

Cada átomo neutro tiene una carga negativa de magnitud Ze asociada a sus electrones y una carga positiva de la misma magnitud asociada su núcleo. Aquí e es la magnitud de la carga sobre el electrón, la cual es de 1.60×10^{-19} C, y Z es el número atómico del elemento en cuestión. Para el cobre, Z es 29. La magnitud de la carga total negativa o positiva en la moneda es entonces de

$$\begin{aligned} q &= NZe \\ &= (2.95 \times 10^{22})(29)(1.60 \times 10^{-19} \text{ C}) \\ &= 1.37 \times 10^5 \text{ C.} \end{aligned}$$

Ésta es una carga descomunal. Como comparación, la carga que podríamos obtener frotando una varilla de plástico es quizás de 10^{-9} C, valor menor en un factor de unos 10^{14} . Otra comparación: a una carga de 1.37×10^5 C le tomaría unas 38 h fluir por el filamento de un foco eléctrico de 100 W, 120 V. Existe una gran cantidad de carga eléctrica en la materia ordinaria.

Problema muestra 3 En el problema muestra 2 vimos que una moneda pequeña de cobre contiene cargas tanto positivas como negativas, cada una de una magnitud de 1.37×10^5 C. Supongamos que estas cargas pudieran concentrarse en dos "manojos" o grupos con 100 m de separación entre uno y otro. ¿Qué fuerza de atracción actuaría sobre cada manojos?

Solución A partir de la ecuación 4 tenemos

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} = \frac{(8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.37 \times 10^5 \text{ C})^2}{(100 \text{ m})^2} \\ &= 1.69 \times 10^{16} \text{ N.} \end{aligned}$$

¡Esto significa alrededor de 2×10^{13} toneladas de fuerza! Aun si las cargas estuviesen separadas por un diámetro de la Tierra, la fuerza de atracción sería todavía de unas 120 toneladas. En todo esto hemos dejado a un lado el problema de formar con cada una de las cargas separadas un "manojos" o agrupamiento cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con su separación. Tales manojos, si pudiesen formarse alguna vez, explotarían separándose por las fuerzas mutuas de repulsión de Coulomb.

La lección que podemos obtener de este problema muestra es que no podemos perturbar mucho la neutralidad eléctrica de la materia ordinaria. Si tratamos de retirar cualquier fracción considerable de la carga contenida en un cuerpo, aparecerá automáticamente una gran fuerza de Coulomb, que tendería a regresarla.

Problema muestra 4 La distancia promedio r entre el electrón y el protón en el átomo de hidrógeno es de 5.3×10^{-11} m. (a) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza electrostática promedio que actúa entre estas dos partículas? (b) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza gravitatoria promedio que actúa entre estas partículas?

Solución (a) De la ecuación 4 tenemos, para la fuerza electrostática,

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{(8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2} \\ &= 8.2 \times 10^{-8} \text{ N.} \end{aligned}$$

Mientras que esta fuerza puede parecer pequeña (es aproximadamente igual al peso de una motita de polvo), produce un efecto inmenso, es decir, la aceleración del electrón dentro del átomo.

(b) Para la fuerza gravitatoria, tenemos

$$\begin{aligned} F_g &= G \frac{m_e m_p}{r^2} \\ &= \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2)(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2} \\ &= 3.6 \times 10^{-47} \text{ N.} \end{aligned}$$

Vemos que la fuerza gravitatoria es más débil que la fuerza electrostática en un factor enorme de alrededor de 10^{39} . Si bien la fuerza gravitatoria es débil, ésta siempre es de atracción. Por tanto, puede actuar para crear masas muy grandes, como en la formación de las estrellas y de los planetas, de modo que pueden generarse grandes fuerzas gravitatorias. En cambio, la fuerza electrostática es de repulsión para cargas del mismo signo, de manera que no es posible acumular grandes concentraciones sean éstas de carga positiva o negativa. Debemos tener siempre a las dos juntas, de modo que se compensen en gran medida entre sí. Las cargas a las que estamos habituados en nuestras experiencias diarias son pequeñas alteraciones de este equilibrio avasallador.

Problema muestra 5 El núcleo de un átomo de hierro tiene un radio de unos 4×10^{-15} m y contiene 26 protones. ¿Qué fuerza electrostática de repulsión actúa entre dos protones en tal núcleo si están separados por una distancia de un radio?

Solución De la ecuación 4 tenemos

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_p q_p}{r^2} \\ &= \frac{(8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(4 \times 10^{-15} \text{ m})^2} \\ &= 14 \text{ N.} \end{aligned}$$

Esta enorme fuerza, de más de 3 lb y que actúa sobre un solo protón, debe ser más que equilibrada por la fuerza nuclear de atracción que une al núcleo entre sí. Esta fuerza, cuyo alcance es tan corto que sus efectos no pueden percibirse mucho más allá del núcleo, se conoce como "fuerza nuclear fuerte", nombre que resulta muy apropiado.

27-6 LA CARGA SE CONSERVA

Cuando se frota una varilla de vidrio con seda, aparece en aquélla una carga positiva. La medición nos muestra que en la seda aparece una consiguiente carga negativa. Esto indica que la acción de frotar no crea carga, sino que sólo la transfiere de un objeto al otro, alterando ligeramente la neutralidad eléctrica de cada uno. Esta hipótesis de la *conservación de la carga* ha soportado un estrecho escrutinio experimental tanto para acontecimientos de gran escala como al nivel atómico y nuclear: jamás se han encontrado excepciones.