

FIUM1018 - Física Moderna

Profesor: Ariel Norambuena *ariel.norambuena@umayor.cl*

Taller 1

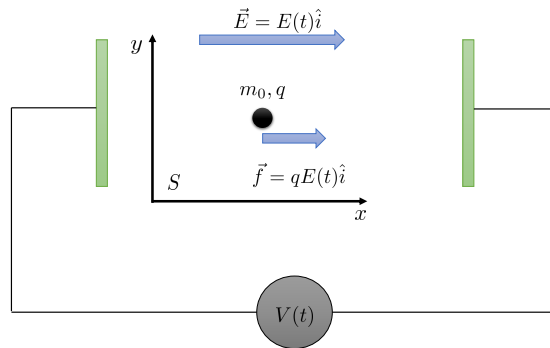
Indicaciones

Este Taller debe resolverse en horario de clases (1 hora 20 min) y de manera grupal. Para el correcto desarrollo del Taller 1 se requiere un computador por grupo, conocimientos de programación en Python y conocer los conceptos vistos en clases (se puede usar todo tipo de material de apoyo: apuntes, diapositivas, libros, etc). Cualquier consulta será respondida por el profesor a modo de guía para inducir la exploración científica y discusión entre los estudiantes. Cálculos y observaciones adicionales a cada pregunta serán recompensadas con puntos extras al finalizar la actividad.

Problema

En un laboratorio de Física Moderna se tiene una fuente alterna cuyo voltaje $V(t)$ permite generar un campo eléctrico $E(t)$ oscilatorio en el tiempo. Al colocar una partícula con carga q entre dos placas metálicas paralelas es posible generar una fuerza oscilatoria $f(t) = qE(t)$ sobre la partícula, tal cual se ilustra en la figura. Sin embargo, el campo eléctrico es tan intenso que induce velocidades relativistas con un marcado comportamiento oscilatorio.

Para entender el fenómeno de *oscilaciones relativistas* se realizan mediciones de la rapidez de la partícula en función del tiempo. El experimento se lleva a cabo usando un protón de carga $q = 1,6 \times 10^{-19}$ C y masa en reposo $m_0 = 1,67 \times 10^{-27}$ kg. Adicionalmente, la fuente de poder posee una frecuencia de oscilación $\omega = 2,5133$ s⁻¹ y genera un campo eléctrico máximo cuyo valor es $E = 25$ V/m.



Luego de 100 mediciones, se logra generar una tabla de datos de la rapidez (m/s) para distintos tiempos (s). Estos datos se guardan en el archivo “DatosExperimentales.xlsx”, al cual tienes acceso para un análisis más detallado. Se te ha pedido que analices los datos del experimento usando tus conocimientos de Física Moderna y Python.

- a) Usa la librería Pandas de Python para importar los datos experimentales que están en el archivo “DatosExperimentales.xlsx”. Genera un gráfico de la rapidez en función del tiempo. Para importar pandas usa el comando

```
import pandas as pd
```

Luego, para acceder a los datos de tiempo y velocidad experimentales, puedes usar el siguiente código

```
data = pd.read_excel (r'DatosExperimentales.xlsx')
texp = pd.DataFrame(data, columns= ['Tiempo (s)'])
vexp = pd.DataFrame(data, columns= ['Rapidez (m/s)'])
```

donde “texp” y “vexp” corresponden al tiempo y rapidez experimentales, respectivamente ¿Cada cuánto tiempo la partícula vuelve a tener rapidez cero? Recuerda que el período de oscilación viene dado por la fórmula $T = 2\pi/\omega$, donde ω es la frecuencia angular ¿Qué valor teórico obtienes para el periodo de oscilación si reemplazas la frecuencia de la fuente $\omega = 2,5133 \text{ s}^{-1}$? ¿Tiene sentido el cálculo teórico respecto a los datos? Recomendación: usa scatter plot para graficar los datos experimentales.

- b) Luego de visualizar los datos y consultar tus apuntes de Física Moderna te das cuenta de que es posible modelar el fenómeno de *oscilaciones relativistas* mediante el siguiente modelo para la velocidad:

$$v(t) = \frac{(qE/m_0) |g(t)|}{\sqrt{c^2 + (qE/m_0)^2 g^2(t)}} c,$$

donde $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $m_0 = 1,67 \times 10^{-27}$, $E = 25 \text{ V/m}$ y $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Tu intuición te dice que la función $g(t)$ debiese tener un comportamiento oscilatorio, para así explicar los datos experimentales. Para ello, se proponen dos modelos para la función $g(t)$:

$$\begin{aligned} \text{Modelo 1 : } g(t) &= \frac{1 - \cos(\omega t)}{\omega}, \\ \text{Modelo 2 : } g(t) &= \frac{\sin(\omega t/2)}{\omega}, \end{aligned}$$

donde $\omega = 2,5133 \text{ s}^{-1}$ es la frecuencia de oscilación de la fuente de voltaje ¿Cuál de los dos modelos es el más adecuado para explicar los resultados experimentales? Escribe un código en Python para resolver esta pregunta. ¿Cuál sería la velocidad y la energía cinética relativista de protón en el instante $t = 12 \text{ s}$?

- c) Grafica el campo eléctrico de la fuente $E(t) = E \sin(\omega t)$ en función de la rapidez $v(t)$ (para los modelos 1 y 2) ¿Qué diferencias observas para las curvas $(v(t), E(t))$ usando ambos

modelos? ¿Qué modelo presenta algún cambio abrupto para la curva $(v(t), E(t))$? Ayuda: un comportamiento abrupto suele manifestarse a través de discontinuidades de la función o puntos críticos (puntas agudas o saltos donde la derivada no se puede calcular) .

d) Grafica la rapidez en función del tiempo para el caso $E = 0,1 \text{ V/m}$, pero manteniendo todos los otros parámetros iguales. En este caso, ¿estamos en el régimen relativista? Nuevamente, grafica la curva $(v(t), E(t))$ ¿qué figura geométrica obtienes? Realiza una *conjetura geométrica* acerca de cómo se ven las curvas $(v(t), E(t))$ para los casos i) no-relativistas y ii) relativistas.