

3 ESTRUCTURA CORPUSCULAR Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA

En el tema anterior hemos desarrollado el modelo cinético corpuscular de la materia, con el que se pueden explicar muchas de sus propiedades. Dado que el modelo de cargas también hace referencia a la estructura interna de la materia, será necesario integrar ambos modelos en uno solo, de modo que se avance hacia una concepción unitaria. Si ello es posible, el modelo resultante será mejor que los dos modelos por separado.



A.17. Sugerid modificaciones que convendría introducir en el modelo cinético corpuscular (todas las sustancias están formadas por partículas) para que pueda englobar el modelo de cargas (en todas las sustancias hay cargas positivas y negativas).

Se puede pensar en varias posibilidades:

- a) que las cargas estén entre las partículas y éstas no tengan carga;
- b) que haya dos clases de partículas, unas con carga positiva y otras negativa;
- c) que una misma partícula contenga cargas, tanto negativas como positivas.

Joaquín Martínez Torregrosa

Aunque, de momento, no podemos dejar por zanjado el problema, sí que podemos apuntar que, en caso de que la propuesta válida fuese la primera o la segunda, deberían ser los gases los mejores conductores, pues, al estar en ellos las partículas muy separadas entre sí, se facilitarían el movimiento de las cargas. Sin embargo, dado que los gases no son buenos conductores, parece más razonable inclinarse por la tercera hipótesis y pensar que las partículas no son «bolas macizas», sino que tendrán una estructura interna en donde habrá otras partículas más pequeñas que estarán cargadas, con carga positiva unas y con carga negativa otras.

4. ESTUDIO CUANTITATIVO DE LAS FUERZAS ENTRE CARGAS ELÉCTRICAS EN REPOSO. (OPCIONAL.)³

³ Este apartado puede no verse, sin perder por ello la coherencia del curso.

El estudio de la propiedad eléctrica, realizado hasta aquí, nos ha proporcionado casi exclusivamente resultados cualitativos; y sería conveniente un estudio cuantitativo, que nos permita precisar aspectos del comportamiento eléctrico referidos a la intensidad de las atracciones y repulsiones entre objetos electrizados. Este estudio cuantitativo es, por otra parte, un aspecto importante en todo trabajo científico. A esto dedicaremos el presente apartado.



A.18. Emitid hipótesis sobre los factores de los que puede depender el valor de la fuerza entre dos cuerpos electrizados. Sugerid alguna forma de dependencia concreta para los factores que se consideren.

Las observaciones cualitativas, que hemos venido realizando hasta ahora, sugieren que la fuerza entre dos cuerpos cargados aumenta, tanto al disminuir la distancia que los separa, como al aumentar el valor de las cargas de dichos cuerpos. Otro factor, que podemos pensar que también influye en el valor de la fuerza, es el medio en donde se encuentren los cuerpos cargados (aire, vacío, agua, etc.).



A.18.1. Diseñad detalladamente los experimentos necesarios para contrastar cada una de las hipótesis anteriores. Concebid, concretamente, alguna forma simple de:

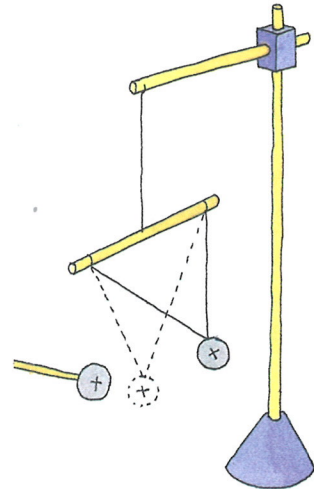
- a) obtener cargas de valores conocidos,
- b) medir la distancia entre los cuerpos cargados,
- c) medir las fuerzas entre los objetos cargados.

Aunque no podemos calcular la carga de un objeto, para nuestros propósitos nos sirve conocer los valores relativos de la carga de distintos objetos, lo cual se puede conseguir repartiendo la carga de un objeto entre varios. Así, se puede repartir la carga de una esfera entre varias (iguales entre sí y metálicas a fin de facilitar el paso de cargas de unas a otras), poniéndolas en contacto, lo que permite obtener cargas de valor $Q/2$, $Q/4$...

El problema de cómo medir la distancia entre los cuerpos lleva a la conveniencia de considerar objetos muy pequeños con relación a la distancia de separación.

Para medir las fuerzas, se puede suspender de un hilo aislante uno de los cuerpos cargados y aproximar el otro objeto, siendo una medida de la fuerza entre dichas cargas la distancia que se separe el objeto suspendido del hilo. Para evitar movimientos laterales, puede suspenderse dicha esfera de dos hilos que queden en forma de V. Además, puesto que las fuerzas eléctricas son pequeñas, estos efectos sólo serán apreciables si los objetos son muy ligeros.

En la realización de las anteriores experiencias resulta bastante difícil obtener medidas precisas, por lo que pasaremos directamente a analizar los datos que se exponen en la siguiente actividad.



