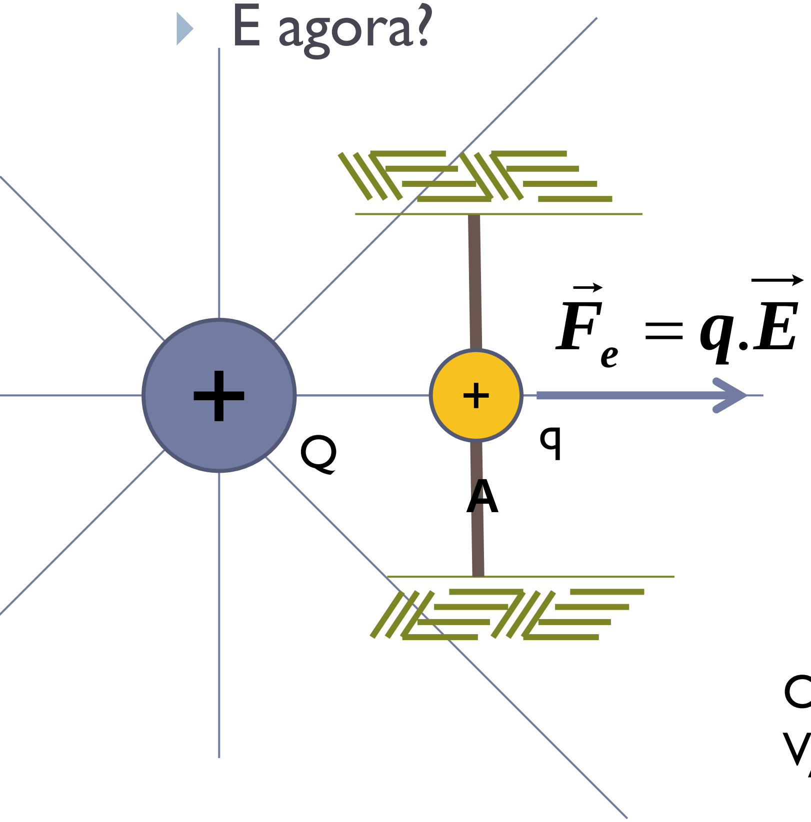
Onde: E é a intensidade do campo elétrico (N/C)

A é a área da superfície normal ao campo elétrico (m2)

Φ é o fluxo elétrico na superfície analisada (C), (C/m2)

Potencial Elétrico

- E agora?



A razão entre o trabalho realizado pela força elétrica (Fe) para transportar a carga elétrica da posição A até B=∞ e a carga transportada (q) determina o potencial do ponto A.

B=∞

$$V_A = \frac{W_A}{q}$$

Onde:

V_A : é o potencial elétrico no ponto A.

A sua unidade: joule/coulomb = volt (V);

W_A : é o trabalho realizado pela força elétrica para transportar a carga de A até o infinito (J);

q: é a carga transportada (C).

- Quando uma partícula carregada se move em um campo elétrico, o campo realiza trabalho sobre ela. Este trabalho pode ser expresso em termos de **energia potencial**, que por sua vez, está associada ao conceito de potencial elétrico ou simplesmente potencial (V).
- Potencial elétrico é uma grandeza escalar.
- Considerando que o sistema é conservativo, ou seja, não atuam forças externas (gravidade) ou dissipativas (atrito), o potencial elétrico é calculado por:

$$V = \frac{U}{q}$$

Onde:
V: é o potencial elétrico no ponto considerado(V).
U: energia potencial no ponto considerado (J);
q: é a carga de prova(C).

Potencial Elétrico – Variação de Energia

- Sob o ponto de vista da **dinâmica**, a variação da energia de um corpo:

$$E = U + K = cte$$

$$\Delta E = 0 \Rightarrow \Delta(U + K) = 0$$

$$ou \quad seja:$$

$$\Delta U + \Delta K = 0$$

$$o \quad que \quad resulta \quad em:$$

$$\Delta U = - \Delta K$$

Onde:
E= energia total do corpo (J)
U=energia potencial (função da altura) (J)
K=energia cinética(função da velocidade) (J)

- Agora, considerando um sistema campo-carga elétrica:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-W_{AB}}{q} = \frac{-\int_A^B F.dl}{q} = \frac{-\int_A^B E.q.dl}{q}$$

$$\vec{F}_e = q.\vec{E}$$

Potencial Elétrico

- Para levar a carga q de A até o ∞:

$$V = \frac{-\int_A^B E.\cancel{q}.dl}{\cancel{q}} = -\int_A^B E.dl$$

A integral do lado direito é chamada de *integral de linha de* ***E*** e representa o processo conceitual de dividir uma trajetória em pequenos elementos de comprimento *dl* e, multiplicar cada módulo de *dl* pela componente de E, paralela a *dl* neste ponto e somar os resultados para a trajetória final

