TRABAJO PRÁCTICO N°1
Relaciones entre variables: descarga de un capacitor

En este primer Trabajo Práctico nos proponemos modelizar la serie de datos experimentales obtenida al relevar la relación entre la carga de un capacitor y el tiempo que demora en descargarse, y la idoneidad del modelo elegido.

Un capacitor es un dispositivo formado por dos placas conductoras separadas por un material aislante. Esta geometría le permite almacenar cargas eléctricas positivas en una placa y negativas en la otra. Cuando esto sucede se dice que el capacitor está cargado. Si se provee un camino conductor para que estas cargas circulen compensándose, el capacitor se descarga.

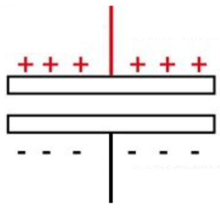
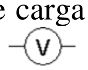


Figura I: esquema de un capacitor cargado

Para conocer la carga acumulada en el capacitor, mediremos una variable representativa de la misma: el voltaje ΔV , que en este caso es directamente proporcional a la carga en el capacitor.

En el Laboratorio encontrarán armado un circuito como el que se expone en la Figura II. El mismo consiste esencialmente en una fuente de energía **F**, un capacitor **C** y un pulsador **P**. Para permitir la descarga, existe otra conexión (**R**). Al presionar el pulsador, el capacitor se carga. Al soltarlo, el capacitor se descarga. Analizaremos la evolución de la cantidad de carga del capacitor a partir de la medición de voltaje mediante un instrumento llamado voltímetro  . Para medir el tiempo, emplearemos cualquier cronómetro digital en una computadora o en un celular.

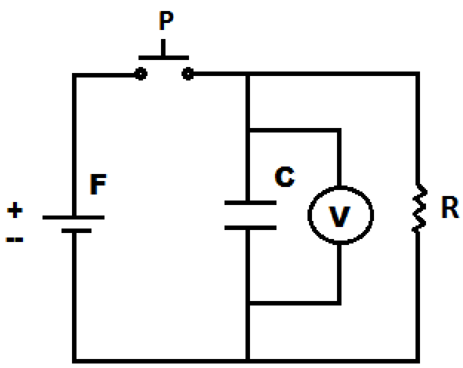


Figura II: circuito empleado para estudiar la descarga de un capacitor

No encienda la fuente sin la debida autorización del docente.

Luego de encender la fuente, presionen el pulsador y registren el valor que marca el voltímetro:

$$\Delta V_0 = (\ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots)V \ .$$

Ahora suelten el pulsador, *¿qué sucede?*

Para completar la Tabla 1, prepárense para iniciar el cronómetro y vuelvan a presionar el pulsador. Comenzaremos a medir el tiempo en el instante en el que se lo suelta, registrando a partir de ese momento una medición del voltaje cada 10 segundos. *¿Cuál consideran que es la incerteza absoluta de la medición de tiempo? ¿Y de la medición de voltaje? ¿Alguna de las dos mediciones se realiza en condiciones óptimas de medición?*

En principio, la medición termina cuando el voltaje medido es nulo. Ahora bien, *¿esto implica que el visor del voltímetro debe indicar 0V? ¿O es necesario considerar la incerteza de la medición?* Consideraremos que la medición está terminada cuando se obtengan tres valores experimentalmente iguales a cero.

Luego de completar la medición, describan lo que observan en la Tabla 1: *¿hay alguna relación entre el crecimiento/decrecimiento de una variable y el crecimiento/decrecimiento de la otra?*

A partir de los datos de la Tabla 1, realicen un gráfico de $\Delta V = f(t)$ (Gráfico 1) en computadora, empleando preferentemente el programa "Graph", que es de descarga y uso libres.

Describan lo que observan en el Gráfico I, *¿hay alguna relación entre las variables ΔV y t? Si la hay, ¿es una relación creciente o decreciente? ¿Consideran adecuado afirmar que la relación es lineal, o no lineal? ¿Consideran adecuado afirmar que la relación es de proporcionalidad directa?*

En función de interpretar físicamente el gráfico realizado, analicen: *¿cuánto demora el capacitor en descargarse totalmente?* Consideraremos que el capacitor está descargado cuando el voltímetro indique el *primer valor* experimentalmente nulo.

$$t_{total} = (\ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots)s$$

Ahora determinen: *¿la velocidad de descarga del capacitor es igual para cualquier intervalo de tiempo? Para responder a esta pregunta, analicen cuánto tiempo demora el capacitor en descargar la primera mitad de su carga almacenada, y cuánto demora en descargar la segunda.*

$\Delta t_1 = (\ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots)s$ (tiempo que demora la descarga de la primera mitad de la carga acumulada)

$\Delta t_2 = (\ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots)s$ (tiempo que demora la descarga de la segunda mitad de la carga acumulada)

A continuación buscaremos una función matemática que describa y eventualmente permita predecir el comportamiento de la descarga de un capacitor, a partir del Gráfico I.

