

## Campo electrostático

### MÉTODO E RECOMENDACIÓNS

#### ● MÉTODO

1. En xeral:
  - a) Faise un esquema situando os puntos e as cargas. Debúxanse cada unha das forzas ou vectores de intensidade de campo que actúa en cada punto. Debúxanse o vector resultante.
  - b) Se a situación é simétrica, pode deducirse un resultado nulo. Noutro caso, calcúlase cada forza ou vector de intensidade de campo empregando a expresión vectorial correspondente.
  - c) Calcúlase o vector resultante, polo principio de superposición, sumando os vectores individuais.
  - d) Analízase o resultado comparándoo co esquema debuxado.
  - e) Calcúlanse cada un dos potenciais creado por cada carga en cada punto.
  - f) Calcúlase o traballo das forzas do campo.
  - g) O traballo necesario dunha forza exterior é o oposto ao traballo das forzas do campo, se non hai variación de enerxía cinética.
2. Cálculo do vector de intensidade de campo electrostático nun punto creado por unha soa carga puntual ou esférica.  
 A intensidade do campo electrostático,  $\vec{E}$ , nun punto no que se atopa unha carga puntual,  $q$ , de proba, é a forza sobre a unidade de carga positiva situada nese punto:

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

A ecuación da intensidade do campo electrostático obtense ao substituír  $\vec{F}_E$  pola expresión da lei de Coulomb, que da a forza entre dúas cargas,  $Q$  e  $q$ , puntuais ou esféricas, separadas por unha distancia,  $r$ , sendo  $K$  a constante de Coulomb, e  $\vec{u}_r$ , o vector unitario na dirección da liña que une as dúas cargas:

$$\vec{F}_E = K \frac{Q \cdot q}{r^2} \vec{u}_r$$

A ecuación da intensidade do campo electrostático queda:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q} = \frac{K \frac{Q \cdot \cancel{q}}{r^2} \vec{u}_r}{\cancel{q}} = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

- a) Calcúlase a distancia,  $r$ , entre a carga  $Q$  (situada no punto 1) que crea o campo e o punto 2, onde se pide calcular o vector de intensidade de campo electrostático.
  - (a.1) Se os datos son as coordenadas  $(x_1, y_1)$  e  $(x_2, y_2)$  dos puntos, a distancia,  $r_{12}$ , entre eles é:

$$r_{12} = |\vec{r}_{12}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

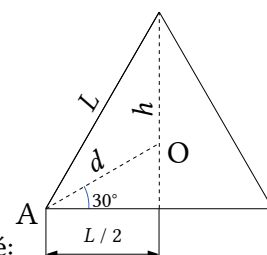
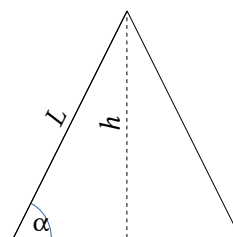
- (a.2) No caso de puntos nun triángulo, a altura,  $h$ , calcúlase:

$$h = L \cdot \sin \alpha$$

- (a.3) E se o triángulo é equilátero, a distancia,  $d$ , desde o punto medio,  $O$ , ata un vértice,  $A$ , pódese calcular como:

$$d = \frac{L/2}{\cos 30^\circ}$$

- b) Determinase o vector unitario a partir do vector de posición do punto 2 respecto ao punto 1 onde se atopa a carga,  $Q$ , que crea o campo.
  - (b.1) Se os datos son as coordenadas dos puntos, o vector de posición,  $\vec{r}_{12}$ , é:



$$\vec{r}_{12} = \Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j}$$

O vector unitario será:

$$\vec{u}_r = \frac{\Delta \vec{r}}{|\Delta \vec{r}|}$$

- (b.2) No caso de coñecer o ángulo  $\alpha$  que forma o vector  $\vec{r}_{12}$  co eixe  $X$  horizontal, o vector unitario calcúlase coa expresión:

$$\vec{u}_r = \cos \alpha \vec{i} + \sin \alpha \vec{j}$$

- c) Calcúlase o vector de intensidade de campo coa ecuación:

$$\vec{E} = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

Sen esquecer as unidades (N/C) no resultado.

- d) Calcúlase o módulo do vector de intensidade de campo,  $|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$ , sen esquecer escribir as unidades (N/C) no resultado.

