



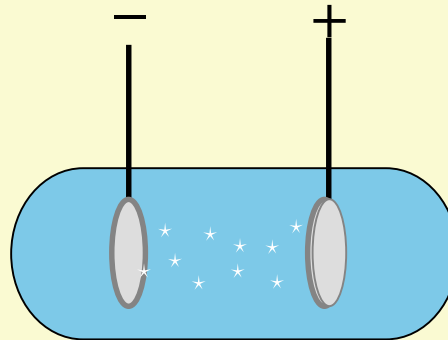
EXPERIMENTO DE J. J. THOMSON

(Determinación de la Relación Carga/Masa de los Electrones)

M. C. Q. Alfredo Velásquez Márquez



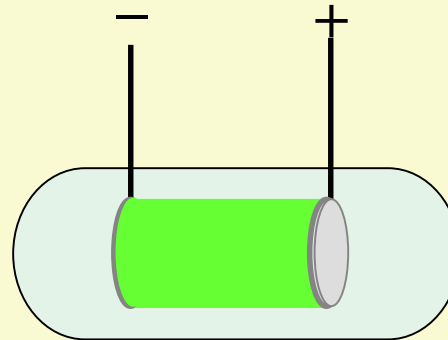
Tubo de Geissler (~1857)



Con gas a presión normal se observa poca conductividad, pero aplicando una diferencia de potencial elevada también se aprecian descargas eléctricas.



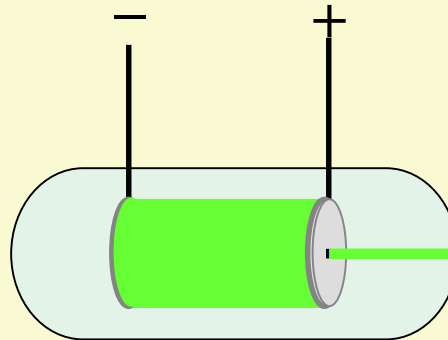
Tubo de Geissler (~1857)



Con gas a baja presión, se observa un haz luminoso entre los electrodos y la conductividad aumenta considerablemente. El haz se asoció al desprendimiento de partículas del electrodo negativo (cátodo), posteriormente a dichas partículas se les dio el nombre de electrones.



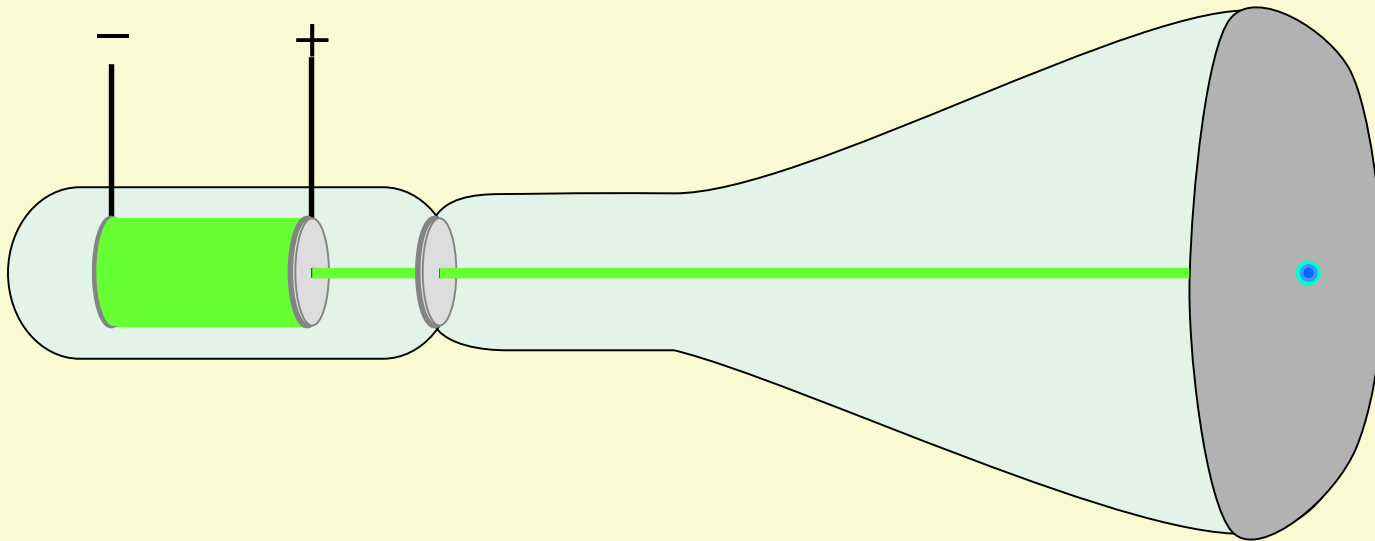
Tubo de rayos catódicos



Cuando se perfora el electrodo positivo (ánodo), se observa como pasa a través del orificio un haz luminoso.

