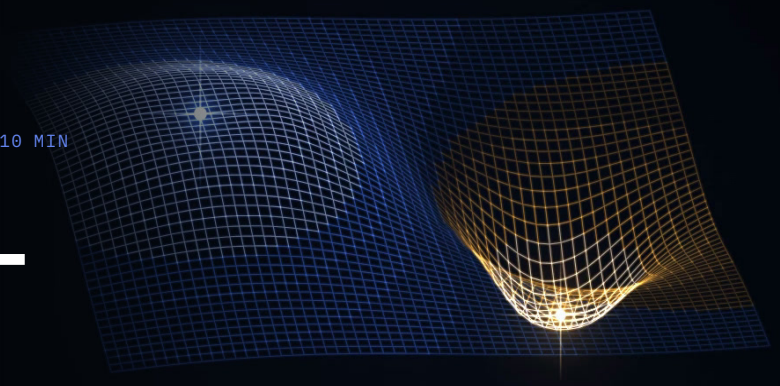


CLASE 11 · CAPÍTULO 4 · POTENCIAL ELÉCTRICO · 3:10 MIN

EL POTENCIAL ELÉCTRICO

El potencial es la energía potencial por unidad de carga: una propiedad de cada punto del espacio que se suma como un número con signo, y de la que solo se mide la diferencia entre dos puntos.

VER LA CLASE

BNSOLUTIONS.CL/LECTURES

01 IDEAS CLAVE

Energía por unidad de carga

La energía U de una carga de prueba depende de cuánto vale q_0, igual que la fuerza. Al dividir, $V_P = U_P/q_0$ ya no depende de q_0: es una propiedad del punto P creada por las cargas fuente, como lo es $\vec{E} = \vec{F}/q_0$. Lo que siente la carga es $\vec{F} = q_0\vec{E}$ y $U = q_0V$; lo que pertenece al espacio es $\vec{E}$ y V.

El volt y el electronvolt

La unidad del potencial es J/C, que se llama volt: una carga de 1 C en un punto donde $V = 1$ V tiene 1 J de energía potencial. El nombre honra a Alessandro Volta, autor de la primera pila en 1800. En física atómica se usa el electronvolt, la energía que gana un electrón al atravesar una diferencia de potencial de 1 V: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}$ J.

Carga puntual y superposición

Al dividir $U = k_e q q_0/r$ por q_0 queda $V = k_e q/r$, con cero en el infinito. V es un número con signo: una carga positiva crea potencial positivo a su alrededor y una negativa, potencial negativo. Con varias cargas, el potencial total es la suma algebraica de los aportes, sin vectores unitarios ni componentes; por eso suele convenir calcular V primero y obtener $\vec{E}$ después.

Distribuciones continuas

La receta es la misma que para el campo: elegir un dq ($\lambda\,ds$, $\sigma\,dA$ o $\rho\,dV$), escribir su distancia r al punto y sumar $k_e\,dq/r$ sobre toda la fuente. Hay dos simplificaciones: r aparece a la primera potencia y no hay versores que proyectar. La simetría todavía ayuda, pero solo para reconocer qué distancia es constante sobre la fuente.

Lo que se mide es la diferencia

El valor de V en un punto depende de dónde se puso el cero; con otra referencia, todos los valores cambian en la misma constante. Un voltímetro mide siempre $\Delta V = V_b - V_a = -\int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{s}$, que no depende de la referencia. Esa diferencia es la que mueve las cargas: una carga positiva libre va de potencial alto a potencial bajo, y sin ΔV no hay corriente. Las superficies donde V es constante son el tema de la clase siguiente.

02 FÓRMULAS

$$V_P = \frac{U_P}{q_0}, \qquad U = q_0 V$$

Definición del potencial; unidad 1 V = 1 J/C.

$$V_P = k_e \int \frac{dq}{r}$$

Distribución continua, con $dq = \lambda\, ds$, $\sigma\, dA$ o $\rho\, dV$.

$$V(r) = \frac{k_e q}{r}$$

Carga puntual, con $V(\infty) = 0$. Sin valor absoluto: lleva el signo de q.

$$\Delta V = V_b - V_a = \frac{U_b - U_a}{q_0} = -\int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

La cantidad que se mide; no depende de la referencia ni del camino.

$$V_P = \sum_{n=1}^{N} \frac{k_e q_n}{r_n}$$

Superposición: suma de números con signo; r_n es la distancia de la carga n al punto P.

$$1\ \text{eV} = (1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{C})(1\ \text{V}) = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

Energía que gana un electrón al atravesar una diferencia de potencial de 1 V.

