

CONTENIDOS DE AMPLIACIÓN

MEDIDA DE LA RAZÓN CARGA/MASA

Vamos a considerar algunas aplicaciones de la fuerza magnética sobre una carga en movimiento. Disponemos de un dispositivo que permite producir un campo eléctrico y otro magnético, que pueden utilizarse para medir la razón carga/masa de una partícula cargada.

Sea una partícula de carga q y masa m acelerada desde el reposo por una diferencia de potencial V . El trabajo realizado por el campo eléctrico se invierte en energía cinética de la partícula $q \cdot V = \frac{1}{2} m v^2$ y la razón carga/masa.

$$\frac{q}{m} = \frac{v^2}{2V} \quad (7.35)$$

Podría hallarse la razón anterior midiendo la velocidad de la partícula cargada. Para medir la velocidad se usa un campo magnético y otro eléctrico cruzados y perpendiculares entre sí, tal como se muestra en la fig.7.53

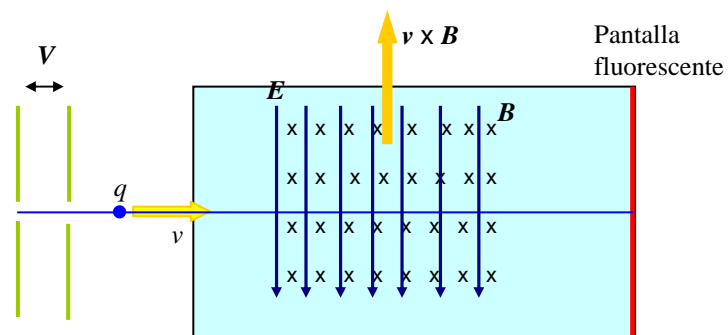


Fig.7.53 Esquema conceptual del aparato de Thomson, para medir la relación carga/masa de una partícula cargada.

La fuerza magnética sobre la partícula es $q \vec{v} \times \vec{B}$, y la fuerza eléctrica $q \vec{E}$. Como $\vec{v} \times \vec{B}$ apunta hacia arriba en dirección opuesta a \vec{E} , ambas fuerzas se contrarrestan exactamente cuando $q v B = q E$, es decir cuando

$$v = E / B, \quad (7.36)$$

La velocidad puede determinarse ajustando los campos cruzados hasta que la traza que produce el haz de partículas sobre una pantalla fluorescente, vuelve a situarse en la posición inicial en la que estaba, en ausencia de los campos.

Este aparato tiene otra característica significativa muy importante. Ya que los campos cruzados E y B permiten que las partículas cargadas puedan atravesarlos sin desviación alguna, siempre que el módulo de su velocidad verifique la condición $v = E/B$, sea cual sea la carga o la masa de la partícula.

Si se hacen pasar a través del aparato, un haz de partículas cargadas de distintos tipos o diferentes velocidades, aquellas que salgan sin ser desviadas tendrán todas ellas la misma velocidad. Es decir, los campos E y B cruzados, actúan como un verdadero selector de velocidades de partículas cargadas.



J.J. Thomson (1856-1940) utilizó un dispositivo de este tipo en 1897 para medir la razón carga/masa de los electrones.

• **Espectrómetro de masas.**

El espectrómetro de masas se desarrolló inicialmente como un instrumento de investigación en física nuclear. Hoy en día son usados en muchos laboratorios para medir e identificar pequeñísimas cantidades de sustancias. Las partes principales de un espectrómetro de masas se muestran en la fig.7.54.

