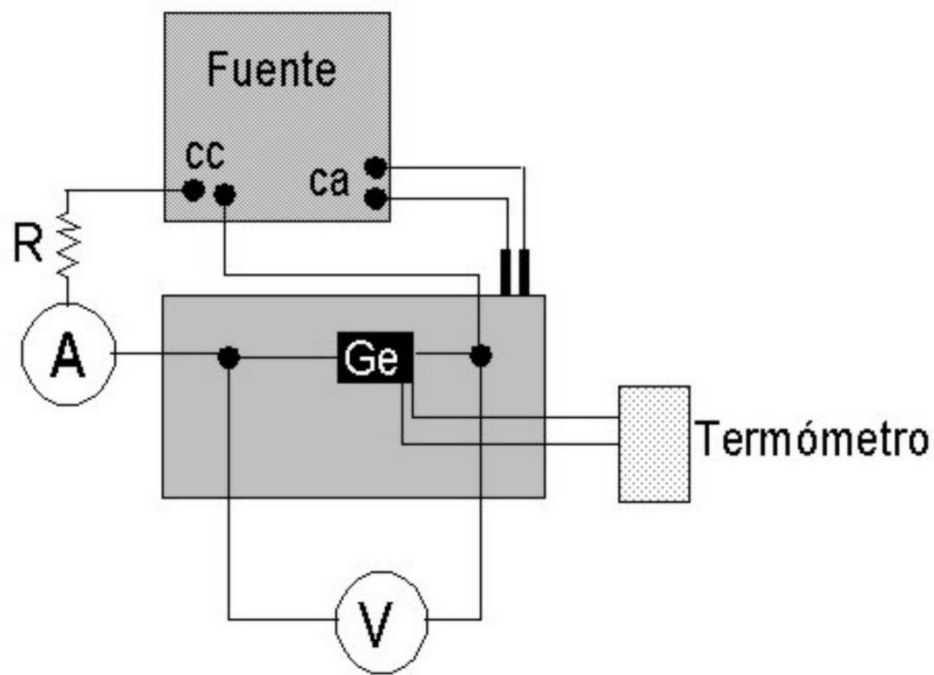


# EXPERIENCIA DE LABORATORIO

## Banda prohibida del Germanio

- El objetivo de esta experiencia es determinar **la anchura de la banda prohibida** de un material semiconductor como el Germanio.
- Se dispone de una lámina de Germanio, una fuente de alimentación, una resistencia, una placa calefactora, una amperímetro, un voltímetro, un termómetro y cables de conexión.



La experiencia se basa en la dependencia de la **conductividad eléctrica** de un semiconductor con la **temperatura**.

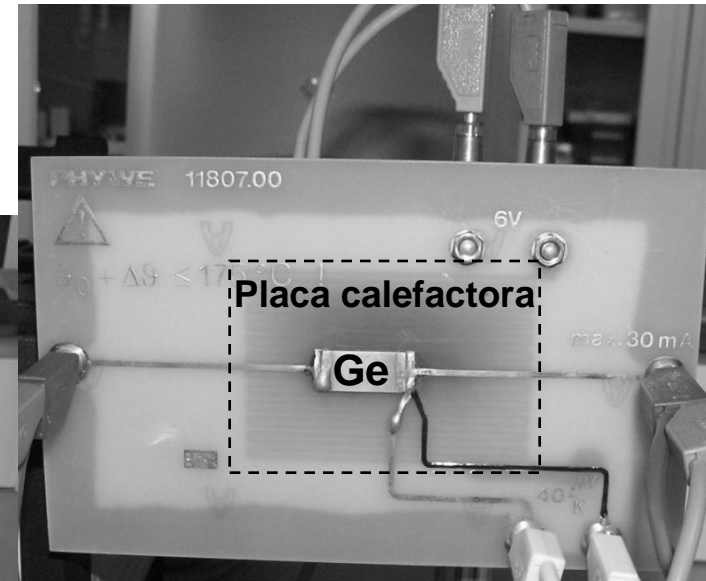
$$\sigma = \sigma_0 e^{-E_G / 2k_B T}$$

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_G}{2k_B T}$$

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{\ell}{S}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

## Dispositivo experimental



Fuente

cc

ca

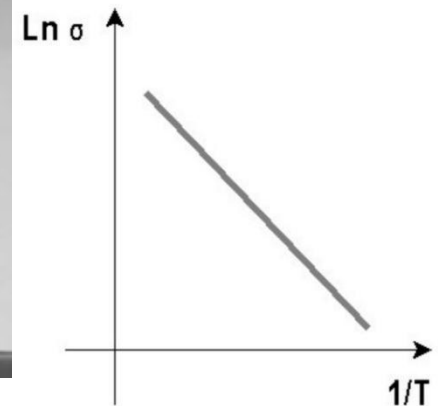
Resistencia

Amperímetro

Voltímetro

Termómetro

T	V	I



## OBJETIVO

Determinación de la banda prohibida del germanio.

## MATERIAL

Lámina de germanio de  $20 \times 10 \times 1$  mm<sup>3</sup> (incluida en una placa con posibilidad de suministro de calefacción), amperímetro, voltímetro, medidor de temperatura, fuente de alimentación, resistencia de  $180 \Omega$ , cables de conexión.