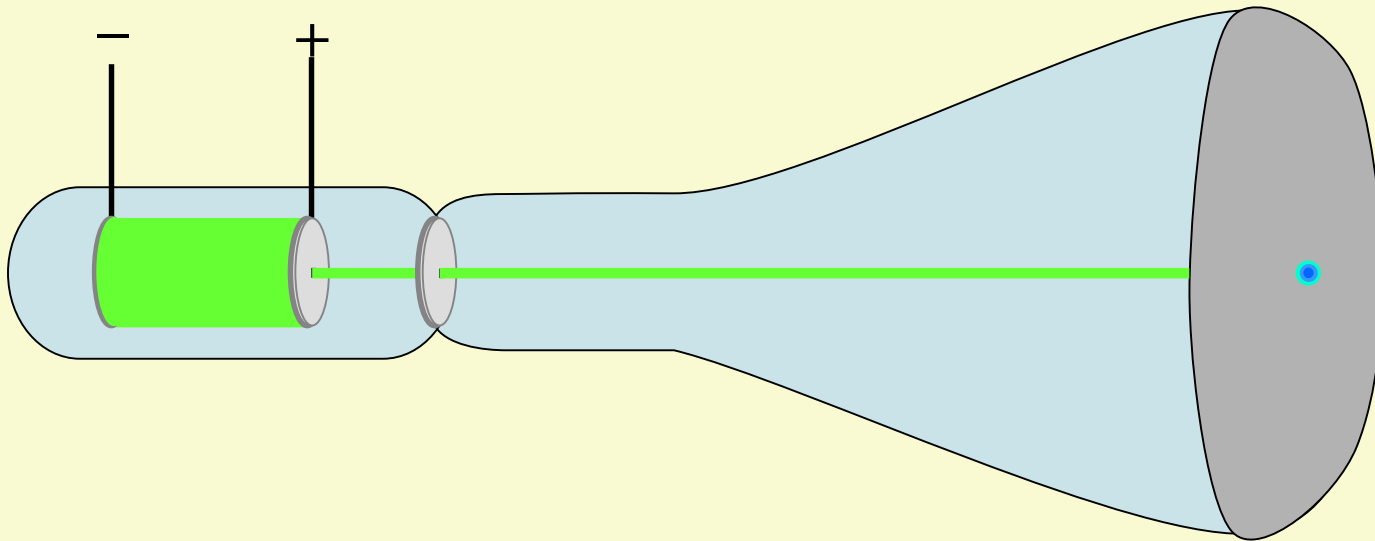


Tubo de rayos catódicos



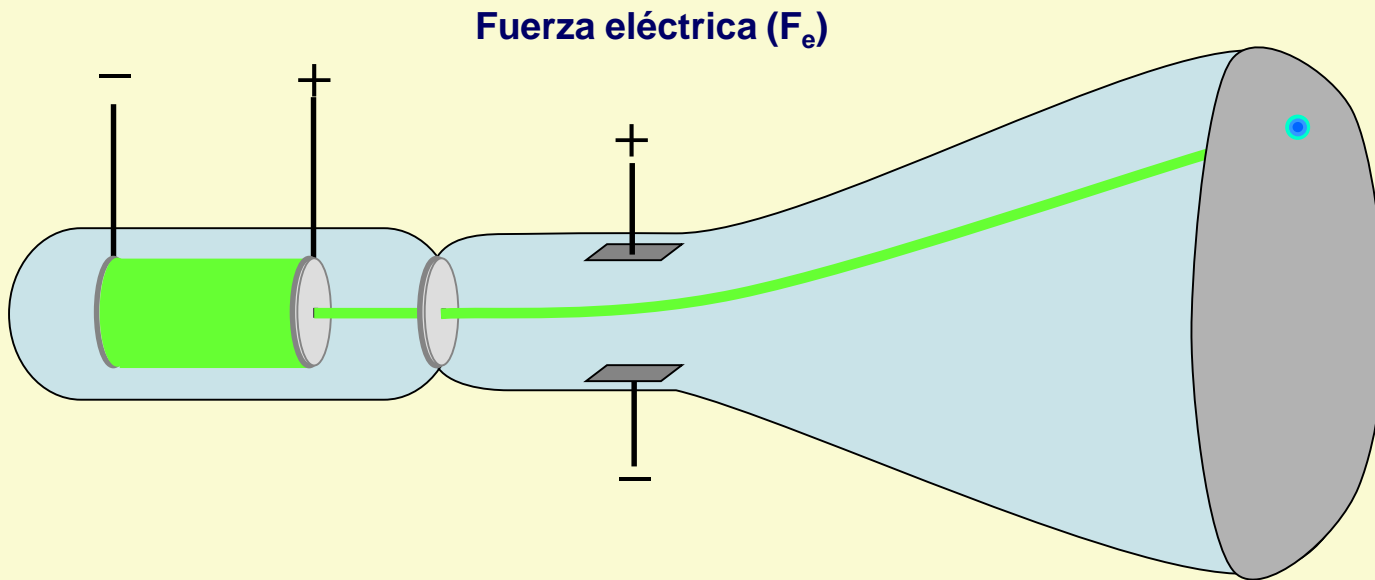


Tubo de rayos catódicos



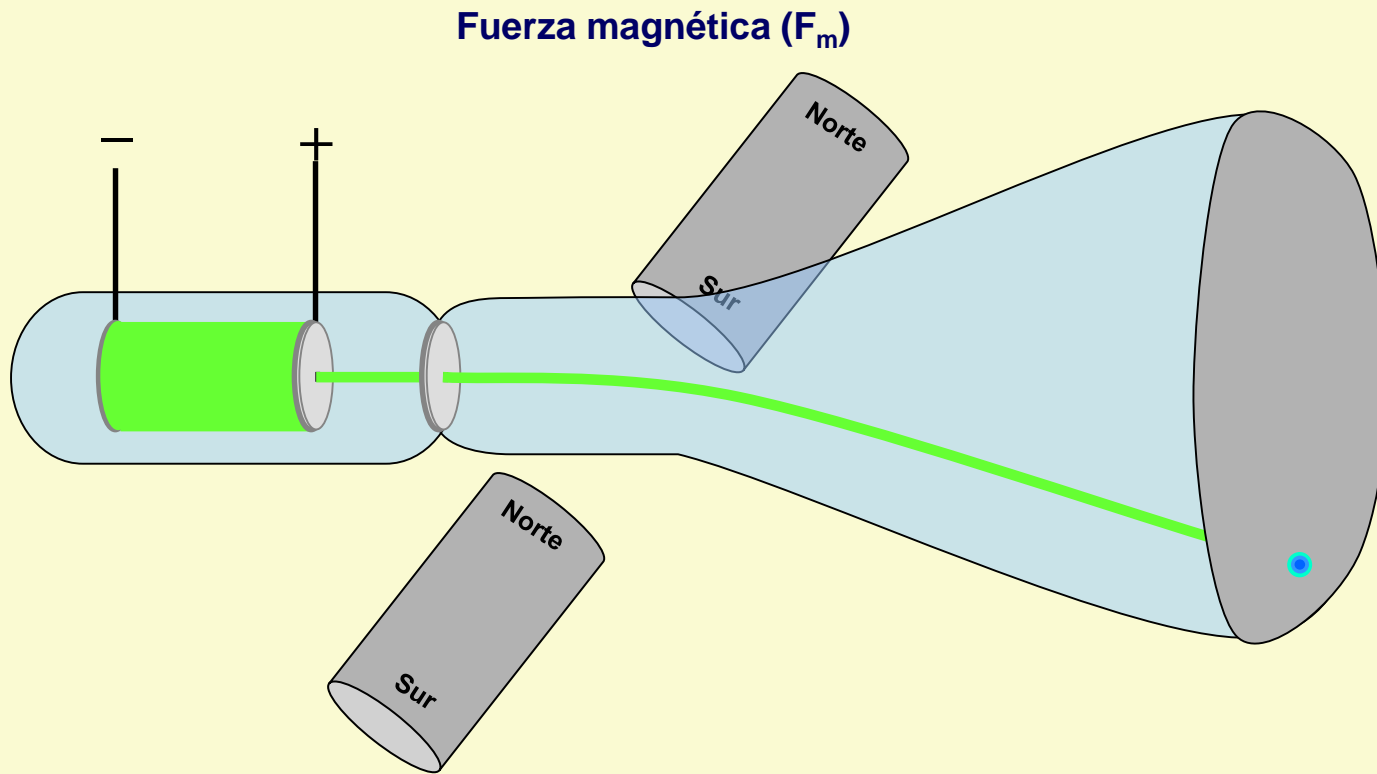


Tubo de rayos catódicos



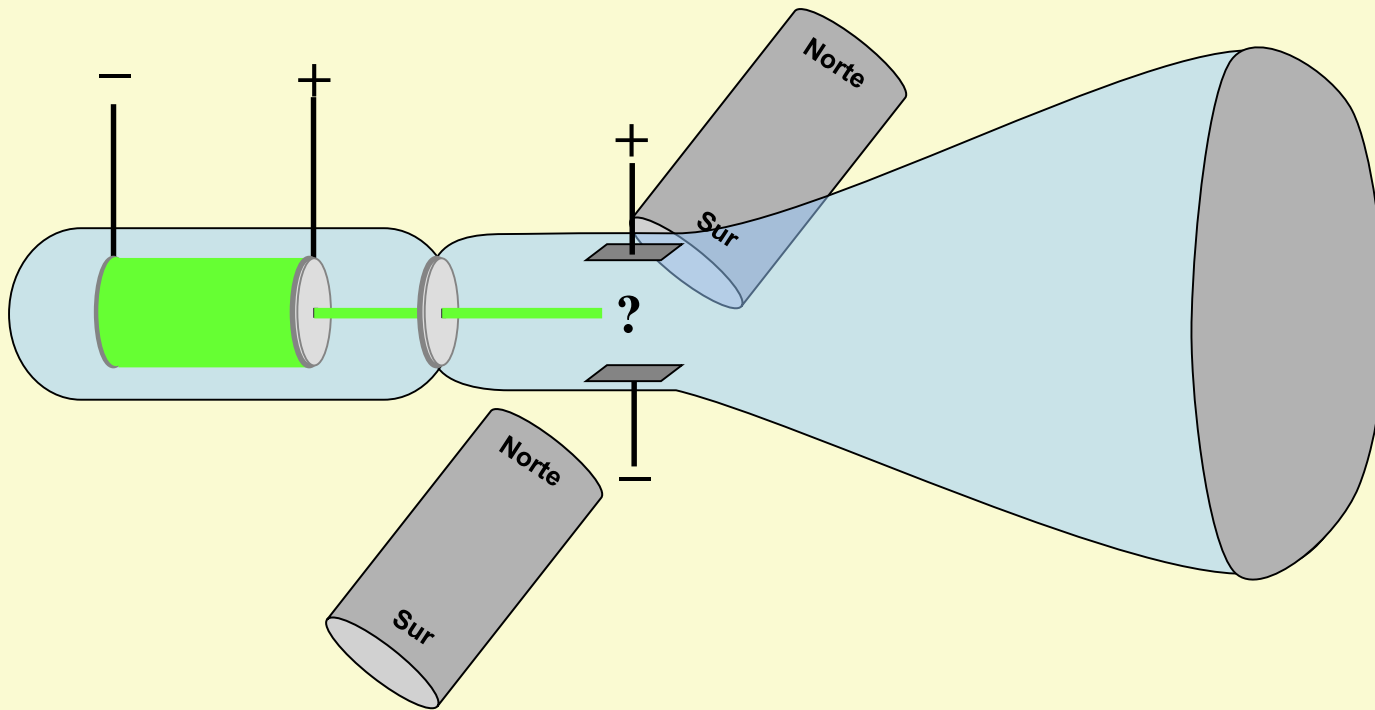


Tubo de rayos catódicos



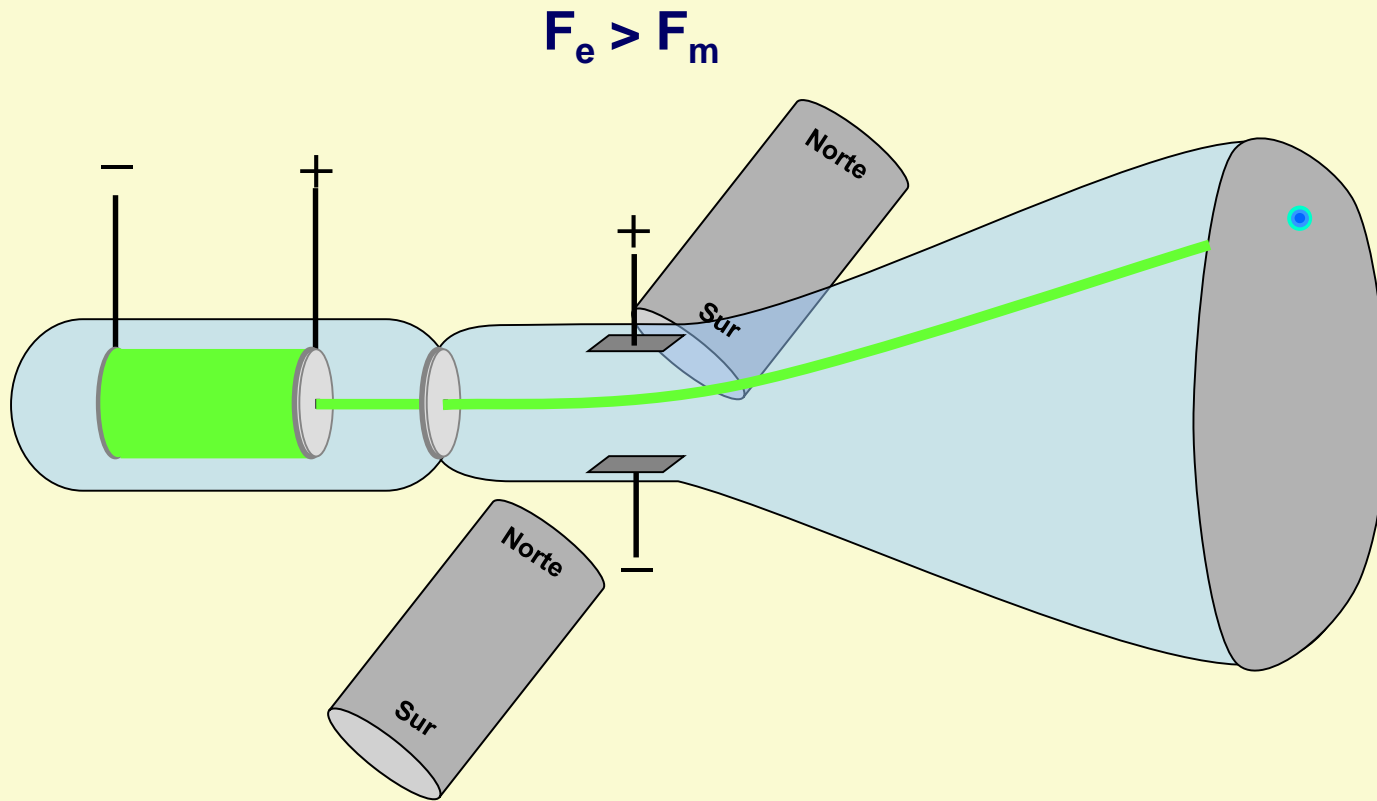


Experimento de J. J. Thomson



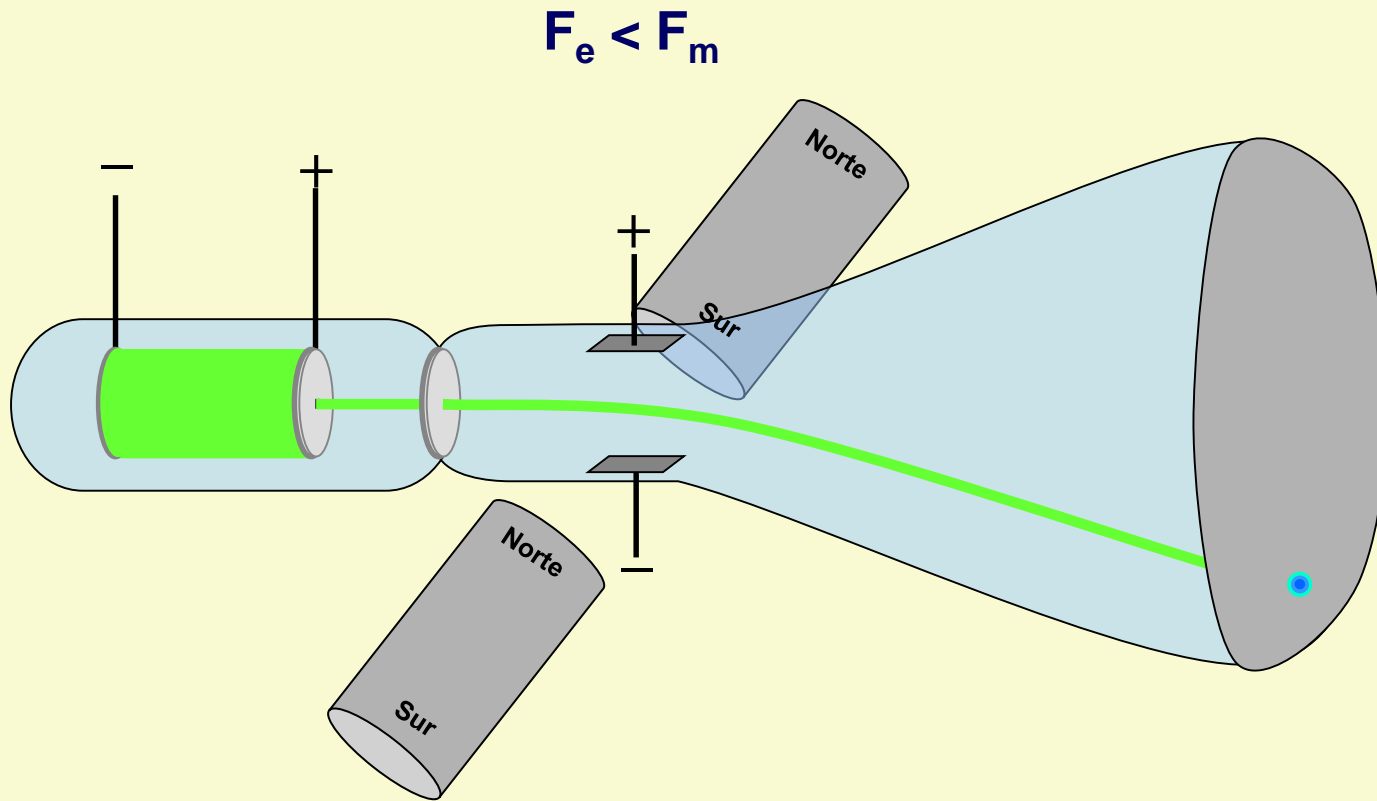


Experimento de J. J. Thomson



