



B3. Per separar els isòtops 235 i 238 de l'urani procedim de la següent forma: ionitzem a l'estat trivalent els àtoms i els accelerem amb una tensió de 125 V abans de fer-los entrar a la cambra d'un espectrògraf de masses. Quin valor ha de tenir el camp magnètic a què cal que sotmetem els ions per tal que la distància de les dues escletxes de recollida dels isòtops desitjats sigui de 2 cm? Quins ions entraran per la més propera a l'escletxa d'entrada?

Para separar los isótopos 235 y 238 del uranio procedemos de la siguiente forma: ionizamos al estado trivalente los átomos y los aceleramos con una tensión de 125 V antes de hacerlos entrar en la cámara de un espectrógrafo de masas. ¿Qué valor debe tener el campo magnético al que hay que someter los iones para que la distancia de las dos rendijas de recogida de los isótopos deseados sea de 2 cm? Qué iones entrarán por la más cercana a la rendija de entrada?

Referencia: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/espectrometro/espectro.html>

Al introducir unos iones en el espectrógrafo de masas, describen una semicircunferencia, cuyo radio podemos obtener igualando fuerza centrípeta y magnética, ya que velocidad y campo magnético son siempre perpendiculares.

$$F_c = F_m \Rightarrow m \frac{v^2}{R} = qvB \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

Despreciando la masa de los electrones, la masa atómica es la nuclear, y asumiendo masa idéntica de protones y neutrones, asumimos masa como número másico expresada en u.

$$R = \frac{Auv}{qB}$$

Si las rendijas de recogida están separadas 2 cm, esa es la diferencia entre sus diámetros, ya que recorren media circunferencia, lo quiere decir que los radios difieren en 1 cm.

Calculamos la velocidad que adquieren los iones tras ser acelerados, teniendo en cuenta que su carga es +3, con la conservación de energía:

$$q \Delta V = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow 3e \Delta V = \frac{1}{2} A u v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{6e \Delta V}{A u}}$$

Combinando ambas

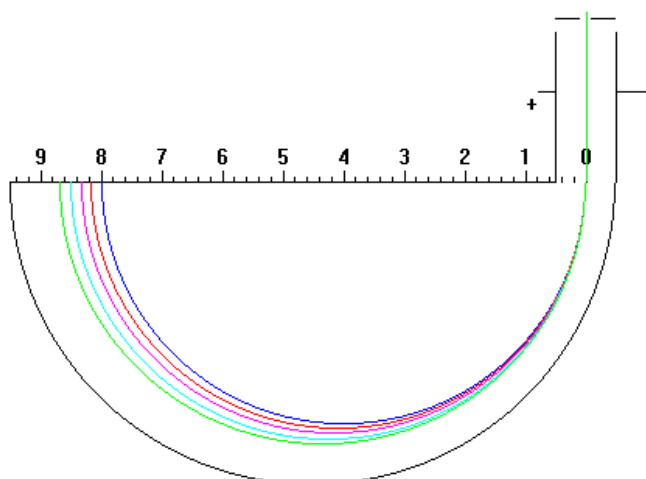
$$R = \frac{A u \sqrt{\frac{6e \Delta V}{A u}}}{3e B} = \frac{\sqrt{2 A u \Delta V}}{\sqrt{3e B}}$$

Con la misma diferencia de potencial el ión más ligero, U-235, tendrá mayor velocidad (la velocidad depende de la inversa de la raíz de A), pero como el radio tiene una dependencia directa de A, el ión más ligero tendrá mayor radio, y los iones de U-235 serán los que entrarán por la rendija más cercana a la rendija de entrada.

$$R_{U-238} - R_{U-235} = 0,01$$

$$\frac{\sqrt{2 \cdot 238 u \Delta V}}{\sqrt{3e B}} - \frac{\sqrt{2 \cdot 235 u \Delta V}}{\sqrt{3e B}} = 0,01$$

Enunciado no proporciona datos numéricos ni para la unidad de masa atómica u ni para el valor absoluto de la carga del electrón, por lo que los tenemos que saber de memoria:



Física con ordenador. Ángel Franco García



Valor absoluto de carga del electrón, $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Unidad de masa atómica, aproximadamente igual a la masa de protón y neutrón, $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

(para recordar su valor conociendo el valor del número de Avogadro puede ser útil saber que 1 mol de H tiene $6,022 \cdot 10^{23}$ protones y equivale en masa a 1 g, lo que lleva a ese valor)

$$\frac{\sqrt{2 \cdot 238 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 125}}{\sqrt{3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} - \frac{\sqrt{2 \cdot 235 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 125}}{\sqrt{3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} = 0,01 B$$

$$B = \frac{0,01434471447374723222 - 0,01425401990083265365}{0,01} = 9,07 \cdot 10^{-3} T$$