


CLASE 04 · CAPÍTULO 1 · ELECTROSTÁTICA · 2:40 MIN

# UNA CARGA EN UN CAMPO

En un campo uniforme una carga se mueve como un proyectil, pero con aceleración $(q/m)\vec{E}$, que cambia de una partícula a otra.

VER LA CLASE

BNSOLUTIONS.CL/LECTURES

## 01 IDEAS CLAVE

### El campo uniforme y el signo de la carga

Entre dos placas paralelas cargadas las líneas son rectas, paralelas e igualmente espaciadas: el campo tiene el mismo módulo y la misma dirección en todo punto. Sobre una carga $q$ actúa $\vec{F} = q\vec{E}$, a favor de las líneas si $q > 0$ y en contra si $q < 0$, con módulo $|q|E$. Las líneas quedan iguales para cualquier carga; cambia el sentido de la fuerza.

### La razón $q/m$ manda

En gravedad uniforme, $m\vec{a} = m\vec{g}$: la masa se cancela y todos los cuerpos caen con la misma aceleración. En un campo eléctrico, $m\vec{a} = q\vec{E}$ y $\vec{a} = (q/m)\vec{E}$, que depende de la carga, de la masa y del signo. Por eso un campo eléctrico separa partículas y la gravedad no; en eso se basan el espectrómetro de masas y los aceleradores.

### Es el tiro parabólico de mecánica

Con la fuerza constante y vertical, el movimiento es uniforme en $x$ y uniformemente acelerado en $y$. Lanzada de lado, la carga describe una parábola; lanzada con un ángulo $\theta$, las ecuaciones son las del tiro parabólico con $g$ reemplazada por $|q|E/m$. Si parte del reposo o con velocidad paralela al campo, el movimiento es rectilíneo.

### Línea de campo y trayectoria no son lo mismo

La línea de campo es tangente a la fuerza, es decir, a la aceleración; la trayectoria es tangente a la velocidad. En un campo uniforme las líneas son rectas y una carga lanzada de lado describe una curva. Solo coinciden si la carga parte del reposo (o con velocidad paralela al campo) en un campo de líneas rectas.

### Cuándo se desprecia la gravedad

Para un electrón en un campo modesto de $10^3$ N/C, la aceleración eléctrica es unas $10^{13}$ veces $g$, así que con partículas elementales la gravedad se desprecia. En la gota de Millikan la masa es macroscópica y las dos fuerzas compiten: $\vec{a} = \vec{g} + (q/m)\vec{E}$, y la gota queda en equilibrio cuando la fuerza eléctrica compensa el peso. Lo que viene: pasar de cargas discretas a densidades continuas.

## 02 FÓRMULAS

$$\vec{F} = q\,\vec{E}, \qquad \vec{a} = \frac{q}{m}\,\vec{E}$$

Fuerza y aceleración de una carga $q$ de masa $m$ cuando solo actúa el campo eléctrico. $q$ entra con su signo.

$$x(t) = v_0 \cos\theta\, t, \qquad y(t) = v_0 \sin\theta\, t + \tfrac{1}{2} a_y t^2$$

Movimiento en un campo uniforme vertical, con $a_y = qE_y/m$ y lanzamiento desde el origen con rapidez $v_0$ y ángulo $\theta$.

$$y(x) = \tan\theta\, x + \frac{a_y}{2\,v_0^2 \cos^2\theta}\, x^2$$

Trayectoria: una parábola. Con $\theta = 0$ queda $y = a_y x^2/(2v_0^2)$.

$$\vec{a} = \vec{g} + \frac{q}{m}\,\vec{E}$$

Si actúan la gravedad y el campo eléctrico, y no hay otras fuerzas.

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a}}, \qquad v = \sqrt{2ad}$$

Tiempo y rapidez al recorrer una distancia $d$ desde el reposo con aceleración constante $a$.

## 03 EJEMPLO RESUELTO

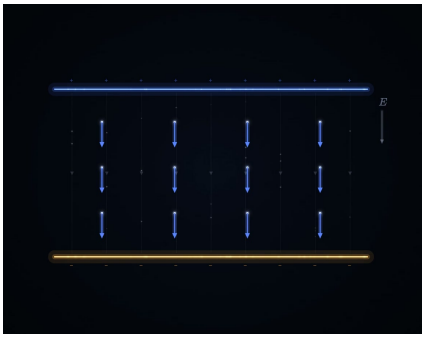
RESUELTO PASO A PASO

Un electrón está en un campo uniforme de $E = 1{,}0 \times 10^3$ N/C. Calcule su aceleración, compárela con $g = 9{,}8$ m/s$^2$ y calcule cuánto tarda en recorrer 1,0 cm desde el reposo, frente a una piedra en caída libre.

