CLASE 03 · CAPÍTULO 1 · ELECTROSTÁTICA · 2:55 MIN

EL CAMPO ELÉCTRICO Y SUS LÍNEAS

Las cargas fuente modifican el espacio que las rodea: el campo eléctrico dice, en cada punto, qué fuerza sentiría ahí cada coulomb de carga de prueba.



VER LA CLASE

BNSOLUTIONS.CL/LECTURES

01 IDEAS CLAVE

De la acción a distancia al campo

A Newton le parecía absurdo que un cuerpo actuara sobre otro a través del vacío, y la ley de Coulomb hereda ese problema. Faraday imaginó el espacio lleno de líneas de fuerza, que veía con limaduras de hierro: para él, el espacio transmite la acción. Maxwell tradujo esas líneas a ecuaciones y mostró que los cambios del campo viajan a velocidad finita, $\Delta t = r/c$: si el Sol desapareciera, la Tierra lo notaría unos 8,3 minutos después.

Fuerza por unidad de carga

El campo eléctrico en un punto es la fuerza sobre una carga de prueba q_0 dividida por esa carga, $\vec{E} = \vec{F}/q_0$, y se mide en N/C. Si se duplica q_0, la fuerza se duplica y el campo no cambia: $\vec{E}$ depende solo de las fuentes. El campo se dibuja para una carga de prueba positiva; una carga negativa en el mismo punto siente la fuerza invertida, pero el campo es el mismo.

Carga puntual y superposición

Una carga Q crea un campo de módulo $k_e|Q|/r^2$, radial: hacia afuera si $Q > 0$ y hacia adentro si $Q < 0$. Con varias cargas, cada una aporta su campo como si estuviera sola, y el campo neto es la suma de los vectores, no de los módulos.

Las reglas de las líneas de campo

En cada punto, $\vec{E}$ es tangente a la línea que pasa por ahí. Las líneas nacen en las cargas positivas, mueren en las negativas (o se van al infinito) y nunca se cruzan. Donde están más juntas el campo es más intenso, y si son paralelas e igualmente espaciadas el campo es uniforme. El número de líneas es proporcional a la carga: de $+2q$ salen el doble que las que llegan a $-q$, y la mitad de ellas se va al infinito.

Dónde se anula el campo

Sobre la recta de dos cargas, el campo se anula donde los dos aportes tienen igual módulo y sentidos opuestos, con $r_1/r_2 = \sqrt{|q_1|/|q_2|}$. Con signos iguales ese punto está entre las cargas, más cerca de la menor; con signos opuestos y módulos distintos, fuera del segmento, del lado de la menor; con signos opuestos y módulos iguales, no existe a distancia finita.

02 FÓRMULAS

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}, \qquad \vec{F} = q\,\vec{E}, \qquad [E] = \mathrm{N/C} = \mathrm{V/m}$$

Definición del campo y fuerza sobre cualquier carga q colocada en ese punto, con su signo.

$$\vec{E} = k_e \frac{Q}{r^2}\,\hat{r}, \qquad |\vec{E}| = k_e \frac{|Q|}{r^2}$$

Campo de una carga puntual; $\hat{r}$ va desde la carga hacia el punto.

$$\vec{E}(P) = \sum_{n=1}^{N} k_e\, q_n \frac{\vec{r}_P - \vec{r}_n}{|\vec{r}_P - \vec{r}_n|^3}$$

Superposición de campos de N cargas puntuales. Se suma componente a componente.

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}}$$

Punto de campo nulo sobre la recta de dos cargas: r_1 y r_2 son las distancias a cada una. Vale solo donde los dos campos apuntan en sentidos opuestos.

$$\Delta t = \frac{r}{c}, \qquad c \approx 3 \times 10^8\ \mathrm{m/s}$$

Retardo con que llega un cambio del campo a una distancia r. La electrostática describe la situación ya establecida.

03 EJEMPLO RESUELTO

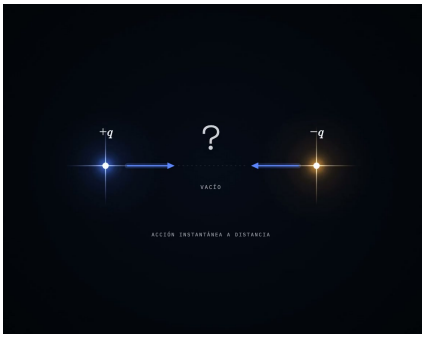
RESUELTO PASO A PASO

Una carga $+Q = +1{,}0$ nC está en $x = 0$ y otra $-Q = -1{,}0$ nC en $x = 10$ cm. Calcule el campo en el punto medio M y la fuerza sobre un electrón colocado ahí.

