

LABORATORIO DE FÍSICA 1

(Biólogos y Geólogos)

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

PRÁCTICA 6: Guía de circuitos de corriente continua y RC

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la relación entre la diferencia de potencial y la corriente que circula en una resistencia eléctrica. Analizar el comportamiento no estacionario de un circuito compuesto por un capacitor y una resistencia (circuito RC).

INTRODUCCIÓN

A.- MATERIALES CONDUCTORES

Se dice que un material es conductor cuando posee una gran cantidad de cargas libres (en un metal las cargas libres son electrones, pero por ejemplo en una solución conductora las cargas libres pueden ser tanto positivas o negativas). Entonces así como una cañería puede llevar cierto caudal de agua, a través de un material conductor se puede mover un “caudal” de electrones, que llamaremos corriente (que es simplemente el número de cargas que circula por unidad de tiempo). Para que el agua circule por las cañerías de una casa es necesario aplicar cierta diferencia de potencial gravitatorio, poniendo el tanque arriba de la casa, de la misma forma para que los electrones circulen es necesario aplicar cierta diferencia de potencial eléctrico. En general, la analogía con las cañerías es buena para pensar a los circuitos eléctricos mientras no se tengan otras herramientas. En la práctica sucede al revés, y los circuitos eléctricos son utilizados para modelar una gran cantidad de flujos (como el sistema circulatorio o el sistema de irrigación en plantas). La corriente, como el caudal, puede ser positiva o negativa según el sistema de referencia que se tome y el sentido de circulación de las cargas. La diferencia de potencial también puede cambiar de signo según el sistema de referencia. (Para pensar al final: ¿Cuándo y cómo definen el sistema de referencia?)

Cada material o combinación de materiales reacciona distinto ante el paso de una corriente o la aplicación de una diferencia de potencial, y generan una relación característica entre la diferencia de potencial entre sus extremos y la corriente que pasa a través de él. La Ley de Ohm es una de las leyes experimentales más utilizadas, y plantea justamente una relación entre diferencia de potencial y corriente. La validez de esta ley depende fuertemente del material, es así que hay materiales que se llaman óhmicos o no óhmicos.

Unidades:

[DIFERENCIA DE POTENCIAL O VOLTAJE O TENSIÓN] = VOLTS (V)

[CARGA] = COULOMB (C)

[INTENSIDAD DE CORRIENTE] = AMPERE (A) = C/seg

[RESISTENCIA] = Ω

LABORATORIO DE FÍSICA 1

(Biólogos y Geólogos)

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

B.- CAPACITORES

Un capacitor está constituido por dos placas conductoras separadas por una distancia pequeña (respecto de las longitudes características de las placas). Generalmente, entre ellas hay un medio dieléctrico. Si se conecta el capacitor a una fuente de tensión, las cargas se distribuyen en las superficies, llegando a un equilibrio como se muestra en la figura 1. En cada placa, hay igual cantidad de carga pero de signo contrario. La diferencia de potencial que existe entre las dos placas conductoras es proporcional a la carga Q que hay en cada placa. Esto se expresa:

$$Q = C \cdot V \quad (1)$$

donde C es la constante de proporcionalidad llamada capacidad o capacitancia. Esta constante depende de las características del capacitor (superficie de placas y distancia de separación, material entre placas). La unidad de la capacitancia es el *faradio* $F = \text{Coulomb} / \text{Volt}$

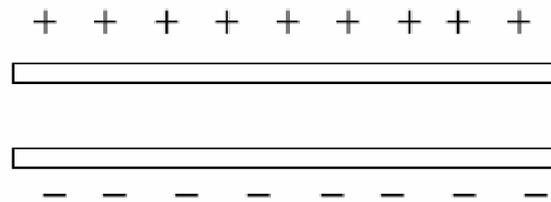


Figura 1: Esquema de un capacitor de placas paralelas

Para estudiar las propiedades de un capacitor, podemos armar el circuito que se muestra en la figura 2. En el caso que la llave conecta a la batería, la diferencia de potencial del circuito es igual a

$$V_0 = V_R + V_C$$

donde V_C es la diferencia de potencial sobre el capacitor y V_R es la diferencia de potencial sobre la resistencia. Utilizando la ecuación (1) para V_C y la Ley de Ohm para expresar V_R (o sea, $V_R = I R = \frac{dQ}{dt} R$) podemos escribir:

$$V_0 = \frac{Q}{C} + \frac{dQ}{dt} R \quad (2)$$

resolviendo esta ecuación, donde la variable es Q y la condición inicial es que el capacitor se encuentra descargado, resulta

$$Q(t) = V_0 C (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (3)$$

LABORATORIO DE FÍSICA 1

(Biólogos y Geólogos)

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

Utilizando la ecuación (1) para V_C y que $V_R = V_0 - V_C$

$$V_C(t) = V_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (4)$$

$$V_R(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (5)$$

estas expresiones indican cual es la evolución temporal de la diferencia de voltaje sobre la resistencia y capacitor cuando se conecta una batería al circuito RC.

