El experimento de Franck–Hertz

El experimento de Franck–Hertz demuestra la cuantización de los niveles energéticos de los electrones en un átomo. En su momento confirmó la teoría atómica de Bohr, demostrando que los átomos solo pueden absorber cantidades cuantizadas de energía, constituyendo así uno de los experimentos fundamentales de la física cuántica.

En esta experiencia, los electrones son acelerados a través de una diferencia de potencial (V_{ac}) en un tubo de vacío lleno de gas, en nuestro caso neon. Se produce una corriente eléctrica, cuya intensidad (I_{amp}) es medida en un amplificador, y a partir de estos valores se construye la curva de corriente característica. A continuación es necesario determinar los sucesivos valores extremos (mínimos y máximos) de esta curva, y a partir de ellos se podrá obtener el salto energético entre el estado fundamental y el primer estado excitado del neon.

La curva de corriente [1] se muestra a continuación:

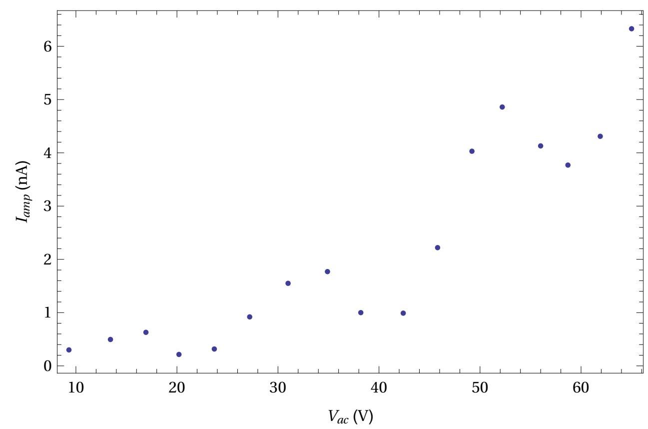

Figura 1: Curva de corriente (puntos experimentales). La intensidade de corriente se mide en nanoamperios y la diferencia de potencial en voltios.

Se observa que no hay demasiados puntos experimentales en el entorno de los extremos de la curva de corriente, por lo que se hace complicado determinar con precisión los máximos y mínimos por simple observación la gráfica. Podemos resolver este problema llevando a cabo una interpolación de los datos, empleando para ello splines cúbicos, de forma que posteriormente se calculen los extremos a partir de la interpolación.

Utilización de splines cúbicos

Se programa una función de MATLAB llamada *CubicSpline.m*, que interpola un conjunto de datos genérico dado. Esta función tiene como entrada los pares de puntos a interpolar, en este caso voltaje e intensidad. Como salida de la función tenemos una matriz, que incluye el polinomio cúbico de interpolación en cada intervalo; además, a partir de este polinomio, calculamos diez pares de puntos en cada intervalo, de cara a dibujar nuestra solución gráficamente. La construcción del código se encuentra pormenorizada en el mismo.

Centrándonos en nuestro problema particular, creamos el script *FH.m*, que lee los valores (V,I) y llama a la función *CubicSpline.m*. Ésta nos reporta el spline interpolador en cada intervalo y dibuja la solución. Finalmente, se utilizan diversos comandos propios de Matlab, asociados a polinomios y aplicados a los splines solución de nuestro problema, para hallar los extremos de la curva de corriente.

Para ejecutar el programa basta con escribir *FH* en la ventana de comandos de MATLAB.

Solución del problema

Una vez interpolamos los datos, obtenemos la curva de corriente reconstruida que se muestra a continuación:

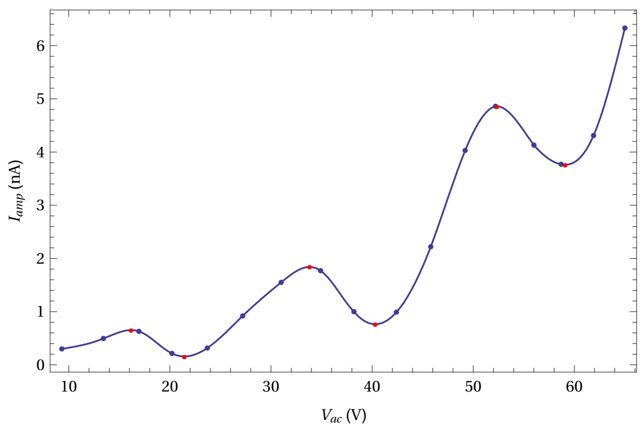

Figura 2: Curva de corriente con los puntos experimentales (en azul) interpolados con splines cúbicos. Los máximos y mínimos aparecen marcados en rojo.

En la gráfica anterior podemos observar los extremos de la curva de corriente, que se detallan seguidamente:

$V_{ac}^{\text{mín}}$ (V)	$V_{ac}^{\text{máx}}$ (V)
21,43	16,17
40,31	33,82
59,11	52,34

Tabla 1: Extremos de V_{ac}.

Sin entrar en cálculo de incertidumbres, se tiene el siguiente ajuste lineal para éstos mínimos y máximos:

[1] Los datos experimentales empleados fueron tomaron durante las prácticas de laboratorio de Física Cuántica, correspondientes a la asignatura Técnicas Experimentais III del Grao en Física de la USC.

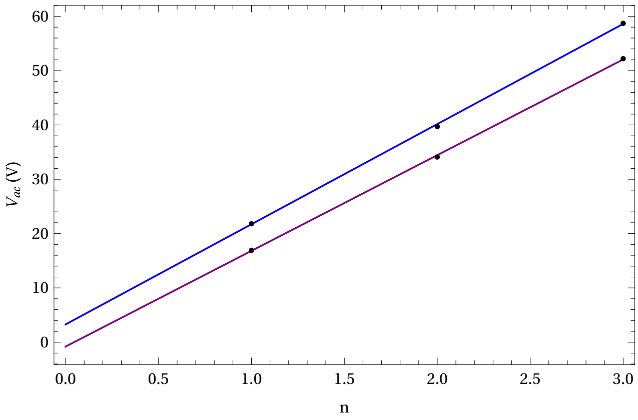

Figura 3: Ajuste lineal para los máximos (magenta) y los mínimos (azul). Representamos el orden de aparición del extremo (n) y la diferencia de potencial (V_{ac}).

Se puede deducir que la pendiente de cada uno de los ajustes debería coincidir con el salto energético (en electronvoltios) entre el estado fundamental y el primer excitado del neon. Cabe esperar el mismo resultado para mínimos y máximos, y si promediamos resulta un salto energético de $\Delta E \approx 18$ eV. Experimentos mucho más precisos reportan valores parecidos, con lo cual el procedimiento seguido es más que aceptable.

En definitiva, si bien hemos tomado escasos puntos experimentales en el laboratorio o si nuestros valores no están próximos a los extremos de la curva, la interpolación con splines cúbicos es una buena solución a nuestro problema.