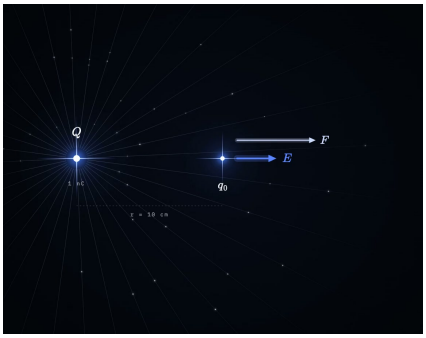
1. M está a $r = 0{,}050$ m de cada carga. Cada aporte tiene módulo $k_eQ/r^2 = \dfrac{(8{,}99\times10^{9})(1{,}0\times10^{-9})}{(0{,}050)^2} = 3596$ N/C.
2. Sentidos: el campo de $+Q$ se aleja de ella, hacia $+\hat{x}$. El campo de $-Q$ apunta hacia ella, también hacia $+\hat{x}$.
3. Los dos aportes tienen igual módulo y el mismo sentido, así que se suman: $\vec{E}_M = (3596 + 3596)\,\hat{x} = 7192\,\hat{x}$ N/C.
4. Fuerza sobre el electrón: $\vec{F} = (-e)\vec{E}_M = -(1{,}602\times10^{-19})(7192)\,\hat{x} = -1{,}15\times10^{-15}\,\hat{x}$ N, hacia la carga positiva.

RESULTADO $\vec{E}_M = 7{,}19\times10^{3}\,\hat{x}$ N/C (de $+Q$ hacia $-Q$) y $\vec{F} = -1{,}15\times10^{-15}\,\hat{x}$ N. En el punto medio los módulos son iguales y, aun así, el campo no se anula: los dos aportes se suman.

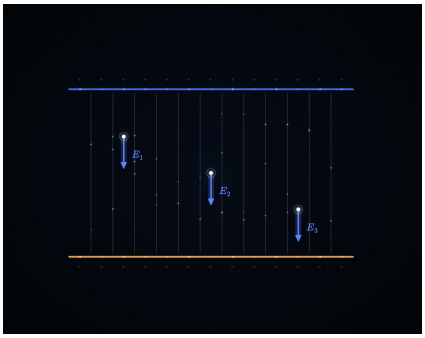
04 EN EL VIDEO



MINUTO 0:10



MINUTO 0:50



MINUTO 1:50

05 ¡OJO!

- Igualar módulos no basta para anular el campo: hay que comprobar que los dos aportes apunten en sentidos opuestos.
- Una carga negativa siente la fuerza en sentido contrario a $\vec{E}$; el campo y sus líneas quedan iguales, porque siempre se dibujan para una carga de prueba positiva.
- Campo y fuerza son cosas distintas: dos cargas se ejercen fuerzas de igual módulo, pero el campo de cada una en la posición de la otra puede ser muy distinto.
- Una línea de campo marca la dirección de la fuerza, no el camino de la partícula. Solo coinciden si la línea es recta y la carga parte del reposo.

06 PARA PENSAR

? ¿Por qué puede existir un campo en un punto donde no hay ninguna carga de prueba?

? Si dos líneas de campo se cruzaran, ¿qué diría eso sobre el campo en el punto de cruce?

? Entre una carga $+q$ y una $-4q$, ¿hacia qué lado buscaría el punto de campo nulo, y por qué no está entre ellas?

? ¿Qué indica que en una región las líneas sean paralelas e igualmente espaciadas?

07 EJERCICIOS

DIFICULTAD ●○○ DIRECTA ●●○ COMBINA IDEAS ●●● DESAFÍO · SOLUCIONES AL FINAL

01 ●○○

Una carga puntual de 1,0 nC está fija. Calcule el campo a 10 cm de ella y la fuerza sobre cargas de prueba de 1,0 pC y 2,0 pC colocadas ahí.

02 ●○○

En cierto punto el campo es $\vec{E} = 2{,}5 \times 10^4\ \hat{x}$ N/C. ¿Qué fuerza siente un electrón ubicado ahí?