La dificultad consiste en que una curva de datos experimentales es susceptible de ser ajustada por más de una función matemática, siempre y cuando tenga suficientes grados de libertad. Por ejemplo, pueden probar ajustar la curva experimental por una función polinómica. Si aumentan el grado del polinomio, están aumentando los grados de libertad de la función de ajuste. *¿Encuentran algún polinomio que ajuste la función adecuadamente? ¿Describe correctamente el comportamiento de la descarga del capacitor para todo tiempo, incluido el intervalo de tiempo en el cual el capacitor permanece descargado? ¿Qué problemas encuentran para elegir este modelo como una buena descripción del fenómeno físico?*

Dado que hay muchas funciones que servirían para realizar el ajuste, determinaremos la más adecuada eligiendo un modelo teórico de referencia. Según el mismo, la descarga de un capacitor obedece a:

$$\Delta V = \Delta V_o e^{-t/\tau}$$

donde ΔV_o es el voltaje inicial y τ es una constante relacionada con el tiempo de descarga.

Por lo tanto y de acuerdo al modelo, ajustaremos una función exponencial a la gráfica obtenida. En función de determinar la idoneidad del ajuste para la serie de datos experimentales obtenida, analizaremos algunas cuestiones puntuales:

(a) *¿Qué valor obtuvieron para el coeficiente de correlación al cuadrado (* R^2 *)? ¿Qué indica dicho resultado?*

(b) A partir de la fórmula de la función de ajuste, obtendremos los valores correspondientes a los parámetros $\Delta V_{o(ajuste)}$ y τ_{ajuste}:

$$\Delta V_{o(ajuste)} = ...V$$

$$\tau_{ajuste} = ...s$$

¿Coinciden el valor de ΔV_o *medido experimentalmente y el valor de* $\Delta V_{o(ajuste)}$ *obtenido a partir del ajuste realizado? No olviden considerar el intervalo de incertezas correspondiente al valor experimental al realizar la comparación.* Si coinciden, es un indicio más de que la función de ajuste está correctamente elegida.

(c) En una función exponencial, el cociente $\frac{t_{total}}{\tau_{ajuste}} = 6$ cuando la función disminuye su valor inicial en más del 99%. Entonces, para la función ajustada, determinen:

$$\frac{t_{total}}{\tau_{ajuste}} = ...$$

¿El cociente obtenido es similar al factor 6 *esperado?*

Considerando los resultados obtenidos en (a), (b) *y* (c), *¿la función elegida para ajustar los datos experimentales es adecuada o no?*

Ahora, retomando el objetivo de este trabajo práctico, *analicen la idoneidad del modelo empleado para ajustar la serie de datos de experimentales. ¿En qué zonas del gráfico el modelo matemático coincide con el comportamiento físico del capacitor? ¿Qué pasa cuando el capacitor se descarga por completo, en la zona en la que el voltaje es experimentalmente nulo? ¿Puede anularse una función exponencial como la propuesta? ¿Es adecuado el modelo cuando el capacitor ya está descargado?*

Finalmente, retomando el objetivo de este trabajo práctico, obtengan conclusiones respecto de la modelización realizada sobre los valores experimentales y la idoneidad del modelo empleado.

Antes de retirarse del laboratorio asegúrense de apagar la fuente y el voltímetro.

$\Delta V_o = (\ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots)\ V$

$t(s)$	$\varepsilon t(s)$	$\Delta V(V)$	$\varepsilon \Delta V(V)$

(continuación…)			
$t(s)$	$\varepsilon t(s)$	$\Delta V(V)$	$\varepsilon \Delta V(V)$

Tabla I: valores obtenidos de ΔV y t en el estudio de la descarga de un capacitor

Fecha: ..../........../ **2025**

Año y división: ....

Grupo N°: ....

Firma del ayudante: ....