

**XIX OLIMPIADA IBEROAMERICANA DE FISICA**  
**ASUNCION - PARAGUAY**  
 1 - OCT - 2014  
**PRUEBA TEORICA**

**Problema 3. Mejora de la eficiencia de un ciclotrón.**

El ciclotrón fue inventado por Ernest O. Lawrence y M. S. Livingston en Berkeley (California, EE. UU.), en el año 1932. Consiste en un acelerador de partículas cargadas, las cuales debido a la fuerza de Lorentz y a un potencial acelerador pueden adquirir energía suficiente como para impactar sobre un blanco y producir una reacción nuclear. Un esquema simplificado, se muestra en la figura 1.

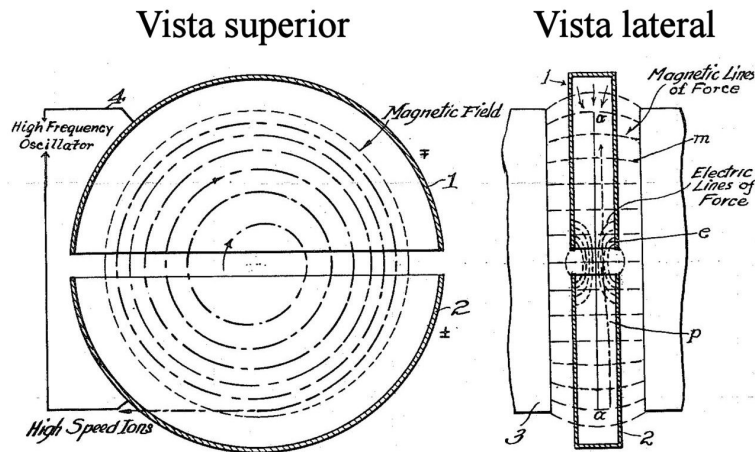


Figura 1: Detalle de las placas del Ciclotrón. Los electroimanes con forma de letras “D” están indicados con 1 y 2. (Dibujo original de la patente)

Básicamente el ciclotrón consiste en dos regiones de campo magnético uniforme en forma de letra “D” entre las cuales se establece una diferencia de potencial, cuya polaridad se invierte periódicamente cuando la partícula pasa de una “D” a otra. Para este problema considere que no se alcanzan velocidades relativistas.

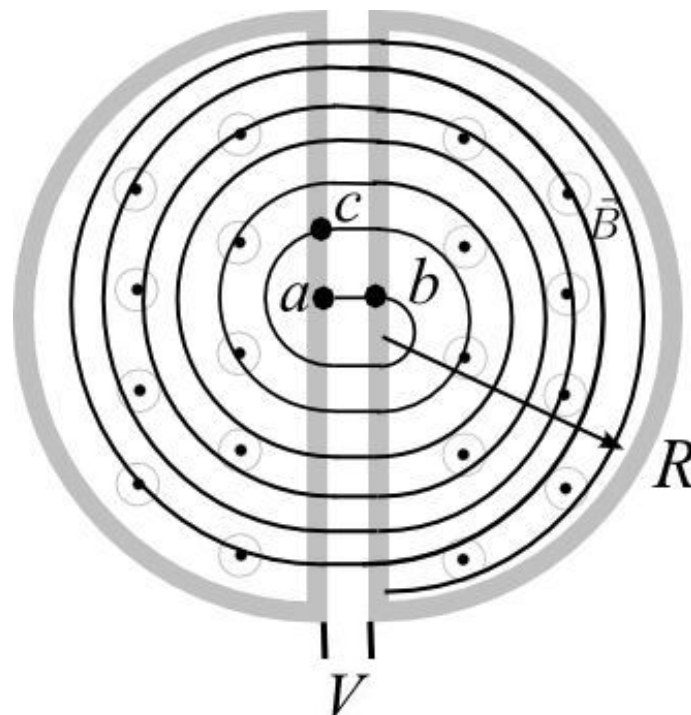


Figura 2: Trayectoria de una partícula en el ciclotrón.

**Pregunta 1****2.0 puntos.**

Considere que una partícula de carga  $q$  y masa  $m$  parte del reposo en el punto  $a$  y es acelerada por la diferencia de potencial  $V$ . Determine la velocidad  $v_b$  con la que llega al punto  $b$  y el radio de la trayectoria que describe dentro de la "D", en donde existe un campo magnético de intensidad uniforme  $\vec{B}$ .

**Pregunta 2****1.0 puntos.**

Determine la frecuencia  $f$  con que debe oscilar la polaridad del potencial  $V$  para que la partícula referida en la pregunta 1, sea acelerada cada vez que pasa por la región entre las "D" (frecuencia de ciclotrón).

**Pregunta 3****2.0 puntos.**

Determine la energía cinética de salida de la partícula referida en la pregunta 1, si el radio del ciclotrón es  $R$ .

Se ha investigado la opción de introducir en el punto  $a$  del ciclotrón una sustancia radiactiva como el Cm (curio), que emite partículas  $\alpha$  ( ${}^4_2\text{He}$ ) con una velocidad inicial  $v_\alpha$ , de forma que sea posible aumentar la energía cinética de salida de las partículas  $\alpha$ , sin necesidad de aumentar el radio del ciclotrón.

Considerando la ecuación de desintegración radiactiva:

**Pregunta 4****3.0 puntos.**

Determine la energía cinética de la partícula  $\alpha$  y del núcleo de plutonio en retroceso. Considere el núcleo de Cm en reposo.

**Pregunta 5****1.0 puntos.**

Determine la velocidad  $v_\alpha$  de la partícula  $\alpha$  emitida.

Considere un ciclotrón de radio  $R$  de 0,5 m que opera con un campo magnético uniforme  $B = 2$  T y un potencial acelerador  $V = 500$  kV.

**Pregunta 6****2.0 puntos.**

Teniendo en cuenta que ahora la partícula en el punto  $a$  tiene una velocidad inicial  $v_\alpha$ , calcule la velocidad  $v_1$  con que llega al punto  $c$  y el radio  $r_1$  de la trayectoria dentro de la "D" izquierda (Fig. 2).

**Pregunta 7****3.0 puntos.**

Obtenga la expresión para la velocidad  $v_n$  y el radio  $r_n$  de la trayectoria después de que la partícula haya realizado  $n$  vueltas en torno al centro del ciclotrón.

**Datos útiles**

- $M_{\text{Cm}} = 240,05552$  uma;
- $M_{\text{Pu}} = 236,046060$  uma;
- $M_\alpha = 4,002603$  uma;
- $c = 2,9979 \times 10^8$  m/s;
- $e = 1,6022 \times 10^{-19}$  C
- $1$  uma =  $931,4$  MeV/ $c^2$