A.19. Mediante los experimentos oportunos, realizados con el fin de contrastar las hipótesis emitidas, se obtuvieron los siguientes resultados:

a) Se electrizaron dos pequeñas esferas con carga del mismo signo. Manteniendo constantes las cargas, se procedió a variar la distancia entre sus centros y medir en cada caso el valor de la fuerza de repulsión entre ambas (en unidades arbitrarias):

r (cm)	10	20	30	40	50	60
F (u.a.)	90'0	22'5	10'0	5'6	3'6	2'5

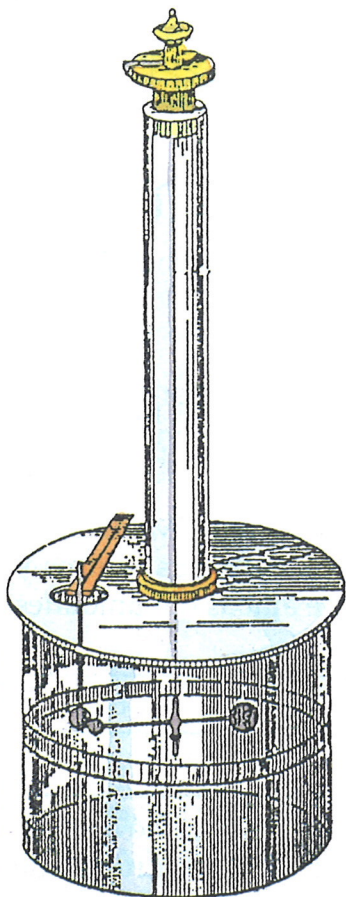
b) Manteniendo constante la distancia entre las dos esferas, se procedió a variar la carga (unidades arbitrarias), calculando en cada caso el valor de la fuerza de repulsión:

Q.q (u.a.)	1'00	0'50	0'25	0'12	0'06
F (u.a.)	90'0	45'0	22'4	11'0	5'5

Analizad e intepretad cada una de las tablas de resultados anteriores con el fin de comprobar si verifican las hipótesis emitidas.

Para interpretar los resultados de la *tabla 1* debéis representar gráficamente $F = f(r)$. A partir de la gráfica podéis comprobar que, cuando la distancia se hace doble, triple... la fuerza no disminuye a la mitad, la tercera parte..., sino a la cuarta, novena..., lo cual nos confirma que la fuerza varía inversamente con el cuadrado de la distancia. Así, por ejemplo, cuando la distancia entre los cuerpos cargados eléctricamente pasa de 10 cm a 20 cm (se duplica), la fuerza pasa de 90 a 22'5, es decir, no se hace la mitad sino,

Joaquín Martínez Torregrosa



Balanza de torsión de Coulomb

⁴ El valor tan grande que se obtiene para la fuerza (9.000 millones de Newtons) cuando se trata de cargas de 1 C a 1 m de distancia, indica que las cargas en los objetos que electrizamos nunca son de esta magnitud, sino muchísimo menores.

prácticamente, la cuarta parte, que es lo que se obtiene con la expresión $F = k_1 \cdot 1/r^2$.

En cuanto a la relación de la fuerza con las cargas, la gráfica $F = f(Q.q)$, muestra una dependencia lineal, ya que, al representar F frente al producto de las cargas, sale una línea recta que pasa por el origen de coordenadas.

De esta forma se puede establecer que, en un medio dado, *la fuerza que un cuerpo cargado ejerce sobre otro es proporcional al producto de sus cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa*. Esta fuerza fue estudiada por Charles Coulomb (1736-1806) mediante la balanza de torsión. En el experimento de Coulomb las esferas cargadas eran mucho menores que la distancia entre ellas, de modo que las cargas podían considerarse puntuales. Coulomb utilizó el fenómeno de inducción para producir esferas igualmente cargadas y poder variar la carga depositada sobre las esferas, como hemos descrito anteriormente. Los resultados de los experimentos de Coulomb y otros científicos sobre las fuerzas ejercidas por una carga puntual sobre otra se resumen con lo que se conoce como la ley de Coulomb, que se expresa operativamente mediante la ecuación:

$$F = k \frac{Q.q}{r^2}$$

En dicha ecuación, el valor de la constante de proporcionalidad k varía según el medio en donde se sitúen los cuerpos cargados. En el aire vale casi lo mismo que en el vacío, pero si el medio es, por ejemplo, parafina o agua pura, la fuerza se hace 2 y 81 veces menor, respectivamente. En el sistema internacional de unidades (S.I.), la unidad de carga es el coulomb, C. En dicho sistema, el valor de la constante k en el vacío es de $9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$, y representa la fuerza, medida en Newtons, que se ejercen dos cargas de 1 C cada una⁴, separadas una distancia de 1 m en el vacío.

Es importante que tengáis en cuenta que las fuerzas eléctricas son mucho más intensas que las gravitatorias. El hecho de que nosotros, por medio de un simple bolígrafo frotado con un paño seamos capaces de levantar un trocito de papel, nos muestra que la fuerza eléctrica que tira del papel hacia arriba supera a la que hace toda la masa del planeta tirando del papel hacia abajo.