03 EJEMPLO RESUELTO

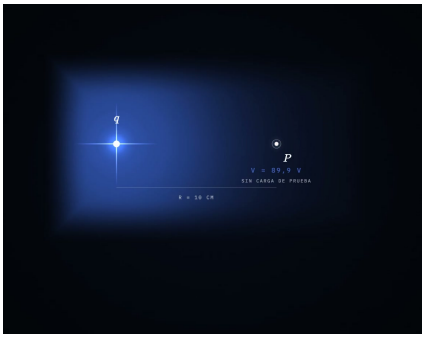
RESUELTO PASO A PASO

Una carga de +2,0 nC está en $(-8{,}0;\ 0)$ cm y otra de −1,0 nC en $(8{,}0;\ 0)$ cm, como en el video. Calcule el potencial en $P = (2{,}0;\ 7{,}0)$ cm, con cero en el infinito, y la energía potencial de un electrón colocado en P.

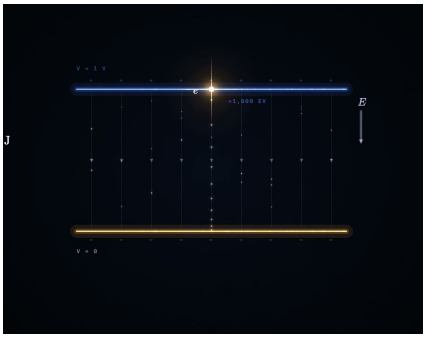
1. Distancias a P: $r_1 = \sqrt{(10{,}0)^2 + (7{,}0)^2}$ cm $= 12{,}21$ cm y $r_2 = \sqrt{(6{,}0)^2 + (7{,}0)^2}$ cm $= 9{,}22$ cm.
2. Aporte de la carga positiva: $V_1 = k_e q_1 / r_1 = (8{,}99 \times 10^9)(2{,}0 \times 10^{-9})/0{,}1221 = +147{,}3$ V.
3. Aporte de la negativa: $V_2 = k_e q_2 / r_2 = (8{,}99 \times 10^9)(-1{,}0 \times 10^{-9})/0{,}0922 = -97{,}5$ V.
4. Se suman como números: $V_P = 147{,}3\ \text{V} - 97{,}5\ \text{V} = 49{,}8$ V. Para $\vec{E}_P$ habría que sumar dos vectores componente a componente.
5. Para el electrón, $U = q_0 V_P = (-1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{C})(49{,}8\ \text{V}) = -7{,}98 \times 10^{-18}$ J, es decir, −49,8 eV.

RESULTADO $V_P = 49{,}8$ V; un electrón en P tiene $U = -7{,}98 \times 10^{-18}$ J $= -49{,}8$ eV.

04 EN EL VIDEO



MINUTO 0:33



MINUTO 1:38



MINUTO 2:44

05 ¡OJO!

- El potencial lleva el signo de la carga que lo crea. Poner barras de módulo, como en $\|\vec{E}\|$, es un error conceptual.
- Siempre hay que declarar la referencia de $V = 0$. El valor de V en un punto no tiene sentido físico sin ella; ΔV sí.
- $V = 0$ en un punto no implica $\vec{E} = \vec{0}$ ahí, ni al revés: uno es un número y el otro un vector, y dependen de cosas distintas.
- En $V = k_e \int dq/r$ la distancia va a la primera potencia. Copiar el r^2 de la integral del campo es un error frecuente.

06 PARA PENSAR

? Dos cargas puntuales de igual magnitud y signos opuestos: ¿hay algún punto a distancia finita donde $V = 0$? ¿Y donde $\vec{E} = \vec{0}$?

? Una carga negativa queda libre en una región con potencial no uniforme. ¿Hacia dónde se mueve: hacia potencial alto o bajo?

? ¿Por qué no tiene sentido hablar del potencial de la Tierra sin decir respecto de qué referencia se mide?

07 EJERCICIOS

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

01 ●○○

Una carga puntual $q = -4{,}0$ nC crea un potencial, con cero en el infinito. Calcule V en un punto a a 20 cm y en un punto b a 50 cm, y la diferencia $V_b - V_a$.

02 ●○○

Un electrón parte del reposo y atraviesa una diferencia de potencial de 500 V, desde la placa negativa hacia la positiva. Calcule su energía cinética final en eV y en J, y su rapidez.