3. Cálculo do vector de intensidade de campo electrostático nun punto creado por varias cargas:  
A intensidade de campo electrostático nun punto debido a varias cargas puntuais é a suma vectorial das intensidades de campo electrostático creadas por cada carga coma se as outras non estivesen.
  - a) Debúxanse os vectores de intensidade de campo electrostático producidos no punto por cada unha das cargas, e débúxase tamén o vector campo resultante, que é a suma vectorial deles (principio de superposición).
  - b) Calcúlase cada un dos vectores de intensidade de campo creados polas cargas, do mesmo xeito que se indicou no [apartado anterior](#), aínda que ás veces non é necesario repetir cálculos porque se poden deducir os resultados a partir do primeiro, á vista da simetría da situación.
  - c) Calcúlase o vector de intensidade de campo electrostático resultante no punto como a suma vectorial das intensidades de campo electrostático producidas por cada carga, aplicando o principio de superposición.
  - d) Analízase o resultado comparándoo co esbozo debuxado.
  - e) Calcúlase o módulo do vector de intensidade de campo resultante sen esquecer escribir as unidades.
4. Cálculo do vector forza electrostática sobre unha carga,  $q$ , nun punto creado por varias cargas.  
A forza entre dúas cargas eléctricas,  $Q$  e  $q$ , puntuais ou esféricas, separadas por unha distancia,  $r$ , réxese pola lei de Coulomb, sendo  $K$  a constante de Coulomb, e  $\vec{u}_r$ , o vector unitario na dirección da liña que une as dúas cargas:

$$\vec{F}_E = K \frac{Q \cdot q}{r^2} \vec{u}_r$$

Realízase de [xeito análogo](#) ao do campo electrostático, empregando a expresión da forza en vez da intensidade de campo, e tendo en conta que as unidades son newtons (N).

5. Cálculo do traballo necesario para desprazar unha carga entre dous puntos A e B.  
Supoñendo que a carga sae de A e chega a B coa mesma velocidade, o traballo da forza resultante é nulo.

$$W_{\text{res}} = \Delta E_c = 0$$

O traballo que hai que facer (traballo da forza exterior) será igual e de signo contrario ao traballo da forza do campo:

$$W_{\text{ext}} = W_{\text{res}} - W_{\text{campo}} = 0 - W_{\text{campo}} = -W_{\text{campo}}$$

O traballo que fai a forza do campo conservativo é igual ao valor da carga,  $q$ , que se despraza, multiplicado pola diferenza de potencial entre os puntos de partida A e chegada B:

$$W_{\text{campo}} = W_{A \rightarrow B} = -(E_{pB} - E_{pA}) = E_{pA} - E_{pB} = q(V_A - V_B)$$

O potencial electrostático nun punto situado a unha distancia,  $r$ , dunha carga puntual  $Q$  é o traballo que fai a forza electrostática cando a unidade de carga positiva trasládase desde a súa posición ata o infinito:

$$V = \frac{W_{r \rightarrow \infty}}{q} = \int_r^{\infty} \frac{\vec{F}_E}{q} d\vec{r} = \int_r^{\infty} K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r d\vec{r} = \int_r^{\infty} K \frac{Q}{r^2} dr = \left[ -K \frac{Q}{r} \right]_r^{\infty} = K \frac{Q}{r}$$

O potencial electrostático nun punto debido a varias cargas puntuais é a suma dos potenciais electrostáticos creados por cada carga coma se as outras non estivesen.

$$V = \sum V_i$$

- [Cálculanse as distancias](#) entre o punto de partida e os puntos nos que se atopan as cargas, se non se calcularon antes.
- Cálculase o potencial no punto de partida producido por cada carga  $Q$ , coa ecuación:

$$V = K \frac{Q}{r}$$

Sen esquecer escribir as unidades (V) no resultado.

- Súmanse os potenciais producidos por cada carga nese punto.
- Repítese o proceso para o punto de chegada.
- Cálculase o traballo da forza do campo, sen esquecer escribir as unidades (J) no resultado.

$$W_{A \rightarrow B} = q (V_A - V_B)$$

- Explícase que o traballo da forza exterior é igual e de signo contrario ao da forza do campo, supoñendo que a velocidade de saída de A e chegada a B é a mesma.

## ● RECOMENDACIÓNS

- Farase unha lista cos datos, pasándoos ao Sistema Internacional se non o estivesen.
- Farase outra lista coas incógnitas.
- Debuxarase un esbozo da situación, procurando que as distancias do esbozo sexan coherentes con ela. Deberase incluír cada unha das forzas ou das intensidades de campo, e a súa resultante.
- Farase unha lista das ecuacións que conteñan as incógnitas e algún dos datos, mencionando á lei ou principio ao que se refiren.
- En caso de ter algunha referencia, ao terminar os cálculos farase unha análise do resultado para ver se é o esperado. En particular, comprobar que os vectores campo electrostático teñen a dirección e o sentido acorde co esbozo.
- En moitos problemas as cifras significativas dos datos son incoherentes. Resolverase o problema supoñendo que os datos que aparecen cunha ou dúas cifras significativas teñen a mesma precisión que o resto dos datos (polo xeral, tres cifras significativas), e ao final farase un comentario sobre as cifras significativas do resultado.

Cuestións e problemas das [Probos de avaliación do Bacharelato para o acceso á Universidade](#) (A.B.A.U. e P.A.U.) en Galiza.

[Respostas](#) e composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).