Potencial Elétrico

- Processo de trazer uma carga do infinito (B) até o ponto A:

$$V_A = \frac{-\int_B^A E.\cancel{q}.dl}{\cancel{q}} = -\int_B^A E.dl$$

Mas: $$E = \frac{KQ}{d^2}$$

e

$$\int u^n du = \frac{u^{n+1}}{n+1} + C, n \neq -1$$

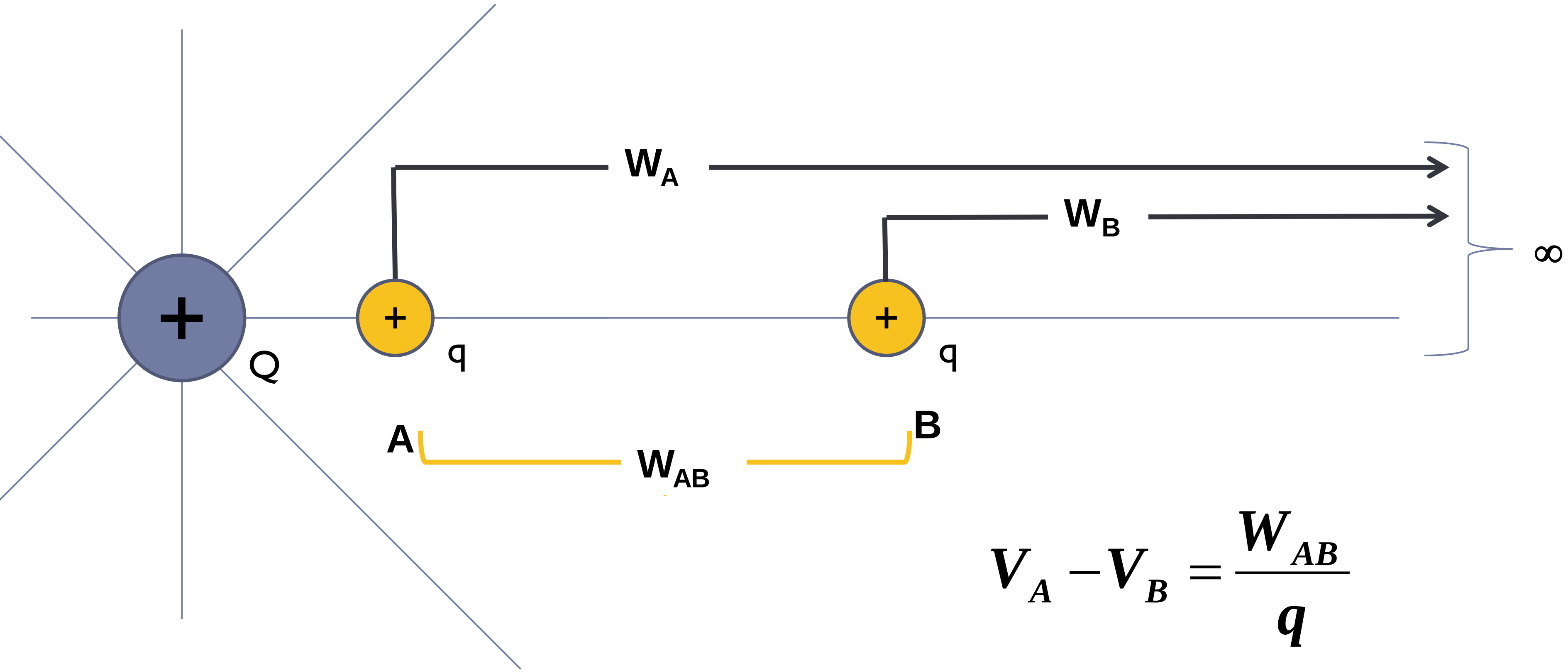
$$V_A = -\int_B^A E.dl = -KQ\int_\infty^A \frac{1}{d^2}.dl = \frac{-KQd^{-2+1}\Big|_\infty^A}{-1}$$

$$V_A = KQd^{-1}\Big|_\infty^A = \left(\frac{KQ}{d_A} - \frac{KQ}{d_\infty}\right)$$

