

## Campo electrostático

### MÉTODO Y RECOMENDACIONES

#### ● MÉTODO

1. En general:
  - a) Se hace un esquema situando los puntos y las cargas. Se dibujan cada una de las fuerzas o vectores intensidad de campo que actúa en cada punto. Se dibuja el vector resultante.
  - b) Si la situación es simétrica, puede deducirse un resultado nulo. En otro caso se calcula cada fuerza o vector intensidad de campo usando la expresión vectorial correspondiente.
  - c) Se calcula el vector resultante, por el principio de superposición, sumando los vectores individuales.
  - d) Se analiza el resultado comparándolo con el esquema dibujado.
  - e) Se calcula cada uno de los potenciales creado por cada carga en cada punto.
  - f) Se calcula el trabajo de las fuerzas del campo.
  - g) El trabajo necesario de una fuerza exterior es el opuesto al trabajo de las fuerzas del campo, si no hay variación de energía cinética.

2. Cálculo del vector intensidad de campo electrostático en un punto creado por una única carga puntual o esférica.

La intensidad del campo electrostático,  $\vec{E}$ , en un punto en el que se encuentra una carga puntual,  $q$ , de prueba, es la fuerza sobre la unidad de carga positiva situada en ese punto.

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

La ecuación de la intensidad del campo electrostático se obtiene al sustituir  $\vec{F}_E$  por la expresión de la ley de Coulomb, que da la fuerza entre dos cargas,  $Q$  y  $q$ , puntuales o esféricas, separadas por una distancia,  $r$ , siendo  $K$  la constante de Coulomb, y  $\vec{u}_r$ , el vector unitario en la dirección de la línea que une las dos cargas:

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

La ecuación de la intensidad del campo electrostático queda:

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

- a) Se calcula la distancia,  $r$ , entre la carga  $Q$  (situada en el punto 1) que crea el campo y el punto 2, donde se pide calcular el vector intensidad de campo electrostático.
  - (a.1) Si los datos son las coordenadas  $(x_1, y_1)$  y  $(x_2, y_2)$  de los puntos, la distancia,  $r_{12}$ , entre ellos es:

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

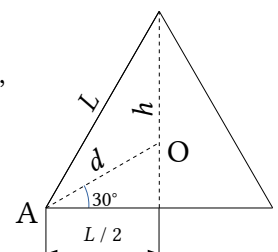
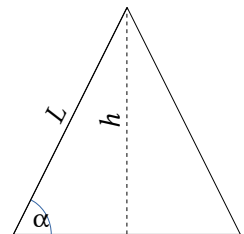
- (a.2) En el caso de puntos en un triángulo, la altura,  $h$ , se calcula:

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

- (a.3) Y si el triángulo es equilátero, la distancia,  $d$ , desde el punto medio,  $O$ , hasta un vértice,  $A$ , se puede calcular como:

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

- b) Se determina el vector unitario a partir del vector de posición del punto 2 respecto al punto 1 donde se encuentra la carga,  $Q$ , que crea el campo.



(b.1) Si los datos son las coordenadas de los puntos, el vector de posición,  $\vec{r}_{12}$ , es:

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

El vector unitario será:

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

(b.2) En caso de conocer el ángulo  $\alpha$  que forma el vector  $\vec{r}_{12}$  con el eje  $X$  horizontal, el vector unitario se calcula con la expresión:

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

c) Se calcula el vector intensidad de campo con la ecuación:

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

Sin olvidar las unidades (N/C) en el resultado.

d) Se calcula el módulo del vector intensidad de campo,  $|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$ , sin olvidar escribir las unidades (N/C) en el resultado.

