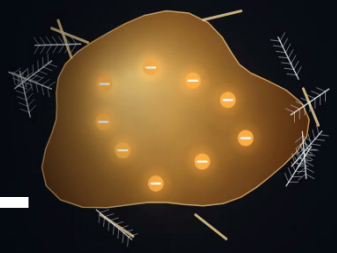
600 a. C.

CLASE 01 · CAPÍTULO 1 · ELECTROSTÁTICA · 2:58 MIN

DEL ÁMBAR A LA CARGA ELEMENTAL



De Tales a Millikan, la electricidad pasó de una curiosidad del ámbar a una propiedad de la materia con signo, que se conserva y viene en múltiplos enteros de e.

VER LA CLASE

BNSOLUTIONS.CL/LECTURES

01 IDEAS CLAVE

De una curiosidad a dos signos

Según la tradición, hacia el 600 a. C. Tales de Mileto notó que el ámbar frotado (élektron, en griego) atrae objetos livianos. En 1600 Gilbert mostró que muchas sustancias se electrizan al frotarlas, y hacia 1660 la máquina de azufre de Guericke permitió producir el efecto a voluntad. En 1729 Gray separó los materiales que transmiten la electrización (conductores) de los que no (aislantes), y en 1733 du Fay estableció la regla: cuerpos electrizados del mismo tipo se repelen y de distinto tipo se atraen.

Franklin: un solo fluido, con signo, que se conserva

Hacia 1750 Franklin reemplazó las dos clases de du Fay por un único fluido en exceso o en defecto, y de ahí vienen los nombres positivo y negativo. Si al frotar la carga solo pasa de un cuerpo a otro, la carga total de un sistema aislado no cambia. La conservación de la carga se sostuvo antes de que nadie supiera qué era una carga: el electrón se descubrió recién en 1897.

Del «cuánto» a una ley

En 1767 Priestley observó que dentro de un conductor hueco cargado no hay fuerza eléctrica; como en la gravedad de Newton, eso apunta a una ley en $1/r^2$. Cavendish lo comprobó y no lo publicó. En 1785 Coulomb midió la fuerza con una balanza de torsión: a la mitad de distancia, cuatro veces más fuerza. Esa ley es el tema de la clase siguiente.

Qué hay dentro del átomo

En 1911 Rutherford lanzó partículas alfa contra una lámina de oro: casi todas pasaban, pero una de cada varios miles rebotaba. El átomo tiene un núcleo diminuto, denso y positivo, de radio cercano a 10^{-15} m, frente a unos 10^{-10} m del átomo. Como una carga acelerada radia, el electrón en órbita debería caer al núcleo; en 1913 Bohr postuló órbitas estacionarias en las que no radia.

Millikan y la carga elemental

Millikan dejó gotitas de aceite cargadas entre dos placas y ajustó el campo hasta que cada gota quedara suspendida, con $qE = mg$. Tras miles de gotas, la carga resultó siempre un múltiplo entero de una misma cantidad, e. Desde 2019 su valor es exacto por definición del SI. Un cuerpo se carga por contacto (queda con el mismo signo que el que lo toca) o por inducción con una conexión a tierra (queda con el signo opuesto al del inductor).

02 FÓRMULAS

$$Q = n\,e, \qquad n \in \mathbb{Z}, \qquad e = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{C}$$

Cuantización: la carga neta de un cuerpo es un múltiplo entero de la carga elemental. Exceso de electrones da $n < 0$; defecto, $n > 0$.

$$n = \frac{|Q|}{e}, \qquad 1\ \text{C} \leftrightarrow 6{,}24 \times 10^{18}\ \text{electrones}$$

Cuántas cargas elementales hay en una carga Q. El coulomb es una unidad enorme: en el laboratorio se trabaja con µC y nC.

$$\sum_i Q_i = \text{constante} \quad \text{(sistema aislado)}$$

Conservación: frotar, tocar o inducir solo redistribuye la carga entre los cuerpos.

$$qE = mg \implies q = \frac{mg}{E}$$

Condición de la gota suspendida de Millikan: la fuerza eléctrica equilibra el peso. Da el módulo de q; el signo sale del sentido del campo.

$$\frac{r_{\text{núcleo}}}{r_{\text{átomo}}} \sim \frac{10^{-15}\ \text{m}}{10^{-10}\ \text{m}} = 10^{-5}$$

Escala de Rutherford: si el núcleo midiera 1 cm, el átomo mediría 1 km.