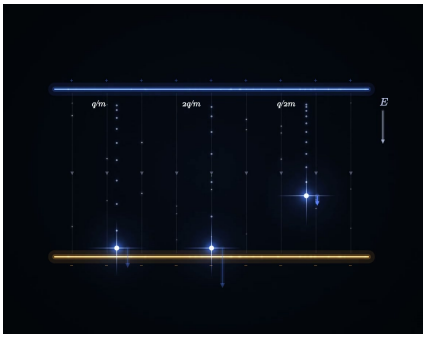
1. Módulo de la aceleración: $a = \dfrac{eE}{m_e} = \dfrac{(1{,}602 \times 10^{-19})(1{,}0 \times 10^3)}{9{,}11 \times 10^{-31}} = 1{,}76 \times 10^{14}$ m/s$^2$, en sentido opuesto al campo.
2. Comparación: $a/g = 1{,}76 \times 10^{14}/9{,}8 = 1{,}79 \times 10^{13}$. El peso del electrón es despreciable.
3. Tiempo del electrón: $t = \sqrt{2d/a} = \sqrt{2(0{,}010)/1{,}76 \times 10^{14}} = 1{,}07 \times 10^{-8}$ s.
4. Tiempo de la piedra: $t = \sqrt{2(0{,}010)/9{,}8} = 4{,}52 \times 10^{-2}$ s.

RESULTADO $a = 1{,}76 \times 10^{14}$ m/s$^2$, unas $1{,}8 \times 10^{13}$ veces $g$. El electrón recorre 1 cm en 10,7 ns; la piedra, en 45,2 ms.

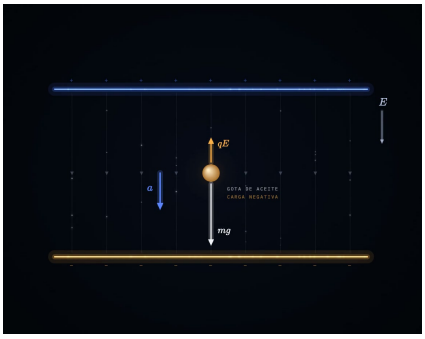
## 04 EN EL VIDEO




MINUTO 0:09




MINUTO 0:46




MINUTO 2:18

## 05 ¡OJO!

- El signo de $q$ decide el sentido de la aceleración: un electrón acelera en contra de las líneas de campo.

- La trayectoria no sigue las líneas de campo. En un campo uniforme las líneas son rectas y la trayectoria de una carga lanzada de lado es una parábola.
- Las fórmulas del tiro parabólico valen solo si el campo es uniforme. Si cambia de punto a punto, la aceleración también cambia.
- Despreciar la gravedad es correcto para electrones y protones, no para una gota de aceite: ahí hay que sumar las dos aceleraciones.

## 06 PARA PENSAR

? Un protón y un electrón se sueltan en el mismo campo uniforme. ¿Sienten fuerzas de igual módulo? ¿Tienen la misma aceleración?

? ¿Por qué la gravedad no puede separar partículas de distinta masa y un campo eléctrico sí?

? ¿En qué condiciones una carga sí se mueve a lo largo de una línea de campo?

? Si una gota de Millikan en equilibrio gana un electrón, ¿hacia dónde empieza a moverse?

## 07 EJERCICIOS

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

**01** ●○○

Un protón ($m_p = 1{,}673 \times 10^{-27}$ kg) está en un campo uniforme de $5{,}0 \times 10^{3}$ N/C. Calcule el módulo de la fuerza y de la aceleración, y su sentido respecto del campo.

**02** ●○○

Un electrón se suelta desde el reposo en un campo uniforme $\vec{E} = 2{,}0 \times 10^{3}\,\hat{y}$ N/C. ¿Hacia dónde acelera? ¿Qué rapidez tiene después de recorrer 2,0 cm?

**03** ●●○

Un electrón entra horizontalmente, con $v_0 = 2{,}0 \times 10^{7}$ m/s, entre dos placas de 4,0 cm de largo. Entre ellas el campo es uniforme, de $1{,}5 \times 10^{3}$ N/C, y apunta hacia abajo. ¿Cuánto se desvía verticalmente al salir de las placas y con qué ángulo sale?

