

## **Espectrometro de masa:**

Datos de entrada:

Especificar en el informe los datos de entrada elegidos:

- \* Masa y carga de tres iones de entre los propuestos en la práctica
- \* Diferencia de potencial entre las placas (Valor entre 10 y 30 V)
- \* Distancia entre las placas (alrededor de 10 cm)
- \* Campo magnético (Valor entre  $10^{-2}$  y  $2 \times 10^{-2}$  T)

Cálculos necesarios:

Presentar en el informe los siguientes cálculos

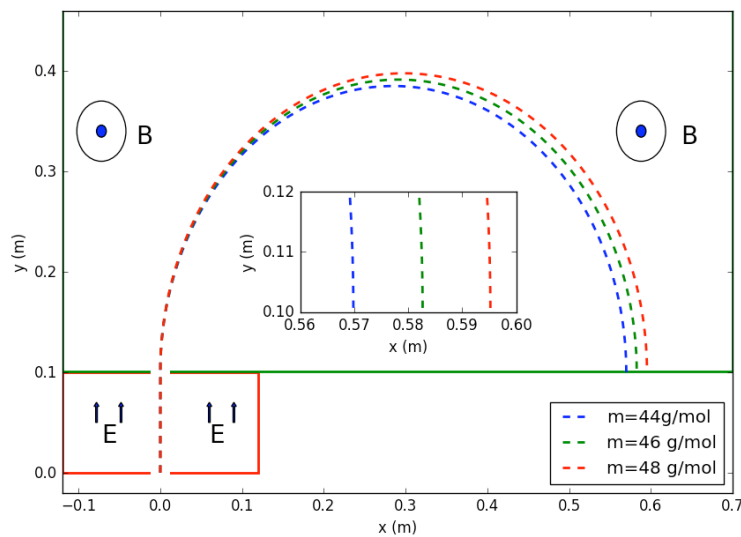
- \* Cálcula el campo eléctrico y la aceleración de los iones entre las placas y con estos el tiempo que tarda el ion en este tramo, así como su velocidad final
- \* Con lo anterior calcula el radio de las órbitas y el tiempo que tardan los iones en recorrer los semicírculos.
- \* Calcula la posición en el eje x en la cual llegarán los tres iones

Simulación:

El programa espectrometro\_g.py calcula la trayectoria de los 3 iones elegidos en el espectrometro de masa. Pon los datos de entrada elegidos. Recuerda poner un tiempo de simulación que sea algo mayor que el mayor tiempo que demoren los tres iones en recorrer toda la trayectoria. Elegir LB de manera que entren las tres trayectorias en el dibujo. Modifica la grafica pequeña para mostrar en detalle la zona del eje x donde llegan los iones y cambia su posición y tamaño

Presentar en el informe la comparación de los valores simulados con los teóricos de la posición a la que llegarán los tres iones.

Incluir en el informe una gráfica como la siguiente. Recuerda poner en cada eje las unidades correspondientes. Se puede usar cualquier sistema de unidades pero no mezclar sistemas distintos. Si trabajamos en SI: distancias en m, tiempos s, masa en kg, B en T, E en V/m, carga en C, etc



## Selector de velocidad

Datos de entrada:

Especificar en el informe los siguientes datos de entrada

- \* Masa y carga de uno de los iones estudiados en el apartado anterior
- \* Energía cinética del ion al entrar en el selector (valor entre 10 y 50 eV)
- \* Diferencia de potencial entre las placas horizontales (valor entre 20 y 30 V)
- \* Distancia entre las placas horizontales ( $2H$ ) del orden del dm
- \* Longitud del selector ( $L$ ) del orden del m
- \* Apertura final del detector ( $2 \cdot dy$ ) mucho menor que  $H$  para que solo salgan iones con ángulos muy pequeño ( $dy$  aprox 5%  $H$ )

Cálculos:

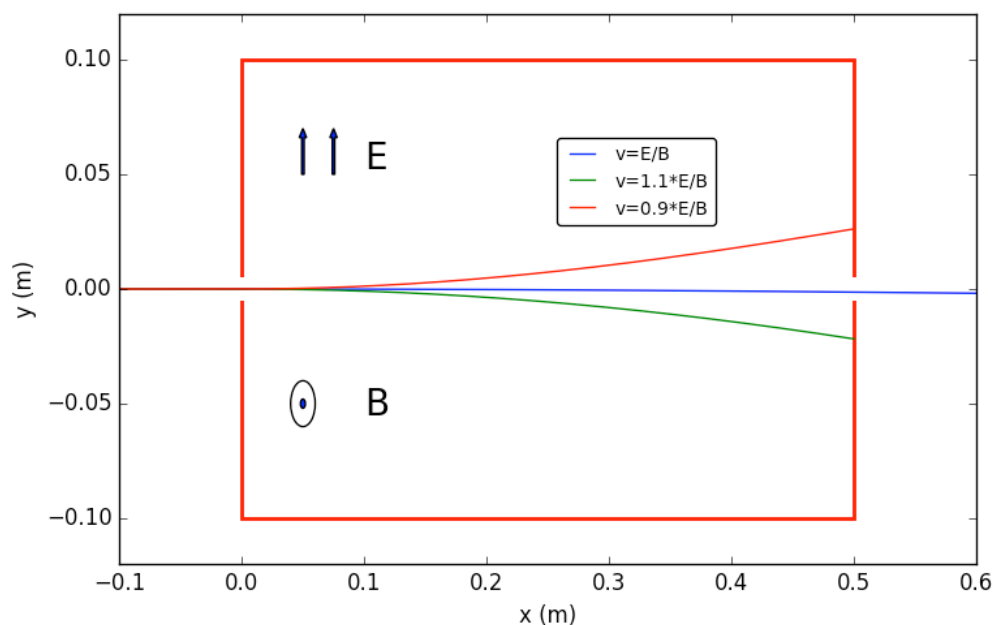
- \* Calcula el campo eléctrico entre las placas
- \* Calcula cual es el valor de campo magnético necesario para que el ion con la energía elegida no sea deflectado por el selector y salga por la apertura de la salida.

Simulación:

El programa `selector_g.py` calcula la trayectoria del ion elegido con los campos y las dimensiones del selector que se pongan (línea azul). Grafica además la trayectoria seguida por el mismo ion si tuviera una velocidad 10 % mayor o menor (líneas roja y verde).

Introduce los datos de entrada y pon un tiempo de simulacion algo mayor que el tiempo que le llevaría a un ion no deflectado en recorrer el selector. La trayectoria con los datos introducidos es la que corresponde a la linea azul. Ve variando el valor del campo magnético hasta que consigas que la partícula de la linea azul salga del detector. Cuando lo logres compara el valor del campo que has tenido que poner en el programa con lo calculado teóricamente. La linea roja representaría un ion con una velocidad 10 % menor a la del azul y la verde un 10 % mayor.

En el informe presenta la comparación entre el campo B simulado y el teórico además de una gráfica del estilo de la siguiente con tus datos.



### Frecuencia de ciclotron relativista

Datos de entrada:

Especifica en el informe los datos de entrada

- \* Masa y carga de la partícula elegida (usad electrones, positrones o protones)
- \* Velocidad de la partícula: valores entre 100 m/s y  $10^8$  m/s (escoger 5 valores mas o menos equiespaciados)
- \* Campo magnético: del orden de 1T

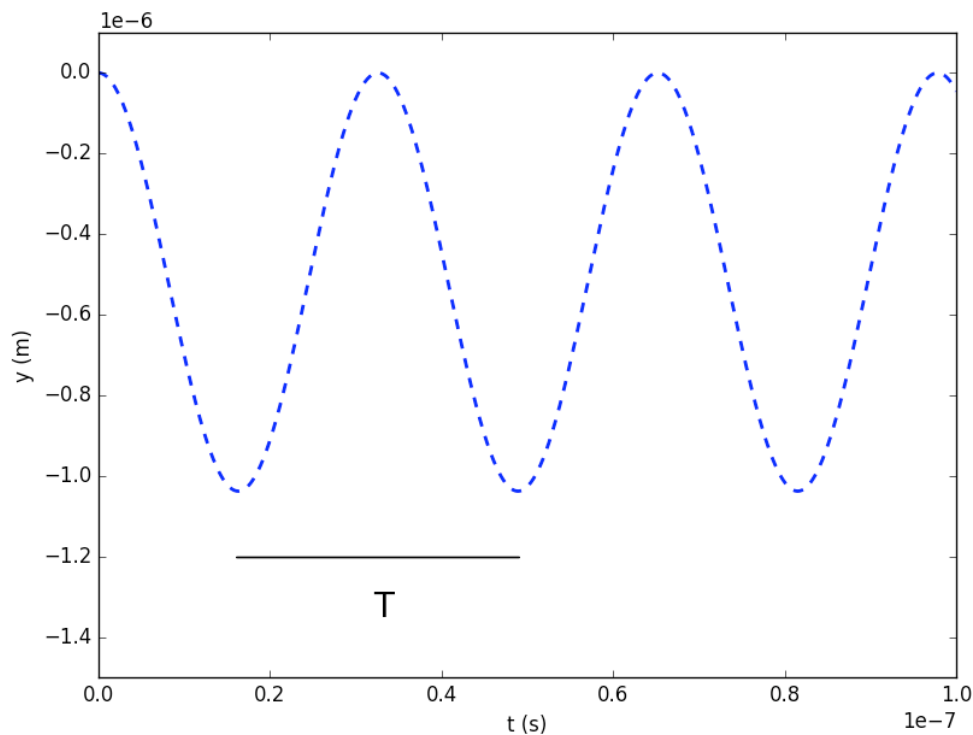
Cálculos:

- \* Calcula el radio de la trayectoria circular. Recuerda que las fórmulas son iguales al caso no relativista, pero reemplazando  $m$  por  $\gamma*m$ .

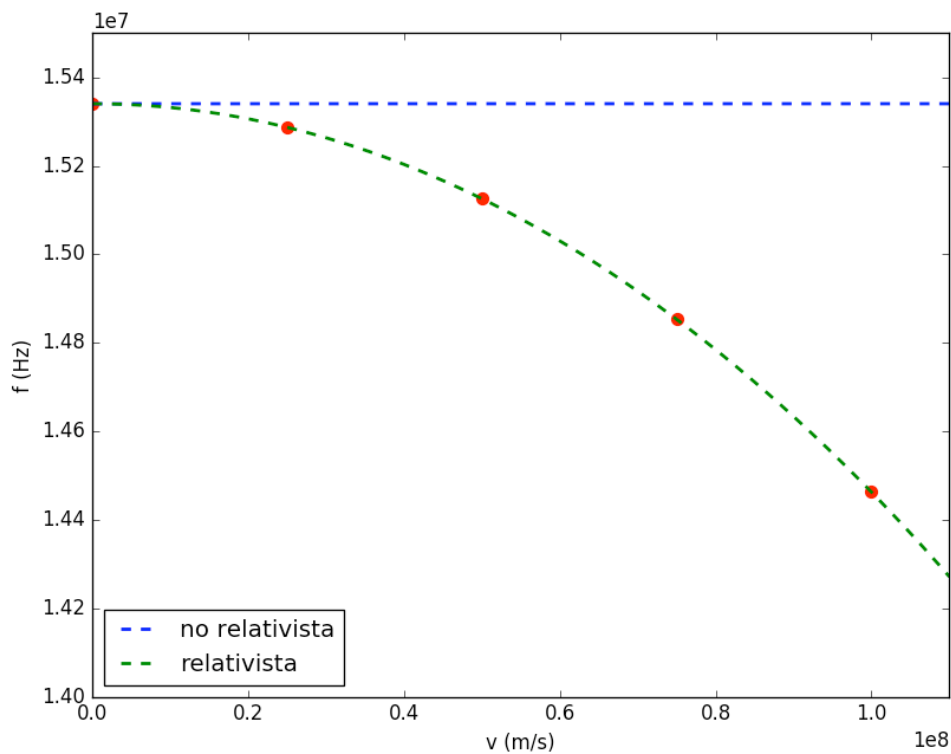
\* Estima el período de la trayectoria circular.

Simulación:

El programa frecuencia\_relativista\_g.py permite graficar la coordenada  $y$  de un ion en función del tiempo, para el caso de un ion en un campo magnético perpendicular a su velocidad (movimiento circular). Introduce los datos de entrada. Elige un tiempo de simulación que sea 4 o 5 veces superior al período calculado de manera que puedas ver varios ciclos del ion. Deberías obtener una gráfica similar a esta. Mide el período  $T$  en la gráfica y calcula cual es la frecuencia de ciclotron en este caso. Repite para las otras velocidades del ion



Presenta un gráfico donde se observe como varía la frecuencia de ciclotrón con la velocidad según la simulación para las distintas velocidades del ion estudiadas (5 o 6 puntos). Pon en la gráfica las curvas de los valores teóricos de frecuencia de ciclotrón (relativista y no relativista). Deberías obtener una gráfica del estilo de la siguiente.



Presenta además una gráfica donde se observe  $y(t)$  para el caso de la velocidad más baja y la más alta estudiada.

### Ciclotrón:

Datos de entrada:

Especifica en el informe los datos de entrada que has usado para esta simulación.