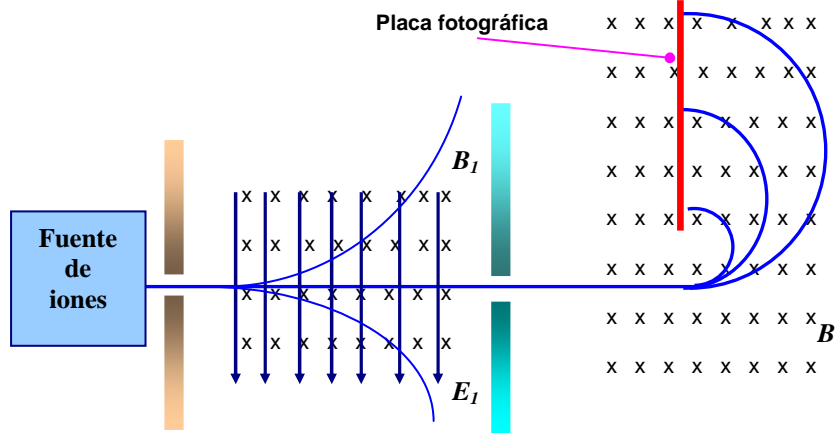
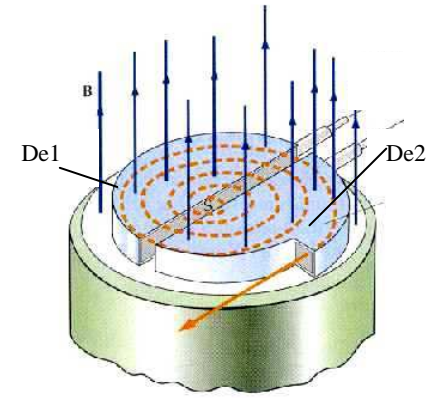


Fig.7.54. Esquema de un espectrógrafo de masas.

En la fuente de iones, las moléculas se ionizan bombardeándolas con electrones, y después los iones se extraen mediante un campo eléctrico. Los campos eléctricos y magnéticos cruzados del selector de velocidades sólo permiten entrar en la zona de campo magnético uniforme B a los iones que por tener una velocidad $v = E_1 / B_1$ no se han desviado y que por lo tanto han podido pasar a través de las rendijas. En la zona de campo magnético uniforme los iones describen órbitas circulares de radio $R_i = m_i v / qB$ hasta que van a chocar con la placa fotográfica a una distancia proporcional a su masa, ya que el radio de curvatura es proporcional a la masa. Esto nos permite separar los iones que tienen la misma carga pero masas diferentes.

El espectrómetro de masas hizo posible el estudio de los isótopos. Los isótopos son elementos que tienen las mismas propiedades químicas pero con diferente número de neutrones en sus núcleos respectivos y por lo tanto con diferentes masas atómicas.



Un campo magnético perpendicular al plano de las "des" mantiene a los iones en órbitas circulares. El radio de la órbita aumenta ya que $R = mv/qB$, cuando los iones se aceleran, mediante la diferencia de potencial entre las "des", la cual se invierte con la frecuencia orbital de los iones. Los períodos con los que se recorren la órbitas son independientes de la velocidad $T = 2\pi R/v = 2\pi m/qB$.

EJERCICIO RESUELTO

Mediante un espectrógrafo de masas se quiere separar dos iones con la misma carga, cuya diferencia de masas, $m_1 - m_2 = 10\%$ de la masa m_1 . Determina la distancia relativa (medida en unidades del radio de la órbita R_1 de la partícula m_1) entre las marcas sobre la placa fotográfica que dejan ambos iones.

Si ambos iones han pasado tienen igual velocidad, v . Los radios de sus órbitas serán respectivamente:

$$R_1 = m_1 v / qB ; \quad R_2 = m_2 v / qB$$

Despejando m_1 de la primera y m_2 de la segunda y sustituyendo resulta:

$$m_1 - m_2 = 0,1 m_1 ; \quad \frac{R_1 qB}{v} - \frac{R_2 qB}{v} = 0,1 \frac{R_1 qB}{v}$$

Finalmente: $R_1 - R_2 = 0,1 R_1 = \frac{R_1}{10}$. La diferencia de distancias, es la décima parte del radio de la trayectoria descrita por la partícula m_1 .