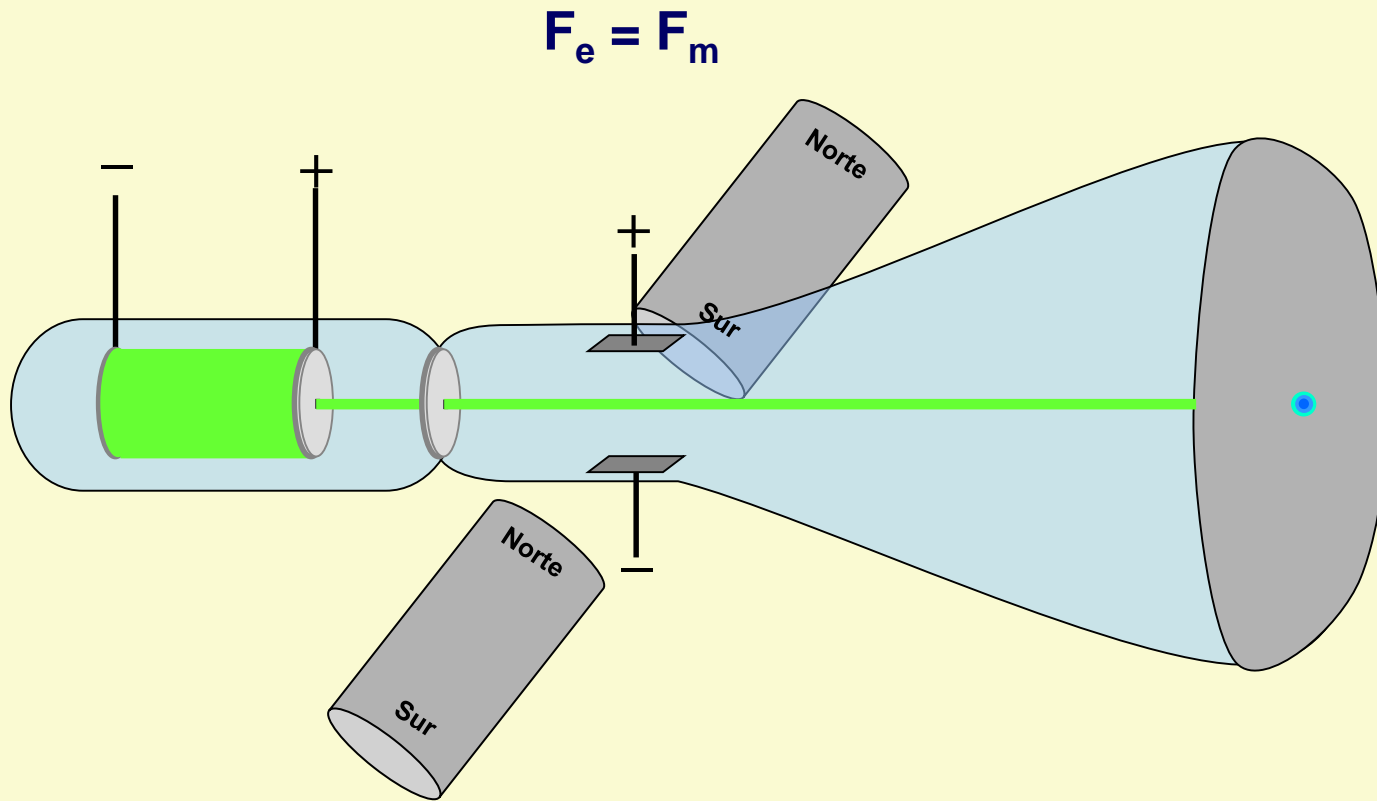


Experimento de J. J. Thomson





Experimento de J. J. Thomson





Desarrollo Matemático

La fuerza magnética que se ejerce sobre los electrones se determina con la expresión de Lorentz.

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

Cuando el ángulo θ es de 90° , la expresión se simplifica.

$$\textcircled{1} \quad F_m = q \cdot v \cdot B$$