03 EJEMPLO RESUELTO

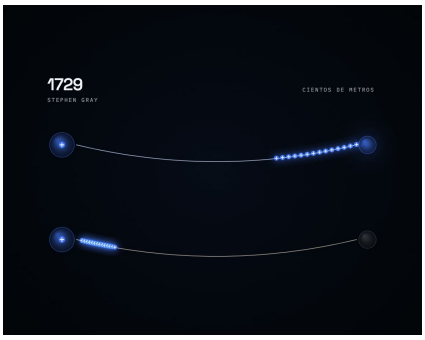
RESUELTO PASO A PASO

Un globo frotado contra el pelo queda con una carga de -10 nC. ¿Cuántos electrones tiene en exceso? ¿En qué fracción cambia su carga si gana un electrón más?

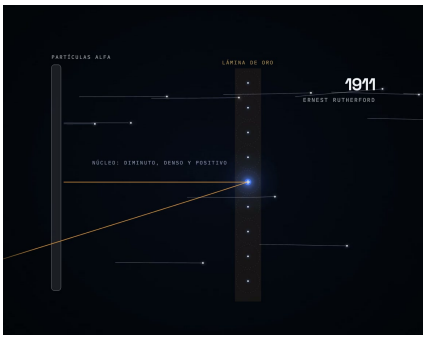
1. El signo negativo indica exceso de electrones: el globo los recibió del pelo, que queda con +10 nC (la carga total se conserva).
2. Número de electrones en exceso: $n = \dfrac{|Q|}{e} = \dfrac{1{,}0 \times 10^{-8}\ \text{C}}{1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{C}} = 6{,}24 \times 10^{10}$.
3. Un electrón más cambia la carga en $\dfrac{1}{n} = 1{,}60 \times 10^{-11}$ de su valor, es decir, una parte en sesenta mil millones.
4. Para comparar: en 1 C caben $1/e = 6{,}24 \times 10^{18}$ cargas elementales, cien millones de veces lo que tiene el globo.

RESULTADO El globo tiene $6{,}24 \times 10^{10}$ electrones en exceso; un electrón más cambia su carga en una parte en $6{,}24 \times 10^{10}$, por eso la carga parece continua.

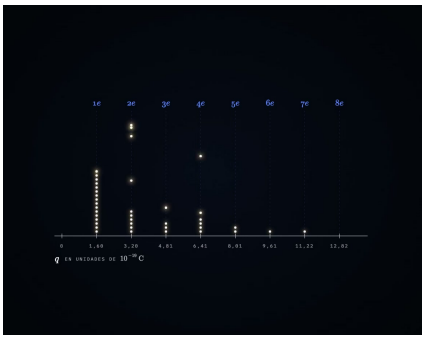
04 EN EL VIDEO



MINUTO 0:31



MINUTO 1:32



MINUTO 2:13

05 ¡OJO!

- Frotar transfiere carga de un cuerpo a otro: si uno queda con $-Q$, el otro queda con $+Q$.
- En un sólido, «carga positiva» casi siempre significa que faltan electrones: los protones están en los núcleos y no se mueven.
- Los quarks tienen cargas de $\pm e/3$ y $\pm 2e/3$, pero no aparecen aislados en la electrización de cuerpos: la carga neta de un objeto ordinario es siempre $n\,e$.
- El átomo de Bohr con órbitas es un modelo histórico; basta para entender los signos de la carga, pero la descripción actual de los electrones es cuántica.

06 PARA PENSAR

? Si la carga está cuantizada, ¿por qué en un globo cargado nunca se nota el salto de un electrón?

? ¿Por qué la carga por inducción exige retirar la conexión a tierra antes de alejar el cuerpo inductor?

? ¿Qué relación hay entre que no haya fuerza dentro de un conductor hueco cargado y que la ley vaya como $1/r^2$?

? ¿Cómo se pudo afirmar que la carga se conserva antes de saber que existen los electrones?

07 EJERCICIOS

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

01 ●○○

Una esfera metálica aislada tiene una carga de +3,2 nC. ¿Ganó o perdió electrones? ¿Cuántos?

02 ●○○

Dos esferas metálicas idénticas, A con +6,0 nC y B con −2,0 nC, se tocan y luego se separan. ¿Con qué carga queda cada una? ¿Cuántos electrones pasaron y en qué sentido?