3. Cálculo del vector intensidad de campo electrostático en un punto creado por varias cargas.  
La intensidad de campo electrostático en un punto debido a varias cargas puntuales es la suma vectorial de las intensidades de campo electrostático creadas por cada carga como si las otras no estuviesen.
  - a) Se dibujan los vectores intensidad de campo electrostático producidos en el punto por cada una de las cargas, y se dibuja también el vector intensidad de campo resultante, que es la suma vectorial de ellos (principio de superposición).
  - b) Se calcula cada uno de los vectores intensidad de campo creados por las cargas, del mismo modo que se indicó en el [apartado anterior](#), aunque a veces no es necesario repetir cálculos porque se pueden deducir los resultados a partir del primero, a la vista de la simetría de la situación.
  - c) Se calcula el vector fuerza o intensidad de campo electrostático resultante en el punto como la suma vectorial de las intensidades de campo electrostático producidas por cada carga, aplicando el principio de superposición.
  - d) Se analiza el resultado comparándolo con el croquis dibujado.
  - e) Se calcula el módulo del vector intensidad de campo resultante sin olvidar escribir las unidades.
4. Cálculo del vector fuerza electrostática sobre una carga,  $q$ , en un punto creado por varias cargas.  
La fuerza entre dos cargas eléctricas,  $Q$  y  $q$ , puntuales o esféricas, separadas por una distancia,  $r$ , se rige por la ley de Coulomb, siendo  $K$  la constante de Coulomb, y  $\vec{u}_r$ , el vector unitario en la dirección de la línea que une las dos cargas:

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

Se realiza de [forma análoga](#) a la del campo electrostático, usando la expresión de la fuerza en vez de la intensidad de campo, y teniendo en cuenta que las unidades son newtons (N).

5. Cálculo del trabajo necesario para desplazar una carga entre dos puntos A y B.  
Suponiendo que la carga sale de A y llega a B con la misma velocidad, el trabajo de la fuerza resultante es nulo.

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

El trabajo que hay que hacer (trabajo de la fuerza exterior) será igual y de signo contrario al trabajo de la fuerza del campo:

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

El trabajo que hace la fuerza del campo conservativo es igual al valor de la carga,  $q$ , que se desplaza, multiplicado por la diferencia de potencial entre los puntos de partida A y llegada B:

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

El potencial electrostático en un punto situado a una distancia,  $r$ , de una carga puntual  $Q$  es el trabajo que hace la fuerza electrostática cuando la unidad de carga positiva se traslada desde su posición hasta el infinito:

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

El potencial electrostático en un punto debido a varias cargas puntuales es la suma de los potenciales electrostáticos creados por cada carga como si las otras no estuviesen.

$$V = \sum V_i$$

- [Se calculan las distancias](#) entre el punto de partida y los puntos en los que se encuentran las cargas, si no se han calculado antes.
- Se calcula el potencial en el punto de partida producido por cada carga  $Q$ , con la ecuación:

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

Sin olvidar escribir las unidades (V) en el resultado.

- Se suman los potenciales producidos por cada carga en ese punto.
- Se repite el proceso para el punto de llegada.
- Se calcula el trabajo de la fuerza del campo, sin olvidar escribir las unidades (J) en el resultado.

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

- Se explica que el trabajo de la fuerza exterior es igual y de signo contrario al de la fuerza del campo, suponiendo que la velocidad de salida de A y llegada a B es la misma.

## ● RECOMENDACIONES

- Se hará una lista con los datos, pasándolos al Sistema Internacional si no lo estuviesen.
- Se hará otra lista con las incógnitas.
- Se dibujará un croquis de la situación, procurando que las distancias del croquis sean coherentes con ella. Se deberá incluir cada una de las fuerzas o de las intensidades de campo, y su resultante.
- Se hará una lista de las ecuaciones que contengan las incógnitas y alguno de los datos, mencionando a la ley o principio al que se refieren.
- En caso de tener alguna referencia, al terminar los cálculos se hará un análisis del resultado para ver si es el esperado. En particular, comprobar que los vectores campo electrostático tienen la dirección y el sentido acorde con el croquis.
- En muchos problemas las cifras significativas de los datos son incoherentes. Se resolverá el problema suponiendo que los datos que aparecen con una o dos cifras significativas tienen la misma precisión que el resto de los datos (por lo general, tres cifras significativas), y al final se hará un comentario sobre las cifras significativas del resultado.

Cuestiones y problemas de las [Pruebas de evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad](#) (A.B.A.U. y P.A.U.) en Galicia.

[Respuestas](#) y composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).