- \* Masa y carga de la partícula elegida. Elige protones, núcleos de deuterio o tritio.
- \* Valor de campo magnético en la D del ciclotrón (del orden de 0.1 T)
- \* Valor de diferencia de potencial entre las D, del orden de 5000 V
- \* Distancia entre las D del orden de 1 cm
- \* Radio de las D del ciclotrón del orden de 25 cm

Cálculos:

- \* Calcula el período del movimiento circular (no relativista) con el campo magnético y el ion elegido.

\* Calcula el tiempo que tarda un ion en reposo en atravesar la zona entre las Ds. Este tiempo debería ser muy pequeño comparado con el anterior, para que no haya desfase entre la señal alterna y el movimiento del ion.

\* Calcula la energía que ganará el ion cada vez que pase entre las Ds. Para eso asumimos que el voltaje alterno esta en fase con el movimiento del ion y lo acelera en este tramo. Al inicio el ion está en el medio de las dos Ds con lo cual la ganancia de energía inicial será la mitad de la calculada.

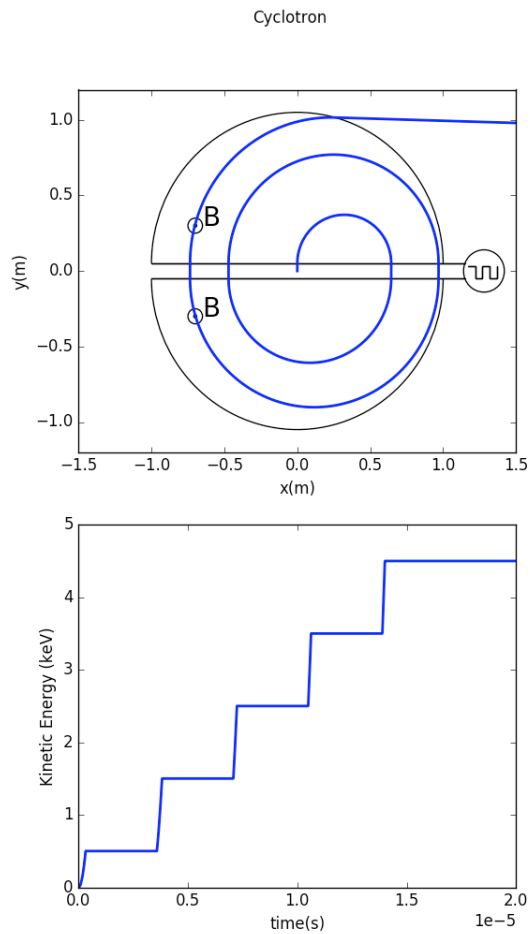
Simulación: El programa `cyclotron_g.py` calcula la trayectoria del ion elegido dentro del ciclotrón con una señal cuadrada entre las D y además nos muestra una gráfica de como varía la energía cinética del ion en función del tiempo.

Poner los datos de entrada elegidos en el programa. Como frecuencia del voltaje alterno entre las Ds dejaremos inicialmente la frecuencia de ciclotrón (frecuencia angular:  $\omega = qB/m$ ). De esta manera el voltaje estará en fase con el movimiento del ion.

Poner un tiempo de simulación que sea varias veces mayor que el período del movimiento circular del ion, de manera que el ion de varias vueltas en el ciclotrón. Si es necesario modifícalo hasta que el ion salga del ciclotron o también puedes reducir el radio del ciclotrón.

Observar que el ion se acelere en cada tramo entre las Ds. Si la energía cinética no cambia o disminuye podría ser problema del integrador de las ecuaciones de movimiento (reducir el tamaño del intervalo de tiempo) o también podría ser problema de que el tiempo entre las Ds no es lo suficientemente pequeño comparado con el tiempo de la orbita circular.

Presentar una gráfica donde se observe la trayectoria del ion y que se acelera en cada tramo entre las Ds y la variación de la energía con el tiempo. Deberías obtener una gráfica parecida a :



Compara el valor de energía final obtenido con la simulación con el esperado teóricamente. Para ello fijate las veces que el ion ha pasado entre las Ds y multiplícalo por la ganancia de energía teórica en cada tramo (recuerda que en el primer tramo gana solo la mitad). Si ves que el ion da demasiadas vueltas puedes reducir el radio del ciclotron.

Ahora multiplica la frecuencia de la señal alterna por 1.5. Deberías observar que ahora el ion no siempre se acelera en el tramo entre las Ds sino que a veces se frena. Presentar la gráfica que nos da la simulación en este caso:

Cyclotron