$$V_A = \left(\frac{KQ}{d_A} - 0\right)$$

$$V = \frac{KQ}{d} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{Q}{d}$$

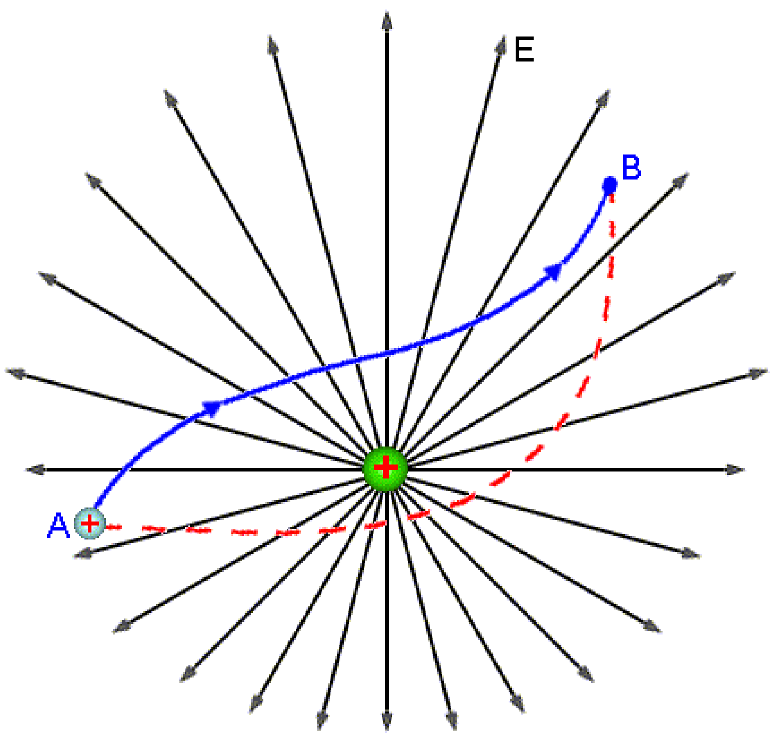
Diferença de Potencial ou DDP (ddp)



$$V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q}$$

Diferença de Potencial ou DDP (ddp)

- A DDP considerando a distância percorrida pela carga na direção do campo elétrico é determinada por:



$$V_A - V_B = V_{AB} = -\int_B^A E dl$$

Exercícios:

1)Uma partícula cuja carga é 3nC, move-se do ponto A ao ponto B, ao longo de uma linha reta. A distância total é igual a 0,5m. O campo elétrico é uniforme ao longo desta linha , no sentido de A para B, com módulo de 200N/C. Determinar a força sobre q, o trabalho realizado pelo campo e a diferença de potencial entre A e B.

a)Força: está na mesmo sentido que o do campo elétrico:

$$\boldsymbol{F} = \boldsymbol{q}.\boldsymbol{E} = (3.10^{-9})(200) = 600\boldsymbol{nN}$$

b)O trabalho realizado:

$$\boldsymbol{W} = \boldsymbol{F}.\boldsymbol{d} = (600\boldsymbol{n})(0,5) = 300\boldsymbol{nJ}$$

c)DDP: é o trabalho por unidade de carga:

$$\boldsymbol{V_A} - \boldsymbol{V_B} = \frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{q}} = \frac{300.10^{-9}}{3.10^{-9}} = 100\boldsymbol{J}/\boldsymbol{C} = 100\boldsymbol{V}$$

ou

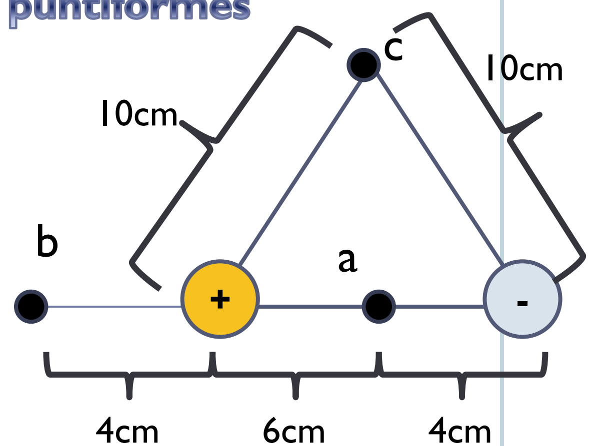
$$\boldsymbol{V_A} - \boldsymbol{V_B} = \boldsymbol{E}.\boldsymbol{d} = (200)(0,5) = 100\boldsymbol{V}$$

Fonte: Sears, F., and M. W. Zemansky. "HD Young, Física 3: Eletricidade e Magnetismo." (1984), p. 554

2) Cargas puntiformes de +12nC e -12nC são colocadas conforme indica a figura. Calcular os potenciais no pontos 'a', 'b' e 'c'.

