

3.Variación de la resistencia de un conductor y de un semiconductor con la temperatura.

En esta práctica pretendemos analizar dos termómetros basándonos en la variación de la resistencia que ofrecen estos al paso de la corriente según varía la temperatura. En primer lugar vamos a analizar un termómetro compuesto por un material semiconductor, esto es, un termistor. Los termistores presentan la característica de una extrema sensibilidad a los cambios de temperatura. Es sabido que la variación de la resistencia eléctrica con la temperatura sigue una ley del tipo:

(1)

Aquí observamos que la resistencia disminuye con la temperatura de forma exponencial. Midiendo experimentalmente las resistencias del termistor a diferentes temperaturas y representándolas gráficamente, podemos ajustar estos puntos a una ecuación exponencial del tipo:

De este modo obtendremos los valores de las constantes R'' y B . Para hacernos una idea de la fiabilidad de este termómetro podemos calcular la sensibilidad del mismo, definida como:

,derivando la ecuación (1) obtenemos que:

El otro termómetro, llamado termómetro de resistencia, está formado en realidad por hilo de platino. Al tratarse de un metal, podemos explicar razonadamente bien la variación de la resistencia con la temperatura siguiendo la ley:

(2)

,siendo T_D la temperatura de Debye del metal y R la resistencia a dicha temperatura, t la temperatura en $^{\circ}\text{C}$, R_0 la resistencia a 0°C y α la sensibilidad a dicha temperatura (es decir, a 0°C .)

Nuestro experimento consta de un calefactor (para provocar las variaciones de temperatura), un matraz lleno de agua que se acopla al calefactor y en el cual se introduce una probeta conteniendo glicerina y en cuyo seno se encuentran el termistor y el hilo de platino. Se utiliza la glicerina ya que es un fluido con capacidad calorífica pequeña y que conduce bastante bien el calor, con lo cual podemos suponer que todos los termómetros se encuentran a idéntica temperatura, incluido un termómetro patrón de mercurio (de 0°C a 100°C). Supondremos que este termómetro nos da la temperatura exacta. Por último, disponemos de un multímetro que nos proporcionará los valores de la resistencia.

Procedemos con el termistor, medimos las resistencias que ofrece a distintas temperaturas y obtenemos la siguiente tabla de valores:

$R(\Omega)$	$T(K)$	$\ln(R)$	$1/T (K^{-1})$
125.00	298	11.74	3.36
93.71	303	11.45	3.30
68.59	308	11.14	3.25
53.23	313	10.88	3.19
42.78	318	10.66	3.14
34.52	323	10.45	3.10
27.86	328	10.23	3.05
23.21	333	10.05	3.00

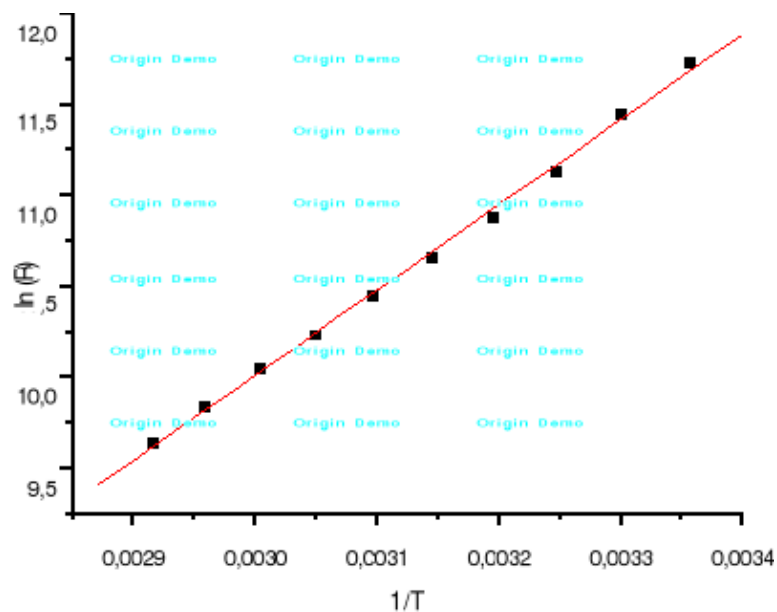
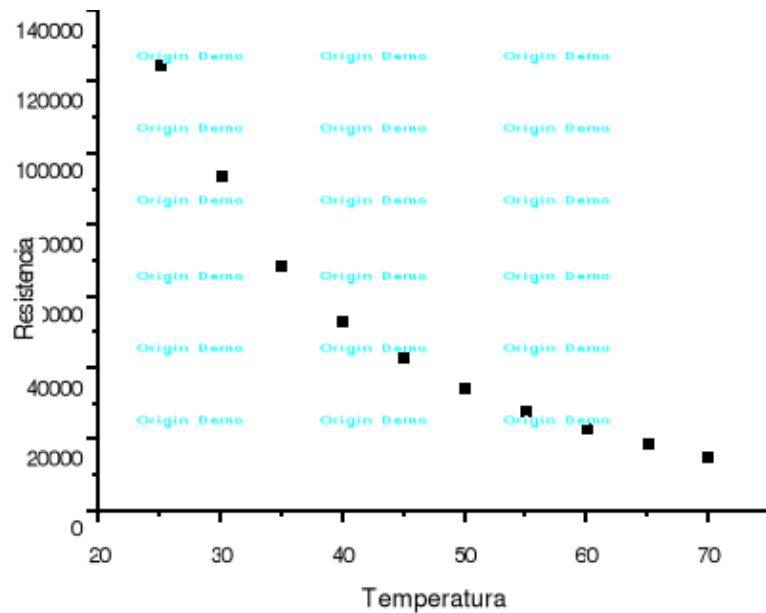
18.86	338	9.84	2.96
15.36	343	9.64	2.91