## FUNDAMENTO TEÓRICO

Los niveles energéticos de los átomos aislados están muy separados (por ejemplo, en el caso del hidrógeno  $E_1 = -13,6$  eV;  $E_2 = -3,4$  eV). Sin embargo, cuando dos átomos se aproximan entre sí el nivel energético de cada uno cambia por la presencia del otro. De esta forma, cada nivel energético se desdobra en dos niveles de energía ligeramente diferentes, debido al principio de exclusión de Pauli. Si aproximamos  $N$  átomos, cada nivel particular de energía de un átomo se divide en  $N$  niveles energéticos distintos pero muy próximos. Como en un sólido macroscópico  $N$  es un número extraordinariamente elevado, cada nivel energético se divide en un número muy grande de niveles, llamado **banda de energía**, de forma que los niveles están espaciados casi continuamente dentro de la banda.

Existe, de esta forma, una banda separada de niveles de energía para cada nivel energético particular del átomo aislado. Estas bandas pueden estar muy separadas en su energía o muy próximas, e incluso pueden solaparse, todo ello dependiendo del tipo de átomo y enlace del sólido.

Se denomina **banda de valencia** a la banda de energía más alta del sólido que contiene electrones, la cual puede estar completamente llena de electrones o parcialmente llena.

Se denomina **banda de conducción** a la banda de menor energía en la que hay estados no ocupados. Dependiendo de que la banda de valencia esté totalmente llena o no y de la diferencia de energía que existe entre la banda de valencia y la de conducción, podemos tener materiales conductores, aislantes o semiconductores.

Los **semiconductores** intrínsecos o puros se caracterizan por tener la banda de valencia completamente ocupada por electrones y la banda de conducción vacía, pero siendo el intervalo energético entre ambas, denominado **banda prohibida**, no muy grande (alrededor de 1 eV). Esto significa que estos materiales (entre los que se encuentra el germanio) tienen una resistividad muy elevada a bajas temperaturas, por lo que apenas pueden conducir la electricidad. Sin embargo, al elevar la temperatura puede empezar a ser significativa la fracción de electrones que pueden pasar de la banda de valencia a la de conducción, y el material será capaz de transportar cierta corriente eléctrica.

A temperaturas elevadas (aproximadamente, a partir de la temperatura ambiente) existe una relación exponencial entre la conductividad y la temperatura de un semiconductor, en la forma:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{E_g}{2kT}} \quad (1)$$

donde  $\sigma$  es la conductividad a la temperatura absoluta  $T$ ,  $k$  es la constante de Boltzmann y  $E_g$  es la energía de la banda prohibida, cuya determinación corresponde al objetivo de esta práctica.

Por otro lado, la conductividad de un material está relacionado con su resistencia y su geometría de acuerdo con:

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{\ell}{S}$$

siendo  $R$  su resistencia,  $\sigma$  su conductividad,  $\ell$  la longitud del material y  $S$  su sección recta a través de la cual circula la corriente eléctrica. Además, podemos utilizar la ley de Ohm, porque el germanio es un material óhmico:

$$R = \frac{V}{I}$$

siendo  $I$  la intensidad de corriente y  $V$  la diferencia de potencial aplicada a los extremos de nuestra muestra de germanio.

Así pues, de las dos expresiones anteriores resulta fácil obtener la conductividad  $\sigma$ . Dicha expresión debe obtenerla el alumno.

## MÉTODO EXPERIMENTAL

Conecte la placa de germanio en serie con la resistencia de  $180 \Omega$  y la fuente de alimentación en corriente continua, insertando un amperímetro para medir la intensidad de corriente que circula por la plaquita de germanio. Debe conectar también un voltímetro en paralelo con la placa de germanio para medir la diferencia de potencial entre sus extremos. Seguidamente, conecte los terminales de la resistencia calefactora a la entrada adecuada de la fuente de alimentación. Por último, no olvide conectar el termómetro a los extremos del termopar para medir la temperatura de la muestra de germanio. La figura 1 muestra un esquema orientativo del dispositivo.

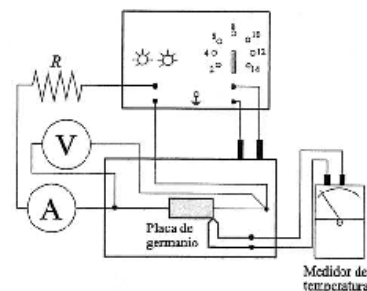


Figura 1

Nota	<b>¡Antes de enchufar el dispositivo a la red, avise al profesor para que compruebe que las conexiones son correctas!</b>
------	---

Seleccione una tensión media con el selector de la fuente de alimentación. Encienda el dispositivo y comience a medir. Debe hacer una tabla que incluya temperatura, intensidad y tensión. Para cada valor de temperatura anote la pareja (intensidad, tensión) correspondiente.

Empiece con el selector de calentamiento en la posición 2. Cuando note que la temperatura aumenta con cierta dificultad, cambie el selector a la posición 4, y, si fuese necesario a la posición 5.

Nota	<b>¡No caliente la placa por encima de los 100°C!</b>
------	---

Se le sugiere que tome los datos inicialmente a intervalos de 5°C, y como a partir de unos 55°C será necesario aumentar el ritmo de calentamiento quizá sea mejor tomar datos a intervalos de 10°C, hasta llegar al tope máximo de 95°C. A continuación, desconecte los terminales de calefacción y vuelva a tomar datos durante el proceso de enfriamiento.

Con los datos obtenidos (bien los tomados en el proceso de calentamiento, en el de enfriamiento o tomando las medias correspondientes a los dos procesos) determine la tabla ( $\ln \sigma$ ,  $1/T$ ), sin olvidar que la temperatura debe ser la absoluta. Represente  $\ln \sigma$  en función de  $1/T$  y, mediante un ajuste por mínimos cuadrados, podrá determinar el valor de la banda prohibida del germanio, para lo que debe usar la ecuación 1 y aplicar logaritmos neperianos. No olvide los cálculos correspondientes de errores.