**04** ●●●

Una gota de aceite de masa $2{,}0 \times 10^{-15}$ kg tiene 4 electrones en exceso. (a) ¿Qué campo (módulo y sentido) la deja en equilibrio? Use $g = 9{,}8$ m/s$^2$. (b) Con ese mismo campo, la gota captura un electrón más. ¿Qué aceleración tiene justo después, cuando aún está en reposo?

## 08 SOLUCIONES

### EJERCICIO 01

$F = eE = (1{,}602 \times 10^{-19})(5{,}0 \times 10^{3}) = 8{,}0 \times 10^{-16}$ N. $a = F/m_p = 8{,}01 \times 10^{-16}/1{,}673 \times 10^{-27} = 4{,}8 \times 10^{11}$ m/s$^2$. La carga es positiva: a favor del campo.

**$F = 8{,}0 \times 10^{-16}$ N, $a = 4{,}8 \times 10^{11}$ m/s$^2$, en el sentido del campo.**

### EJERCICIO 02

Como $q < 0$, acelera hacia $-\hat{y}$, con $a = eE/m_e = 3{,}52 \times 10^{14}$ m/s$^2$. Parte del reposo y el campo es uniforme: movimiento rectilíneo sobre la línea de campo. $v = \sqrt{2ad} = \sqrt{2(3{,}52 \times 10^{14})(0{,}020)} = 3{,}75 \times 10^{6}$ m/s, un 1,25 % de la velocidad de la luz, así que la mecánica de Newton basta.

**Hacia $-\hat{y}$; $v = 3{,}75 \times 10^{6}$ m/s.**

### EJERCICIO 03

Tiempo entre placas: $t = L/v_0 = 0{,}040/2{,}0 \times 10^{7} = 2{,}0 \times 10^{-9}$ s. El electrón acelera contra el campo, hacia arriba: $a_y = eE/m_e = 2{,}64 \times 10^{14}$ m/s$^2$. Desvío: $y = \frac{1}{2}a_y t^2 = 5{,}28 \times 10^{-4}$ m. Al salir, $v_y = a_y t = 5{,}28 \times 10^{5}$ m/s y $\tan\alpha = v_y/v_0 = 0{,}0264$.

**Se desvía 0,53 mm hacia arriba y sale a 1,5° sobre la horizontal.**

### EJERCICIO 04

(a) $q = -4e = -6{,}41 \times 10^{-19}$ C. La fuerza eléctrica debe apuntar hacia arriba y la carga es negativa, así que $\vec{E}$ apunta hacia abajo, con $E = mg/|q| = (2{,}0 \times 10^{-15})(9{,}8)/6{,}41 \times 10^{-19} = 3{,}06 \times 10^{4}$ N/C. (b) Con $q' = -5e$, la fuerza eléctrica pasa a $\frac{5}{4}mg$ hacia arriba. Con $\vec{a} = \vec{g} + (q'/m)\vec{E}$: $a_y = -g + \frac{5}{4}g = g/4 = 2{,}45$ m/s$^2$. En reposo el roce del aire es nulo, así que esa es la aceleración inicial.

**(a) $E = 3{,}06 \times 10^{4}$ N/C, hacia abajo. (b) 2,45 m/s$^2$ hacia arriba.**

## 09 PARA SEGUIR

### LECTURAS

Física universitaria vol. 2 · 5.4 Campo eléctrico

La fuerza F = qE sobre una carga de prueba; punto de partida para la dinámica.

OPENSTAX · CC BY 4.0 · ES

Física universitaria vol. 2 · 7.2 Potencial eléctrico y diferencia de potencial

Campo uniforme entre placas paralelas y aceleración de cargas por una diferencia de potencial.

OPENSTAX · CC BY 4.0 · ES

### CURSOS ABIERTOS

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

Sección 2.6 «Force on a Charged Particle in an Electric Field»: movimiento en campo uniforme.

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

### SIMULACIONES

PhET · Hockey eléctrico

Guía un disco cargado colocando cargas fijas; trayectorias en un campo (versión clásica en Java, corre en el navegador).

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 10.4 (Carga libre en un campo externo: comparación con gravedad) y el recuadro sobre líneas de fuerza y trayectorias de la sección 10.2; secciones 11 y 12.3 para el resumen y el paso siguiente. 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