$R=10$; $T=1$ K

Hemos calculado la inversa de la temperatura y el logaritmo de la resistencia debido a que para realizar el ajuste no hemos encontrado la ecuación que buscábamos y hemos tenido que buscar un ajuste de forma lineal:

,siendo k la inversa de la temperatura:

A continuación representamos gráficamente $R(T)$ (exponencial) y $\ln R(k)$. En esta segunda grafica realizamos un ajuste lineal del tipo:



, y obtenemos que:

$$c = -4.02 \pm 0.24$$

$$m=4680\pm78$$

De la siguiente comparación deduzco los valores de las constantes que busco:

$$=4680\pm78 \text{ K}$$

$$=0.018\pm0.004$$

Cuando tenemos un átomo aislado, sus niveles energéticos se encuentran frecuentemente muy separados. Si acercamos dos átomos idénticos los niveles energéticos de cada átomo cambian debido a la influencia del otro. Como consecuencia, el nivel se desdobra en dos niveles energéticos ligeramente diferentes que corresponden al sistema formado por los dos átomos. Cuando nos referimos a un sólido macroscópico (como es el caso), tenemos un número N muy elevado de átomos interaccionando entre sí, (del orden de 10^{23}), de modo que cada nivel energético se divide en un número muy grande de niveles llamado banda. Las bandas pueden estar próximas o muy separadas, e incluso solaparse, y a ese espaciado o intervalo energético entre bandas permitidas se le denomina intervalo energético prohibido. Se nos dice que, en física del estado sólido y utilizando la distribución de Fermi–Dirac, la relación entre la constante B del termistor y la anchura de banda prohibida del semiconductor viene dada por:

,siendo k_B la constante de Boltzmann de valor:

Por lo tanto, la anchura de banda prohibida será:

$$1.29168 \text{ J} = 0.8063 \text{ eV}$$

$$2.1528 \text{ J} = 0.00134 \text{ eV}$$

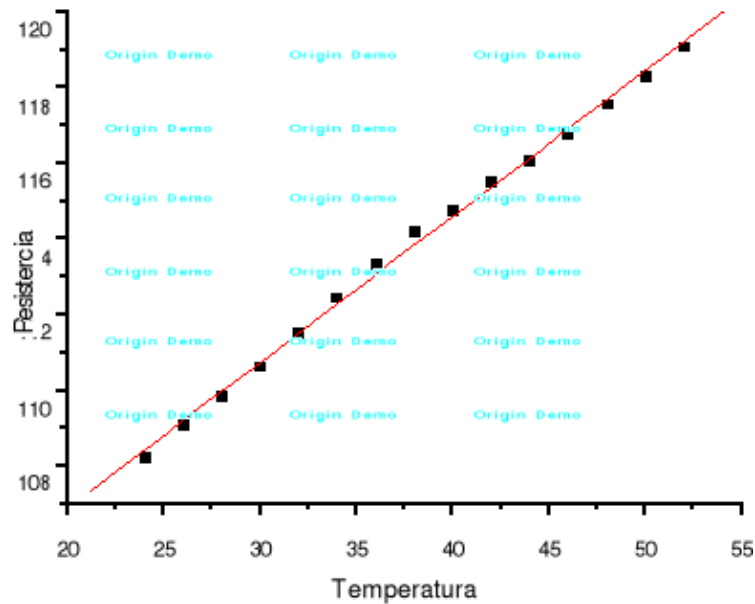
eV

Si ahora operamos de igual modo con el conductor (hilo de platino) y tras haber cambiado el agua para refrigerar el sistema, obtendremos otra tabla similar a la del termistor pero con los siguientes valores:

R(Ω)	T(K)
108.22	297
109.08	299
109.86	301
110.64	303
111.52	305
112.46	307
113.33	309
114.22	311
114.76	313
115.50	315
116.09	317
116.80	319
117.57	321
118.31	323
119.09	325

$$R=10^{-2} ; T=1 \text{ K}$$

Si representamos gráficamente $R(T)$ y ajustamos a una recta de la forma:



,obtenemos:

$$B=0.3855 \pm 0.0055$$

$$A=99.18 \pm 0.22$$

!!

$$3.88687 \text{ K}^{-1}$$

$$99.18 \pm 0.22$$

$$5.612 \text{ K}^{-1}$$

Con lo cual nos queda que la sensibilidad del termómetro de resistencia es:

Habíamos dicho que cuantificaba la sensibilidad del metal a una temperatura de 0°C (273 K). Si recordamos, habíamos visto que la sensibilidad para un semiconductor era:

Pues calculamos ahora la sensibilidad del termistor a 273 K y obtenemos:

$$-0.06279 \text{ K}^{-1}$$

$$-1.0466 \text{ K}^{-1}$$

Así, tengo las sensibilidades de ambos termómetros a 273 K:

Termistor.....

Termómetro de resistencia.....

Que me dice que es mas sensible el termistor que el termómetro de hilo de platino.

Se nos pide explicar las razones de por qué la resistencia de un semiconductor disminuye con la temperatura mientras que la de un conductor aumenta. Empecemos por este último: debido al aumento de temperatura las moléculas adquieren energía cinética y se agitan con mayor virulencia impidiendo en mayor medida el paso de la corriente. En los semiconductores ocurre lo mismo, pero al aumentar la temperatura también aumenta el número de electrones en la banda de conducción del material; asimismo (y como es lógico), aumenta también el número de huecos en la banda de valencia. Lo que ocurre es que, en los semiconductores, el efecto producido al incrementar el número de portadores de carga (tanto electrones como huecos), excede al efecto del incremento de resistividad producido por la mayor dispersión de los electrones debido a las vibraciones térmicas.