O potencial "V", num ponto devido a um conjunto de cargas puntiformes é dado por:

$$\boxed{V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{Q_i}{r_i}}$$



Solução geral: calcular a soma algébrica do potencial em cada ponto.

a)No ponto 'a' o potencial devido à carga positiva é:

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{12.10^{-9}}{0,06} = (9.10^9)(2.10^{-7}) = +1800V$$

b)No ponto 'a' devido à carga negativa:

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{-12.10^{-9}}{0,04} = (9.10^9)(3.10^{-7}) = -2700V$$

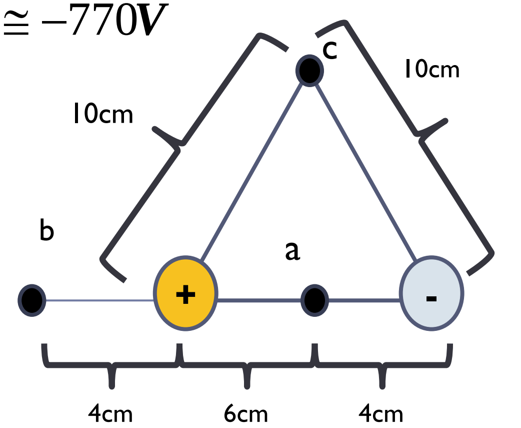
c)O potencial no ponto 'a' será a soma dos potenciais parciais:

$$Va = +1800 - 2700 = -900V$$

Fonte: Sears, F., and M.W. Zemansky. "HD Young, Física 3: Eletricidade e Magnetismo." (1984), p. 554

d)No ponto 'b' as contribuições de cada carga são:

$$V_{+Q} = (9.10^9)\frac{(12.10^{-9})}{0,04} = +2700V \qquad V_{-Q} = (9.10^9)\frac{(-12.10^{-9})}{0,14} \cong -770V$$



e)O potencial no ponto 'b' devido as cargas 1 e 2:

$$Vb = +2700 - 770 = +1930V$$

f)No ponto 'c' as contribuições de cada carga são:

$$V_{+Q} = (9.10^9)\frac{(12.10^{-9})}{0,10} = +1080V \qquad V_{-Q} = (9.10^9)\frac{(-12.10^{-9})}{0,10} = -1080V$$

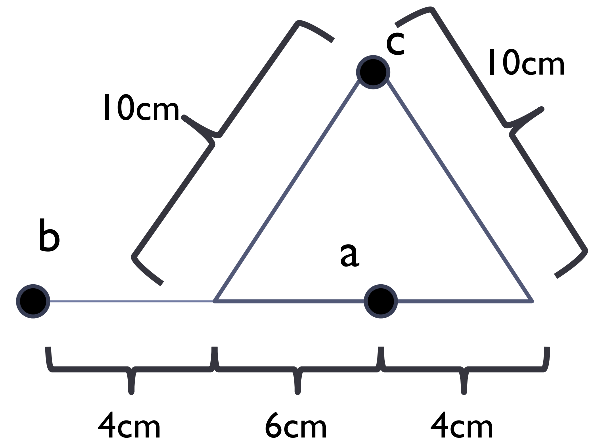
g)O potencial no ponto 'c' é então determinado;

$$Vc = +1080 - 1080 = 0V$$

Fonte: Sears, F., and M. W. Zemansky. "HD Young, Física 3: Eletricidade e Magnetismo." (1984), p. 554

3) Calcular a energia potencial elétrica de uma carga puntiforme de +4nC se for colocada respectivamente nos pontos 'a', 'b' e 'c' da situação proposta pelo exercício anterior.

Solução geral: $\boldsymbol{U = q.V}$



a)No ponto 'a':

$$U = q.Va = (4.10^{-9})(-900) = -36.10^{-7}\,J = -3{,}6\,\mu J$$

b)No ponto 'b':

$$U = q.Vb = (4.10^{-9})(1930) = 77.10^{-7}\,J = 7{,}7\,\mu J$$

c)No ponto 'c':

$$\boldsymbol{U = q.Vc} = (4.10^{-9})(0) = 0$$

Todas relativas a um ponto no infinito

Fonte: Sears, F., and M. W. Zemansky. "HD Young, Física 3: Eletricidade e Magnetismo." (1984), p. 555