03 ●●○

Una carga $q_1 = +4{,}0$ nC está en $x = 0$ y otra q_2 en $x = 0{,}30$ m. Encuentre el punto del eje donde el campo es nulo (a) si $q_2 = +1{,}0$ nC y (b) si $q_2 = -1{,}0$ nC.

04 ●●●

Una carga +2,0 nC está en $(-4{,}0;\ 0)$ cm y otra −2,0 nC en $(4{,}0;\ 0)$ cm. Calcule el campo en $P = (0;\ 3{,}0)$ cm y la fuerza sobre un protón en P.

08 SOLUCIONES

EJERCICIO 01

$E = k_e Q/r^2 = (8{,}99 \times 10^9)(1{,}0 \times 10^{-9})/(0{,}10)^2 = 899$ N/C, hacia afuera. $F = q_0 E$: $(1{,}0 \times 10^{-12})(899) = 8{,}99 \times 10^{-10}$ N y $(2{,}0 \times 10^{-12})(899) = 1{,}80 \times 10^{-9}$ N.

$E = 899$ N/C; $F = 0{,}899$ nN y $1{,}80$ nN; **el campo es el mismo en ambos casos.**

EJERCICIO 02

$\vec{F} = q\vec{E} = (-1{,}602 \times 10^{-19})(2{,}5 \times 10^4)\,\hat{x}$.

$\vec{F} = -4{,}0 \times 10^{-15}\,\hat{x}$ N, **opuesta al campo.**

EJERCICIO 03

En ambos casos $r_1/r_2 = \sqrt{4/1} = 2$. (a) Signos iguales: el punto está entre las cargas, $x = 2(0{,}30 - x)$, $x = 0{,}20$ m. (b) Signos opuestos: está fuera del segmento, del lado de q_2 (la menor): $x = 2(x - 0{,}30)$, $x = 0{,}60$ m. Entre las cargas los dos campos apuntan hacia $+\hat{x}$ y no se cancelan.

(a) $x = 0{,}20$ m. **(b)** $x = 0{,}60$ m.

EJERCICIO 04

Cada carga está a 5,0 cm de P, con módulo $k_e(2{,}0 \times 10^{-9})/(0{,}050)^2 = 7192$ N/C. El de la positiva apunta de ella hacia P, en la dirección $(0{,}8;\ 0{,}6)$; el de la negativa, de P hacia ella, en $(0{,}8;\ -0{,}6)$. Las componentes y se cancelan y las x se suman: $E_x = 2(0{,}8)(7192) = 1{,}15 \times 10^4$ N/C. Sobre el protón, $F = eE_x = 1{,}84 \times 10^{-15}$ N.

$\vec{E}_P = 1{,}15 \times 10^4\,\hat{x}$ N/C; $\vec{F} = 1{,}84 \times 10^{-15}\,\hat{x}$ N.

09 PARA SEGUIR

LECTURAS



Física universitaria vol. 2 · 5.4 Campo eléctrico

Definición E = F/q y superposición de campos de cargas puntuales.

OPENSTAX · CC BY 4.0 · ES



Física universitaria vol. 2 · 5.6 Líneas de campo eléctrico

Reglas para dibujar líneas de campo e interpretarlas.

OPENSTAX · CC BY 4.0 · ES

CURSOS ABIERTOS



MIT 8.02 (primavera 2007) · Cap. 2 Coulomb's Law (apuntes PDF)

Secciones 2.4 y 2.5: campo eléctrico y líneas de campo.

MIT OPENCOURSEWARE (P. DOURMASHKIN, J. BELCHER ET AL.) · CC BY-NC-SA 4.0 · EN

SIMULACIONES



PhET · Cargas y campos

Coloca cargas y mira el campo con vectores y sensores en cualquier punto.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS, UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER · CC BY 4.0 · ES

Basada en: Apuntes de Electricidad y Magnetismo (J. Patiño, CFSA3440), Clase 1, sección 9 (El problema de la acción a distancia: de Newton a Faraday) y sección 10 (El campo eléctrico), 10.1 a 10.3. Ficha de B&N Lectures, proyecto creado y dirigido por Nicolás Moreno; el texto, los ejercicios y las cifras son propios y se comprobaron con código. Fotogramas del video de la clase. © 2026 B&N Solutions · bnsolutions.cl/lectures