03 ●●○

En un montaje tipo Millikan, una gota de aceite de masa $4{,}90 \times 10^{-15}$ kg queda suspendida entre dos placas horizontales cuando el campo vale $1{,}00 \times 10^{5}$ N/C y apunta hacia abajo (placa positiva arriba). Use $g = 9{,}8$ m/s^2. ¿Cuál es la carga de la gota y cuántas cargas elementales representa?

04 ●●●

Una moneda de cobre neutra tiene masa 3,11 g. El cobre tiene masa molar 63,55 g/mol y 29 electrones por átomo; $N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$ mol^{-1}. (a) ¿Cuántos electrones tiene la moneda y cuánta carga negativa suman? (b) Para dejarla con +1,0 μC, ¿qué fracción de sus electrones hay que quitar?

08 SOLUCIONES

EJERCICIO 01

Carga positiva significa defecto de electrones. $n = \dfrac{3{,}2\times10^{-9}\ \text{C}}{1{,}602\times10^{-19}\ \text{C}} = 2{,}00\times10^{10}$.

Perdió $2{,}00\times10^{10}$ electrones.

EJERCICIO 02

Por conservación, la carga total es +4,0 nC; al ser idénticas, se reparte en partes iguales: +2,0 nC cada una. B pasa de −2,0 a +2,0 nC: pierde 4,0 nC de electrones, $n = 4{,}0\times10^{-9}/1{,}602\times10^{-19} = 2{,}50\times10^{10}$.

Ambas quedan con +2,0 nC; pasan $2{,}50\times10^{10}$ electrones de B hacia A.

EJERCICIO 03

Equilibrio: $|q|E = mg$, así que $|q| = \dfrac{(4{,}90\times10^{-15})(9{,}8)}{1{,}00\times10^{5}} = 4{,}80\times10^{-19}$ C. La fuerza eléctrica debe apuntar hacia arriba, contra el campo, así que $q<0$. Además $|q|/e = 3{,}00$.

$q = -4{,}80\times10^{-19}\ \text{C} = -3e$: la gota tiene 3 electrones en exceso.

EJERCICIO 04

(a) Átomos: $\dfrac{3{,}11}{63{,}55}(6{,}022\times10^{23}) = 2{,}95\times10^{22}$; electrones: $29\times2{,}95\times10^{22} = 8{,}55\times10^{23}$, con carga $8{,}55\times10^{23}\,e = 1{,}37\times10^{5}$ C (compensada por la de los protones). (b) Hay que quitar $1{,}0\times10^{-6}/e = 6{,}24\times10^{12}$ electrones: una fracción $6{,}24\times10^{12}/8{,}55\times10^{23} = 7{,}30\times10^{-12}$.

(a) $8{,}55\times10^{23}$ electrones, $-1{,}37\times10^{5}$ C. (b) $7{,}30\times10^{-12}$ de los electrones, unas 7 partes en un billón.

09 PARA SEGUIR

LECTURAS

Física universitaria vol. 2 · 5.1 Carga eléctrica
Historia desde el ámbar y Tales, las dos clases de carga, la carga elemental ($1{,}602\cdot10^{-19}$ C) y su cuantización.
OPENSTAX · CC BY 4.0 · ES

Feynman Lectures Vol. II · Cap. 1 Electromagnetism
Sección 1-1: por qué la fuerza eléctrica domina la materia y lo finamente equilibradas que están las cargas.
RICHARD P. FEYNMAN (CALTECH) · LECTURA LIBRE EN LÍNEA (© CALTECH) · EN

CURSOS ABIERTOS

MIT 8.02 (primavera 2007) · Cap. 2 Coulomb's Law (apuntes PDF)
Sección 2.1: carga eléctrica, conservación y cuantización.
MIT OPENCOURSEWARE (P. DOURMASHKIN, J. BELCHER ET AL.) · CC BY-NC-SA 4.0 · EN

SIMULACIONES

PhET · Globos y electricidad estática
Frota el globo y observa cómo se transfieren electrones y aparece la atracción.
PHET INTERACTIVE SIMULATIONS, UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER · CC BY 4.0 · ES

PhET · Travoltaje (John Travoltage)
Carga por frotamiento y descarga: la chispa al tocar el pomo.
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 4 (Una historia que comienza con un trozo de ámbar, 4.1 y 4.2) y sección 5 (Carga eléctrica y estructura de la materia, 5.1 a 5.7). 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