Como los electrones se mueven describiendo una trayectoria circular, se ejerce sobre éstos una fuerza centrípeta:

$$\textcircled{2} \quad F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Igualando F_m y F_c se obtiene:

$$q \cdot B = \frac{m \cdot v}{r}$$

Despejando q/m , se obtiene:

$$\textcircled{3} \quad \frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot r}$$

La fuerza eléctrica que se ejerce sobre una partícula que pasa a través de un campo eléctrico se determina con:

$$\textcircled{4} \quad F_e = q \cdot E$$

Cuando actúan los campos eléctrico y magnético, y el haz describe una trayectoria recta, las fuerzas eléctrica y magnética son de igual magnitud y sus expresiones se pueden igualar:

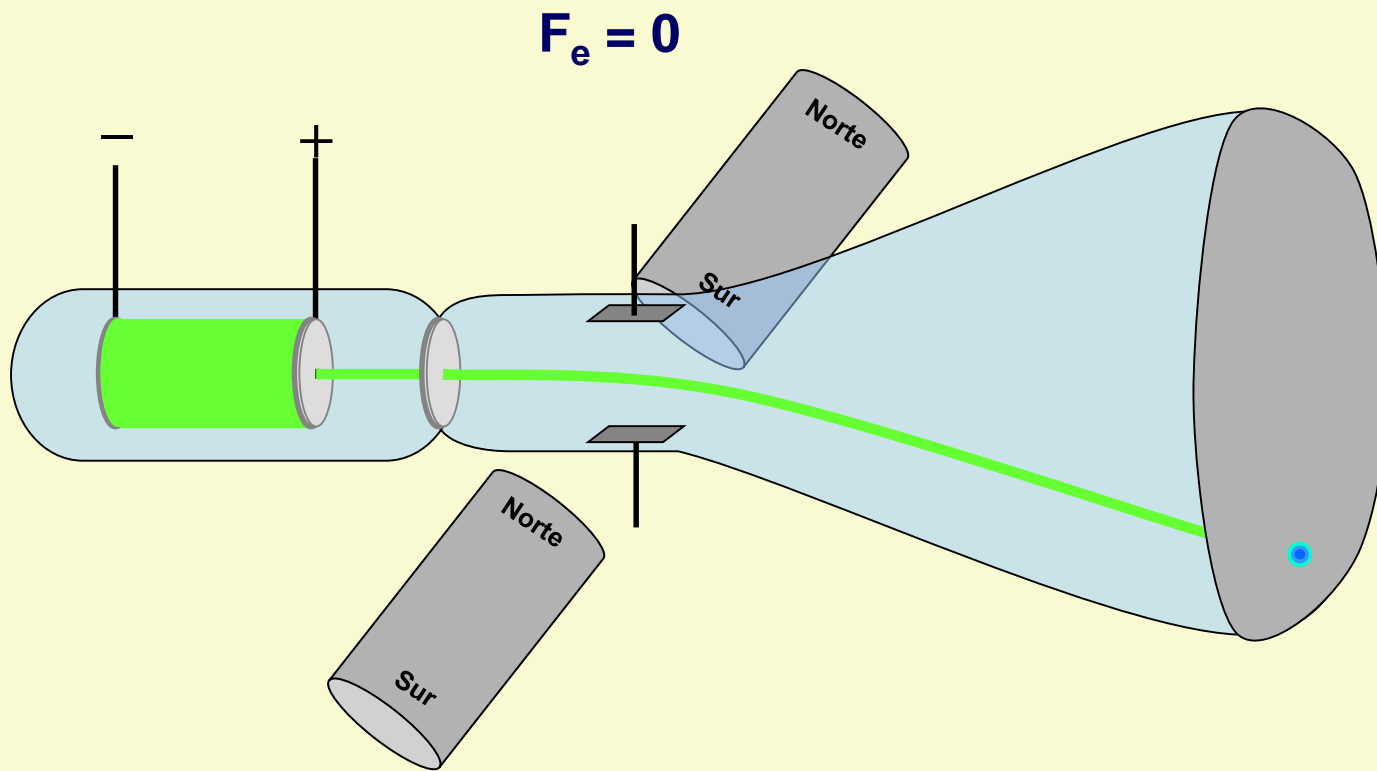
$$q \cdot v \cdot B = q \cdot E$$

Simplificando y despejando v , se obtiene:

$$\textcircled{5} \quad v = \frac{E}{B}$$

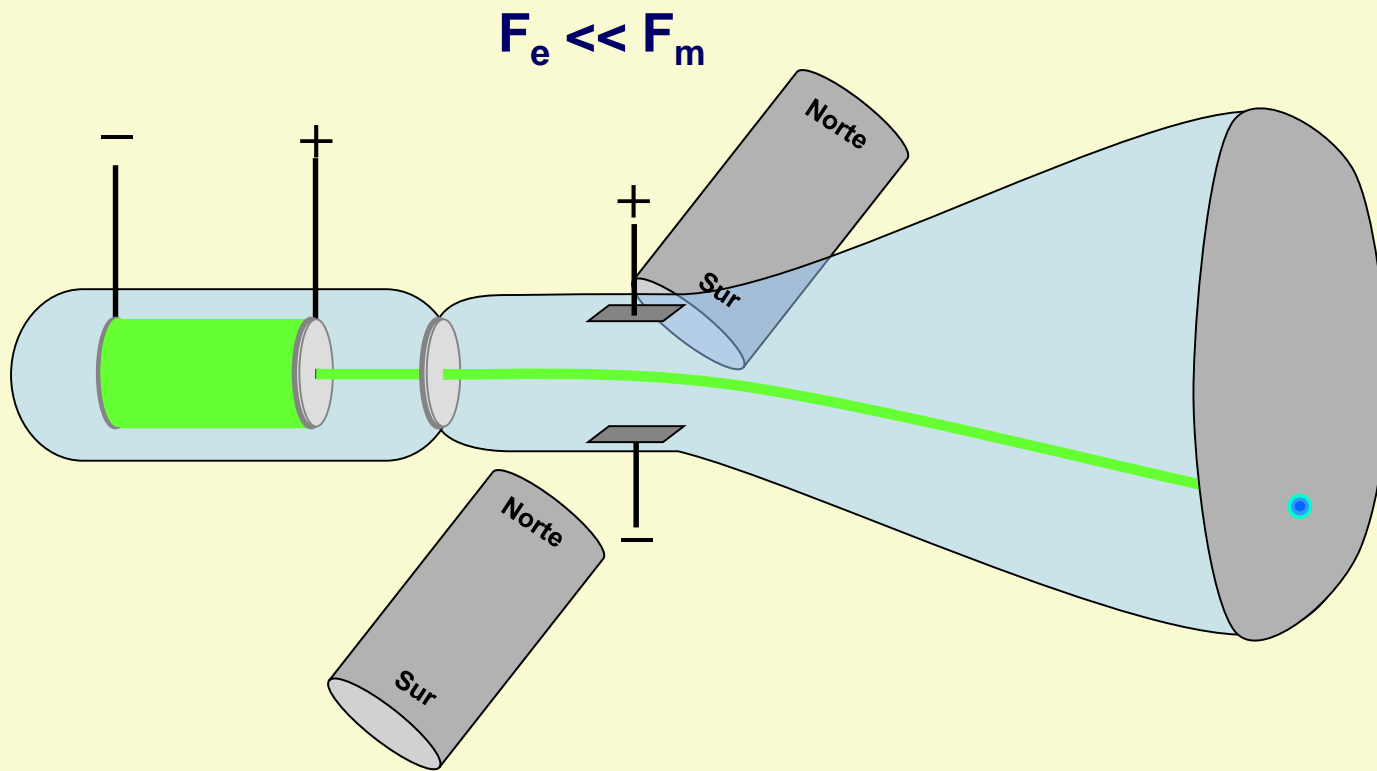


Experimento de J. J. Thomson



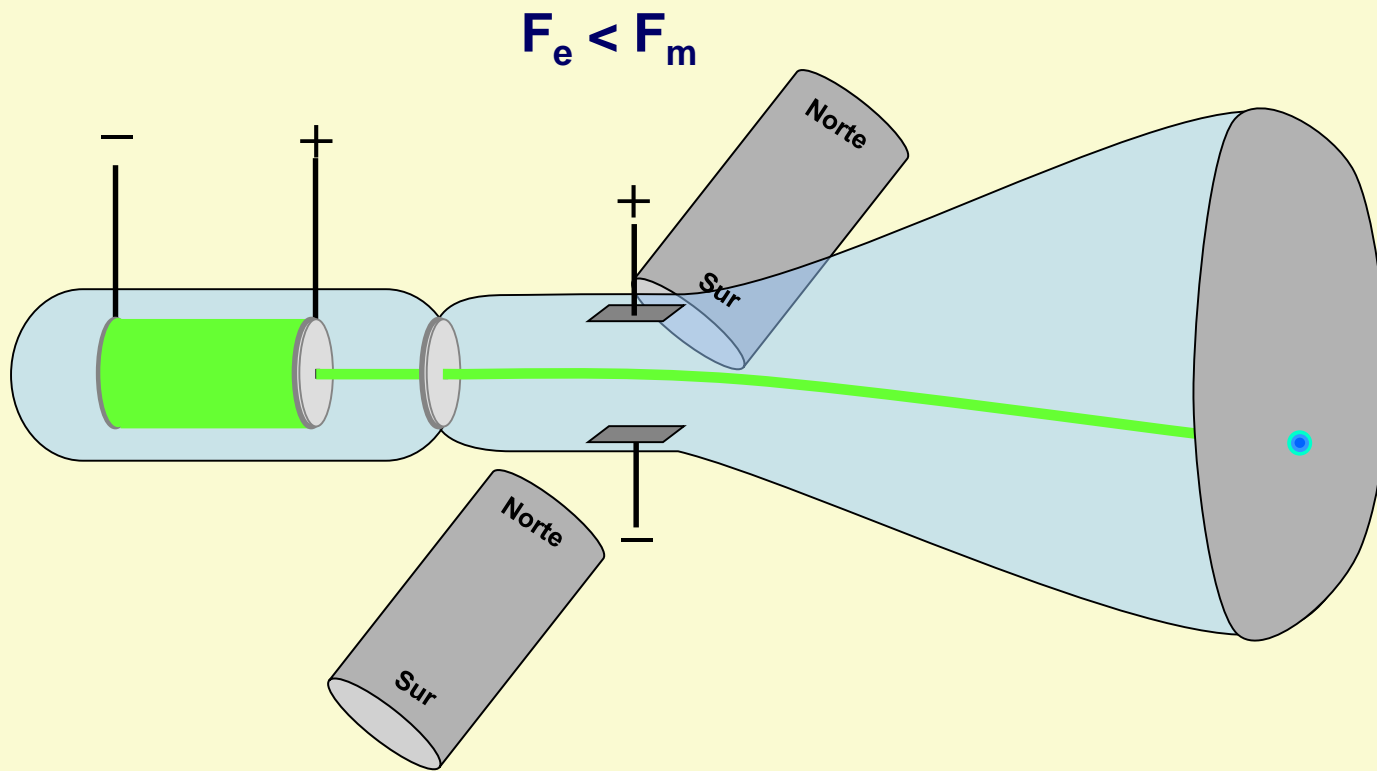


Experimento de J. J. Thomson



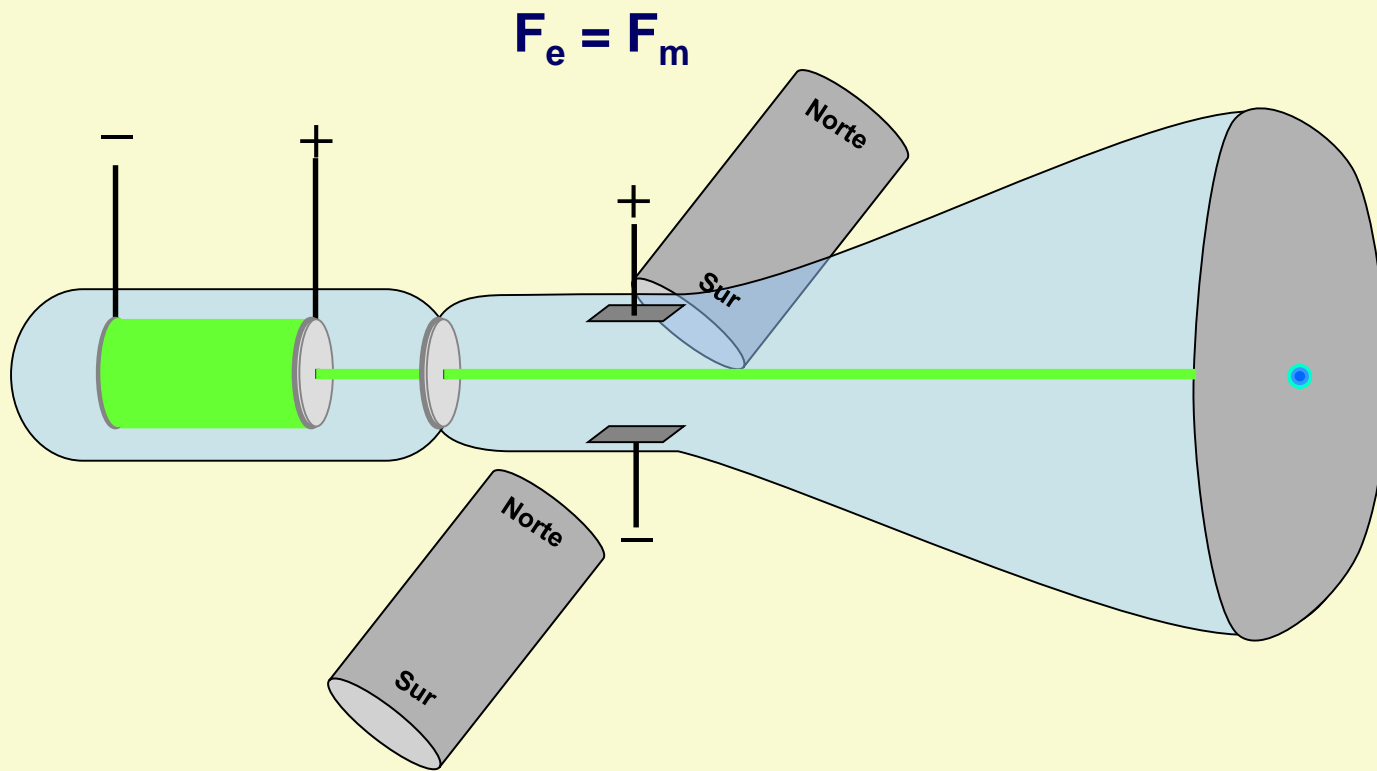


Experimento de J. J. Thomson





Experimento de J. J. Thomson



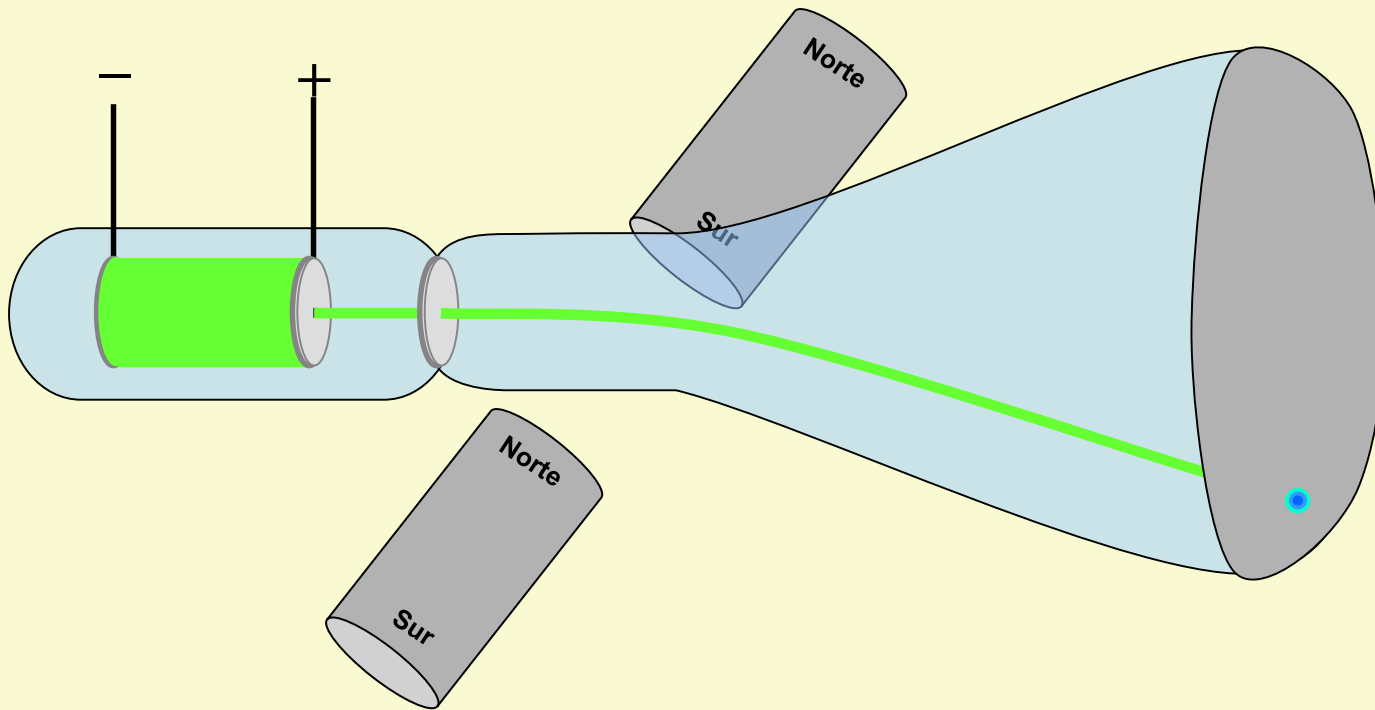


Experimento de J. J. Thomson (laboratorio)





Experimento de J. J. Thomson (laboratorio)





Desarrollo Matemático (laboratorio)

La fuerza magnética que se ejerce sobre los electrones se determina con la expresión de Lorentz.

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

Cuando el ángulo θ es de 90° , la expresión se simplifica.

$$\textcircled{1} \quad F_m = q \cdot v \cdot B$$

Como los electrones se mueven describiendo una trayectoria circular, se ejerce sobre éstos una fuerza centrípeta:

$$\textcircled{2} \quad F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Igualando F_m y F_c se obtiene:

$$q \cdot B = \frac{m \cdot v}{r}$$

Despejando q/m , se obtiene:

$$\textcircled{3} \quad \frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot r}$$

La fuerza eléctrica que se ejerce sobre una partícula que pasa a través de un campo eléctrico se determina con:

$$\textcircled{4} \quad F_e = q \cdot E$$

Cuando actúan los campos eléctrico y magnético, y el haz describe una trayectoria recta, las fuerzas eléctrica y magnética son de igual magnitud y sus expresiones se pueden igualar:

$$q \cdot v \cdot B = q \cdot E$$

Simplificando y despejando v , se obtiene:

$$\textcircled{5} \quad v = \frac{E}{B}$$



Desarrollo Matemático (laboratorio)

La fuerza magnética que se ejerce sobre los electrones se determina con la expresión de Lorentz.

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

Cuando el ángulo θ es de 90° , la expresión se simplifica.

$$\textcircled{1} \quad F_m = q \cdot v \cdot B$$

Como los electrones se mueven describiendo una trayectoria circular, se ejerce sobre éstos una fuerza centrípeta:

$$\textcircled{2} \quad F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Igualando F_m y F_c se obtiene:

$$q \cdot B = \frac{m \cdot v}{r}$$

Despejando q/m , se obtiene:

$$\textcircled{3} \quad \frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot r}$$

Cuando una partícula cargada es acelerada por una diferencia de potencial, adquiere una energía cinética.

$$\textcircled{4} \quad E_c = q \cdot V$$

$$\textcircled{5} \quad E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Las expresiones se pueden igualar para obtener:

$$q \cdot V = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{q}{m} = \frac{v^2}{2 \cdot V}$$

$$\textcircled{7} \quad v = \sqrt{2 \cdot V \cdot \left(\frac{q}{m}\right)}$$

De esta forma se puede sustituir la expresión **7** en la **3** para obtener:

$$\textcircled{8} \quad \frac{q}{m} = \frac{2 \cdot V}{(B \cdot r)^2}$$



Desarrollo Matemático (laboratorio)

Si el campo magnético se genera con un par de bobinas de Helmholtz, entonces la intensidad del campo generado se determinaría con la expresión:

$$\textcircled{9} \quad B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot I}{\left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot a}$$

Sustituyendo la expresión 9 en la 8, se tendría:

$$\textcircled{10} \quad \frac{q}{m} = \frac{2 \cdot V \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^3 \cdot a^2}{(N \cdot \mu_0 \cdot I \cdot r)^2}$$

Se requieren solo dos variables para obtener un modelo matemático lineal. Una opción es mantener la corriente constante y otra es mantener el voltaje constante. En tales casos se obtendrían las expresiones siguientes:

$$r^2 = \frac{2 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^3 \cdot a^2}{(N \cdot \mu_0 \cdot I)^2 \cdot \left(\frac{q}{m}\right)} \cdot V$$

$$y = m x + b$$

$$r^2 = \frac{2 \cdot V \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^3 \cdot a^2}{(N \cdot \mu_0)^2 \cdot \left(\frac{q}{m}\right)} \cdot I^{-2}$$

$$y = m x + b$$



Presentación revisada por:

Q. Adriana Ramírez González

Ing. Ayesha Sagrario Román García

M. A. Claudia Elisa Sánchez Navarro

Ing. Jacquelyn Martínez Alavez

Dr. Ramiro Maravilla Galván

Dr. Rogelio Soto Ayala

Profesores de la Facultad de Ingeniería, UNAM