03 ●●○

Un anillo delgado de radio $a = 5{,}0$ cm tiene una carga $Q = 3{,}0$ nC repartida uniformemente. Calcule el potencial en su centro y en un punto de su eje a $z = 12$ cm del centro, con cero en el infinito.

04 ●●●

Una carga de $+6{,}0$ nC está en $x = 0$ y otra de $-2{,}0$ nC en $x = 0{,}40$ m. Encuentre los puntos del eje x (a distancia finita) donde $V = 0$, con cero en el infinito, y calcule el campo en el que está entre las cargas.

08 SOLUCIONES

EJERCICIO 01

$V_a = k_e q/r_a = (8{,}99 \times 10^9)(-4{,}0 \times 10^{-9})/0{,}20$ y $V_b = (8{,}99 \times 10^9)(-4{,}0 \times 10^{-9})/0{,}50$. Al alejarse de una carga negativa, el potencial sube hacia cero.

$V_a = -180$ V, $V_b = -71{,}9$ V y $V_b - V_a = +108$ V.

EJERCICIO 02

La energía potencial del electrón baja en $e\,\Delta V$, que se vuelve cinética: $K = 500$ eV $= 500(1{,}602\times10^{-19})$ J. Luego $v = \sqrt{2K/m_e}$.

$K = 500$ eV $= 8{,}01 \times 10^{-17}$ J y $v = 1{,}33 \times 10^7$ m/s.

EJERCICIO 03

Todo dq del anillo está a la misma distancia $r = \sqrt{a^2 + z^2}$ del punto del eje, así que $V = k_e \int dq/r = k_e Q/\sqrt{a^2 + z^2}$. En el centro, $r = a$. Con $z = 12$ cm, $r = 13$ cm.

$V(0) = 539$ V y $V(12\text{ cm}) = 207$ V.

EJERCICIO 04

$V = 0$ exige $6/|x| = 2/|x - 0{,}40|$, o sea $|x| = 3|x - 0{,}40|$. Entre las cargas, $x = 3(0{,}40 - x)$ da $x = 0{,}30$ m; a la derecha de la negativa, $x = 3(x - 0{,}40)$ da $x = 0{,}60$ m; a la izquierda de la positiva no hay solución. En $x = 0{,}30$ m la positiva empuja hacia $+x$ con $k_e(6{,}0 \times 10^{-9})/(0{,}30)^2$ y la negativa atrae hacia $+x$ con $k_e(2{,}0 \times 10^{-9})/(0{,}10)^2$: los dos aportes se suman.

$x = 0{,}30$ m y $x = 0{,}60$ m. **En $x = 0{,}30$ m, $E = 2{,}40 \times 10^3$ N/C hacia $+x$: el potencial es cero, pero el campo no.**

09 PARA SEGUIR

LECTURAS

Física universitaria vol. 2 · 7.2 Potencial eléctrico y diferencia de potencial
Voltio, electronvoltio y diferencia de potencial entre placas.
OPENSTAX · CC BY 4.0 · ES

Física universitaria vol. 2 · 7.3 Cálculo del potencial eléctrico
Potencial de cargas puntuales por superposición y de distribuciones continuas.
OPENSTAX · CC BY 4.0 · ES

Feynman Lectures Vol. II · Cap. 4 Electrostatics
Sección 4-3 «Electric potential».
RICHARD P. FEYNMAN (CALTECH) · LECTURA LIBRE EN LÍNEA (© CALTECH) · EN

CURSOS ABIERTOS

MIT 8.02 (primavera 2007) · Cap. 3 Electric Potential (apuntes PDF)
Secciones 3.2 a 3.4: campo uniforme, cargas puntuales y distribuciones continuas.
MIT OPENCOURSEWARE (P. DOURMASHKIN, J. BELCHER ET AL.) · CC BY-NC-SA 4.0 · EN

SIMULACIONES

PhET · Cargas y campos
Usa el voltímetro para medir el potencial de un arreglo de cargas en cada punto.
PHET INTERACTIVE SIMULATIONS, UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER · CC BY 4.0 · ES

Basada en: Apuntes de Electricidad y Magnetismo (J. Patiño, CFSA3440), Clase 4 «Potencial eléctrico», secciones 3 (con 3.1 «La unidad: el volt»), 4 «Caso discreto», 5 «Caso continuo» y 6 «Lo que en realidad se mide: la diferencia de potencial», páginas 77 a 81 del PDF. 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