El circuito modelo es el siguiente:

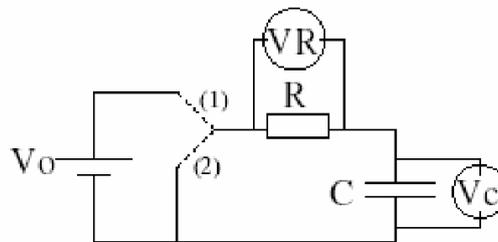


Figura 2: circuito RC con dos posibles configuraciones: (1) conectado a la batería, (2) al desconectar la batería V_R y V_C indican las mediciones de diferencia de potencial sobre cada uno de los elementos.

Donde la llave conecta primero con la batería permitiendo la carga del capacitor con carga límite $Q_0 = C \cdot V_0$ y luego desconecta la batería realizando la descarga del capacitor. Este circuito tiene particular importancia en biología ya que con estos elementos se “modela” la membrana celular.

CLASE 1**ACTIVIDAD 1: RESISTENCIAS EN SERIE Y PARALELO**

Para familiarizarse con los elementos pasivos de un circuito eléctrico así como también con los elementos de medición de un circuito de corriente continua, por ej.: multímetro; comenzaremos midiendo la resistencia resultante de conectar resistencias en serie y paralelo. En esta actividad se utilizará el multímetro como objeto de medición de resistencias. Para ello, elija un conjunto de resistencias, mida la resistividad de cada una de ellas por separado utilizando el multímetro en la función de medición de resistividad. Luego conéctalas en serie y mida la resistividad del conexionado entero. Luego realice el mismo experimento pero conectándolas en paralelo. ¿Qué obtiene en cada caso? Compare con las ecuaciones que ya conoce para resistencias en serie y paralelo.

LABORATORIO DE FÍSICA 1

(Biólogos y Geólogos)

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

ACTIVIDAD 2: RESPUESTA DE UNA RESISTENCIA

Arme un circuito simple que conecte una fuente de continua con voltaje variable y una resistencia. Registre (correctamente) la corriente que circula por la resistencia y la diferencia de potencial entre sus extremos a medida que modifica el voltaje de la fuente (Ver Apéndice al final de la guía). Repita el procedimiento para 10 valores de voltaje distintos. ¿Qué modelo propondría para representar la relación entre las variables? ¿Conoce esta ley? ¿Puede calcular el valor de la resistencia utilizada? ¿Con qué método?

Para realizar estas mediciones utilice un multímetro para medir la corriente y otro para el voltaje. ¿Cómo conecta cada uno de estos multímetros? ¿por qué? (para ayuda vea Apéndice al final de la guía)

En esta actividad utilice las mismas resistencias que utilizó en la actividad anterior. Realice el procedimiento para 2 o 3 resistencias individuales. Luego conéctelas en serie y paralelo, y repita el procedimiento. Compare con los resultados obtenidos en la actividad anterior.

Para estudiantes motivados...

Estudie la respuesta de una lamparita en función de la corriente que circula por dicho elemento y la diferencia de potencial entre sus extremos. ¿Qué modelo propondría para este caso? ¿Es el mismo modelo que en el caso de la resistencia?

CLASE 2: CIRCUITO RC

En la clase anterior (actividades 1 y 2) se midió la corriente y la diferencia de potencial en un circuito en estado estacionario, es decir que no había que preocuparse por lo que pasa cuando se cierra una llave sino que se asume que por el circuito instantáneamente circula una corriente igual a la medida o simplemente que se mide lejos del momento en que se enciende la llave, a tiempos en los cuales el sistema se encuentra en un estado estacionario. Ahora se quiere ver qué pasa a tiempos cortos o cercanos al momento en que se enciende o se apaga una llave, intentando estudiar como varía la carga en función del tiempo ($Q(t)$) en el capacitor durante los procesos de acumulación de carga y de descarga. El comportamiento del circuito a estos tiempos se lo llama transitorio. ¿Por qué recibe este nombre? ¿Qué son tiempos cortos y tiempos largos? ¿Cuáles son las condiciones del circuito en estado estacionario? ¿Qué pasa con la corriente?

Para estudiar la dinámica del circuito necesitamos medir V en función del tiempo. ¿Es posible medir la tensión en función del tiempo $-V(t)-$ con un multímetro? Nosotros para ello utilizaremos el SensorDAQ, conectando a una de los canales un cable para medir la tensión sobre la resistencia o sobre el capacitor. ¿Cómo haría para obtener $I(t)$ o $Q(t)$? ¿Qué otro instrumento suele utilizarse para medir diferencia de potencial en función del tiempo?

LABORATORIO DE FÍSICA 1

(Biólogos y Geólogos)

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

Construya un circuito RC como el de la figura 2. Observe $V(t)$ para la resistencia V_R y para el capacitor V_C mientras enciende y apaga la llave (voltaje de la fuente constante distinto de cero y voltaje cero), ¿cómo son las curvas V_R y V_C ? Para simplificar las medidas en vez de utilizar una fuente de continua utilice un generador de ondas con perfil rectangular, de base cero y voltaje máximo V_0 (con eso imita la llave). Elija una frecuencia para la onda rectangular de manera tal que vea todo el comportamiento de carga y descarga del circuito.

Nota: Tener cuidado al conectar el cable para medir la diferencia de potencial sobre alguno de los elementos del circuito, uno de los terminales del SensorDAQ está conectado a "tierra". Si el generador de onda también está conectado a tierra se puede estar cortocircuitando parte del circuito. CONSULTAR CON EL DOCENTE. Discutir con el docente la función de la referencia de tierra en el laboratorio. ¿Qué significa "conectar a tierra"? ¿a dónde va la "tercera pata del enchufe"?

Repita la medición para diferentes valores de R y C (y mantenga la frecuencia de la onda rectangular fija). ¿Qué le sucede a las curvas V_R y V_C ? ¿Cuál es el tiempo característico del transitorio? ¿De qué variables experimentales depende?

Finalmente, si se busca ahora modelar la respuesta del circuito, ¿qué función elegiría? Tome un conjunto de parámetros de los utilizados con un tiempo característico adecuado para observar bien la carga y la descarga. Ajuste las curvas obtenidas siguiendo un ajuste no lineal. ¿Es posible linealizar para obtener el tiempo característico? Si es así, realícelo y compare.

LABORATORIO DE FÍSICA 1

(Biólogos y Geólogos)

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

APÉNDICE

Modo de conexiones para realizar las mediciones:

- Voltaje: en este caso se mide la diferencia de potencial entre dos puntos (A y B) del circuito que no necesariamente deben ser adyacentes ni cercanos. Para ello se debe conectar el multímetro “en paralelo” como indica la figura 3.a. La resistencia interna de un voltímetro es muy grande de tal forma que la corriente que se desvía por esa rama es despreciable y la presencia del voltímetro no modifica el circuito. (¿Cómo sería un voltímetro ideal?)

Toda diferencia de potencial implica una medida entre dos puntos del circuito. Un caso particular es cuando uno de los puntos es el nivel de tensión de referencia es Tierra (GND o GROUND).

- Corriente: en este caso se mide la corriente que pasa por una rama del circuito. Para ello se debe conectar el multímetro “en serie” como indica la figura 3.b en el modo amperímetro. Con el fin de no modificar el circuito el amperímetro posee una resistencia interna muy pequeña, de tal manera que no hay una diferencia de potencial apreciable entre sus terminales.

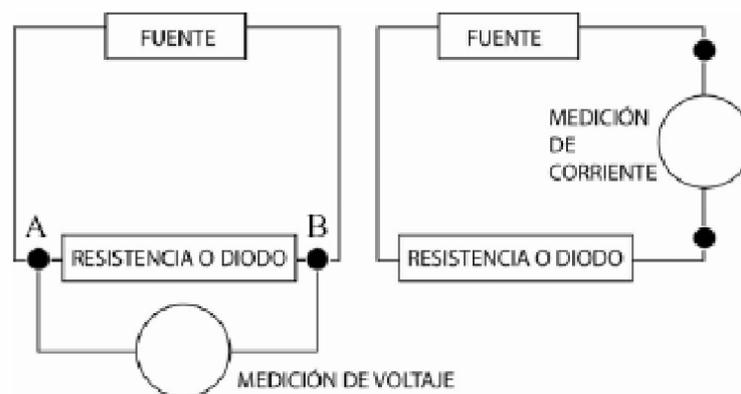


Figura 3: Correcto montaje para la medición de voltaje (a) y de corriente (b).

NOTA: Una conexión incorrecta de un equipo puede causar cortocircuitos involuntarios. Los cortocircuitos pueden dañar el instrumental o dar lugar a medidas incorrectas porque el circuito ha sido modificado por la conexión del instrumental de medida. Verifique la conexión del circuito con el docente antes de encender la fuente de tensión.